

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**  
**Τμήμα Οργανώσεως και Διοικήσεως Επιχειρήσεων**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**  
**του Δημητρίου Α. Γεωργακέλλου**

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ :**  
*Ανάλυση του κύκλου ζωής διαφόρων συσκευασιών στην*  
*Ελλάδα και η επίπτωση αυτού στην ποιότητα του*  
*περιβάλλοντος*

**Πειραιάς 1997**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**  
**Τμήμα Οργανώσεως και Διοικήσεως Επιχειρήσεων**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**  
**του Δημητρίου Α. Γεωργακέλλου**

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ :**  
*Ανάλυση του κύκλου ζωής διαφόρων συσκευασιών στην*  
*Ελλάδα και η επίπτωση αυτού στην ποιότητα του*  
*περιβάλλοντος*

**Πειραιάς 1997**







## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b><u>Ευχαριστίες</u></b>	<b>ix</b>
<b><u>Κεφάλαιο 1 :</u> ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ</b>	<b>1</b>
<b><u>Κεφάλαιο 2 :</u> ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (Α.Κ.Ζ.) ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ</b>	<b>9</b>
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
2.2. ΟΡΙΣΜΟΣ, ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	11
2.3. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ - ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΗΣ	21
2.4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	31
2.5. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	41
2.5.1. Γενικά	41
2.5.2. Μεθοδολογία καταγραφής κύκλου ζωής	47
2.6. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	71
2.7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	85
2.8. ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΑΛΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	91
2.8.1. Επιλογή και περιγραφή συστήματος - Καθορισμός ορίων	94
2.8.2. Προσδιορισμός και συλλογή απαραίτητων στοιχείων	101
2.8.3. Επεξεργασία στοιχείων - Εξαγωγή συμπερασμάτων	107

2.9. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ	110
2.10. ΔΙΕΥΡΥΜΕΝΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	117
<hr/>	
<b><u>Κεφάλαιο 3 :</u>      ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΦΙΑΛΩΝ    ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ</b>	<b>121</b>
<hr/>	
3.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	122
3.1.1. Περιγραφή συστήματος	123
3.1.2. Ισοζύγιο μάζας συστήματος	137
3.1.3. Κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών - Παραγωγή αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων	145
3.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	150
3.2.1. Βασικά στοιχεία συστήματος	150
3.2.2. Συλλογή στοιχείων ανά υποσύστημα	158
3.2.3. Επεξεργασία στοιχείων - Εξαγωγή αποτελεσμάτων	193
<hr/>	
<b><u>Κεφάλαιο 4 :</u>      ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ -    ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	<b>195</b>
<hr/>	
4.1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	196
4.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	208
4.3. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΚΖ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ	215
4.4. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	223
<hr/>	
<b><u>Παράρτημα Α :</u>      ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ</b>	<b>227</b>
<hr/>	
A.1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	228
A.2. ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ : ΕΙΔΗ - ΠΑΡΑΓΩΓΗ - ΧΡΗΣΕΙΣ	234

A.2.1. Γυαλί	235
A.2.2. Πλαστικά	240
A.2.3. Χαρτί - Χαρτόνι	251
A.2.4. Μέταλλα	258
A.3. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ	268
A.4. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	278
A.4.1. Κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών	280
A.4.2. Δημιουργία αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων	287
A.4.3. Απόβλητες συσκευασίες	293
A.5. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	300
A.6. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	303
A.6.1. Γενικά	303
A.6.2. Αναλύσεις κύκλου ζωής προϊόντων συσκευασίας	306
A.6.3. Συγκριτικές αναλύσεις κύκλου ζωής προϊόντων συσκευασίας	320
A.6.4. Ανάλυση κύκλου ζωής προϊόντων συσκευασίας και νομοθεσία	336
<b><u>Παράρτημα Β :</u>  Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ                           ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΩΣ ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ                           ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΖΩΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ -                           Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ</b>	<b>339</b>
B.1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	340
B.2. Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	347
B.3. ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	357
B.4. ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	374
B.5. ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	389
B.6. ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	393
B.6.1. Γενικά	393
B.6.2. Οδικές μεταφορές	395



B.6.3. Σιδηροδρομικές, θαλάσσιες και αεροπορικές μεταφορές	408
B.7. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΓΕΝΙΚΑ	412
B.8. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	417
B.8.1. Ταφή	418
B.8.2. Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση	423
B.8.3. Αποτέφρωση	433
B.8.4. Βιοσταθεροποίηση	441
B.9. Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	444
<hr/>	
<b><u>Παράρτημα Γ :</u> ΑΚΖ ΦΙΑΛΩΝ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ - ΕΞΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</b>	<b>453</b>
<hr/>	
Γ.1. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ, ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΑΚΖ	454
Γ.2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ Η/Υ	471
Γ.3. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	502
<hr/>	
<b><u>Παράρτημα Δ :</u> ΑΚΖ ΦΙΑΛΩΝ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</b>	<b>543</b>
<hr/>	
Δ.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	544
Δ.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΑΚΖ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ	564
Δ.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΜΒΑΔΟΥ ΤΟΥ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ ΑΚΖ	574
<hr/>	
<b><u>Βιβλιογραφία</u></b>	<b>579</b>
<hr/>	

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου προς τον καθηγητή του Πανεπιστημίου Πειραιώς κ. Σωτ. Κ. Καρβούνη, τόσο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου την παρούσα διδακτορική διατριβή, όσο και για τις πολύτιμες προτάσεις, υποδείξεις και συμβουλές που μου έδωσε κατά την ανάπτυξη αυτής, βοηθώντας με αποφασιστικά στην ολοκλήρωση της.

Ευχαριστίες ανήκουν ακόμη στον καθηγητή του Πανεπιστημίου Πειραιώς κ. Κων. Ν. Δερβιτσιώτη και στον Αναπλ. Καθηγητή του Πανεπιστημίου Πειραιώς κ. Δημ. Ε. Κοδοσάκη για την ουσιαστική βοήθεια που μου προσέφεραν με τις ιδιαίτερα χρήσιμες παρατηρήσεις τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που συνέβαλλαν, ο καθένας με τον τρόπο του, στην ανάπτυξη της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Δ. Α. Γεωργακέλλος



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Είναι γνωστό ότι κάθε προϊόν το οποίο επιλέγεται για χρήση στη σύγχρονη κοινωνία, είτε είναι από ξύλο, είτε από γυαλί ή πλαστικό, είτε από χαρτί ή μέταλλο, έχει μια σειρά από επιπτώσεις πάνω στο περιβάλλον. Επιπτώσεις οι οποίες σχετίζονται με πλήθος δραστηριοτήτων όπως η απόκτηση των πρώτων υλών, η παραγωγή του προϊόντος, η χρήση του και τελικά η διάθεση του στα απορρίμματα. Αποτέλεσμα όλων αυτών των επιπτώσεων είναι η δημιουργία διαφόρων προβλημάτων όπως, για παράδειγμα, η εξάντληση των φυσικών πόρων, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, η όξινη βροχή, η καταστροφή του όζοντος της στρατόσφαιρας, η συσσώρευση απορριμμάτων και η απόρριψη κάθε είδους ρυπαντών στο περιβάλλον [2].

Όλα αυτά τα προβλήματα, βέβαια, κάθε άλλο παρά καινούρια είναι. Αντιθέτως είναι γνωστά και αποτελούν, είτε το καθένα από αυτά ξεχωριστά, είτε όλα μαζί, αντικείμενο προβληματισμού τόσο των πολιτών όσο και των υπεύθυνων φορέων. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα το οποίο επιβεβαιώνει τα παραπάνω είναι η περίπτωση της Ευρώπης όπου πρόσφατη δημοσκόπηση έδειξε ότι το 95 % των πολιτών των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων απαιτούν καθαρότερες πόλεις ενώ το 89 % κατά μέσο όρο, θεωρούν ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση πρέπει να υιοθετήσει αυστηρούς νόμους για την προστασία του περιβάλλοντος. Χαρακτηριστικό της αγωνίας των πολιτών για το περιβάλλον είναι το γεγονός ότι σε κανένα κράτος μέλος το ποσοστό αυτό δεν έπεσε κάτω από 86 % [22].

Πέρα, όμως, από την ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης στα περιβαλλοντικά θέματα παρατηρείται και μια αλλαγή στην στάση της. Συγκεκριμένα το κοινό παρουσιάζεται πιο έτοιμο και ικανό να εκφράσει γνώμη, διαφωνώντας, πολλές φορές, με τις λαμβανόμενες αποφάσεις. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι να εντείνονται οι πιέσεις για περισσότερη και πιο έγκαιρη πληροφόρηση γύρω από τα ζητήματα του περιβάλλοντος, στην θέση των εξωραϊσμένων και υπεραπλουστευμένων πληροφοριών και θεωριών οι οποίες, μάλιστα, παρουσιάζονταν συνήθως μετά τη λήψη των αποφάσεων [62].

Παράλληλα, η Ευρωπαϊκή Ένωση, με μια σειρά από νόμους, οδηγίες και κανόνες σχετικά με το περιβάλλον οι οποίοι συνεχώς αυξάνονται, πιέζει όλο και περισσότερο την ευρωπαϊκή βιομηχανία για εκσυγχρονισμό και εναρμόνιση με τις περιβαλλοντικές επιταγές του σήμερα με κυρίαρχο σκοπό την βελτίωση των προϊόντων και των παραγωγικών διεργασιών και την προστασία του περιβάλλοντος [23], [209], [487]. Αλλά και η εθνική νομοθεσία των κρατών μελών της Ε.Ε. είναι ιδιαίτερα αυστηρή ξεπερνώντας, πολλές φορές, τις οδηγίες των ευρωπαϊκών επιτροπών [182]. Επίσης η Ευρωπαϊκή Ένωση, παράλληλα με την περιβαλλοντική νομοθεσία, προωθεί και υποστηρίζει την εφαρμοσμένη έρευνα σε μία σειρά από περιβαλλοντικά θέματα τα οποία απασχολούν την ευρωπαϊκή και παγκόσμια κοινότητα σε μία προσπάθεια αποτελεσματικής αντιμετώπισης των σχετικών προβλημάτων [488], [489], [490], [491].

Αποτέλεσμα αυτής της ανησυχίας είναι η ανάπτυξη νέων μεθόδων και πρακτικών με σκοπό την δημιουργία μακροχρόνιας αποτελεσματικής περιβαλλοντικής πολιτικής. Στα πλαίσια αυτά, αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιούνται ευρέως μεθοδολογίες όπως η *Εκτίμηση Τεχνολογίας (Technological Assessment - TA)* η οποία εκτιμά, μεταξύ άλλων, και τις επιδράσεις της τεχνολογίας στο περιβάλλον και η *Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Environmental Impact Assessment - EIA)* η οποία μελετά τις επιπτώσεις κατασκευαστικών προγραμμάτων και σχεδίων αναπτύξεως σε αυτό. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι συχνά στην Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (για την εφαρμογή της οποίας, μάλιστα, υπάρχει οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης προς τα κράτη μέλη από το 1988 [62]) περιλαμβάνονται και χρησιμοποιούνται στοιχεία και από την Εκτίμηση Τεχνολογίας [40], [512].

Παρόλη την προσπάθεια όμως που καταβάλλεται από ερευνητές, ιδρύματα, πανεπιστήμια, φορείς, κράτη κτλ., φαίνεται να απέχουμε ακόμα αρκετά από τους στόχους μας. Οι προτάσεις, οι στρατηγικές και τα προγράμματα που συνεχώς εκπονούνται, προτείνονται και εφαρμόζονται δεν έχουν καταφέρει ακόμα να ελέγξουν πλήρως την κατάσταση [2]. Παρατηρείται, μάλιστα, το εξής φαινόμενο : ενώ πολλές φορές οι στρατηγικές των διαφόρων φορέων είναι περίπου ίδιες, οι προτεραιότητες και οι σκοπιμότητες που υφιστάγονται κατά το στάδιο της εφαρμογής τους διαφέρουν σημαντικά [176]. Έτσι, ενώ κάποια περιβαλλοντικά προβλήματα τελικά λύνονται ή τουλάχιστον περιορίζονται, στη θέση τους εμφανίζονται νέα, συνήθως περισσότερα, πολυπλοκότερα και σοβαρότερα. Οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό, όπως θα φανεί και στη συνέχεια, είναι αρκετοί. Με λίγα λόγια, πάντως, θα μπορούσαν να συνοψισθούν στο γεγονός ότι συνήθως αυτό το οποίο εξετάζεται είναι η κορυφή του παγόβουνου και όχι η ουσία των προβλημάτων [2].

Πολύ συχνά υπάρχει δυσκολία στο να καθοριστεί ποιος είναι ο τελικός μας στόχος ενώ ταυτόχρονα δεν έχουμε πλήρως κατανοήσει ούτε ότι τα περιβαλλοντικά προβλήματα δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους ούτε βέβαια ότι δεν υπάρχουν μοναδικές λύσεις - πανάκειες για το καθένα από αυτά. Ξεχνάμε, δηλαδή, ότι δεν είναι δυνατόν, με μία μόνο

κίνηση, να μπορεί κανείς να λύσει ταυτοχρόνως μια σειρά διαφορετικών προβλημάτων {9}.

Η μέχρι σήμερα ακολουθούμενη πρακτική είναι να υιοθετούνται περιβαλλοντικές στρατηγικές και πολιτικές οι οποίες έχουν συνήθως μια σειρά από στόχους όπως, για παράδειγμα :

- μείωση της χρήσης των μη ανανεώσιμων πηγών πρώτων υλών (ορυκτά καύσιμα, μεταλλεύματα κλπ) και γενικά της αλόγιστης κατανάλωσης των φυσικών πόρων (ως φυσικοί πόροι χαρακτηρίζονται όλα τα υλικά πράγματα, έμβια ή άβια, αλλά και συστήματα τα οποία έχουν κάποια αξία ή χρησιμότητα για τον άνθρωπο και καταναλώνονται από αυτόν {495}, {496})
- μείωση της εκπομπής βλαβερών ουσιών στο περιβάλλον
- αύξηση της ανακύκλωσης υλικών και προϊόντων με ταυτόχρονη μείωση της παραγωγής και απόθεσης στερεών απορριμμάτων
- αύξηση του χρόνου ζωής των προϊόντων
- αύξηση της αποτελεσματικότητας και της παραγωγικότητας των διαφόρων διεργασιών.

Μερικοί από τους παραπάνω στόχους είναι άμεσοι αποβλέποντας στο να μεταβάλουν την παραγωγική διαδικασία (π.χ. μη ανανεώσιμες πηγές, βλαβερές εκπομπές) ενώ άλλοι είναι έμμεσοι και έχουν ως σκοπό να μειώσουν το περιβαλλοντικό φορτίο που προκαλείται από κάθε δραστηριότητα {18}.

Εξετάζοντας κάποιος τους παραπάνω στόχους δεν μπορεί παρά να συμφωνήσει για την ορθότητα τους. Όλοι τους έχουν συντελέσει αποφασιστικά στο να αναπτυχθούν συγκεκριμένες πολιτικές και προτάσεις για την αντιμετώπιση σχετικών προβλημάτων. Όμως έχει αρχίσει πλέον να φαίνεται όλο και πιο καθαρά ότι η εφαρμογή αυτών των προτάσεων, πολλές φορές, δεν αρκεί αφού συχνά παρατηρείται το φαινόμενο της *“μετάθεσης των προβλημάτων”* (*problem shifting*). Πολλές φορές δηλαδή, παρατηρούμε ότι, η επίλυση ενός προβλήματος έχει σαν κόστος την δημιουργία ενός νέου, περισσότερο ή λιγότερο συγγενούς {18}. Επίσης, συχνό είναι το φαινόμενο να λαμβάνονται αποφάσεις όχι με βάση στοιχεία, δεδομένα και επιστημονικές μεθόδους αλλά με βάση υποκειμενικά κριτήρια και αυθαίρετες γενικεύσεις και απλοποιήσεις {2}.

Ένα παράδειγμα “μετάθεσης προβλήματος” είναι η περίπτωση των νέων, ενεργειακά οικονομικότερων, ηλεκτρικών λαμπτήρων. Το όφελος για το περιβάλλον το οποίο επιτυγχάνεται κατά την φάση της λειτουργίας τους εξαιτίας της μείωσης κατανάλωσης ενέργειας, αντισταθμίζεται, σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, από το ότι μπορεί να οδηγήσει σε μια αύξηση του περιβαλλοντικού φορτίου τόσο κατά την φάση παραγωγής

τους όσο και κατά την φάση διάθεσης τους ως απορρίμματα. Συγκεκριμένα κατά την παραγωγή τους οι νέοι ενεργειακά οικονομικότεροι λαμπτήρες σε σχέση με αντίστοιχους (ίδιας φωτεινής ισχύος και διάρκειας λειτουργίας) κοινούς :

- χρειάζονται περίπου διπλάσια ποσότητα νερού
- καταναλώνουν περίπου τριπλάσια ποσότητα ενέργειας
- παράγουν σημαντικά περισσότερους αέριους ρύπους (τριπλάσια περίπου ποσότητα σωματίδιων, CO και NOx, διπλάσια ποσότητα SO<sub>2</sub> και υδρογονανθράκων κλπ)

ενώ κατά την τελική απόρριψη τους απελευθερώνονται στο περιβάλλον περισσότερα (σε αριθμό αλλά και σε ποσότητα) αέρια, υδάτινα και στερεά απόβλητα [18], [41].

Αν από το παραπάνω παράδειγμα φαίνεται πώς στην προσπάθεια μας να λύσουμε ένα πρόβλημα είναι δυνατό να δημιουργήσουμε ένα νέο εφόσον δεν έχουμε μελετήσει σε βάθος όλες τις παραμέτρους που επηρεάζουν το πρόβλημα, στα επόμενα παραδείγματα θα φανεί πως ακόμα μπορούμε να καταλήξουμε σε λάθος αποφάσεις όταν δεν βασιζόμαστε σε επιστημονικά δεδομένα, στοιχεία και μεθόδους αλλά σε υποκειμενικά κριτήρια και απόψεις, σε γενικεύσεις και σε απλοποιήσεις, φαινόμενο το οποίο, επίσης, συναντάται αρκετά συχνά.

Στο Πανεπιστήμιο της Βικτώρια στον Καναδά, αποφάσισαν να σταματήσουν να χρησιμοποιούν κύπελλα του καφέ από διογκωμένο πολυστυρένιο (expanded polystyrene) και στη θέση τους να χρησιμοποιούν χάρτινα πιστεύοντας ότι με αυτό τον τρόπο θα προκύψουν περιβαλλοντικά οφέλη. Ωστόσο, μία μελέτη *ανάλυσης κύκλου ζωής (Life Cycle Analysis - LCA)* η οποία πραγματοποιήθηκε από το ίδιο το πανεπιστήμιο σχετικά με το θέμα αυτό έδειξε ότι τα χάρτινα κύπελλα, σε σχέση με αυτά από διογκωμένο πολυστυρένιο, ναι μεν φαίνεται ότι καταναλώνουν :

- περίπου 40 % λιγότερο πετρέλαιο

αλλά και

- περίπου 15 φορές περισσότερα χημικά
- περισσότερο από εξαπλάσιο ατμό
- 13 φορές περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια
- περίπου 30 % περισσότερο νερό για ψύξη

- τουλάχιστον 170 φορές περισσότερο νερό κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας

και βέβαια τα χάρτινα κύπελλα χρειάζονται

- ποσότητα ξύλου τουλάχιστον διπλάσια σε σχέση με το τελικό τους βάρος

Η παραπάνω μελέτη όπως και άλλες σχετικές [159] είναι ένα καλό παράδειγμα του πως μπορούμε με την βοήθεια των μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής να αντιστρέψουμε περιβαλλοντικά λανθασμένες αντιλήψεις και επιλογές [5].

Κατά καιρούς έχει εκφραστεί από ορισμένους η πρόταση να αντικαθισταθούν οι ελαφριές και εύκαμπτες συσκευασίες από άλλες βαρύτερες προκειμένου να επιτευχθούν υψηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης. Όμως, και αυτό είναι ένα παράδειγμα πρότασης η οποία βασίζεται σε βιαστικές και υποκειμενικές αντιλήψεις αφού σχετικές μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής που έγιναν στην Γερμανία και την Ελβετία απέδειξαν ότι κάτι τέτοιο αυξάνει την ποσότητα, τόσο των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται, όσο και των αποβλήτων που παράγονται, καθώς στην πράξη δεν επιτυγχάνεται πλήρης (100 %) ανακύκλωση με αποτέλεσμα να δημιουργείται συνολικά μεγαλύτερο περιβαλλοντικό φορτίο [21]. Επιπλέον, αντίστοιχες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην Αμερική διαπιστώνουν και αυτές μια υπεροχή των ελαφρύτερων συσκευασιών η οποία δικαιολογείται από το γεγονός ότι, ενώ η ανά τόννο σύγκριση γυαλιού – πλαστικού σε περιβαλλοντική απόδοση ευνοεί το πρώτο, από ένα τόννο πλαστικού παράγονται πολύ περισσότερες συσκευασίες από ότι παράγονται από ένα τόνο γυαλιού, ανάλογης χρησιμότητας [166].

Εκτός, όμως, από τις λανθασμένες επιλογές και αποφάσεις, η πρόχειρη και μονόπλευρη αντιμετώπιση των προβλημάτων οδηγεί συχνά στην δημιουργία και άλλων, δευτερευόντων μεν προβλημάτων, εξίσου όμως σημαντικών. Ένα από αυτά τα προβλήματα είναι και η παραπλανητική ορολογία. Διάφορες μελέτες εκπομπής αέριων ρύπων έδειξαν ότι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα σε σχέση με τα βενζινοκίνητα επιτυγχάνουν μείωση των εκπομπών υδρογονανθράκων (HC) και μονοξειδίου του άνθρακα (CO) κατά 90 %, των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) κατά ένα μικρότερο ποσοστό, ενώ αντιθέτως αυξάνουν την εκπομπή των οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) και των αιωρούμενων σωματιδίων. Παρ' όλη τη μείωση των αερίων εκπομπών όμως, η συνολική αέρια ρύπανση δεν μειώνεται κατ' ανάγκην, αφού τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρειάζονται ούτως ή άλλως ηλεκτρική ενέργεια για να κινηθούν η οποία παράγεται σε μεγάλες μονάδες οι οποίες αναλόγως του είδους (θερμοηλεκτρικοί, υδροηλεκτρικοί, πυρηνικοί σταθμοί κ.α.) μπορεί να δημιουργούν περισσότερα ή σοβαρότερα περιβαλλοντικά προβλήματα. Έτσι, ενώ το California Air Resources Board ονομάζει τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα "οχήματα μηδενικής εκπομπής", εξετάζοντας μόνο ένα στάδιο



της λειτουργίας τους, κάποιοι άλλοι συνηθίζουν να τα αποκαλούν "οχήματα που εκπέμπουν αλλού" (elsewhere emission vehicles). Ο όρος αυτός εξίσου παραπλανητικός με τον προηγούμενο, δημιουργεί την εικόνα της μεταφοράς των αέριων εκπομπών από μία τοποθεσία σε άλλη χωρίς την παραμικρή μείωση τους. Επειδή όμως και τα βενζινοκίνητα οχήματα προκαλούν εκπομπές "κάπου αλλού" (π.χ. στο στάδιο της διύλισης του πετρελαίου) μόνο η χρήση της ανάλυσης κύκλου ζωής μπορεί ουσιαστικά να βοηθήσει στην ορθή προσέγγιση και ακριβέστερη κατανόηση του προβλήματος [24], [25].

Το συμπέρασμα το οποίο συνάγεται από τα παραπάνω δεν είναι βέβαια ότι η μέχρι τώρα αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, μέσω στόχων και πολιτικών σαν και αυτές που αναφέρθηκαν προηγουμένως, είναι λανθασμένη. Αντιθέτως, οι πρακτικές αυτές βρίσκονται προς τη σωστή κατεύθυνση. Απλά, αυτό το οποίο διαπιστώνεται είναι ότι, συνήθως, οι πρακτικές αυτές από μόνες τους δεν αρκούν. Όπως σε όλα τα προβλήματα, έτσι και στην διαχείριση του περιβάλλοντος, δεν υπάρχουν "λύσεις - συνταγές" για τα πάντα. Κάθε φορά πρέπει να γίνεται προσεκτική μελέτη του προβλήματος, να σταθμίζονται καλά οι προτεινόμενες λύσεις και ενέργειες και να λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν το πρόβλημα. Με άλλα λόγια, πρέπει να γίνεται λεπτομερής ανάλυση των διαφόρων σταδίων στη ζωή κάθε προϊόντος, "από τη σχεδίαση έως την απόρριψη του", καθώς και των επιπτώσεων που τυχόν εμφανίζονται σε κάθε ένα από αυτά όταν επεμβαίνουμε για να δώσουμε μία λύση σε κάποιο επιμέρους πρόβλημα. Και όλα αυτά με αντικειμενικότητα η οποία εξασφαλίζεται μόνο με την βοήθεια της επιστήμης και ποτέ με υποκειμενικά κριτήρια και γενικεύσεις [13], [508].

Αυτή ακριβώς είναι η φιλοσοφία της ανάλυσης κύκλου ζωής προϊόντος (ΑΚΖ) και αυτό ακριβώς επιτυγχάνει η μέθοδος αυτή. Να δώσει δηλαδή ένα "περιβαλλοντικό ισοζύγιο" καταγράφοντας τις συνολικές επιδράσεις των προϊόντων στο περιβάλλον, σε όλες τις φάσεις της ζωής τους. Και τούτο με πλήρη κατανόηση αυτών και με αντικειμενική αξιολόγηση τους. Τέλος, να προτείνει, εφόσον αυτό είναι εφικτό, πιθανές βελτιώσεις [17], [158].

Στην παρούσα διατριβή θα εφαρμοστεί η μέθοδος της ανάλυσης κύκλου ζωής σε ορισμένα, αντιπροσωπευτικά για την Ελλάδα, υλικά συσκευασίας. Οι κύριοι στόχοι είναι οι εξής :

- να φανεί η επίπτωση που έχουν στο ελληνικό περιβάλλον τα υπό μελέτη υλικά συσκευασίας
- να γίνει σύγκριση μεταξύ αυτών των υλικών συσκευασίας, και
- να γίνουν συγκρίσεις με αντίστοιχες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στο εξωτερικό

Άλλοι στόχοι είναι :

- να διαπιστωθεί ο βαθμός δυσκολίας της εφαρμογής της μεθόδου αυτής στην Ελλάδα, τα προβλήματα που υπάρχουν γι'αυτό και οι προσπάθειες που πρέπει ακόμα να γίνουν,
- να εξετασθεί η αξιοπιστία της μεθόδου και γενικά να δοκιμασθεί αυτή προκειμένου να φανούν πιθανές αδυναμίες της, και
- να προταθούν βελτιώσεις της μεθόδου

Ανάλυση κύκλου ζωής και μάλιστα για υλικά συσκευασίας γίνεται, σύμφωνα με την υπάρχουσα, γνωστή έως σήμερα, βιβλιογραφία, για πρώτη φορά στην Ελλάδα. Αντιθέτως, στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται ορισμένες σχετικές προσπάθειες για διάφορα υλικά, μερικές από τις οποίες παρουσιάζονται στο παράρτημα Α [40]. Το ενδιαφέρον για τα υλικά συσκευασίας, όπως αναφέρεται αναλυτικά επίσης στο παράρτημα Α, οφείλεται στο γεγονός ότι η συσκευασία από την πρώτη μεταπολεμική περίοδο και έπειτα αναπτύχθηκε με ταχύτατους ρυθμούς, πολύ συχνά ανώτερους από αντίστοιχους της λοιπής βιομηχανίας, εισβάλλοντας κυριολεκτικά στη ζωή των καταναλωτών. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι η παραγωγή και χρήση των υλικών συσκευασίας προκαλεί μια σειρά από επιπτώσεις στο περιβάλλον, έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία κοινωνικών και άλλων πιέσεων οι οποίες απαιτούν άμεσο εντοπισμό και αντιμετώπιση των προβλημάτων. Στην εκπλήρωση της απαίτησης αυτής έχει, όπως θα φανεί και στη συνέχεια, πολύ σημαντικό ρόλο η ανάλυση κύκλου ζωής [160], [175].



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (Α.Κ.Ζ.) ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.2. ΟΡΙΣΜΟΣ, ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

2.3. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ –  
ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΗΣ

2.4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ  
ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

2.5. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

2.5.1. Γενικά

2.5.2. Μεθοδολογία καταγραφής κύκλου ζωής

2.6. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ  
ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

2.7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ  
ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

2.8. ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΑΛΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ Α.Κ.Ζ.

2.8.1. Επιλογή και περιγραφή συστήματος – Καθορισμός ορίων

2.8.2. Προσδιορισμός και συλλογή απαραίτητων στοιχείων

2.8.3. Επεξεργασία στοιχείων – Εξαγωγή συμπερασμάτων

2.9. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

2.10. ΔΙΕΥΡΥΜΕΝΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

## 2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βιομηχανική παραγωγή αγαθών σχετίζεται με την κατεργασία και μεταποίηση διαφόρων υλικών. Οι δραστηριότητες αυτές πραγματοποιούνται σύμφωνα με τους νόμους και τους κανόνες της φυσικής, της χημείας και άλλων επιστημών. Το γεγονός αυτό έχει τα εξής δύο αποτελέσματα :

- (1) Είναι απαραίτητη η κατανάλωση ενέργειας για την πραγματοποίηση των διαφόρων διεργασιών, και
- (2) Παράλληλα με την παραγωγή των αγαθών παράγονται και απόβλητα σε διάφορες μορφές.

Η αντίληψη ότι είναι δυνατή η πραγματοποίηση μιας διεργασίας ή δραστηριότητας η οποία δεν θα καταναλώνει ενέργεια και δεν θα επιβαρύνει το περιβάλλον αποδεσμεύοντας διαφόρων ειδών απόβλητα είναι μύθος. Έτσι, το καλύτερο στο οποίο μπορεί να προσδοκά κανείς είναι η ελαχιστοποίηση τόσο της χρήσης της ενέργειας όσο και της αποδέσμευσης αποβλήτων. Το πρώτο βήμα προς το σκοπό αυτό είναι η ορθή καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης ώστε να αποτελέσει το υπόβαθρο με βάση το οποίο θα κριθεί και θα συγκριθεί κάθε μελλοντική προσπάθεια βελτίωσης [100].

Η σύγκριση υλικών και διεργασιών προκειμένου να προσδιοριστεί το βέλτιστο από περιβαλλοντικής άποψης δεν είναι καθόλου εύκολη. Πώς μπορεί κανείς να αποφασίσει για το κατά πόσο ένα προϊόν είναι φιλικό προς το περιβάλλον αν δεν λάβει υπόψη του τη διαδικασία παραγωγής του προϊόντος αυτού, τη διανομή και μεταφορά του, τη χρήση του, την απόρριψη του κλπ ; Εάν, δηλαδή, δεν καταγράψει και ελέγξει όλα τα στάδια της ζωής του και όχι μόνο μερικά από αυτά ; Απαραίτητο εργαλείο για μια τέτοια ολιστική προσέγγιση του ζητήματος αυτού είναι η *ανάλυση κύκλου ζωής (life cycle analysis - LCA)* χωρίς την οποία δεν μπορούμε παρά μόνο υποθέσεις να κάνουμε σχετικά [188].

Όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια του κεφαλαίου, σκοπός της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι να εκτιμήσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες συνδέονται με μια δεδομένη δραστηριότητα που εξετάζεται (π.χ. προϊόν, διεργασία κλπ) καθ'όλο το κύκλο που διαγράφει από την παραγωγή ως την απόρριψη της (από την γέννηση έως το θάνατο της). Αν πρόκειται, για παράδειγμα, για κάποιο προϊόν, μελετώνται οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από το πρώτο στάδιο απόκτησης των απαραίτητων πρώτων υλών μέχρι το τελικό της διάθεσης του προϊόντος στα απορρίμματα [80], [506].

## **2.2. ΟΡΙΣΜΟΣ, ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ**

Η *Ανάλυση Κύκλου Ζωής* – *A.K.Z. (Life Cycle Analysis)* ή *LCA* όπως επικράτησε στη διεθνή βιβλιογραφία είναι μία σχετικά νέα επιστημονική μέθοδος η οποία αναπτύχθηκε για να βοηθήσει στην αντιμετώπιση των οξυμένων, τα τελευταία χρόνια, περιβαλλοντικών προβλημάτων. Όπως συνήθως συμβαίνει με κάθε νέα προσπάθεια της επιστήμης, έχει κάνει μέχρι σήμερα την εμφάνιση της στη διεθνή βιβλιογραφία με διάφορα ονόματα και παραλλαγές. Η ύπαρξη όλων αυτών των παραλλαγών οφείλεται είτε σε μικροδιαφορές στην μεθοδολογία είτε απλώς σε διαφορετική ονομασία του ίδιου πράγματος, δεδομένου ότι η μέθοδος αυτή αναπτύσσεται παράλληλα από διαφορετικές πρωτοπόρες ερευνητικές ομάδες ανεξάρτητες μεταξύ τους. Τα διάφορα ονόματα και παραλλαγές θα αναφερθούν αναλυτικά σε επόμενες παραγράφους όπου εκεί θα φανούν οι ομοιότητες και οι διαφορές τους, καθώς και τα σημεία στα οποία συμπίπτουν ή δεν συμπίπτουν. Στην παρούσα διατριβή, πάντως, θα χρησιμοποιείται ο όρος *Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ)* ο οποίος, κατά τη γνώμη μας, είναι ο πλέον περιεκτικός.

Η ανάλυση κύκλου ζωής είναι μια διαδικασία η οποία έχει ως στόχο να υπολογίσει με αντικειμενικό τρόπο τις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις οι οποίες σχετίζονται με προϊόντα, διεργασίες ή δραστηριότητες. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται προσδιορίζοντας και καταγράφοντας την χρήση ενέργειας και πρώτων υλών καθώς και την κάθε είδους ρύπανση του περιβάλλοντος η οποία συντελείται καθ' όλη την διάρκεια της ζωής του προϊόντος ή της δραστηριότητας που μελετάται. Αποτέλεσμα της καταγραφής αυτής είναι να καθίσταται δυνατή τόσο η εκτίμηση των συνολικών επιπτώσεων του προϊόντος ή της δραστηριότητας στο περιβάλλον όσο και η βελτίωση της κατάστασης ύστερα από σχετικές προτάσεις και αλλαγές [69], [75], [144].

Με άλλα λόγια θα μπορούσαμε να πούμε ότι η ανάλυση κύκλου ζωής είναι μια σειρά από φωτογραφίες οι οποίες απαθανατίζουν το “τι εισρέει” σε ένα κλειστό σύστημα και το “τι εκρέει” από αυτό κατά την διάρκεια της ζωής ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας. Ο σκοπός της AKZ είναι αφένος να καταγράψει κάθε εισροή και εκροή από το σύστημα και αφέτερου να διερευνήσει εάν υπάρχουν ευκαιρίες για ελάττωση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων. Η μέθοδος αυτή ακολουθεί μια συνολική προσέγγιση εξετάζοντας ολόκληρο τον κύκλο που διαγράφει ένα συγκεκριμένο προϊόν κατά την διάρκεια της ζωής του και ο οποίος σε γενικές γραμμές αποτελείται από τα εξής στάδια [6], [190] :

- την εξόρυξη και την κατεργασία των αναγκαίων πρώτων υλών και της απαραίτητης ενέργειας
- την παραγωγή του προϊόντος
- την μεταφορά και διανομή του
- την χρησιμοποίηση του μία ή περισσότερες φορές
- την συντήρηση του
- την ενδεχόμενη ανακύκλωση του, και
- την τελική του διάθεση στα απορρίμματα {6}, [110].

Η βασική αρχή της μεθόδου, όπως περιγράφηκε πιο πάνω, είναι ότι, *ρύπανση του περιβάλλοντος μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε στάδιο της ζωής ενός προϊόντος και ότι, αλλαγές σε κάποιο από τα στάδια αυτά είναι πιθανόν να έχει θετικές ή αρνητικές συνέπειες στα υπόλοιπα στάδια στον τομέα τόσο της δημιουργίας οποιασδήποτε μορφής ρύπανσης, όσο και της κατανάλωσης ενέργειας και πρώτων υλών.* Τα διάφορα περιβαλλοντικά, κρατικά ή μη, προγράμματα εστιάζονται συνήθως στην ρύπανση ενός μόνο μέσου (αέρα, υδάτων ή γης) με αποτέλεσμα οι προσπάθειες για μείωση της ρύπανσης του μέσου αυτού να έχουν ως συνέπεια την αύξηση της ρύπανσης κάποιου άλλου μέσου. Και, πολλές φορές, το γεγονός αυτό μπορεί να εμφανίζει την μορφή αλυσίδας.

Ως παράδειγμα αναφέρεται ότι για την διαχείριση των στερεών αστικών και λοιπών απορριμμάτων επιλέγεται συχνά η λύση της αποτέφρωσης. Η λύση αυτή, όμως, απαιτεί μεγάλες μονάδες καύσης των απορριμμάτων οι οποίες με τη σειρά τους επιβαρύνουν το περιβάλλον με την εκπομπή στον ατμοσφαιρικό αέρα μεγάλων ποσοτήτων αέριων ρυπαντών και μάλιστα πολλές φορές εξαιρετικά επικίνδυνων. Προκειμένου να αποφευχθεί αυτή η αέρια ρύπανση αναπτύχθηκε ειδική τεχνολογία ελέγχου και περιορισμού των ρυπαντών αυτών η οποία με την σειρά της έχει ως επακόλουθο την δημιουργία υγρών ρυπαντών οι οποίοι μολύνουν τα ύδατα {6}.

Η ανάλυση κύκλου ζωής μπορεί να συντελέσει στο να εξακριβωθεί εάν κάποια προτεινόμενη αλλαγή σε προϊόν ή διεργασία έχει ενδεχομένως παρενέργειες. Για παράδειγμα, μία προφανής βελτίωση σε ένα προϊόν η οποία μειώνει τους αέριους ρύπους αλλά ταυτοχρόνως συνεπάγεται αύξηση των υδάτινων ρύπων, μπορεί να προβλεφθεί με την βοήθεια της ΑΚΖ και μάλιστα να καταγραφεί ποσοτικά {6}.

Η μέθοδος αυτή άρχισε να αναπτύσσεται με ταχείς ρυθμούς όταν εμφανίστηκε η επιθυμία και άρα η ανάγκη ύπαρξης μιας απλής και αξιόπιστης μεθόδου με την οποία θα μπορούσαμε να κρίνουμε την επίπτωση που έχουν στο περιβάλλον διάφορα προϊόντα και

δραστηριότητες. Παρόλο που μέχρι σήμερα τόσο η ίδια η μέθοδος όσο και τα αποτελέσματα τα οποία δίνει είναι σε κάπως σύνθετη μορφή, η ανάλυση κύκλου ζωής ανταποκρίνεται αποτελεσματικά σε αυτή την ανάγκη [9].

Πέρα όμως από αυτό, αποτελεί και μία απάντηση σε εκείνους που προτείνουν αντιεπιστημονικά ότι η λύση στα περιβαλλοντικά μας προβλήματα είναι η “άλφα” ή η “βήτα” μέθοδος. Απαντά, δηλαδή, σε όλους αυτούς που επιμένουν να συζητούν μόνο για μηχανισμούς και μέσα αντί για σκοπούς και στόχους και οι οποίοι δεν εννοούν να αντιληφθούν ότι όπως δεν υπάρχει ένα και μοναδικό περιβαλλοντικό πρόβλημα δεν υπάρχει μόνο μία λύση [9].

Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της συνεργασίας ορισμένων εταιρειών παραγωγής πλαστικών οι οποίες εφάρμοσαν πρόγραμμα ανακύκλωσης των φιαλών από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE). Από την αρχή του εγχειρήματος, ωστόσο, υπήρχαν αρκετές αμφιβολίες για την αποτελεσματικότητα του αφού δεν είχε προηγηθεί μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής. Μάλιστα, στελέχη των εταιρειών αυτών ομολόγησαν τελικά ότι, μετά από δύο χρόνια συνεχούς εφαρμογής του προγράμματος, δηλαδή συλλογής, ανακύκλωσης και εμπορίας του ανακυκλωμένου υλικού, δεν ήξεραν εάν αυτό που έκαναν ήταν το σωστό ή ότι μήπως θα ήταν καλύτερα να αφήσουν τις φιάλες να ακολουθήσουν την συνήθη πορεία των λοιπών απορριμμάτων δηλαδή να αποτεφρωθούν με ενεργειακή ανάκτηση [15].

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η ανάλυση κύκλου ζωής εμφανίζεται στη βιβλιογραφία με διάφορες παραλλαγές και ονόματα αφού πρόκειται για μια νέα επιστημονική μέθοδο. Για τον ίδιο λόγο δεν υπάρχει ένας και μόνο ορισμός που να την ορίζει παρά μόνο προσπάθειες περιγραφής της. Στη συνέχεια θα αναφερθούν οι σημαντικότερες από αυτές, διότι έτσι, αφενός δίνεται πληρέστερη εικόνα της μεθόδου καθώς ο ένας ορισμός συμπληρώνει τον άλλο, και αφετέρου απεικονίζεται “ανάγλυφα” ο ερευνητικός οργανισμός που υπάρχει γύρω από το θέμα αυτό δεδομένου ότι παράλληλες προσπάθειες, από ανεξάρτητες μεταξύ τους ομάδες ερευνητών, σε διαφορετικά σημεία του πλανήτη μας, βρίσκονται σε εξέλιξη [19]. Έτσι έχουμε :

- ♦ Από το *Industry Council for Packaging and the Environment – INCPEN* (Βρετανία) :

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι το μέσο με βάση το οποίο μπορούμε να εκφράσουμε ποσοτικά την ενέργεια και τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και την ρύπανση (στερεάς, υγρής και αέριας μορφής) που ελευθερώθηκε, σε κάθε ένα από τα στάδια της ζωής του προϊόντος [10].



- ♦ Από το *Eidgenoessische Materialpruefungs- und Forschungsanstalt* (Ελβετία) :

Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι η όσο το δυνατόν πληρέστερη σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων προϊόντων, διεργασιών κτλ [3].

- ♦ Από το *Syndicat des Producteurs de Matieres Plastiques* (Γαλλία) :

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής λαμβάνει υπόψη της όλα τα στάδια της ζωής ενός προϊόντος προκειμένου να προσδιορίσει τις επιπτώσεις του στο περιβάλλον [13].

- ♦ Από την *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής) :

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής παρακολουθεί συνολικά τις περιβαλλοντικές συνέπειες τις σχετιζόμενες με όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής των διαφόρων διεργασιών και προϊόντων [6].

- ♦ Από την νεοσύστατη *Duales System Deutschland GmbH - DSD* (Γερμανία) :

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής επιτρέπει όχι μόνο την καταγραφή των επιπτώσεων ενός προϊόντος στο περιβάλλον σε κάθε στάδιο της ζωής του αλλά και την ανάλυση τους [7].

- ♦ Από την εταιρεία *3M* (Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής) :

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής αναζητεί κάθε δυνατή μείωση της ρύπανσης σε κάθε επιμέρους στάδιο της ζωής ενός προϊόντος [6].

- ♦ Από το *Centre of Environmental Science, The Leiden University* (Ολλανδία) :

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι το εργαλείο το οποίο μας δίνει την δυνατότητα να αναλύσουμε τις περιβαλλοντικές επιδράσεις μιας συγκεκριμένης οικονομικής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια της ζωής της [18].

- ♦ Από την εταιρεία *Procter & Gamble* (Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής) :

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής επιδιώκει τον προσδιορισμό των πραγματικών, μάλλον, παρά των θεωρητικών δυνατοτήτων για περιβαλλοντικές βελτιώσεις [6].

- ♦ Από την *Nottingham University Consulting Ltd* (Βρετανία) :

Ανάλυση Κύκλου Ζωής ονομάζεται η μέθοδος εκείνη η οποία χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων με

βάση την καταγραφή των περιβαλλοντικών παραμέτρων των σχετικών με κάποιο προϊόν, διεργασία ή δραστηριότητα, από την απόκτηση των πρώτων υλών έως την τελική διάθεση. Η *Συγκριτική Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Comparative LCA)* προσδιορίζει την περιβαλλοντική επιβάρυνση διαφορετικών προϊόντων, διεργασιών και δραστηριοτήτων και τονίζει τα σημεία όπου υπάρχουν διαφορές [32].

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, η ανάλυση κύκλου ζωής αναπτύχθηκε στην προσπάθεια των ερευνητών να έχουν πιο αντικειμενική και ορθή γνώμη για τα προβλήματα του περιβάλλοντος, για τις αιτίες που τα προκαλούν καθώς και για τις προτεινόμενες λύσεις γι' αυτά τα προβλήματα. Πέρα όμως από την γενική αυτή αρχή, υπάρχει και μια σειρά από συγκεκριμένους στόχους οι οποίοι τίθενται κάθε φορά. Συγκεκριμένα, η ανάλυση κύκλου ζωής επιδιώκει, ανάλογα με την περίπτωση, ένα ή περισσότερους από τους επόμενους στόχους :

- (1) Να διερευνηθούν οι δυνατότητες για καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση με καλύτερο σχεδιασμό [2], [493].
- (2) Να τεθούν προτεραιότητες στη σχεδίαση και παραγωγή διαφόρων προϊόντων [8].
- (3) Να υποδειχθεί ο ρόλος διαφόρων υλικών στις σύγχρονες στρατηγικές διαχείρισης αποβλήτων [2].
- (4) Να καταγραφούν οι επιπτώσεις της ζωής των προϊόντων και δραστηριοτήτων στο περιβάλλον και η καταγραφή αυτή μάλιστα να χρησιμοποιηθεί ως διαχειριστικό εργαλείο μείωσης των επιπτώσεων αυτών [12], [537].
- (5) Να καταδειχθεί η σχετική ανωτερότητα ενός υλικού σε σχέση με ένα άλλο σε διάφορες εφαρμογές (π.χ. στη συσκευασία) [2], [69].
- (6) Να αποτελέσει το επιστημονικό υπόβαθρο με βάση το οποίο θα αποδεικνύεται η αναγκαιότητα υιοθέτησης οικονομικών μέτρων, εφόσον υπάρχουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον από προϊόντα ή δραστηριότητες (π.χ. φορολόγηση ορισμένων απορριμμάτων ή αέριων ρυπαντών όπως το CO<sub>2</sub>) [14].
- (7) Να επιλεγεί η καλύτερη μέθοδος ανάκτησης των υλικών σε σχέση με όλες τις δυνατές εναλλακτικές λύσεις [2].
- (8) Να εξεταστεί η δυνατότητα βελτίωσης των μεθόδων παραγωγής των υλικών καθώς και των προϊόντων (π.χ. υλικών συσκευασίας) [20], [188].
- (9) Να ενημερωθεί κάθε πολίτης σχετικά με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον από προϊόντα που χρησιμοποιεί και δραστηριότητες που ασκεί [536]. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με την κοινοποίηση των αποτελεσμάτων μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής σε κάθε

ενδιαφερόμενο φορέα (κρατικές αρχές, οικολογικές ομάδες κλπ), είτε με την εφαρμογή της λεγόμενης οικολογικής επισήμανσης (οικολογική ετικέτα ή οικολογικό σήμα) στα προϊόντα (ecolabeling) είτε, τέλος, με την πιστοποίηση αυτών για την περιβαλλοντική ποιότητα (certification) {3}, {40}, {79}.

- (10) Να αποδειχθεί επιστημονικά, ο τρόπος με τον οποίο διάφορα υλικά όπως για παράδειγμα τα πλαστικά, το αλουμίνιο κλπ μπορούν ενδεχομένως να εναρμονιστούν με τις πολιτικές διατήρησης των πηγών πρώτων υλών {2}.
- (11) Να "οδηγήσει" πελάτες και προμηθευτές της βιομηχανίας και κυρίως της βιομηχανίας χημικών διεργασιών να συνεργαστούν με σκοπό περιβαλλοντικά οφέλη. Η ανάλυση κύκλου ζωής διευκολύνει κάτι τέτοιο αποτελώντας τη βάση ανταλλαγής πληροφοριών στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων {1}.
- (12) Να εφοδιάσει τις επιχειρήσεις με επιχειρήματα που θα τις διευκολύνουν στο πεδίο του οικολογικού μάρκετινγκ (eco-marketing ή green marketing) {16}, {112}. Εννοείται, πάντως, ότι απαραίτητη προϋπόθεση για τη χρήση της ΑΚΖ για διαφημιστικούς σκοπούς είναι η ανάπτυξη ομοιόμορφης και τυποποιημένης μεθοδολογίας προκειμένου να μην γίνεται καταστρατήγηση και αντιδεδοντολογική χρήση των διαφόρων στοιχείων {177}.
- (13) Να αναστρέψει υφιστάμενες δυσμενείς περιβαλλοντικές απόψεις της κοινής γνώμης για διάφρα προϊόντα ή δραστηριότητες που ενδεχομένως να είναι λανθασμένες (π.χ. η αντίληψη πολλών για τη βιομηχανία πλαστικών) {5}.
- (14) Να κατευθύνει στη λήψη αποφάσεων για το περιβάλλον με βάση επιστημονικές μεθοδολογίες και όχι με αυθαίρετες εκτιμήσεις {16}.
- (15) Να συντελέσει στην εκπόνηση σωστής περιβαλλοντικής στρατηγικής και πολιτικής καθώς και στην θέσπιση και λειτουργία οργάνων περιβαλλοντικού προσανατολισμού {40}, {118}, {493}.
- (16) Να δημιουργήσει ολοκληρωμένες βάσεις δεδομένων σχετικά με τις ανάγκες σε ενέργεια και πρώτες ύλες οι οποίες θα χρησιμεύσουν για περαιτέρω αναλύσεις και σχεδιασμούς {69}.
- (17) Να χρησιμοποιηθεί ως βάση για την εφαρμογή προγραμμάτων ολικής ποιότητας περιβάλλοντος (Environmental Total Quality Programs) {184}, {195}, {492}.
- (18) Να θέσει τα επιστημονικά κριτήρια με βάση τα οποία θα απονέμονται τα οικολογικά σήματα (eco-labels) στα διάφορα προϊόντα {118}.

(19) Να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων σχετικά με την επίδραση τους στο περιβάλλον [533].

Συνοψίζοντας τα παραπάνω μπορεί να υποστηριχθεί ότι στόχος της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι η μέτρηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης ενός οικονομικού συστήματος κατά την διάρκεια της ζωής του, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσοτική προσέγγιση. Παρόλο που αυτό μέχρι σήμερα είχε να κάνει κυρίως με προϊόντα, η ΑΚΖ σχετίζεται και με οποιοδήποτε άλλο οικονομικό σύστημα, όπως για παράδειγμα πρώτες ύλες, υπηρεσίες, επιχειρησιακές στρατηγικές και κυβερνητικές πολιτικές.

Στη ανάπτυξη αυτού του εργαλείου, μπορούμε να διακρίνουμε δύο περιόδους : την περίοδο από την δεκαετία του 1960 έως τα τέλη της δεκαετίας του 1980 και την περίοδο από τότε έως σήμερα. Κατά την διάρκεια της πρώτης περιόδου, η ανάλυση κύκλου ζωής, χρησιμοποιήθηκε από μια σειρά επιχειρήσεων σε χώρες όπως η Βρετανία, η Ελβετία η Σουηδία και οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Στην πραγματικότητα οι μελετες που πραγματοποιήθηκαν ήταν όλες ανεξάρτητες μεταξύ τους, χωρίς σαφές θεωρητικό υπόβαθρο και χωρίς την συμμετοχή της ακαδημαϊκής κοινότητας. Οι προσπάθειες αυτές δεν έτυχαν ιδιαίτερης υποδοχής από την κοινή γνώμη.

Το σκηνικό άλλαξε κατά την δεύτερη περίοδο : η ανάλυση κύκλου ζωής άρχισε να αποτελεί υπόθεση της κοινής γνώμης ενώ διευρύνθηκε η χρήση της στην πράξη. Συνδέθηκε, μάλιστα, η ΑΚΖ με τον διάλογο για το λεγόμενο οικολογικό μάρκετινγκ. Αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης ήταν να επιλέγεται ως εργαλείο από όλο και περισσότερους οργανισμούς, ιδιωτικές επιχειρήσεις, κρατικές αρχές, μη κρατικούς φορείς, πανεπιστήμια κλπ.

Κατά την διάρκεια της περιόδου της ανάπτυξης της ΑΚΖ, μπορεί να παρατηρηθεί η χρησιμοποίηση μεγάλου φάσματος μεθοδολογιών. Αυτό είχε ως συνέπεια να διαπιστώνονται περιπτώσεις όπου τα αποτελέσματα ερευνών για όμοια προϊόντα να είναι εντελώς διαφορετικά. Κλασικό παράδειγμα η συνεχιζόμενη "μάχη" μεταξύ γυάλινης και χάρτινης συσκευασίας για το γάλα ή μεταξύ βαμβακερής και χάρτινης πάνας για τα μωρά. Βέβαια τέτοιου είδους μάχες δεν γίνονται χωρίς λόγο αλλά έχουν ένα σκοπό. Ο σκοπός αυτός δεν είναι άλλος από την βελτίωση των προϊόντων από περιβαλλοντικής άποψης με βάση τα αποτελέσματα των μελετών της ανάλυσης κύκλου ζωής. Ωστόσο, μπορεί να παρατηρηθεί ότι μερικές φορές τα αποτελέσματα των μελετών αυτών ήταν ευθυγραμμισμένα με τα συμφέροντα του φορέα ο οποίος είχε παραγγείλει και χρηματοδοτήσει την έρευνα [494]. *Ως εκ τούτου, είναι αναγκαία η περαιτέρω εξέλιξη και ανάπτυξη της μεθόδου καθώς και τυποποίηση της προκειμένου να μην χάσει την αξιοπιστία της ως εργαλείο ανάπτυξης περιβαλλοντικής πολιτικής* [18].

Πάντως, παρά τις όποιες διαφορετικές γνώμες που εκφράζονται κατά καιρούς, η ανάλυση κύκλου ζωής αναγνωρίζεται σήμερα ως το

περιβαλλοντικό διαχειριστικό εργαλείο της δεκαετίας του 1990. Το ολοένα και αυξανόμενο ενδιαφέρον για την μέθοδο αυτή αποδεικνύεται από την αύξηση του αριθμού των συνεδρίων και επιστημονικών συναντήσεων που γίνονται με αυτό το θέμα, καθώς και από τις συνεχώς εντεινόμενες εθνικές και διεθνείς προσπάθειες για τυποποίηση της μεθοδολογίας [16]. Επίσης, ενδεικτικό της μεγάλης σημασίας της μεθόδου AKZ είναι και το γεγονός ότι συμπεριλαμβάνεται στο επίσημο ερευνητικό πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (4ο Πρόγραμμα - Πλαίσιο) με στόχο τη βελτίωση του περιβάλλοντος [488].

Το πρόγραμμα των οικολογικών σημάτων (eco - labelling) της Ευρωπαϊκής Ένωσης βασίζεται στα αποτελέσματα της ανάλυσης κύκλου ζωής [498], [499], [500], [501], [502], ενώ σχετικές εργασίες βρίσκονται σε εξέλιξη σε πολλά κράτη μέλη της Ευρώπης και της Αμερικής όπως στη Γερμανία ("Blue Angel" Program), στη Γαλλία (French Environmental Labelling Program), στην Ολλανδία (Dutch Ecolabel Program), στις Σκανδιναβικές χώρες (Nordic Council "White Swan" Program), στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής ("Green seal"), στον Καναδά (Canadian Environmental Choice Program), στην Ιαπωνία (Eco Mark Program), στη Νέα Ζηλανδία (Environmental Choice New Zealand) κ.α. [16], [174]. Τα προγράμματα αυτά επικεντρώνονται σε προϊόντα διαφορετικά μεταξύ τους, όπως :

- ψυγεία και συσκευές ψύξης
- βερνίκια και χαρτί διαφόρων ποιοτήτων
- πλυντήρια και απορρυπαντικά
- ξύλο και ξύλινα έπιπλα κλπ [174], [497].

Επίσης, ένας μεγάλος αριθμός επιχειρήσεων θεωρεί στις μέρες μας ότι η ανάλυση κύκλου ζωής είναι το κατάλληλο εργαλείο το οποίο θα προσδώσει σε αυτές συγκριτικά πλεονεκτήματα έναντι των ανταγωνιστών τους, επιτρέποντας τους να παραγματοποιήσουν οικονομίες από μείωση του κόστους τους, να έχουν οφέλη από αλλαγές των αγορών στις οποίες δραστηριοποιούνται και να επιτύχουν επιπλέον ανάπτυξη αντιδρώντας με τον σωστό τρόπο την κατάλληλη στιγμή. Έτσι, οι επιχειρήσεις αυτές πραγματοποιούν έρευνες ανάλυσης κύκλου ζωής για θέματα που τους ενδιαφέρουν, των οποίων, όμως, τα αποτελέσματα σπάνια βλέπουν το φως της δημοσιότητας αφού αποτελούν "ανταγωνιστικό εργαλείο". [16]. Μεταξύ των πρωτοπόρων επιχειρήσεων παγκοσμίως στην χρήση των μελετών AKZ είναι οι Procter & Gamble [64], [173], Coca Cola [66], [145], Mc Donald's [67], [68] κλπ ενώ άλλες όπως η νορβηγική εταιρεία πετρελαιοειδών Norsk Hydro και η αμερικανική Dow τις έχουν συμπεριλάβει στον περιβαλλοντικό σχεδιασμό τους [122], [123]. Μάλιστα, η τελευταία μαζί με το σύνολο σχεδόν της ευρωπαϊκής χημικής βιομηχανίας, θεωρεί την ανάλυση κύκλου ζωής ως απαραίτητο εργαλείο για την ανάπτυξη της υπεύθυνης φροντίδας (*responsible care*) και της κηδεμονίας προϊόντος

(*product stewardship*) πρωτοβουλίες που στοχεύουν στην αυτοδέσμευση των επιχειρήσεων για περιβαλλοντική βελτίωση [124] έως [127].

Είναι προφανές από την μέχρι τώρα παρουσίαση της ανάλυσης κύκλου ζωής ότι, η μέθοδος βρίσκεται ακόμα στην φάση της ανάπτυξης. Όπως θα αναπτυχθεί και στη συνέχεια, η ΑΚΖ παρουσιάζει ακόμα σημαντικά περιθώρια βελτίωσης, ενώ δεν λείπουν και εκείνοι που έχουν κάποιες επιφυλάξεις [187] ή που θέτουν ορισμένες προϋποθέσεις για την καλή της εφαρμογή [153], [154]. Έτσι, ένα από τα σημαντικότερα επιχειρήματα κατά της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι ότι η πραγματοποίηση της είναι οικονομικά δαπανηρή ενώ ταυτόχρονα απαιτεί μεγάλο χρόνο υλοποίησης εξαιτίας της πολυπλοκότητας της μεθοδολογίας, της δυσκολίας συλλογής των απαραίτητων στοιχείων κλπ [155], [156]. Για παράδειγμα μια πλήρης μελέτη ΑΚΖ στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής μπορεί να κοστίσει μερικές δεκάδες ή και εκατοντάδες χιλιάδες δολάρια αναλόγως των προϊόντων τα οποία περιλαμβάνει [179]. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι να έχει αναπτυχθεί από ορισμένους ένας διάλογος σχετικά με το κατά πόσο θα ήταν σκόπιμο να προχωρήσουμε σε μορφές ΑΚΖ οι οποίες θα είναι απλούστερες, ευκολότερες, φθηνότερες, ταχύτερες κλπ [134], [135], [136]. Βέβαια επιφυλάξεις, αμφισβητήσεις και ερωτηματικά σαν αυτά είναι αναμενόμενα και δικαιολογημένα αφού η μέθοδος βρίσκεται ακόμα υπό εξέλιξη. Ταυτοχρόνως ενισχύεται η άποψη ότι προσπάθειες όπως η παρούσα διατριβή έχουν θέση στη βιβλιογραφία αφού πέραν της τοπικής πρωτοτυπίας και ενδιαφέροντος της, είναι πιθανόν να προσφέρει στην ίδια την μέθοδο και φυσικά σε αυτό σκοπεύει.

Σε ότι αφορά τώρα στις προοπτικές της μεθόδου σήμερα και στο πώς προδιαγράφεται η κατάσταση, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η ανάλυση κύκλου ζωής είναι απαραίτητη για σωστή και επιστημονική διαχείριση του περιβάλλοντος. Ωστόσο, η μέθοδος δεν έχει φτάσει ακόμα στο ανώτατο σημείο ανάπτυξης αφού ακόμα εξελίσσεται. Έτσι, τρία είναι τα σημεία στα οποία, ενδεχομένως, να οδηγηθούμε στο μέλλον :

- Πρώτον, η ανάλυση κύκλου ζωής μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο αποδεικνύοντας την ισχύ, την εγκυρότητα και την νομιμότητα λύσεων που έχουν προταθεί ή επιλεγεί ήδη. Αυτό σημαίνει ότι, ενώ για συνήθη θέματα θα ακολουθούνται οι γνωστές πρακτικές, λεπτομερείς μελέτες ΑΚΖ θα γίνονται σε ειδικές περιπτώσεις. Παραδείγματος χάριν, μια βιομηχανία θα μπορεί να ακολουθεί δική της πολιτική σε θέματα προκαθορισμένα από τις αρμόδιες αρχές, εφόσον μπορεί να αποδείξει την χρησιμότητα τους με μελέτες ΑΚΖ [18].
- Δεύτερον, υπάρχει η προοπτική ανάπτυξης απλούστερων μεθόδων. Στο σημείο αυτό πρέπει να ξεκαθαριστεί το εξής : αν κατά την φάση πραγματοποίησης μιας μελέτης ΑΚΖ αποφασιστεί να μην δοθεί μεγάλο βάρος σε κάποιους τομείς, ή και να παραληφθούν ακόμα, αυτό δεν έχει καμία σχέση με απλούστερες μεθόδους. Αν, επιπλέον, αποφασιστεί να περιοριστούν οι στόχοι της μελέτης παραλείποντας στάδια της ζωής του υπό εξέταση προϊόντος, καταργώντας συντελεστές της

μεθοδολογίας ή κάποιες υποκατηγορίες της μεθόδου, τότε το αποτέλεσμα δεν είναι ένα παράδειγμα απλούστερης μεθόδου, απλώς είναι μία ημιτελής μελέτη ΑΚΖ. Γεγονός είναι πάντως ότι σήμερα δεν φαίνεται ορατή κάποια απλούστερη μέθοδος παρά μόνον κάποιες προβλέψεις, όπως για παράδειγμα *η χρήση δεικτών* (π.χ. δείκτης συνολικής ενέργειας ο οποίος αντιπροσωπεύει και αντικατοπτρίζει την ποσότητα των εκπομπών προς το περιβάλλον), ή *η χρήση οικονομικών πινάκων εισροών-εκροών* (για την ανάλυση ανώτερου βαθμού διεργασιών) κτλ [18].

- Τρίτον, είναι σχεδόν βέβαιη η ανάπτυξη λογισμικού (software) για ηλεκτρονικούς υπολογιστές, καθώς και βάσεων δεδομένων (databases) προκειμένου να διευκολυνθεί η υλοποίηση των ΑΚΖ που συχνά είναι χρονοβόρος, πολύπλοκη και πολυδιάστατη διαδικασία [19].

Ανεξάρτητα, πάντως, από τα παραπάνω, η ανάλυση κύκλου ζωής έχει ήδη αρχίσει να προσφέρει ένα πολύ ισχυρό επιστημονικό υπόβαθρο για την διαχείριση του περιβάλλοντος ενώ η σημασία της αναμένεται να γίνεται στο μέλλον όλο και πιο σημαντική. Κι αυτό για επιχειρήσεις οι οποίες προσβλέπουν πέρα από το βραχυπρόθεσμο κέρδος. Για εκείνες που συγκεντρώνουν το ενδιαφέρον τους στον πελάτη, που προωθούν τη συνεργασία με τους προμηθευτές και εφαρμόζουν προγράμματα διοίκησης ολικής ποιότητας (TQM) [74], [507].

### **2.3. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ – ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΗΣ**

Η ιστορία της περιβαλλοντικής εκτίμησης διεργασιών, πρώτων υλών και προϊόντων της βιομηχανίας είναι μικρή ακόμα. Οι πρώτες σχετικές έννοιες έκαναν την εμφάνισή τους στις αρχές της δεκαετίας του 1960 και αναφέρονταν κυρίως στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μεγάλων κατασκευαστικών έργων [40]. Μία από τις πρώτες εργασίες που δημοσιεύτηκαν σχετικά ήταν αυτή του Harold Smith στη World Energy Conference το 1963. Η εργασία αυτή, η οποία επιχειρούσε να υπολογίσει την συνολική ενέργεια που χρειαζόταν για την παραγωγή διαφόρων χημικών προϊόντων, ίσως σηματοδότησε την απαρχή των μελετών αυτού του είδους [69].

Η ανάλυση κύκλου ζωής έκανε για πρώτη φορά την εμφάνισή της τις τελευταίες δεκαετίες. Αν και χρησιμοποιήθηκε, όμως, από βιομηχανίες, κρατικούς φορείς και άλλους οργανισμούς της Ευρώπης, των Ηνωμένων Πολιτειών και μερικών άλλων χωρών με την μία ή άλλη μορφή, το ενδιαφέρον για την μέθοδο αυτή ως εργαλείο διαχείρισης περιβάλλοντος άρχισε να αυξάνεται μόλις τα τελευταία χρόνια. Η σύγχρονη ανάλυση κύκλου ζωής αρχίζει να εφαρμόζεται ευρύτερα στην δεκαετία του 1960 και αυτό γιατί εκείνη την περίοδο άρχισε να εμφανίζεται εντονότερο το πρόβλημα της μείωσης των πρώτων υλών και της διαθέσιμης ενέργειας, οπότε παρουσιάστηκε η ανάγκη να βρεθούν τρόποι για την όσο το δυνατόν αντικειμενικότερη καταγραφή της απαιτούμενης ενέργειας και των αναγκαίων πρώτων υλών που θα χρειαζόνταν στο μέλλον [6].

Τα παραπάνω είχαν ως αποτέλεσμα να εμφανιστούν στις αρχές της δεκαετίας του 1970 εκδόσεις όπως το "The Limits to Growth" και το "A Blueprint for Survival" τα οποία συμφωνούσαν ότι η όλο και αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας και πρώτων υλών θα οδηγούσε σε εξάντληση των φυσικών πόρων ίσως και μέσα σε λίγες δεκαετίες. Συνέπεια των πρώτων αλλά εντυπωσιακών αυτών προσπαθειών ήταν να αυξηθεί κατακόρυφα το ενδιαφέρον για περισσότερο λεπτομερείς μελέτες σχετικά με τις διεργασίες της βιομηχανίας [69]. Βέβαια, αυτές οι πρώτες προσπάθειες εστιάζονταν και αναλώνονταν σε περιορισμένο αριθμό περιβαλλοντικών προβλημάτων ακολουθώντας τις κοινωνικές και πολιτικές επιταγές της εποχής. Έτσι, προβλήματα όπως τα στερεά απορρίμματα και η διαχείριση τους άρχισαν να απασχολούν τις προσπάθειες αυτές αρκετά χρόνια αργότερα [40].



Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, στο χρονικό διάστημα ανάμεσα στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και στις αρχές της δεκαετίας του 1970, εκπονήθηκαν μια σειρά από μελέτες οι οποίες είχαν ως σκοπό να συγκρίνουν μεταξύ τους διάφορες εναλλακτικές ενεργειακές πηγές. Αν και η ανάλυση έδωσε έμφαση σε ενεργειακά κυρίως χαρακτηριστικά, συμπεριλήφθηκαν και εκτιμήσεις γύρω από τους ρυπαντές του αέρα και των υδάτων που συνόδευαν τη χρήση των πηγών αυτών [69].

Το 1969, ερευνητές του Midwest Research Institute των Ηνωμένων Πολιτειών, άρχισαν μια έρευνα για λογαριασμό της Coca Cola Company, η οποία ηγείται των προσπαθειών για εδραίωση μεθοδολογιών ανάλυσης κύκλου ζωής στις Η.Π.Α. Παράλληλα, στις αρχές της δεκαετίας του 1970, το ενδιαφέρον της κοινής γνώμης άρχισε να ενθαρρύνει, αλλά και να πιέζει πολλές φορές, την βιομηχανία, να επιβεβαιώσει ότι οι πληροφορίες που ανακοινώνονται γύρω από την στενότητα του πετρελαίου, καθώς και τα στοιχεία που δίνονται στη δημοσιότητα σχετικά με τις επιπτώσεις της παραγωγής προϊόντων στο περιβάλλον, είναι ακριβή και αξιόπιστα. Αυτή η πίεση είχε ως αποτέλεσμα την εκπόνηση δεκαπέντε περίπου μελετών *“ανάλυσης της χρήσης φυσικών πόρων και της επίδρασης στο περιβάλλον”* στο χρονικό διάστημα μεταξύ 1970 και 1975 [6], [157]. Εκτός όμως από το αποτέλεσμα αυτό, η πίεση και γενικά όλο το κλίμα της εποχής συνετέλεσαν και σε κάτι σπουδαιότερο. Στο να παραμεριστεί ο σκεπτικισμός που υπήρχε τότε σχετικά με την χρησιμότητα και την αναγκαιότητα των μελετών αυτού του είδους [69].

Την ίδια περίοδο, εκτός από τις μελέτες που αναφέρθηκαν πιο πάνω, παρατηρούνται στις Ηνωμένες Πολιτείες κι άλλες σχετικές προσπάθειες όπως, για παράδειγμα, αυτές του Stanford Research Institute για λογαριασμό των Mc Donald’s Αμερικής. Δυστυχώς, οι περισσότερες από αυτές είναι εμπιστευτικές εργασίες γραφείων συμβούλων που δεν είδαν ποτέ ολόκληρες το φως της δημοσιότητας. Ανάλογες προσπάθειες παρατηρούνται και στην Ευρώπη κυρίως στην Γερμανία, την Ελβετία, την Βρετανία και τις σκανδιναβικές χώρες [40], [69].

Πράγματι, οι ρίζες των μελετών αυτού του είδους στην Ευρώπη φαίνεται να βρίσκονται στην Γερμανία και την Ελβετία όπου, άλλωστε, οι σχετικές δραστηριότητες εξακολουθούν να είναι πολύ διαδεδομένες. Από τις πιο σημαντικές προτάσεις που έγιναν σχετικά είναι η *“Περιβαλλοντική Λογιστική”* (Environmental Accounting) για επιχειρήσεις, από τους Mueller – Wenk το 1978, το *“Οικολογικό Ισοζύγιο”* (Eco-Balance) από το Bundesamt fuer Umweltschutz το 1984 και η *“Ανάλυση Γραμμής Προϊόντος”* (Product Line Analysis) από το Projektgruppe Oekologische Wirtschaft το 1987. Ακολουθούν η Ολλανδία, η Δανία, η Σουηδία και η Βρετανία [40].

Στην Βρετανία, η πρώτη μελέτη τύπου ανάλυσης κύκλου ζωής πραγματοποιήθηκε το 1972 με αντικείμενο την βιομηχανία γυαλιού. Στα τέλη της δεκαετίας του 1970, οι Boustead και Hancock εκπόνησαν λεπτομερή ανάλυση σχετικά με την απαιτούμενη ενέργεια και τις αναγκαίες πρώτες ύλες για την παραγωγή αλλά και την χρήση ειδών

συσκευασίας υγρών η οποία έγινε για λογαριασμό του Βρετανικού Συμβουλίου για τη διαχείριση των απορριμμάτων [10].

Στην Γαλλία, οι μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής βρίσκονται ακόμα στα αρχικά στάδια επηρεαζόμενες από τις διεθνείς συζητήσεις και εμπειρίες. Στην Ιταλία αρκετοί οργανισμοί φαίνεται να δείχνουν κάποιο σχετικό ενδιαφέρον ενώ οι υπόλοιπες χώρες - μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα) δεν έχουν ασχοληθεί ακόμα με το θέμα αυτό. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται με την υπάρχουσα, μέχρι σήμερα, βιβλιογραφία. Οι περισσότερες δημοσιεύσεις προέρχονται από Γερμανούς και Ελβετούς ερευνητές και ακολουθούν Ολλανδοί και Βρεττανοί [40].

Στην περίοδο από το 1975 μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980 παρατηρείται μια εξασθένηση του ενδιαφέροντος για αυτού του είδους τις μελέτες καθώς υπήρχε μια φαινομενική ύφεση των πετρελαϊκών κρίσεων ενώ παράλληλα το ενδιαφέρον για το περιβάλλον μετατοπίστηκε σε ζητήματα διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων [6]. Παρόλ'αυτά, κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου, μελέτες τύπου ανάλυσης κύκλου ζωής συνεχίστηκαν να εκπονούνται (με έναν ρυθμό περίπου δύο μελέτες το χρόνο, οι περισσότερες από τις οποίες έδιναν έμφαση σε ενεργειακές ανάγκες), με αποτέλεσμα την βελτίωση της μεθοδολογίας [95], [169].

Ωστόσο, από το 1980 και έπειτα παρατηρείται μια αναθέρμανση του ενδιαφέροντος για μελέτες τύπου ΑΚΖ. Σε αυτό συντελεί η αύξηση των πιέσεων από τις οικολογικές κινήσεις και η δημιουργία από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή της Γενικής Διεύθυνσης για το Περιβάλλον (ΓΔ XI). Βέβαια, αν και στην αρχή έργο της διεύθυνσης αυτής ήταν κυρίως η τυποποίηση των περιβαλλοντικών κανονισμών σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση, το 1985 εισήγαγε την οδηγία 85/339 σχετικά με τους περιέκτες τροφίμων και ποτών η οποία αναφέρονταν στην κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας καθώς και στην πρόκληση ρύπανσης [69].

Όταν, μάλιστα, το πρόβλημα των στερεών απορριμμάτων άρχισε από το 1988 και μετά να παίρνει μεγάλες διαστάσεις σε όλο τον κόσμο, τότε οι τεχνικές ανάλυσης κύκλου ζωής επανήλθαν οριστικά ως ένα δυναμικό εργαλείο ανάλυσης των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Έτσι, μια σειρά από διάφορες μελέτες, άρθρα, εκδόσεις κλπ σχετικά με τις διάφορες μορφές της μεθοδολογίας αυτής άρχισαν να εμφανίζονται με αυξανόμενους ρυθμούς [6], [95], [100], [104], [105], [106], [107], [108], [142].

Η ανάλυση κύκλου ζωής ανήκει στην κατηγορία των *ολοκληρωτικών περιβαλλοντικών εργαλείων (integrative environmental tools)* η οποία παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία παραλλαγών. Γενικά, πάντως, μπορούμε να διακρίνουμε δύο διαφορετικούς τύπους μεθόδων, οι οποίες ξεχωρίζουν κυρίως από το γεγονός ότι επιδιώκουν διαφορετικούς σκοπούς. Έτσι, από την μια πλευρά, υπάρχουν τα αναλυτικά εκείνα όργανα τα οποία δίνουν έμφαση σε μια συγκεκριμένη οικονομική δραστηριότητα (για παράδειγμα η κατασκευή ενός έργου) που αποτελεί το

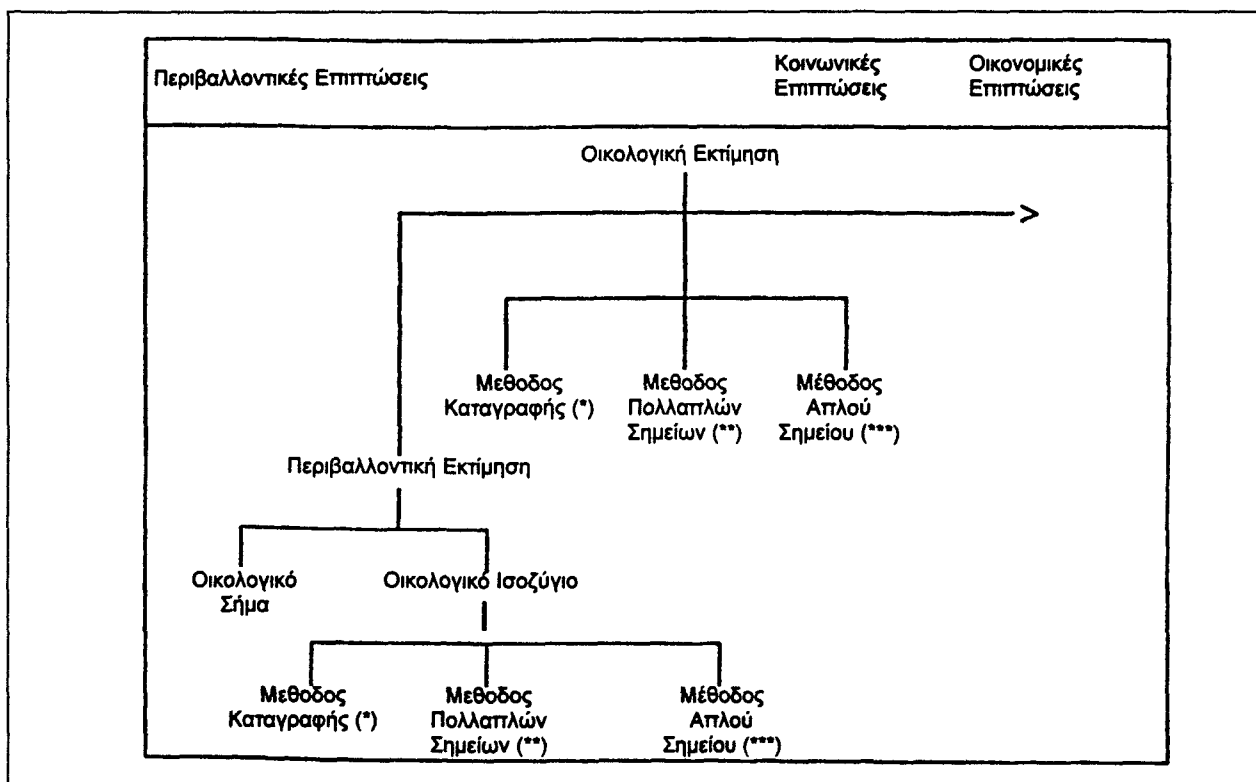
άμεσο αντικείμενο. Στη περίπτωση αυτή συναντάμε κυρίως την *Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Environmental Impact Assessment – EIA)* και την *Εκτίμηση Κινδύνου (Risk Assessment – RA)*. Και για τις δύο αυτές μεθόδους υπάρχει σήμερα, σε αρκετά μεγάλο βαθμό, και ξεκάθαρη νομική βάση και μια σειρά τυποποιημένων μεθοδολογιών. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν όργανα τα οποία διευρύνουν αυτόν τον σκοπό, επιχειρώντας την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκύπτουν από ολόκληρο τον κύκλο ζωής μιας συγκεκριμένης οικονομικής δραστηριότητας (για παράδειγμα η κυκλοφορία ενός προϊόντος) από την παραγωγή έως την απόρριψη του [18].

Η δεύτερη από τις παραπάνω κατηγορίες διακρίνεται με την σειρά της σε δύο υποκατηγορίες, σε δύο διαφορετικά, δηλαδή, είδη οργάνων : στην *Ανάλυση Ροής Περιεχομένου (Substance Flow Analysis – SFA)* και στην *Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Analysis – LCA)*. Στην ανάλυση ροής περιεχομένου η προσοχή εστιάζεται σε ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο στοιχείο όπως για παράδειγμα το χλώριο, το κάδμιο ή ο φώσφορος. Η ροή του στοιχείου αυτού αναλύεται δια μέσου όλων των διεργασιών και προϊόντων της δραστηριότητας και ως προς κάθε περιβαλλοντική επίπτωση. Η ανάλυση κύκλου ζωής, από την άλλη, εστιάζει την προσοχή της σε ένα συγκεκριμένο προϊόν, υλικό ή διεργασία μελετώντας κάθε εισροή και εκροή. Οι δύο παραπάνω υποκατηγορίες είναι συμπληρωματικές και μάλιστα πολλές φορές εμφανίζονται ταυτόχρονα [18].

Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητο να διευκρινιστούν δύο έννοιες οι οποίες, όπως θα δούμε στην συνέχεια, σχετίζονται άμεσα με τις μελέτες τύπου ανάλυσης κύκλου ζωής. Πρόκειται για την *Οικολογική Εκτίμηση (Ecological Assessment)* και την *Περιβαλλοντική Εκτίμηση (Environmental Assessment)*. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 2.3.1 που ακολουθεί [40], η οικολογική εκτίμηση είναι γενικότερη έννοια η οποία συνδέει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις με τις κοινωνικές και τις οικονομικές. Αντίθετα, η περιβαλλοντική εκτίμηση είναι πιο περιορισμένη έννοια και εστιάζεται μόνο στην φύση και το περιβάλλον. Βέβαια η διάκριση ανάμεσα σε αυτές τις δύο έννοιες είναι λεπτή και όχι πάντοτε εύκολη. Ειδικότερα, οι επιδράσεις στην παραγωγή καθώς και στο περιβάλλον και στην υγεινή της εργασίας, ενώ αποτελούν τμήμα των οικολογικών εκτιμήσεων μπορούν να συμπεριληφθούν και σε περιβαλλοντικές εκτιμήσεις εάν ο άνθρωπος θεωρηθεί ως τμήμα της φύσης [62].

Οι πιο γνωστές έννοιες οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία των οικολογικών εκτιμήσεων είναι η *Ανάλυση Γραμμής Προϊόντος (Product Line Analysis)* και η *Εκτίμηση Τεχνολογίας (Technological Assessment)* όπου και οι δύο περιλαμβάνουν στην ανάλυση τους κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Στις περιβαλλοντικές εκτιμήσεις τα σημαντικότερα είδη μελετών είναι η *Οικολογική Εξέταση (Eco-Test)* και το *Οικολογικό Σήμα (Eco-Label)* ή *Ετικέτα Προϊόντος (Product Label)* από την μία, όπου η ανάλυση περιλαμβάνει ένα μικρό αριθμό (1 έως 4) περιβαλλοντικών κριτηρίων, και η *Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Analysis – LCA)* ή

*Οικολογικό Ισοζύγιο (Eco-Balance)* από την άλλη, όπου η ανάλυση περιλαμβάνει έναν απεριόριστα μεγάλο αριθμό περιβαλλοντικών κριτηρίων καταλήγοντας σε αντίστοιχα μεγάλο αριθμό αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα αυτά στη συνέχεια, είτε παρουσιάζονται χωρίς περαιτέρω επεξεργασία, είτε *συγκεντρώνονται* σε λίγες (ή και μία μόνο) περιβαλλοντικές παραμέτρους [40]. Σημειώνουμε ότι οι όροι ανάλυση κύκλου ζωής (LCA) και οικολογικό ισοζύγιο (eco-balance) εκφράζουν το ίδιο πράγμα [4]. Η διαφορετική ονομασία οφείλεται στο ότι ο πρώτος όρος προέρχεται από τις αγγλόφωνες ερευνητικές ομάδες (Η.Π.Α., Βρετανία κλπ) ενώ ο δεύτερος από τις γερμανόφωνες (Γερμανία, Ελβετία κλπ) [40].



(\*) Μέθοδος καταγραφής : Μικρή (ή ανύπαρκτη) συγκέντρωση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης σε περιβαλλοντικές παραμέτρους (απλή παράθεση αποτελεσμάτων)

(\*\*) Μέθοδος πολλαπλών σημείων : Συγκέντρωση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης σε λίγες περιβαλλοντικές παραμέτρους.

(\*\*\*) Μέθοδος απλού σημείου : Συγκέντρωση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης σε μία περιβαλλοντική παράμετρο [40].

### Διάγραμμα 2.3.1 : Οικολογική και περιβαλλοντική εκτίμηση

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται και η διάκριση των διαφόρων μελετών αναλόγως του *βαθμού συγκέντρωσης (aggregation)* των αποτελεσμάτων, διαδικασία η οποία θα αναλυθεί λεπτομερέστερα στην συνέχεια. Η διάκριση περιλαμβάνει τις *μεθόδους καταγραφής (inventory)* όπου η συγκέντρωση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης σε περιβαλλοντικές παραμέτρους είναι μικρή ή ακόμα και ανύπαρκτη (οπότε έχουμε απλώς παράθεση των αποτελεσμάτων), τις *μεθόδους πολλαπλών σημείων (multi score ή eco-profile)* όπου η συγκέντρωση πραγματοποιείται

βάσει ενός αλγορίθμου και είναι μεγαλύτερης έκτασης καταλήγοντας σε λίγες μόνο περιβαλλοντικές παραμέτρους (ενέργεια, αέριοι ρύποι, στερεά απορρίμματα, ρύποι υδάτων κα) και τέλος τις *μεθόδους απλού σημείου* (*single score value*) όπου γίνεται προσπάθεια να καταλήξουμε σε μία και μοναδική περιβαλλοντική παράμετρο [40].

Όπως αναφέρθηκε ήδη, ένα από τα προβλήματα των μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής είναι η συγκεχυμένη κατάσταση που επικρατεί στο θέμα της ορολογίας. Για τον λόγο αυτόν στον πίνακα 2.3.1 υπάρχει συγκεντρωμένη η σχετική ορολογία στην αγγλική, την γερμανική και την γαλλική γλώσσα ενώ επιχειρείται και μια απόδοση του κάθε όρου στην ελληνική. Με πιο έντονα γράμματα δίνονται οι αυθεντικοί όροι, δηλαδή στην γλώσσα που αρχικά αναπτύχθηκαν και στην συνέχεια μεταφράστηκαν και στις άλλες [40], [51]. Στον επόμενο πίνακα 2.3.2 αναλύονται οκτώ διαφορετικά είδη μελετών προκειμένου να φανούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της καθεμιάς από αυτές, αλλά και για να καταδειχθούν οι διαφορές και οι ομοιότητες τους. Η ανάλυση βασίζεται σε επτά θεμελιώδη χαρακτηριστικά των μελετών αυτών σχετικά με την δομή τους και την μεθοδολογία στην οποία βασίζονται και το κριτήριο για την επιλογή τους ήταν η αντιπροσωπευτικότητα τους. Ιστορικά, αναπτύχθηκαν για την εκτίμηση των επιπτώσεων διάφορων αντικειμένων (προϊόντα, κατασκευαστικά έργα, τεχνολογίες, επιχειρήσεις κα) ενώ οι έξι από αυτές αφορούν σε εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων και μόλις οι δύο σε εκτίμηση οικολογικών (ανάλυση γραμμής προϊόντος και εκτίμηση τεχνολογίας) [40], [53], [54].

Ένα σημαντικό κομμάτι των περιβαλλοντικών εκτιμήσεων (environmental assessment) με μεγάλη δυναμική τα τελευταία χρόνια είναι εκείνο το οποίο έχει ως αντικείμενο τα προϊόντα. Έχουν προταθεί πολλές σχετικές μεθοδολογίες οι οποίες διαφέρουν συνήθως στον βαθμό πολυπλοκότητας. Οι πιο απλές από αυτές, οι οποίες επικεντρώνονται συνήθως σε μία μόνο επίπτωση, βασίζονται στην έννοια των οικολογικών σημάτων (Green Product Labels και Eco Labels) όπως για παράδειγμα ο "Κυανούς Άγγελος" (der Blaue Engel) που αναφέρθηκε στη προηγούμενη παράγραφο, με την βοήθεια του οποίου επιχειρούνται εδώ και αρκετά χρόνια στην Γερμανία περιβαλλοντικές αξιολογήσεις προϊόντων [40], [42]. Πιο σύνθετες μεθοδολογίες είναι οι οικολογικές εξετάσεις ή δοκιμές (eco-tests) οι οποίες παρουσιάζονται με διάφορες μορφές και εκδόσεις. Οι επιπτώσεις που μελετώνται με τις οικολογικές εξετάσεις είναι περισσότερες από μία, λιγότερες όμως από τέσσερις. Περισσότερο φιλόδοξες, περιεκτικές και πολυπλοκές μεθοδολογίες είναι αυτές της ανάλυσης κύκλου ζωής (LCA) και της ανάλυσης γραμμής προϊόντος (PLA) [40].

Πίνακας 2.3.1 : Ορολογία μελετών εκτίμησης οικολογικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων

<i>ΑΓΓΛΙΚΗ</i>	<i>ΓΕΡΜΑΝΙΚΗ</i>	<i>ΓΑΛΛΙΚΗ</i>	<i>ΕΛΛΗΝΙΚΗ</i>
Cost-Benefit Analysis	Kosten-Nutzen Rechnung	Analyse Cout-Benefice	Ανάλυση Κόστους-Ωφέλειας
Eco-Balance	Oekobilanz	Ecobilan	Οικολογικό Ισοζύγιο
Eco-Label	Umweltzeichen	Ecolabel	Οικολογικό Σήμα (Ετικέτα)
Ecological Accounting	Oekologische Buchhaltung	Comptabilite environnement	Οικολογική Λογιστική
Eco-Test	Oeko-Test		Οικολογική Εξέταση
Environmental Impact Analysis for Products (Product EIA)	Produkt - Umwelt-vertraeglichkeits-pruefung (Produkt-UVP)	Analyse des impacts environnement produits	Ανάλυση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Προϊόντων
Life Cycle Analysis (LCA)	Lebenszyklenbewertung (LCA)	Analyse du cycle de vie	Ανάλυση Κύκλου Ζωής
Life Cycle Inventory(LCI)		Comptabilite du cycle de vie	Καταγραφή Κύκλου Ζωής
Material and Energy Accounts	Stoff- und Energiebilanzen	Bilans matiere et energie	Ισοζύγια Υλικών και Ενέργειας
Material Flow Analysis	Stoffflußrechnung	Analyse des flux matieres	Ανάλυση Ροής Υλικών
Product Assessment	Produktfolge-abschaetzung		Εκτίμηση Προϊόντος
Product Line Analysis	Produktlinieanalyse (PLA)		Ανάλυση Γραμμής Προϊόντος
Resource & Environmental Profile Analysis (REPA)		Analyse des impacts environnement et d' utilisation des ressources du produit	Ανάλυση του Οικολογικού "Προφίλ" Φυσικών Πόρων
Technology Assessment (TA)	Technologiefolgenabschaetzung (TFA)		Εκτίμηση Τεχνολογίας
Use Value Analysis	Nutzwert-Analyse	Impact Environnement Produit	Ανάλυση Αξίας - Χρήσης

Πηγή : Επεξεργασία στοιχείων

Πίνακας 2.3.2 : Σύγκριση μελετών εκτίμησης οικολογικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΕΙΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Αντικείμενο Μελέτης</i>									
Τεχνολογία							■		
Υλικό και Προϊόν		■	■	□	■	□	□	■	□
Κατασκευαστικό Έργο				■					
Επιχείρηση						■			■
<i>Εμβέλεια Μελέτης</i>									
Μερική		■	■	■		■	■		■
Κύκλος Ζωής					■	□	□	■	□
<i>Εκτιμώμενες Επιπτώσεις</i>									
Περιβαλλοντικές		■	■	■	■	■	■	■	■
Κοινωνικές			□				■	■	
Οικονομικές							■	■	
<i>Τελικές Παράμετροι Αποτελέσματος</i>									
Μία		■							
Αρκετές			■	■	■	■			■
Πολλές							■	■	
<i>Χρόνος Εκπόνησης Μελέτης</i>									
Εκ των Υστέρων		■	■		■	■	□	■	■
Εκ των Προτέρων				■	■		■	■	
<i>Εκτίμηση Αποτελεσμάτων</i>									
Μονοδιάστατη (φυσική)		■	■	□	□	□			■
Μονοδιάστατη (οικονομική)									
Πολυδιάστατη				■	■	■	■	■	
<i>Εμπλεκόμενοι Φορείς</i>									
Υπεύθυνοι Εκπόνησης Μελέτης		ΥΕ	εμ	Υ	Υ	Υ	Κ	ΥεΕ	ΥΚ
Αποδέκτες Μελέτης		Π	Π	Ε	ΥΕ	Υ	ΚΠ	ΥΕΠ	ΥΚ

Πηγή {40}, {52}, {55}, {56}

Όπου :

Είδος Μελέτης	6	Εκτίμηση Τεχνολογίας	Υ	Υπεύθυνοι Επιχειρήσεων
1 Οικολογικό Σήμα	7	Ανάλυση Γραμμής Προϊόντος	Κ	Κρατικές Υπηρεσίες
2 Οικολογική Εξέταση	8	Οικολογική Λογιστική	Π	Πολίτες - Καταναλωτές
3 Εκτίμηση Περιβαλ. Επιπτώσεων		<b>Σύμβολο</b>	ε	Ένωση Καταναλωτών
4 Ανάλυση Κύκλου Ζωής	■	Πλήρης Εφαρμογή	μ	Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης
5 Ισοζύγιο Υλικών και Ενέργειας	□	Μερική Εφαρμογή	Ε	Ελεγκτικοί Φορείς

Σε μια μελέτη ανάλυσης γραμμής προϊόντος, η οποία αποτελεί τυπικό δείγμα μελέτης οικολογικής εκτίμησης, περιλαμβάνονται εκτός από περιβαλλοντικά ζητήματα (κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας, ρύπανση ατμοσφαιρικού αέρα και υδάτων, στερεά απορρίμματα, επιπτώσεις στην χλωρίδα και την πανίδα κλπ), και ζητήματα κοινωνικά (συνθήκες εργασίας, ασφάλεια, προσωπική ελευθερία, πολιτιστική πληρότητα, ευελιξία κλπ) καθώς και οικονομικά ζητήματα (κόστος ανά μονάδα, ποιότητα προϊόντος, μέγεθος παραγωγής κλπ) [57], [58], [143].

Προκειμένου να αποσαφηνιστεί πλήρως η σχετική με την ανάλυση κύκλου ζωής ονοματολογία, ανακεφαλαιώνουμε τα ονόματα με τα οποία η μέθοδος αυτή συναντάται στην βιβλιογραφία. Έτσι, εκτός από *Ανάλυση Κύκλου Ζωής* (Life Cycle Analysis) αναφέρεται ως *Οικολογικό Ισοζύγιο* (Eco-Balance), *Οικολογικό "Προφίλ"* (Eco-Profile στην αγγλική και Oeko-profile στη γερμανική [100], [181]), *"Ανάλυση από τη Γέννηση έως το Θάνατο"* (Cradle-to-Grave Analysis), *Ανάλυση Οικολογικού "Προφίλ" Φυσικών Πόρων* (Resource Analysis και Resource and Environmental Profile Analysis – REPA), *Ανάλυση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων* (Environmental Impact Analysis) – όρος που μοιάζει αλλά δεν πρέπει να συγχέεται με τον όρο Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Environmental Impact Assessment) ο οποίος αποδίδει διαφορετικές καταστάσεις – και τέλος *Εκτίμηση ή Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής* (Life Cycle Assessment). Πάντως, σε ότι αφορά στον όρο εκτίμηση του κύκλου ζωής (life cycle assessment), όπως θα δούμε και σε άλλη παράγραφο, εκφράζονται από ορισμένους επιφυλάξεις σχετικά με το κατά πόσον συμπίπτει πλήρως με τον όρο ανάλυση κύκλου ζωής (life cycle analysis) [3], [4], [10], [208].

Πάντως, στην αγγλική ο όρος "analysis" έχει ακριβώς την ίδια έννοια που έχει και στην ελληνική. Επομένως σημαίνει "τον διαχωρισμό των συστατικών στοιχείων ενός συνόλου" και είναι το αντίθετο της σύνθεσης ή "λεπτομερειακής και σε βάθος εξέτασης". Επίσης, στην αγγλική ο όρος "assessment" σημαίνει τη "δράση" ή "μία περίπτωση καθορισμού του ποσοστού ή του ποσού" (π.χ. της επίδρασης κάποιας ενέργειας ή το ποσοστό ή το ποσό φόρου) με επέκταση την έννοια της αξιολόγησης. Εκτίμηση ή αξιολόγηση στη ελληνική σημαίνει υπολογισμός αξίας, μεγέθους, ποιότητας σημασίας, επομένως, και κατά τη γνώμη μας, υπάρχει διαφορά μεταξύ ανάλυσης και εκτίμησης ή αξιολόγησης.

Σε ότι αφορά στη θεματολογία της ΑΚΖ περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, θέματα σχετικά με διάφορα χημικά προϊόντα (π.χ. απορρυπαντικά [194]), με οικοδομικά υλικά (π.χ. πόρτες, παράθυρα κλπ από πλαστικό [133], [163]) με τη συσκευασία κλπ [16], [51], [59]. Η προτίμηση σε συγκεκριμένα υλικά και προϊόντα (όπως και τα υλικά συσκευασίας) αντανάκλα την ίδια την κυρίαρχη δύναμη που βρίσκεται πίσω από την ανάπτυξη της μεθόδου ανάλυσης του κύκλου ζωής και έχει συντελέσει αποφασιστικά σε αυτήν. Δύναμη που δεν είναι άλλη από την πίεση που αισθάνονται ορισμένοι υπεύθυνοι βιομηχανιών να αποδείξουν την περιβαλλοντική ανωτερότητα των προϊόντων τους [196]. Μια πίεση η οποία απορρέει από το όλο και πιο μεγάλο ενδιαφέρον της κοινής γνώμης για την εξακρίβωση της σχέσης



περιβάλλοντος και προϊόντων αλλά και περιβάλλοντος και επιχειρήσεων που τα παράγουν. Αποκορύφωμα της τάσης αυτής είναι η ίδρυση το 1992 της Εταιρείας για την Προώθηση της Ανάπτυξης της ΑΚΖ (SPOLD – Society for the Promotion of LCA Development) γεγονός που καταδεικνύει την ευνοϊκή, για την ανάλυση κύκλου ζωής, δυναμική της διαμορφούμενης κατάστασης σήμερα [16].

Πάντως, γεγονός αναμφισβήτητο είναι ότι η ανάπτυξη της νέας αυτή μεθόδου χαρακτηρίζεται, στο ξεκίνημα της, από μια πληθώρα προσεγγίσεων και από μη τυποποιημένη ορολογία. Μέχρι σήμερα, η ανάλυση κύκλου ζωής αναπτύχθηκε από ομάδες ερευνητών στις Η.Π.Α. και την Ευρώπη, παράλληλα μεταξύ τους, χωρίς ακόμα να έχει πραγματοποιηθεί, με επιτυχία, κάποια συμφωνία απόψεων. Αυτό οφείλεται αφενός μεν στην εντατική προσπάθεια για επικράτηση και αναγνώριση και αφετέρου στο γεγονός ότι οι περισσότερες σχετικές μελέτες εμφανίστηκαν με την μορφή περιληπτικών δημοσιεύσεων, δηλαδή, ως μελέτες συμβούλων ή ως εσωτερικές εκθέσεις διαφόρων επιχειρήσεων. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι η πρόσβαση στις μελέτες αυτές είναι σχεδόν αδύνατη λόγω και του εμπιστευτικού χαρακτήρα τους. Θα πρέπει να επισημανθεί ακόμα ότι αυτές οι διαφορετικές προσεγγίσεις και ορολογίες ενδεχομένως να συνεχίσουν να υφίστανται για αρκετό καιρό ακόμα για τον πολύ απλό λόγο ότι οι ανάγκες και τα συμφέροντα στις διάφορες χώρες είναι αρκετά διαφορετικά μεταξύ τους, έτσι που να μην επιτρέπουν ακόμα μια σχετική ενοποίηση [40].

Ανακεφαλαιώνοντας, διαπιστώνεται ότι ενώ οι μεθοδολογίες του τύπου ανάλυσης κύκλου ζωής αναπτύχθηκαν την δεκαετία του 1970, δεν άρχισαν να υιοθετούνται ευρέως παρά μόνον πριν από τα τέλη της δεκαετίας του 1980. Ωστόσο καμμία από αυτές δεν έχει γνωρίσει μέχρι σήμερα ολοκληρωτική αποδοχή από την επιστημονική κοινότητα, την βιομηχανία και τα διάφορα οικονομικά όργανα ούτε έχουν γίνει μέχρι τώρα πλήρως αποδεκτά οι σκοποί, οι σχετικές αξίες και τα όρια μεταξύ των διαφόρων μεθοδολογιών αυτών. Επιπλέον, οι πολλοί διαφορετικοί όροι που χρησιμοποιούνται δημιουργούν επιπρόσθετα προβλήματα. Όλα αυτά βέβαια, είναι δείγματα του γεγονότος ότι η μέθοδος βρίσκεται υπό ανάπτυξη, έρευνα και εξέλιξη. Σε ότι αφορά στην ονοματολογία πάντως, στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιείται ο όρος ανάλυση κύκλου ζωής – ΑΚΖ συμπεριλαμβάνοντας και αποδίδοντας, όπου φαίνεται αυτό χρήσιμο, όλους τους συνώνυμους όρους που αναλύθηκαν πιο πάνω [16].

## **2.4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ**

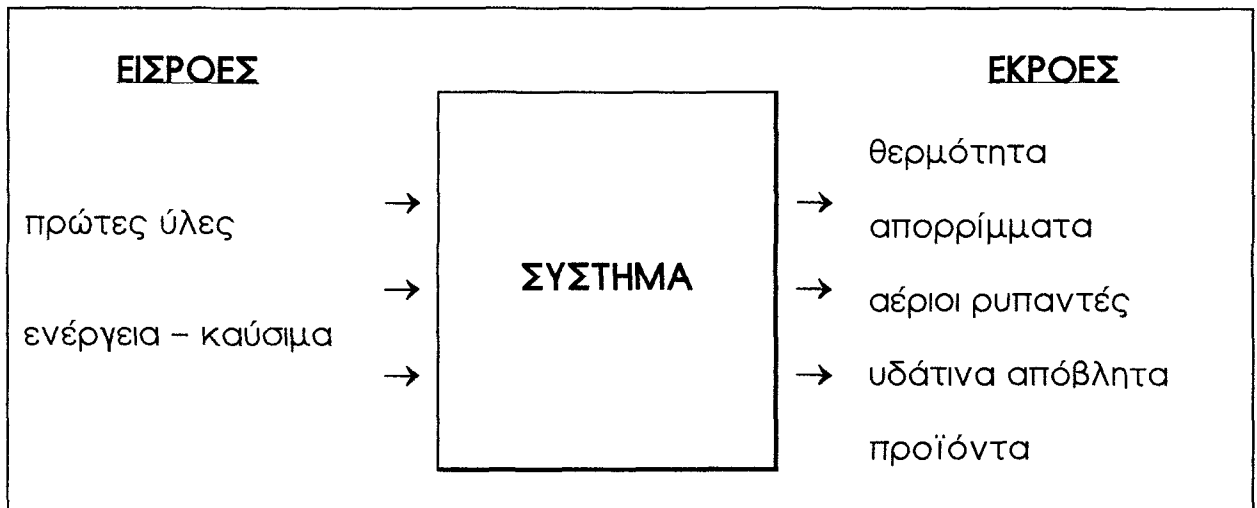
Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα, οι επιστήμονες δεν κατέληξαν ακόμα σε μία μοναδική, απόλυτα αποδεκτή μεθοδολογία για την ανάλυση του κύκλου ζωής προϊόντων [10]. Το γεγονός αυτό, πάντως, φαίνεται ότι δεν απεικονίζει απόλυτα την σημερινή κατάσταση. Αρκετοί ερευνητές, όπως για παράδειγμα ο I. Boustead [9] ένας από τους πρωτοπόρους της ανάλυσης κύκλου ζωής, διαφωνούν με την παραδοχή αυτή επισημαίνοντας μάλιστα ότι τουλάχιστον για το στάδιο της καταγραφής της κατάστασης, υπάρχει μια συγκεκριμένη, σε γενικές γραμμές, μεθοδολογία η οποία όχι μόνο προέρχεται αλλά και αποτελεί συνέχεια των ενεργειακών αναλύσεων οι οποίες είχαν αναπτυχθεί πριν από την πρώτη πετρελαϊκή κρίση την δεκαετία του 1970. Έτσι, τόσο αρκετοί ερευνητές που ασχολούνται με το θέμα, όπως ο Sundstroem από την Σουηδία και ο Franklin από τις Ηνωμένες Πολιτείες όσο και ινστιτούτα όπως το EMPA από την Ελβετία, παρά τις όποιες παραλλαγές που ενδεχομένως εμφανίζουν στην πρακτική τους, βασίζονται στην ίδια φιλοσοφία και ουσιαστικά χρησιμοποιούν την ίδια μεθοδολογία [9].

Κάτι τέτοιο βέβαια ήταν αναμενόμενο αφού η θεμελιώδης αρχή της μεθόδου είναι κοινή και ενιαία. *Πολλοί υποστηρίζουν, μάλιστα, ότι η φιλοσοφία του ΑΚΖ βασίζεται σε συνδυασμό αρχών και νόμων, της φυσικής από την μία, και της διοίκησης των επιχειρήσεων από την άλλη.* Έτσι, η όλη διαδικασία και ανάλυση στηρίζεται στις θεμελιώδεις αρχές της θερμοδυναμικής, στην αρχή διατήρησης της μάζας και στους άλλους νόμους της φυσικής [5], ενώ παράλληλα ο τρόπος συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων μοιάζει με εκείνον της κατάρτισης των ισολογισμών και των καταστάσεων αποτελεσμάτων χρήσεως των επιχειρήσεων [2], [167].

Όπως δηλαδή προσπαθούμε να καταγράψουμε και να μελετήσουμε την ροή των χρημάτων και γενικά των κεφαλαίων μέσα σε μία επιχείρηση με τις παραπάνω καταστάσεις, έτσι και με την ανάλυση κύκλου ζωής επιχειρούμε να καταγράψουμε την ροή ενέργειας και πρώτων υλών αλλά και την εκροή ρυπαντών σε κάθε φάση της ζωής ενός προϊόντος, όχι αυθαίρετα αλλά με την βοήθεια των φυσικών νόμων [2], [5].

Αυτή η ροή της ενέργειας και των πρώτων υλών καθώς και των κάθε είδους ρυπαντών, φαίνεται παραστατικά στο διάγραμμα 2.4.1 [10], [65]. Στο διάγραμμα αυτό, ο όρος *σύστημα* δηλώνει εκείνο το τμήμα της ζωής του προϊόντος το οποίο εξετάζουμε κάθε φορά. Το σύστημα προσδιορίζεται κάθε φορά επακριβώς από τα *όρια του* τα οποία είναι

καθορισμένα εκ των προτέρων με κάθε λεπτομέρεια και παραμένουν σταθερά σε όλη την διάρκεια της ανάλυσης. Εννοείται πως τα όρια του συστήματος μπορεί να συμπεριλάβουν από μερικά στάδια (υποσυστήματα) έως όλη την ζωή του υπό εξέταση προϊόντος ή διεργασίας. Στην περίπτωση που τα όρια του συστήματος περιλαμβάνουν ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, τότε στο διάγραμμα 2.4.2 φαίνονται τα υποσυστήματα από τα οποία συνήθως αποτελείται το υπό μελέτη σύστημα [2], [80], [139].

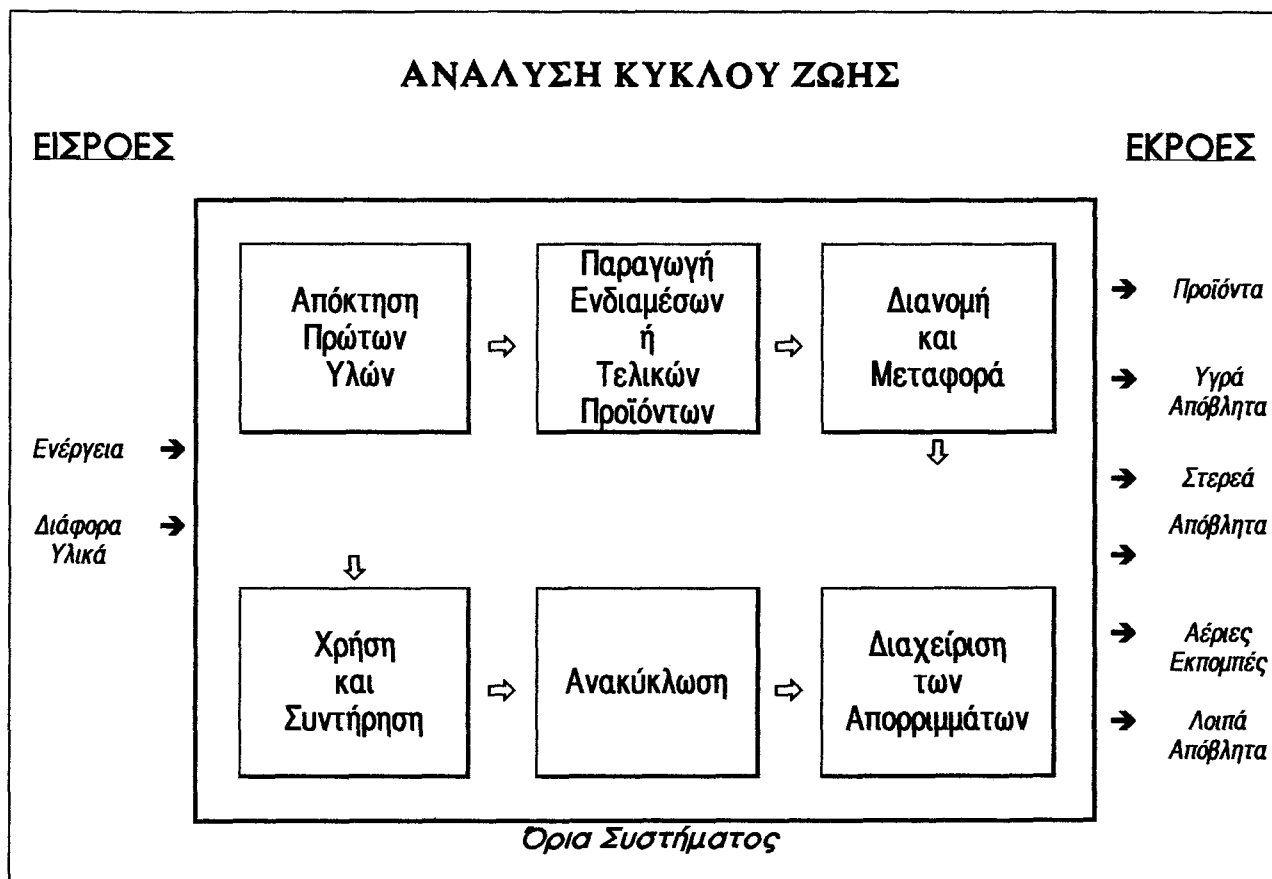


**Διάγραμμα 2.4.1 : Ροή ενέργειας, υλικών και ρυπαντών σε ένα σύστημα**

Στο πρώτο στάδιο της *εξόρυξης - απόκτησης - παραλαβής των πρώτων υλών* περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι δραστηριότητες οι οποίες έχουν σχέση με την άντληση των πρώτων υλών και της ενέργειας από το υπέδαφος, τον αέρα ή την επιφάνεια του εδάφους όπως για παράδειγμα του πετρελαίου. Το δεύτερο στάδιο της *παραγωγής* περιλαμβάνει τις πραγματοποιούμενες διεργασίες επί των πρώτων υλών και άλλων υλικών για την παραγωγή του τελικού ή ενδιάμεσου προϊόντος, όπως για παράδειγμα τις διαδικασίες μετατροπής του πετρελαίου σε πολυμερείς ρητίνες οι οποίες με την σειρά τους μετατρέπονται σε μια σειρά από χρήσιμα προϊόντα όπως πλαστικές φιάλες [69].

Πολλές δραστηριότητες περιλαμβάνονται στο επόμενο στάδιο *διανομής και μεταφοράς*. Συγκεκριμένα το προϊόν συσκευάζεται, μεταφέρεται και διανέμεται προς πώληση. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι *μεταφορά* δεν πραγματοποιείται βέβαια μόνο στο παρόν στάδιο αλλά σχεδόν σε κάθε στάδιο της ζωής του προϊόντος με συνέπεια να πρέπει να λαμβάνεται κάθε φορά υπόψη. Το τέταρτο στάδιο *χρήσης και συντήρησης* περιλαμβάνει την χρησιμοποίηση του προϊόντος μετά την πώληση του. Τέλος, τα δύο τελευταία στάδια *ανακύκλωσης και διαχείρισης των απορριμμάτων του*, αναφέρονται στις τελευταίες φάσεις της ζωής του προϊόντος κατά τις οποίες έχει πλέον μεταβληθεί από

χρήσιμο προϊόν σε απόρριμμα, και το οποίο ενδεχομένως ανακυκλώνεται [6].



**Διάγραμμα 2.4.2 : Τα υποσυστήματα του συστήματος του κύκλου ζωής προϊόντος**

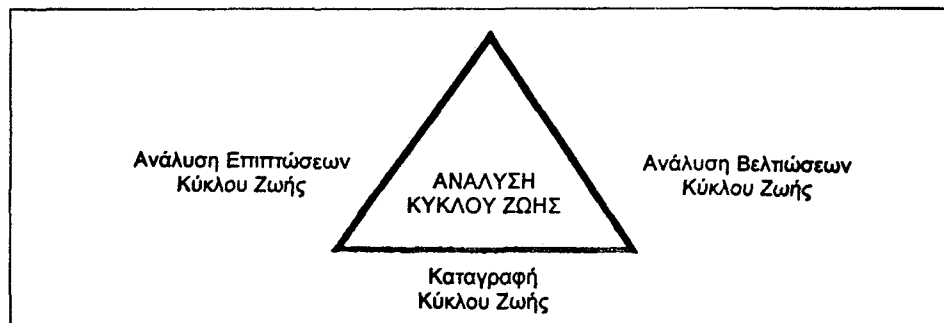
Μία πλήρης μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής αποτελείται από τρία μέρη. Από τρεις συνιστώσες ή στοιχεία της μεθόδου. Τα στοιχεία αυτά, τα οποία αποτελούν το τεχνικό πλαίσιο στο οποίο βασίζεται όλη η μεθοδολογία, είναι μεν ως ένα βαθμό αυτόνομα όχι όμως και ανεξάρτητα μεταξύ τους αφού, όπως θα δούμε στην συνέχεια, αλληλοσχετίζονται, επηρεάζοντας το ένα το άλλο [6], [18].

Συγκεκριμένα, κάθε μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής αποτελείται από τα εξής τρία στοιχεία [2], [74], [120] :

- *Καταγραφή Κύκλου Ζωής* (Life Cycle Inventory Analysis στην αγγλική και Sachbilanz [162] ή Inventar [146], [147] στη γερμανική) : στο μέρος αυτό της ΑΚΖ καταγράφεται κάθε τι το οποίο είτε εισέρχεται από το περιβάλλον (πρώτες ύλες, ενέργεια κλπ) είτε εξέρχεται σε αυτό (προϊόντα, αέριοι και λοιποί ρύποι, παραπροϊόντα, απορρίμματα κλπ), ως αποτέλεσμα κάθε είδους δραστηριότητας που έχει σχέση με το προϊόν από την γέννηση του έως τον θάνατο του.

- *Ανάλυση Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής* (Life Cycle Impact Analysis στην αγγλική και Wirkungsbilanz [146], [147] στη γερμανική) : σε αυτό το τμήμα της μελέτης αναλύονται οι επιπτώσεις στο περιβάλλον καθώς και οι κάθε είδους επιδράσεις σε αυτό οι οποίες οφείλονται στις εισροές και στις εκροές που διαπιστώθηκαν στο προηγούμενο μέρος της καταγραφής.
- *Ανάλυση Βελτιώσεων Κύκλου Ζωής* (Life Cycle Improvement Analysis στην αγγλική και Analyse der moeglichen Verbesserungen [147] στη γερμανική) : στο μέρος αυτό επιχειρείται να διερευνηθούν δυνατότητες βελτίωσης του προϊόντος και των σχετικών με αυτό δραστηριοτήτων από περιβαλλοντικής σκοπιάς, με βάση τα αποτελέσματα των δύο προηγούμενων τμημάτων της ανάλυσης κύκλου ζωής [2], [74], [120].

Στο διάγραμμα 2.4.3 που ακολουθεί, η ανάλυση κύκλου ζωής απεικονίζεται σαν ένα τρίγωνο, τις πλευρές του οποίου αποτελούν τα τρία παραπάνω στοιχεία. Με τον τρόπο αυτό επιχειρείται να αποδοθεί η σχέση που υπάρχει ανάμεσα στα στοιχεία αυτά τα οποία, όπως ήδη αναφέρθηκε, αν και σχετίζονται μεταξύ τους καθώς συνθέτουν από κοινού την μέθοδο ΑΚΖ, είναι, σε μεγάλο βαθμό, αυτόνομα [69], [180].



**Διάγραμμα 2.4.3 : Τα τρία στοιχεία της ανάλυσης κύκλου ζωής**

Αν και όλοι σχεδόν οι ερευνητές συμφωνούν με τον παραπάνω διαχωρισμό, δηλαδή την ύπαρξη, τουλάχιστον, αυτών των τριών στοιχείων ή σταδίων, ελάχιστες είναι οι περιπτώσεις μελετών ΑΚΖ που τα περιλαμβάνουν και τα τρία. Αντιθέτως, η συντριπτική πλειοψηφία των μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής μέχρι σήμερα συνίσταται σχεδόν αποκλειστικά από το στάδιο της καταγραφής και μόνο. Οι κυριότεροι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό είναι οι εξής [2], [69] :

- (1) Το στάδιο της καταγραφής πρέπει να προηγείται οπωσδήποτε των δύο άλλων με συνέπεια να είναι σπάνιες οι περιπτώσεις μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής που να μην περιλαμβάνουν την καταγραφή της κατάστασης. Αντίθετα, κάτι τέτοιο αφενός δεν είναι πάντοτε απαραίτητο για τα στάδια της ανάλυσης των επιπτώσεων και των βελτιώσεων και αφετέρου πολλές φορές απλά αποφεύγεται [2], [4].
- (2) Η μεθοδολογία με βάση την οποία πραγματοποιείται το στάδιο της καταγραφής κύκλου ζωής έχει αναπτυχθεί σε ικανοποιητικό βαθμό με

αποτέλεσμα να υπάρχει σήμερα το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο για την εκπόνηση αξιόπιστων σχετικών μελετών. Αντίθετα, δεν φαίνεται να συμβαίνει το ίδιο και στην περίπτωση των δύο άλλων σταδίων δηλαδή της ανάλυσης επιπτώσεων κύκλου ζωής και κυρίως της ανάλυσης βελτιώσεων κύκλου ζωής, των οποίων η ανάπτυξη παρουσιάζει πολλά σημεία που δεν έχουν ακόμα διευκρινισθεί πλήρως [2], [4], [9].

- (3) Πολλές φορές είναι αρκετό απλώς το στάδιο της καταγραφής κύκλου ζωής για να φανούν ευκαιρίες για μείωση της ρύπανσης και κατανάλωσης ενέργειας και πρώτων υλών. Στην περίπτωση αυτή τα δύο άλλα στοιχεία χρησιμοποιούνται για να εξασφαλίσουν ότι οι ενδεχόμενες αλλαγές θα φέρουν τα βέλτιστα αποτελέσματα χωρίς, ταυτοχρόνως, να δημιουργήσουν άλλου είδους, συνεπαγόμενες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις [69].

Η δομή της καταγραφής κύκλου ζωής μπορεί να δοθεί και με την μορφή μήτρας όπως αυτή που εικονίζεται στον πίνακα 2.4.1 που ακολουθεί. Στον πίνακα αυτό, κατακόρυφα δίνονται όλοι ή ορισμένοι από τους δείκτες και τα κριτήρια που περιγράφουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μας ενδιαφέρουν (περιβαλλοντικά πεδία). Οριζόντια περιλαμβάνονται τα διάφορα στάδια της ζωής του προϊόντος που μελετάμε (για παράδειγμα απόκτηση πρώτων υλών, παραγωγή, χρήση, τελική διάθεση κλπ). Ο καθορισμός και η χρησιμοποίηση των περιβαλλοντικών πεδίων και των σταδίων, είναι, ίσως, το πιο κρίσιμο σημείο στην όλη διαδικασία [16], [117].

**Πίνακας 2.4.1 : Παράδειγμα απλοποιημένης μήτρας ΑΚΖ**

<i>Περιβαλλοντικά Πεδία</i>	<i>Στάδια Κύκλου Ζωής</i>				
	<i>Απόκτηση α' υλων</i>	<i>Παραγωγή</i>	<i>Διανομή</i>	<i>Χρήση</i>	<i>Τελική Διάθεση</i>
Κατανάλωση πρώτων υλών					
Κατανάλωση Ενέργειας					
Παραγωγή Απορριμμάτων					
Μόλυνση του Εδάφους					
Ρύπανση Αέρα					
Ρύπανση Υδάτων					
Επίδραση στο Οικοσύστημα					

Πηγή : [16], [117]

Ένας μεγάλος αριθμός μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής πραγματοποιείται για να συγκριθούν διάφορα προϊόντα μεταξύ τους, όπως, για παράδειγμα, πλαστικές φιάλες με γυάλινες. Σε αυτού του είδους τις συγκριτικές μελέτες το ενδιαφέρον επικεντρώνεται φυσικά στο να καταδειχθεί ποιο προϊόν προκαλεί τη μικρότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Μάλιστα τέτοιου είδους συγκρίσεις έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται για σκοπούς του μάρκετινγκ, καθώς οι υπεύθυνοι των επιχειρήσεων προσπαθούν να πείσουν τους καταναλωτές για την "οικολογική ανωτερότητα" των προϊόντων τους [6].

Βέβαια, σε κάθε είδους σύγκριση, πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή και τούτο διότι παραμονεύει πάντα ο κίνδυνος να συγκρίνονται ανόμοια, μεταξύ τους, προϊόντα, διεργασίες κλπ. Έτσι, σε τέτοιου είδους συγκρίσεις, πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπόψη οι εξής προϋποθέσεις [2] :

- (1) Αν η σύγκριση των προϊόντων λαμβάνει χώρα στους κόλπους της ίδιας μελέτης ΑΚΖ, τότε πρέπει τα προϊόντα που συγκρίνονται να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά και να επιτελούν τους ίδιους σκοπούς, όπως θα αναφερθεί εκτενέστερα στη συνέχεια.
- (2) Αν η σύγκριση των προϊόντων γίνεται συγκρίνοντας αντίστοιχες μελέτες ΑΚΖ, τότε, εκτός από την παραπάνω προϋπόθεση, πρέπει προηγουμένως να έχει κανείς βεβαιωθεί ότι οι μελέτες είναι συγκρίσιμες, δηλαδή οι μεθοδολογίες που έχουν χρησιμοποιηθεί καθώς και οι λοιπές παράμετροι (χρόνος, τόπος κλπ) είναι οι ίδιες.

Αν και, όπως είδαμε, οι πλήρεις μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής πρέπει να λαμβάνουν υπόψη όλα τα στάδια της ζωής του προϊόντος, ωστόσο, αυτό συχνά δεν ακολουθείται, κυρίως στην αρχή και στο τέλος της ζωής. Μάλιστα, ένας μεγάλος αριθμός μελετών εξαιρούν τα στάδια της απόκτησης και προετοιμασίας των ανανεώσιμων πρώτων υλών υποεκτιμώντας έτσι την σημασία αυτών των δραστηριοτήτων στην διερεύνηση του πραγματικού περιβαλλοντικού φορτίου. Για παράδειγμα, επιχειρείται συχνά να προσδιοριστεί η επίδραση στο περιβάλλον του χαρτιού ή του υφάσματος, και η ανάλυση του κύκλου της ζωής του κάθε προϊόντος ξεκινά από την στιγμή που έχουν κοπεί τα δέντρα ή έχει μαζευτεί το βαμβάκι. Και όμως, ένα από τα σημαντικότερα πρόβληματα της σύγχρονης δασοπονίας και γεωργίας συνδέεται με την καλλιέργεια αυτών των ειδών και την συνεπαγόμενη μόλυνση των υδάτων και του αέρα. Άρα είναι λάθος να μην λαμβάνεται υπόψη το στάδιο αυτό [16].

Επιπλέον, παρόλο που οι περισσότερες μελέτες περιλαμβάνουν την καταγραφή των συνεπειών από το τελικό στάδιο της απόρριψης των προϊόντων μετά την χρήση τους από τον καταναλωτή, λιγότερες είναι εκείνες οι οποίες εξετάζουν το πραγματικό τέλος της ζωής των προϊόντων που είναι η επιστροφή τους, μαζί με τους υπόλοιπους ρύπους, στη φυσική τους κατάσταση, ως μέρος του περιβάλλοντος. Επιστροφή, όμως, η οποία επιδρά σε αυτό το περιβάλλον [16].

Εκτός από τα τρία στοιχεία από τα οποία αποτελείται η ΑΚΖ και τα οποία παρουσιάστηκαν παραπάνω, μερικοί υποστηρίζουν ότι χρειάζεται να συμπεριληφθεί και ένα ακόμη. Συγκεκριμένα, υποστηρίζεται ότι είναι απαραίτητο να προστεθεί και ένα τέταρτο στοιχείο της ανάλυσης κύκλου ζωής στο αρχικό τμήμα της μελέτης, το οποίο θα προσδιορίζει το συγκεκριμένο σκοπό της. Το στοιχείο αυτό έχει ονομασθεί *Καθορισμός Στόχων και Περιορισμών* (*Goal Definition and Scoping* στην αγγλική και *Bilanzierungsziel* [162] στη γερμανική) [18], [114] και προτείνεται προκειμένου να καθορίζονται στους κόλπους του, εξ'αρχής, τα εξής [172] :

- ο σκοπός της ανάλυσης
- μία σύντομη περιγραφή της ανάλυσης, δηλαδή
  - τα όρια του συστήματος
  - τα απαιτούμενα δεδομένα
  - οι αναγκαίες υποθέσεις
  - οι αναγκαστικοί περιορισμοί
- η λειτουργική μονάδα (functional unit)
- η εκτίμηση της ποιότητας των υφιστάμενων δεδομένων [172].

Στο στοιχείο αυτό, δηλαδή, θα περιγράφονται οι λόγοι για τους οποίους έγιναν συγκεκριμένες παραδοχές και επιλογές, τέθηκαν ορισμένοι περιορισμοί και όρια και γενικά θα εξηγούνται κάποια επίμαχα σημεία επί της μεθοδολογίας και του τρόπου εφαρμογής της, συνδέοντας τα με τους στόχους της ανάλυσης. Μάλιστα, ορισμένοι δέχονται την αναγκαιότητα αυτού του στοιχείου αλλά προτείνουν να ενσωματωθεί με εκείνο της καταγραφής [69].

Με τον όρο “λειτουργική μονάδα” (functional unit ή σπανιότερα equivalent usage ratio) εννοείται ο προσδιορισμός του τύπου και της ποσότητας των υπηρεσιών τις οποίες τα υπό μελέτη προϊόντα θεωρείται ότι προσφέρουν και με βάση αυτά πρέπει να γίνει η ανάλυση και η σύγκριση. Για παράδειγμα, είναι υπό εξέταση το πόσο σκόπιμο είναι να συγκρίνει κανείς γενικώς χάρτινες φιάλες με γυάλινες επαναπληρώσιμες, διότι οι δεύτερες, ακόμη και αν είναι του ίδιου όγκου μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερες φορές ενώ οι πρώτες μόνο μία. Ίσως ήταν ορθότερο να καθοριστεί ως λειτουργική μονάδα “η συσκευασία x λίτρων” [18], [72].

Επιστρέφοντας στον πίνακα 2.4.1 που παρουσιάσαμε παραπάνω, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι ένα από τα κυριότερα προβλήματα στην σύνθεση του πίνακα αυτού είναι η επιλογή των περιβαλλοντικών πεδίων, των δεικτών και των κριτηρίων εκείνων, δηλαδή, που περιγράφουν την



επιβάρυνση του περιβάλλοντος (κατακόρυφος άξονας). Προκειμένου να γίνει η επιλογή των πεδίων αυτών, υπάρχουν τρεις κατευθύνσεις προς τις οποίες πρέπει να προσανατολιστεί κανείς. Η φύση, η κοινωνία και η οικονομία. Όμως, όπως έχει τονιστεί, οι μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής λαμβάνουν υπόψη τους μόνο την περιβαλλοντική επιβάρυνση, αν και ορισμένες μελέτες οι οποίες έχουν εκπονηθεί σε σκανδιναβικές κυρίως χώρες, περιλαμβάνουν στην έρευνα τους τις επιπτώσεις στις συνθήκες εργασίας και την υγιεινή της εργασίας έτσι που να μοιάζουν με μελέτες ανάλυσης γραμμής προϊόντος [16].

Πάντως, ακόμα και για την περιβαλλοντική, μόνο, διάσταση των επιπτώσεων, είναι απαραίτητο να επιλέγονται οι πιο σοβαρές επιδράσεις στο περιβάλλον και να περιγράφονται με δείκτες και κριτήρια. Οι δείκτες, σε αυτή τη φάση της μελέτης, προσφέρονται για την ποσοτική ανάλυση ενώ τα κριτήρια για την ποιοτική. Το πρόβλημα ωστόσο είναι ότι δεν υπάρχει ένα μοναδικό σύνολο από κριτήρια και δείκτες για όλες τις μελέτες ΑΚΖ. Έτσι, ο συνολικός αριθμός των δεικτών θα μπορούσε να είναι πολύ μεγάλος. Έχουν προταθεί πάνω από διακόσιοι με αποτέλεσμα ορισμένοι από αυτούς, σχεδόν πάντα, να παραλείπονται είτε γιατί είναι λιγότερο σημαντικοί ή γιατί είναι πολύ δύσκολος ο προσδιορισμός τους [16].

Σε ότι αφορά στην ανάλυση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής έχουμε να τονίσουμε ότι η αντικειμενική επεξήγηση των αποτελεσμάτων της απογραφής είναι απαραίτητη προκειμένου να αξιοποιηθεί η ανάλυση κύκλου ζωής. Ωστόσο, αυτό το τμήμα της ΑΚΖ δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα πλήρως και γενικά οι γνώμες για το πώς πρέπει να ερμηνεύονται τα αποτελέσματα της καταγραφής, ως έναν βαθμό, διαφοροποιούνται. Κάτι τέτοιο βέβαια, ήταν αναμενόμενο αφού το να σταθμίσεις γεγονότα χωρίς εμφανή σχέση μεταξύ τους, κάθε άλλο παρά εύκολο ή απλό πράγμα είναι. Έτσι, ερωτήσεις του τύπου :

- τι έχει μεγαλύτερη επίδραση στο περιβάλλον, η όξινη βροχή ή τα αέρια που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου ; ή
- ποια κατάσταση είναι χειρότερη, η ρύπανση ενός ποταμού ή η καταστροφή του στρώματος του όζοντος της ατμόσφαιρας ;

είναι πολύ δύσκολο να απαντηθούν καθώς πίσω από κάθε κριτήριο ή επιχείρημα ελοχεύει το υποκειμενικό στοιχείο [2].

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί το γεγονός ότι έχει αρχίσει να διαμορφώνεται σε ορισμένους η αντίληψη πως η ανάλυση επιπτώσεων του κύκλου ζωής ουσιαστικά περιλαμβάνει δύο ειδών αναλύσεις : (α) ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων της καταγραφής σε μια σειρά από κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, και (β) στάθμιση των κατηγοριών αυτών προκειμένου να καταλήξουμε σε έναν συγκεκριμένο, κατά το δυνατόν μικρό, αριθμό παραμέτρων που να προσδιορίζουν τελικά το συνολικό περιβαλλοντικό φορτίο το οποίο οφείλεται στο

προϊόν που εξετάζεται. Έτσι, βάσει αυτής της αντίληψης, η ανάλυση των επιπτώσεων κύκλου ζωής πραγματοποιείται σε τρία διαδοχικά βήματα [18] :

- (1) *Ταξινόμηση* των αποτελεσμάτων της καταγραφής σε καλά καθορισμένες κατηγορίες ανάλογα με την επίδραση (εξάντληση φυσικών πόρων, αύξηση θερμοκρασίας πλανήτη, όξινη βροχή κλπ),
- (2) *Χαρακτηρισμός* της συμβολής σε κάθε κατηγορία επίδρασης στο περιβάλλον, και
- (3) *Αξιολόγηση* των διαφόρων κατηγοριών.

Οι δυνατότητες βελτίωσης του προϊόντος καθώς και των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με αυτό εξετάζονται, όπως είδαμε, στην ανάλυση των βελτιώσεων του κύκλου ζωής του προϊόντος. Αυτό το στοιχείο της ΑΚΖ είναι το ίδιο με το προηγούμενο ελλιπώς ανεπτυγμένο για παρόμοιους φυσικά λόγους. Μάλιστα υπάρχουν και μερικοί ερευνητές οι οποίοι θέτουν το ερώτημα κατά πόσο έχει νόημα η ανάλυση βελτιώσεων κύκλου ζωής να αποτελεί τμήμα της ανάλυσης κύκλου ζωής προτείνοντας ταυτοχρόνως να είναι ανεξάρτητο και αυτόνομο [18]. Άλλοι ερευνητές γίνονται πιο συγκεκριμένοι επί του θέματος προτείνοντας η ανάλυση κύκλου ζωής να περιλαμβάνει τα παρακάτω τέσσερα στοιχεία [72] :

- (1) Καθορισμός Σκοπού,
- (2) Καταγραφή,
- (3) Ανάλυση Επιπτώσεων, και
- (4) Αξιολόγηση.

Στην περίπτωση αυτή η έννοια της βελτίωσης του υπό εξέταση προϊόντος εμπεριέχεται σε κάθε μία από τις παραπάνω συνιστώσες ως “διερεύνηση δυνατοτήτων βελτίωσης” όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται [72].

Βέβαια τα παραπάνω δεν αποτελούν παρά μόνο μία πρόταση ορισμένων ερευνητών. Η σημερινή κατάσταση, η οποία είναι η μόνη αποδεκτή από το σύνολο των εμπλεκομένων με την ανάλυση κύκλου ζωής (φορείς, ερευνητές, εταιρείες κλπ), είναι αυτή η οποία περιγράφηκε λεπτομερώς στις προηγούμενες σελίδες και η οποία ανακεφαλαιώνεται στον πίνακα 2.4.2 που ακολουθεί [172]. Θα πρέπει να σημειωθεί, πάντως, ότι όσο η ανάλυση κύκλου ζωής γίνεται ευρύτερα γνωστή και διαδίδεται η χρήση της, τόσο οι διαφορές στην μεθοδολογία, την επεξήγηση των αποτελεσμάτων και την στάθμιση των κατηγοριών θα αμβλύνονται με φυσικό επακόλουθο η τεχνική αυτή να αποκτήσει ακόμα μεγαλύτερη αξία στην προσπάθεια για αντικειμενική αξιολόγηση και διαχείριση των διαφόρων δραστηριοτήτων και προϊόντων [2].

Πίνακας 2.4.2 : Συνοπτική ανακεφαλαίωση των στοιχείων της ανάλυσης κύκλου ζωής

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ
Καθορισμός Στόχων και Περιορισμών	Επαρκώς Καθορισμένη
Καταγραφή Κύκλου Ζωής	Καθορισμένη – Χρειάζεται περαιτέρω έρευνα
Ανάλυση Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής	Καθορισμένη – Χρειάζεται περαιτέρω έρευνα
– Ταξινόμηση	<i>Καθορισμένη – Χρειάζεται περαιτέρω έρευνα</i>
– Χαρακτηρισμός	<i>Μερικώς ανεπτυγμένη</i>
– Αξιολόγηση	<i>Προτάθηκαν και χρησιμοποιούνται διάφορες μεθοδολογίες</i>
Ανάλυση Βελτιώσεων Κύκλου Ζωής	Δεν έχει ακόμα οριστεί

Πηγή {172}

## 2.5. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

### 2.5.1. Γενικά

Η βάση όλων των περιβαλλοντικών εκτιμήσεων και αξιολογήσεων είναι η λεπτομερειακή καταγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που απορρέουν από τις δραστηριότητες της παραγωγής, της κατανάλωσης και της τελικής διάθεσης οι οποίες λαμβάνουν χώρα κατά την διάρκεια της ζωής των προϊόντων και υλικών. Βέβαια, αυτή η καταγραφή στην πράξη είναι σχεδόν αδύνατο να είναι απόλυτη. Αντιθέτως περιορίζεται από χρονικούς, τοπικούς, οικονομικούς και άλλους περιορισμούς. Για τον λόγο αυτό, πολλές φορές, οι μελέτες αυτού του είδους συνοδεύονται από αναλύσεις στόχων οι οποίες, όπως αναφέρθηκε ήδη, προσδιορίζουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Έτσι, διακρίνουμε μελέτες όπως π.χ. η ανάλυση γραμμής προϊόντος, οι οποίες προϋποθέτουν αρκετά θεωρητική ανάλυση, ενώ άλλες όπως π.χ. το οικολογικό σήμα (*eco-labelling*), όπου ο προσανατολισμός είναι πιο πρακτικός. Οι μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής βρίσκονται κάπου στην μέση καθώς δέχονται εκ των προτέρων ότι υφίσταται ένας εκ των πραγμάτων περιορισμός στην ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων [40].

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, των μελετών ΑΚΖ, η καταγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων συντελείται, όπως είδαμε, στο στάδιο της *καταγραφής κύκλου ζωής (life cycle inventory)*. Με τον όρο αυτό αποδίδεται η διαδικασία αντικειμενικής καταγραφής οποιουδήποτε στοιχείου το οποίο έχει σχέση με την κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών και την αποδέσμευση στο περιβάλλον ουσιών κάθε είδους (αέριων, υγρών και στερεών) καθ'όλη την διάρκεια της ζωής προϊόντος, διεργασίας ή δραστηριότητας [69].

Εκτός από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όμως, υπάρχουν και οι επιπτώσεις στην κοινωνία και την οικονομία. Ωστόσο, όπως έχει ήδη αναφερθεί, μόνο οι επιπτώσεις στο περιβάλλον αποτελούν αντικείμενο της ανάλυσης κύκλου ζωής. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι παραγνωρίζεται η μεγάλη σημασία των κοινωνικο-οικονομικών επιπτώσεων στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μελετών ΑΚΖ. Γί αυτό τον λόγο, άλλωστε, υπάρχουν αρκετοί ερευνητές οι οποίοι πιστεύουν στην ανάγκη διεύρυνσης της ανάλυσης κύκλου ζωής προς αυτού του είδους τις επιπτώσεις έχοντας, μάλιστα, κάνει, όπως θα αναφερθεί στο τέλος του κεφαλαίου, και συγκεκριμένες προτάσεις σχετικά [40], [45].

Παρά το γεγονός, πάντως, ότι οι μελέτες ΑΚΖ παραβλέπουν τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις ενός προϊόντος ή μιας δραστηριότητας και λαμβάνουν υπόψη τους μόνο τις περιβαλλοντικές, η σπουδαιότητα του σταδίου της καταγραφής δεν παύει να είναι πολύ

μεγάλη. Μερικές από τις σημαντικότερες εφαρμογές και στόχους της καταγραφής κύκλου ζωής παρουσιάζονται στην συνέχεια ταξινομημένες ανά κατηγορία χρήσης [69] :

#### Ιδιωτικός Τομέας :

##### *- Εσωτερικές Εκτιμήσεις και Αξιολογήσεις για την Λήψη Αποφάσεων*

- Σύγκριση εναλλακτικών υλικών, προϊόντων, δραστηριοτήτων ή διεργασιών εντός της επιχείρησης.
- Σύγκριση πληροφοριών σχετικά με την χρήση πρώτων υλών και την εκπομπή ρυπαντών, από καταγραφές κύκλου ζωής άλλων επιχειρήσεων.
- Εκπαίδευση του προσωπικού, συμπεριλαμβανομένων των σχεδιαστών, των μηχανικών κ.α., στην μείωση των περιβαλλοντικών φορτίων από προϊόντα, διεργασίες κλπ.

##### *- Εξωτερικές Εκτιμήσεις και Αξιολογήσεις για την Λήψη Αποφάσεων*

- Παροχή των απαραίτητων πληροφοριών και δεδομένων σε φορείς, οργανισμούς, κοινό κλπ σχετικά με τα διάφορα περιβαλλοντικά φορτία.
- Επαλήθευση εκθέσεων που παρουσιάζουν μειωμένες καταναλώσεις πρώτων υλών και ενέργειας και εκπομπές ρυπαντών, ορισμένων προϊόντων, δραστηριοτήτων κλπ.

#### Δημόσιος Τομέας :

##### *- Εκτιμήσεις, Αξιολογήσεις και Χάραξη Πολιτικής*

- Εφοδιασμός με τα αναγκαία δεδομένα για την αξιολόγηση των υφιστάμενων πολιτικών διαχείρισης του περιβάλλοντος.
- Ανάπτυξη νέων πολιτικών διαχείρισης περιβάλλοντος, εφόσον η καταγραφή κύκλου ζωής συμπληρώνεται και από ανάλυση επιπτώσεων.
- Εξακρίβωση ενδεχόμενων ελλείψεων σε πληροφορίες και γνώσεις.
- Προσδιορισμός των προτεραιοτήτων της σχετικής έρευνας σε κεντρικό επίπεδο.

##### *- Δημόσια Εκπαίδευση και Ενημέρωση*

- Συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών οι οποίες θα βοηθήσουν τη κοινή γνώμη να κατανοήσει καλύτερα τα χαρακτηριστικά και τους μηχανισμούς επιβάρυνσης του περιβάλλοντος.

- Συμβολή στην σχεδίαση εκπαιδευτικών και ενημερωτικών μαθημάτων σχετικά με συγκεκριμένα ζητήματα της διαχείρισης του περιβάλλοντος [69].

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα, στις μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής περιλαμβάνεται συχνά ανάλυση του σκοπού της έρευνας. Η ανάλυση αυτή πραγματοποιείται στην αρχή της μελέτης και πολλές φορές δεν είναι ανεξάρτητη αλλά περιέχεται στο στάδιο της καταγραφής. Τα κυριότερα σημεία τα οποία καθορίζονται στην ανάλυση σκοπού είναι αυτά τα οποία ήδη αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο, όπως για παράδειγμα [69] :

- ο Το προϊόν, η διεργασία ή η δραστηριότητα που εξετάζεται.
- ο Οι λόγοι για τους οποίους πραγματοποιείται η έρευνα καθώς και οι διάφορες ανάγκες που ενδεχομένως θα ικανοποιήσει ή οι πιθανές εφαρμογές της από συγκεκριμένους φορείς κλπ.

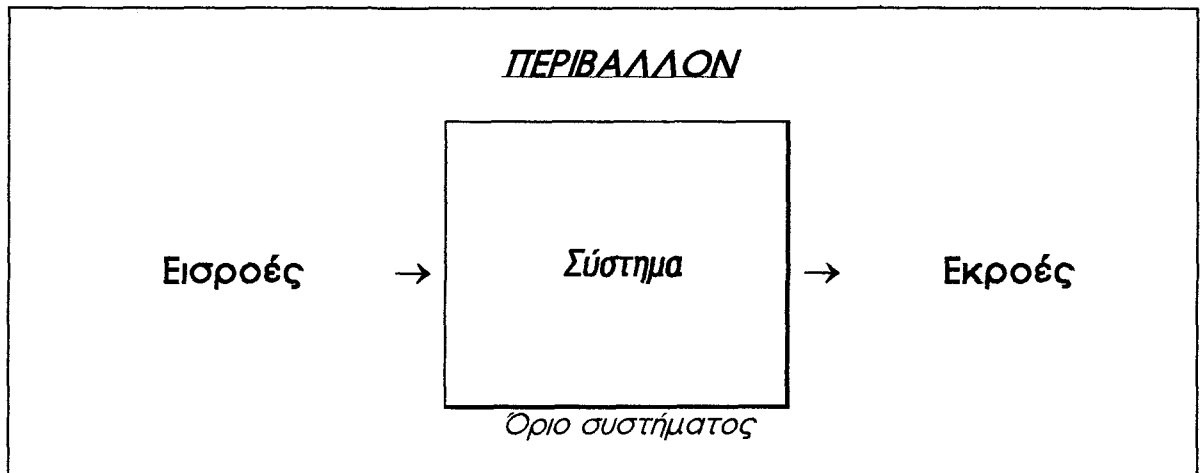
ενώ επιπλέον μπορεί να καθορίζονται και τα εξής :

- ο Ο τρόπος με τον οποίο θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα της ανάλυσης από τον φορέα που την εκπονεί ή από αυτόν που την χρηματοδοτεί.
- ο Τα στοιχεία που περιλαμβάνονται στην ανάλυση όπως, για παράδειγμα, "η κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας κατά την παραγωγή και χρήση του εξεταζόμενου προϊόντος".
- ο Τα στοιχεία τα οποία δεν περιλαμβάνονται στην ανάλυση, όπως, για παράδειγμα, οι κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις ή ζητήματα αισθητικής [69].

Ένα από τα πρώτα βήματα στην προετοιμασία μιας μελέτης ΑΚΖ είναι ο καθορισμός του συστήματος που θα εξετάσουμε. Προκειται για μία από τις σπουδαιότερες φάσεις της ανάλυσης καθώς η πολυπλοκότητα των μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής απαιτεί αυστηρό και ορθό καθορισμό του συστήματος, κυρίως όταν συγκρίνονται μεταξύ τους εναλλακτικά προϊόντα [40]. Ο λόγος για τον οποίο είναι πολύ σπουδαίας σημασίας η σωστή επιλογή του συστήματος είναι το γεγονός ότι η ανάλυση που επιχειρείται σχετίζεται περισσότερο με το σύστημα που παράγει το υπό εξέταση προϊόν παρά με το προϊόν αυτό καθ' εαυτό. *Στην ανάλυση κύκλου ζωής, πάντως, με τον όρο σύστημα εννοείται το σύνολο διαφόρων δραστηριοτήτων οι οποίες όλες μαζί συνθέτουν μια συγκεκριμένη λειτουργία.*

Τα παραπάνω αποδίδονται παραστατικά στο διάγραμμα 2.5.1.1. Όλες οι δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στο σύστημα, θεωρούμε ότι περιέχονται σε ένα πλαίσιο οι πλευρές του οποίου είναι τα όρια του συστήματος. Τα όρια αυτά διαχωρίζουν το σύστημα από το περιβάλλον

του το οποίο δρα τόσο ως πηγή κάθε εισροής στο σύστημα όσο και ως αποδέκτης κάθε εκροής από αυτό. Στην μελέτη σύνθετων περιπτώσεων, το σύστημα διαιρείται σε υποσυστήματα, κάθε ένα από τα οποία περιλαμβάνει κάποια συγκεκριμένη δραστηριότητα [2], [3], [5].



**Διάγραμμα 2.5.1.1 : Σχηματική παράσταση συστήματος**

Το περιβάλλον του συστήματος, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, είναι η πηγή όλων των εισροών στο σύστημα και ο αποδέκτης όλων των εκροών από αυτό. Η θεώρηση αυτή είναι όμοια με αυτή που ακολουθείται και στην θερμοδυναμική γεγονός που καθορίζει και τον χαρακτηρισμό των διαφόρων φυσικών μεγεθών που εξετάζονται. Έτσι, όλα τα μεγέθη (π.χ. ενέργεια, πρώτες ύλες κλπ) τα οποία εισέρχονται στο σύστημα χαρακτηρίζονται ως θετικά ενώ όσα εξέρχονται από αυτό ως αρνητικά [69].

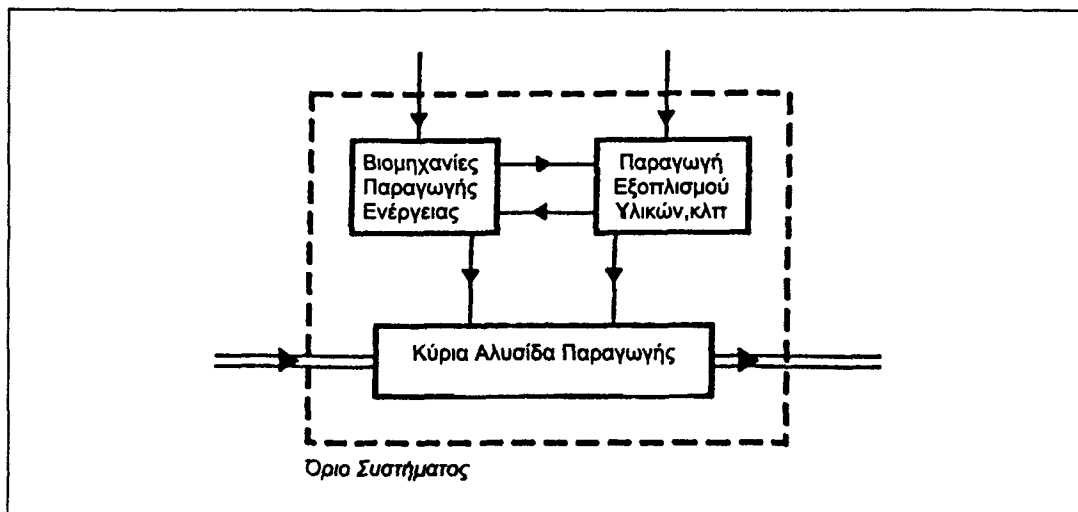
Ένας επιπλέον λόγος για τον οποίο χρειάζεται να καθορίσουμε σαφή όρια στο σύστημα που εξετάζουμε είναι ότι, ενώ θεωρητικά πρέπει να μελετάται κάθε τι το οποίο επιδρά στο περιβάλλον, αυτό πρακτικά είναι από πολύ δύσκολο έως αδύνατο. Έτσι, θέτοντας όρια στο σύστημα, ελέγχουμε καλύτερα το τι λαμβάνουμε υπόψη και τι όχι στην ανάλυση μας. Επίσης, πρέπει πάντα να σημειώνονται οι χρονικοί και τοπικοί προσδιορισμοί της μελέτης διότι διαφορετικά τα αποτελέσματα της δεν θα προσφέρονται για αξιόπιστες συγκρίσεις [4].

Πολλές φορές τα όρια ενός συστήματος ταυτίζονται με κάποια φυσικά όρια. Για παράδειγμα, ένα σύστημα συχνά περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες οι οποίες πραγματοποιούνται από ένα συγκεκριμένο αντικείμενο ή από μία μηχανή ή από ένα εργοστάσιο. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις στις οποίες τα όρια του συστήματος είναι δυσδιάκριτα. Κάτι τέτοιο συμβαίνει όταν, για παράδειγμα, σε ένα σύστημα συμπεριλαμβάνονται και οι δραστηριότητες της μεταφοράς και της χρήσης του προϊόντος [5].

Συνήθως τρεις είναι οι κυριότερες ομάδες δραστηριοτήτων οι οποίες περιλαμβάνονται σε ένα τυπικό σύστημα (διάγραμμα 2.5.1.2) [69] :

- (1) Η ομάδα των δραστηριοτήτων οι οποίες σχετίζονται με την παραγωγή, την χρήση, την μεταφορά, και την διανομή του προϊόντος (κύρια αλυσίδα παραγωγής).
- (2) Η ομάδα των δραστηριοτήτων που έχουν να κάνουν με την παραγωγή βοηθητικών υλικών και εξοπλισμού (υλικά συσκευασίας, μηχανολογικός εξοπλισμός κλπ)
- (3) Η ομάδα των δραστηριοτήτων που αναφέρονται στην παραγωγή κάθε είδους ενέργειας.

Σε κάθε μία από τις τρεις αυτές ομάδες συμπεριλαμβάνονται και οι δραστηριότητες παραλαβής ή απόκτησης των πρώτων υλών που σχετίζονται με την κάθε ομάδα [69].



**Διάγραμμα 2.5.1.2 : Ομάδα δραστηριοτήτων σε τυπικό σύστημα**

Εκτός από τον καθορισμό του συστήματος δηλαδή την λεπτομερή περιγραφή όλων των ορίων και των κανόνων που διέπουν τον περιβαλλοντικό χώρο της δραστηριότητας που μελετάται, σημαντική θέση στην ανάπτυξη μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής έχουν και τα εξής σημεία : ο καθορισμός της μονάδας του υπό εξέταση προϊόντος, υλικού ή δραστηριότητας βάσει της οποίας θα γίνει η ανάλυση (ο οποίος συχνά συμπεριλαμβάνεται στην ανάλυση σκοπού), ο προσδιορισμός των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση και τέλος η επιλογή των μεθόδων και τεχνικών για την άθροιση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων [40].



Επόμενο βήμα στην μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής είναι ο προσδιορισμός της ροής ενέργειας, πρώτων υλών και ρυπαντών διαμέσου του συστήματος και η συλλογή στοιχείων για την καταγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων [2], [5]. Ωστόσο, οι επιπτώσεις αυτές όχι μόνο δεν είναι τυποποιημένες (παρά τις προσπάθειες ορισμένων οργανισμών προτύπων όπως ο γαλλικός AFNOR), αλλά δεν υπάρχει ούτε καν ένας ενιαίος τρόπος περιγραφής των διαφόρων επιπέδων ιεράρχησης τους. Παντως, αυτό το οποίο συνήθως αναφέρεται είναι ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μετέχουν στην *διάσταση (dimension)* "περιβάλλον" οι οποία συνίσταται στο υψηλότερο επίπεδο από *αποτελέσματα (scores)*. Κάθε αποτέλεσμα αποτελείται από μια ομάδα *μέτρων κρίσεως (criteria)* κάθε ένα από τα οποία είναι συνισταμένη *δεικτών (indicators)*. Οι δείκτες με την σειρά τους αποτελούνται από μια σειρά από *υποδείκτες (subindicators)* [40].

Με το ακόλουθο παράδειγμα αυτά μπορούν να γίνουν πιο κατανοητά. Η διάσταση μιας επίπτωσης μπορεί να είναι "περιβάλλον" ή "κοινωνία" ή "οικονομία". Στην διάσταση "περιβάλλον" περιλαμβάνονται αποτελέσματα όπως "κατανάλωση ενέργειας" ή "ρύπανση του αέρα". Το αποτέλεσμα "ρύπανση του αέρα" αποτελείται από μέτρα κρίσεως όπως "αέριες εκπομπές". Αυτό το μέτρο με την σειρά του συνίσταται από δείκτες όπως "NOx" ή "CFC". Ο δείκτης "NOx", τέλος, είναι το άθροισμα διαφόρων υποδεικτών όπως "NO" κλπ. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι τα μέτρα αναφέρονται στην ποιοτική ανάλυση του προβλήματος ενώ οι δείκτες στην ποσοτική [40].

Για τον προσδιορισμό και την επιλογή των επιπτώσεων που θα αναλυθούν σε μια μελέτη AKZ ισχύουν, γενικά, τα εξής [40] :

- Επιλογή των αποτελεσμάτων (Scores) : Σχεδόν πάντοτε επιλέγεται η κατανάλωση πρώτων υλών, η κατανάλωση ενέργειας, η ρύπανση του αέρα, η ρύπανση των υδάτων και η δημιουργία στερεών απορριμμάτων αν και ορισμένοι ([44]) λαμβάνουν υπόψη τους την κατανάλωση πρώτων υλών μέσω της ενέργειας που καταναλώνεται για την παραγωγή τους ("grey" energy).
- Επιλογή των μέτρων κρίσεως (Criteria) : Λόγω της πολυπλοκότητας των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, μόνο τα σχετικά με την υπό εξέταση δραστηριότητα μέτρα κρίσεως συλλέγονται και αναλύονται.
- Περιγραφή των μέτρων από Δείκτες (Indicators) : Χρειάζεται μεγάλη προσπάθεια ώστε οι δείκτες (στοιχείο της ποσοτικής ανάλυσης) οι οποίοι επιλέγονται για να περιγράψουν ένα μέτρο (στοιχείο της ποιοτικής ανάλυσης) να το αποδίδουν με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια.
- Περιγραφή των Δεικτών από Υποδείκτες (Subindicators) : Αν και ορισμένοι δείκτες είναι το άθροισμα υποδεικτών (π.χ. NOx) σπάνια αναφέρονται οι μέθοδοι της άθροισης.

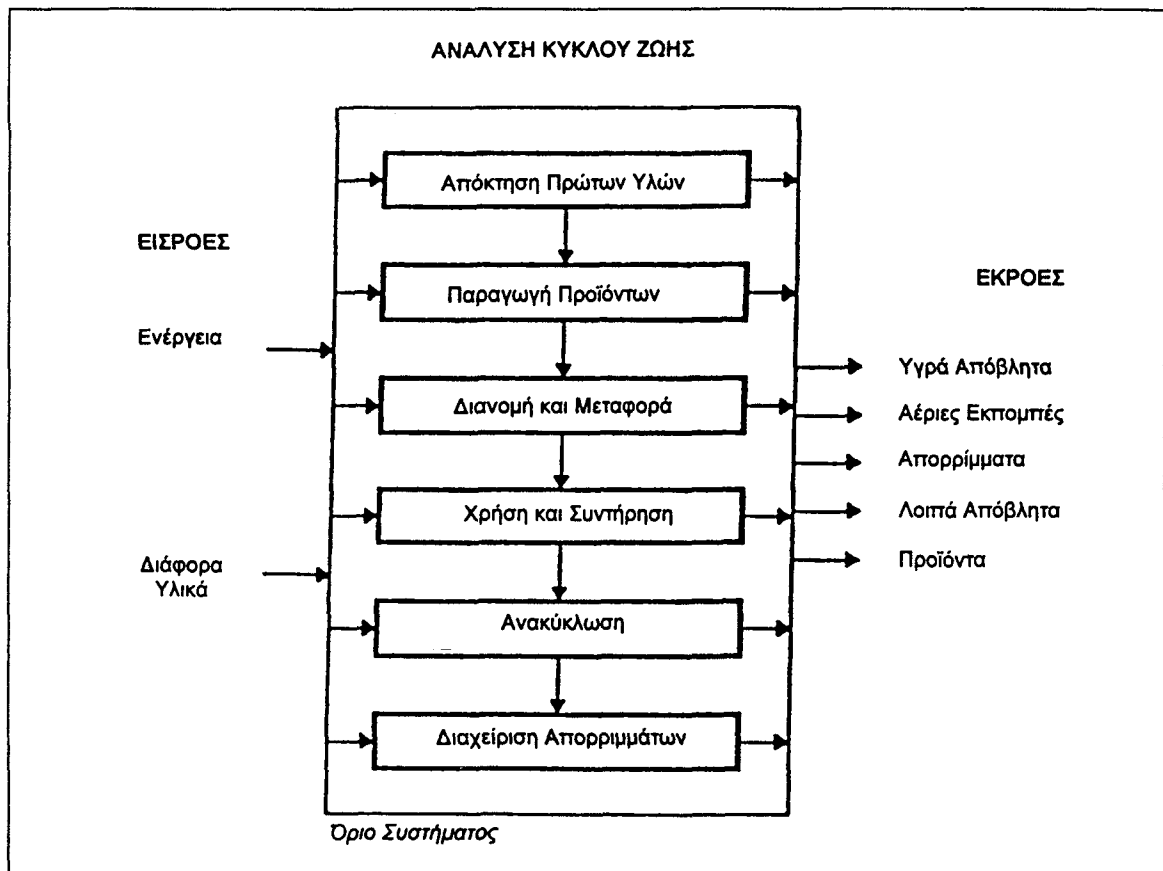
Επειδή ο αριθμός των δεικτών είναι πολύ μεγάλος (της τάξης των διακοσίων ή τριακοσίων χωρίς να αποκλείεται και ακόμα μεγαλύτερος) προτείνεται τα αποτελέσματα να αθροίζονται και να δίνονται ομοδοποιημένα. Επίσης, μέτρα κρίσεως τα οποία δεν μπορούν να ποσοτικοποιηθούν συνήθως αποφεύγονται (προς το παρόν) στις αναλύσεις κύκλου ζωής επειδή μπορεί να οδηγήσουν σε λάθη. Το ίδιο ισχύει και για άλλα ποιοτικά στοιχεία όπως είναι τα ατυχήματα και γενικά οι κίνδυνοι. Αυτό συμβαίνει διότι τέτοια στοιχεία είναι αφενός μεν έξω από την φιλοσοφία της ΑΚΖ (η ανάλυση κύκλου ζωής αναφέρεται σε συνήθειες, κανονικές συνθήκες παραγωγής και όχι σε εξαιρετικές περιπτώσεις) και αφετέρου έξω από την πρακτική του (οι δυσκολίες ποσοτικοποίησης αλλά και προσδιορισμού χρονικά των κινδύνων είναι ανυπέρβλητες). Γι' αυτό το σκοπό άλλωστε υπάρχει μία ξεχωριστή μέθοδος και συγκεκριμένα η εκτίμηση ή αξιολόγηση κινδύνου (risk assessment) [40].

## 2.5.2. Μεθοδολογία καταγραφής κύκλου ζωής

Η μεθοδολογία *καταγραφής κύκλου ζωής* ενός προϊόντος, διεργασίας ή δραστηριότητας περιγράφεται στη συνέχεια αναλυτικά [69], [80], [100], [137], [172] :

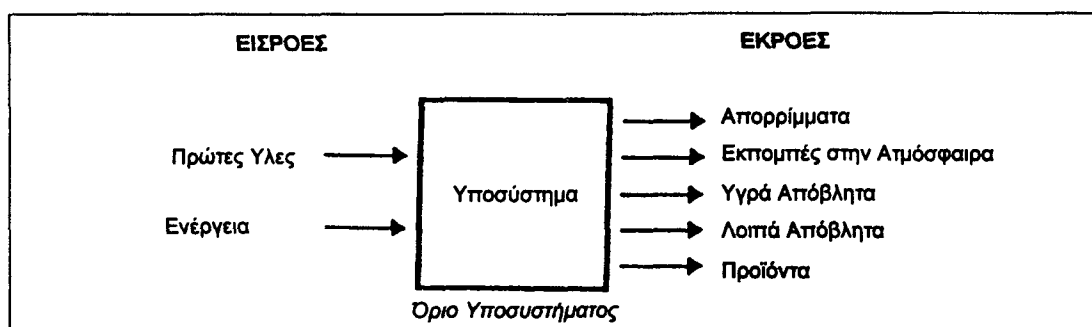
Προκειμένου να προσδιοριστεί η περιβαλλοντική επίδραση ενός συστήματος, είναι απαραίτητο το σύστημα αυτό να διαιρεθεί σε επιμέρους υποσυστήματα τα οποία θα "επικοινωνούν" μεταξύ τους με ισοζύγια ενέργειας και μάζας. Αν η υποδιαίρεση του συστήματος είναι είτε ελάχιστα είτε υπερβολικά λεπτομερής τότε υπάρχει ο κίνδυνος να μην υπάρχουν διαθέσιμα τα αντίστοιχα στοιχεία που χρειάζονται. Όπως ήδη αναφέρθηκε, μια τυπική διαίρεση ενός πλήρους κύκλου ζωής σε υποσυστήματα περιλαμβάνει τις δραστηριότητες απόκτησης πρώτων υλών και ενέργειας, παραγωγής, διανομής και μεταφοράς, χρήσης, ανακύκλωσης και τελικής απόρριψης (διάγραμμα 2.5.2.1). Βέβαια, αναλόγως τόσο του σκοπού της ανάλυσης όσο και των διαθέσιμων στοιχείων και δεδομένων, κάθε ένα από τα υποσυστήματα αυτά μπορεί να υποδιαιρεθεί σε άλλα επιμέρους κ.ο.κ. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι πιο αντιπροσωπευτικές και συνήθειες από αυτές τις υποδιαίρεσεις.

Κάθε εισροή πρώτης ύλης, ενέργειας, βοηθητικού υλικού ή καυσίμου κλπ σε οποιαδήποτε θέση του συστήματος που εξετάζεται, πρέπει να συνοδεύεται από τα αντίστοιχα ολικά περιβαλλοντικά φορτία που προξενεί, ώστε αυτά να συνυπολογίζονται αναλογικά στα συνολικά φορτία που απορρέουν από το προϊόν που μελετάται. Έτσι, η παραπάνω αλυσίδα των διαδοχικών υποσυστημάτων που συνθέτουν το κυρίως σύστημα, εμφανίζει σε διάφορες θέσεις της παρόμοιους υποκλάδους που αντιστοιχούν στον κύκλο ζωής των εισερχομένων υλικών και ενέργειας.



**Διάγραμμα 2.5.2.1 : Τυπική διαίρεση πλήρους κύκλου ζωής σε υποσυστήματα**

Βέβαια, εάν θεωρηθεί ότι η συνεισφορά του εισερχόμενου μεγέθους στα συνολικά περιβαλλοντικά φορτία είναι αμελητέα, τότε συνήθως και ο αντίστοιχος υποκλάδος παραλείπεται. Από την στιγμή, πάντως, που το τελικό σύστημα με τα υποσυστήματα του έχει διαμορφωθεί οριστικά, τότε κάθε υποσύστημα εξετάζεται ξεχωριστά προκειμένου να προσδιοριστούν όλες οι εισροές και εκροές από αυτό (διάγραμμα 2.5.2.2). Όταν τα στοιχεία αυτά συγκεντρωθούν για κάθε επιμέρους υποσύστημα, τότε αθροίζονται βάσει ισοζυγίων μάζας και ενέργειας ώστε να εκτιμηθεί η συνολική περιβαλλοντική επίδραση του προϊόντος ή της διεργασίας που εξετάζεται.



**Διάγραμμα 2.5.2.2 : Ξεχωριστή εξέταση υποσυστήματος**

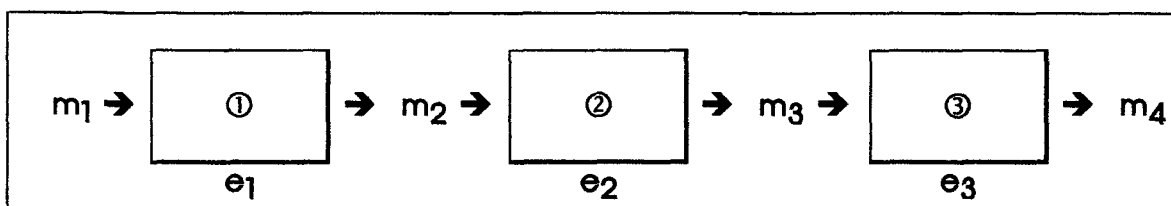
Προκειμένου να κατανοηθεί καλύτερα ο τρόπος με τον οποίο υπολογίζεται η συνολική απόδοση ενός συστήματος όταν είναι γνωστή η αντίστοιχη των επιμέρους υποσυστημάτων, δίνεται το παρακάτω απλό παράδειγμα (διάγραμμα 2.5.2.3). Στο παράδειγμα αυτό το σύστημα αποτελείται από τρία υποσυστήματα (1, 2 και 3) το καθένα από τα οποία χρειάζεται ενέργεια ανά μονάδα μάζας παραγόμενου προϊόντος  $e_1$ ,  $e_2$  και  $e_3$  αντίστοιχα. Έτσι, αν το ισοζύγιο μάζας δίνει ποσά  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  και  $m_4$ , η συνολική ενέργεια που χρειάζεται το σύστημα είναι :

$$E_{\text{συν}} = m_4 \times e_3 + m_3 \times e_2 + m_2 \times e_1$$

Οπότε, η συνολική ενέργεια του συστήματος ανά μονάδα μάζας παραγόμενου προϊόντος είναι :

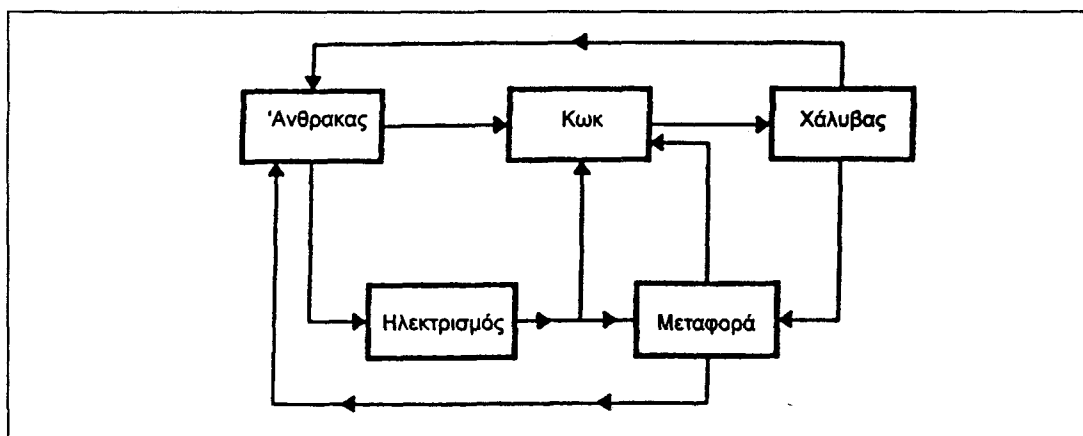
$$e_{\text{συν}} = E_{\text{συν}} / m_4 = (m_4 \times e_3 + m_3 \times e_2 + m_2 \times e_1) / m_4$$

Παρ' όλο που το παραπάνω παράδειγμα αναφέρεται στην ενέργεια, ο υπολογισμός για τα στερεά απορρίμματα, τα υγρά απόβλητα και τις αέριες εκπομπές είναι αντίστοιχος. Όσο για τις πρώτες ύλες, ο υπολογισμός γίνεται με την βοήθεια του ισοζυγίου μάζας.



**Διάγραμμα 2.5.2.3 : Σύστημα τριών υποσυστημάτων**

Στο προηγούμενο παράδειγμα το σύστημα αποτελείται από μια γραμμική αλυσίδα τριών υποσυστημάτων. Αν και συχνά μεγάλα τμήματα συστημάτων περιλαμβάνουν γραμμικές αλυσίδες, ωστόσο ορισμένα συστήματα περικλείουν μη γραμμικά κυκλώματα όπως το απλοποιημένο παράδειγμα του διαγράμματος 2.5.2.4.



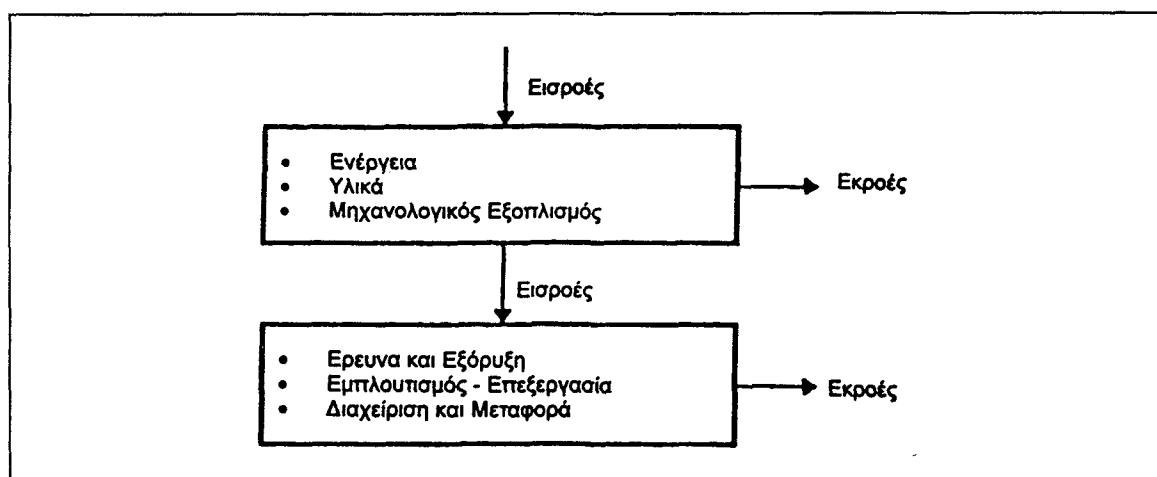
**Διάγραμμα 2.5.2.4 : Μη γραμμικό κύκλωμα συστήματος**

Η αντιμετώπιση τέτοιων μη γραμμικών κυκλωμάτων μπορεί να γίνει με τους εξής δύο τρόπους :

- ♦ Με μετατροπή του μη γραμμικού κυκλώματος σε ψευδογραμμικό διαιρώντας το σε επιμέρους τμήματα. Μια τέτοια αντιμετώπιση, πάντως, αν και απλή είναι προσεγγιστική και μπορεί να οδηγήσει σε υπολογιστικά σφάλματα.
- ♦ Με επαναληπτική διαδικασία (iteration) η οποία πραγματοποιείται επιλέγοντας αρχικές τιμές για τα ζητούμενα μεγέθη, υπολογίζοντας βάσει των αρχικών αυτών τιμών τις νέες τιμές των μεγεθών, αντικαθιστώντας τις αρχικές τιμές με τις νέες κ.ο.κ. (Λύνουμε, δηλαδή, την εξίσωση  $\mathbf{x} = \mathbf{f}(\mathbf{x})$  βάσει της αναδρομικής σχέσης  $\mathbf{x}_n = \mathbf{f}(\mathbf{x}_{n-1})$  [70]). Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρις ότου η διαφορά παλαιών και νέων τιμών να είναι ίση με την ακρίβεια των υπολοίπων δεδομένων. Η διαδικασία αυτή αν και πιο επίπονη, δίνει καλύτερα αποτελέσματα.

• Απόκτηση Πρώτων Υλών και Ενέργειας

Κατά την καταγραφή του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, το στάδιο της απόκτησης των πρώτων υλών και της ενέργειας αρχίζει περιλαμβάνοντας κάθε αναγκαία σχετική δραστηριότητα και εργασία και τελειώνει πριν από την πρώτη δραστηριότητα επεξεργασίας αυτών των πρώτων υλών. Στο σημείο αυτό αρχίζει το στάδιο της παραγωγής που ακολουθεί. Στο διάγραμμα 2.5.2.5 φαίνεται ένα αντιπροσωπευτικό υποσύστημα απόκτησης πρώτων υλών και ενέργειας.



**Διάγραμμα 2.5.2.5 : Υποσύστημα απόκτησης πρώτων υλών και ενέργειας**

Γενικά, οι πρώτες ύλες διακρίνονται σε πρωτογενείς και σε δευτερογενείς. Οι πρωτογενείς είτε παράγονται με καλλιέργεια όπως τα αγροτικά προϊόντα και το ξύλο, είτε αντλούνται ή εξορύσσονται από το φυσικό περιβάλλον όπως τα ορυκτά, τα στερεά καύσιμα, ο αέρας και το νερό. Αντιθέτως οι δευτερογενείς πρώτες ύλες προέρχονται είτε από ανάκτηση είτε από ανακύκλωση.

Στις εισροές ενός υποσυστήματος απόκτησης πρώτων υλών συμπεριλαμβάνονται συνήθως και κάποια υλικά τα οποία είναι απαραίτητα για την δραστηριότητα αυτή. Τέτοια υλικά είναι, για παράδειγμα, τα λιπάσματα σε μια αγροτική καλλιέργεια ή οι χημικές ουσίες για τον έλεγχο των εκπομπών σκόνης σε ένα ορυχείο. Αντιθέτως, η μέχρι τώρα πρακτική των μελετών ΑΚΖ δείχνει ότι οι εκροές από τα υποσυστήματα αυτά δεν λαμβάνονται υπόψη στην ανάλυση αν και οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον είναι, συνήθως, πολύ χειρότερες από εκείνες στα υπόλοιπα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στην έλλειψη επαρκών διαθέσιμων στοιχείων αλλά και στη δυσκολία ποσοτικής έκφρασης των σχετικών μεγεθών.

Σε ότι αφορά στην ενέργεια, είναι απαραίτητες λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τα είδη και το μίγμα των χρησιμοποιούμενων ενεργειακών πηγών (ανανεώσιμες ή μη). Η ηλεκτρική ενέργεια συνήθως εκφράζεται σε κιλοβατώρες (kWh) ενώ για τα άλλα είδη χρησιμοποιούνται οι κατάλληλες μονάδες μέτρησης όπως για παράδειγμα τα λίτρα για τα υγρά καύσιμα και τα κυβικά μέτρα για τα αέρια. Στην περίπτωση που η κατανάλωση ενέργειας μετατρέπεται σε ισοδύναμα megajoules (MJ), τότε πρέπει απαραίτητως να σημειώνεται και ο συντελεστής μετατροπής.

Το μίγμα των καυσίμων το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας διαφέρει σημαντικά από χώρα σε χώρα και, καμιά φορά, από περιοχή σε περιοχή [193]. Για το λόγο αυτό η ενέργεια που καταναλώνεται στις διάφορες φάσεις της ζωής του προϊόντος πρέπει να αθροίζεται κατά είδος καυσίμου και στην συνέχεια να μετατρέπεται σε MJ βάσει των αντίστοιχων εθνικών μέσων τιμών. Εφόσον υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ενέργεια που απαιτείται για την άντληση και απόκτηση των ενεργειακών πρώτων υλών (καυσίμων κλπ). Αυτό συχνά γίνεται και με έναν διορθωτικό συντελεστή ο οποίος ονομάζεται "απαιτούμενη ενέργεια πριν από την καύση" (precombustion energy). Για τις εκροές από τις μονάδες παραγωγής ενέργειας (ρυπαντές κλπ), συνήθως χρησιμοποιούνται τα, έστω και περιορισμένα, στατιστικά στοιχεία από τους αρμόδιους φορείς.

Οι ανανεώσιμες και μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνήθως καταγράφονται ξεχωριστά προκειμένου να μπορούν να αξιολογηθούν διαφορετικά. Βέβαια, ο τρόπος με τον οποίο αξιολογείται περιβαλλοντικά η ενέργεια η οποία προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (δηλαδή πηγές οι οποίες ανανεώνονται με ρυθμό ίσο ή μεγαλύτερο από αυτόν της εξάντλησης τους) είναι ζήτημα που δεν έχει, ακόμα, αποσαφηνιστεί πλήρως. Ένα άλλο πρόβλημα το οποίο είναι πιθανόν να προκαλέσει

αμφισβητήσεις προκύπτει όταν ένα υλικό χρησιμοποιείται τόσο ως πηγή ενέργειας όσο και ως πρώτη ύλη. Τυπικό παράδειγμα το πετρέλαιο το οποίο στην βιομηχανία πετροχημικών χρησιμοποιείται και με τις δύο αυτές ιδιότητες. Στις περιπτώσεις αυτές και προκειμένου να μην υπάρχουν περιθώρια για αμφισβητήσεις, αναφέρεται ξεχωριστά η ποσότητα του υλικού που δεν χρησιμοποιείται ως καύσιμο και συνήθως εκφράζεται και σε μονάδες ενέργειας και σε μονάδες μάζας ή όγκου.

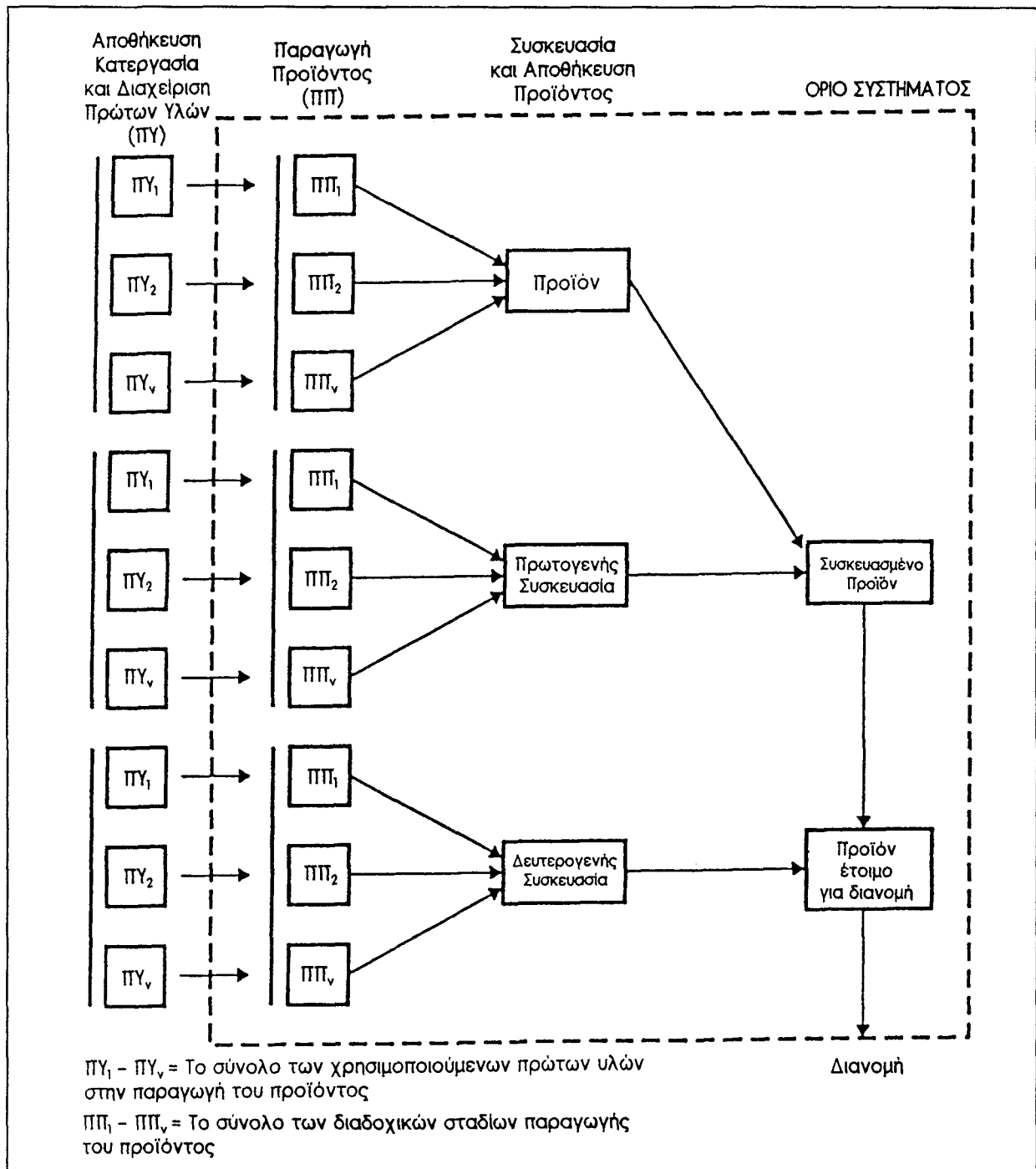
- *Παραγωγή*

Το στάδιο της παραγωγής είναι αυτό όπου οι πρώτες ύλες μετατρέπονται σε έτοιμα προϊόντα. Στο στάδιο αυτό περιλαμβάνονται όλες οι δραστηριότητες από την παραλαβή των πρώτων υλών έως την παράδοση των έτοιμων προϊόντων για αποθήκευση, καθώς επίσης και οι δραστηριότητες της πρωτογενούς και δευτερογενούς συσκευασίας του προϊόντος. Το στάδιο της παραγωγής θεωρείται πλήρες όταν το παραγόμενο προϊόν είναι στην τελική του μορφή έτοιμο για διανομή. Στο διάγραμμα 2.5.2.6 παρουσιάζεται μια γενική περιγραφή της διαδικασίας παραγωγής και συγκεκριμένα η κατεργασία των πρώτων υλών για την παραγωγή προϊόντων καθώς και υλικών συσκευασίας τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την συσκευασία αυτών των προϊόντων.

Εννοείται πως κάθε στοιχείο στο διάγραμμα αυτό μπορεί να αναλυθεί διεξοδικά με περιγραφή των διαφόρων λειτουργιών που περιλαμβάνει. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να καταλήξουμε σε πιο σύνθετα και ακριβέστερα διαγράμματα ροής της διαδικασίας παραγωγής. Οι εισροές στο στάδιο αυτό είναι εκτός από την ενέργεια και τις πρώτες ύλες, τα βοηθητικά υλικά καθώς και ανακυκλωμένα υλικά και προϊόντα. Οι εκροές αποτελούνται από τα προϊόντα, τα παραπροϊόντα και τα απόβλητα. Σε ότι αφορά στα τελευταία, όταν υπάρχουν συστήματα επεξεργασίας ή ελέγχου των αποβλήτων αυτών, πρέπει να αναφέρονται οι πραγματικά αποδεδειγμένες ποσότητες στο περιβάλλον, καθώς επίσης να εκτιμώνται και οι ποσότητες εκείνες των αποβλήτων οι οποίες τελικά διαφεύγουν από τα συστήματα αυτά.

- *Διανομή και Μεταφορά*

Στην ανάλυση κύκλου ζωής με τον όρο *μεταφορά* εννοούμε κάθε κίνηση υλικού ή ενέργειας μεταξύ δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα σε διαφορετική τοποθεσία, ενώ με το όρο *διανομή* εννοούμε κάθε δραστηριότητα η οποία έχει ως στόχο να διευκολύνει την μετακίνηση των προϊόντων προς τον τελικό καταναλωτή.



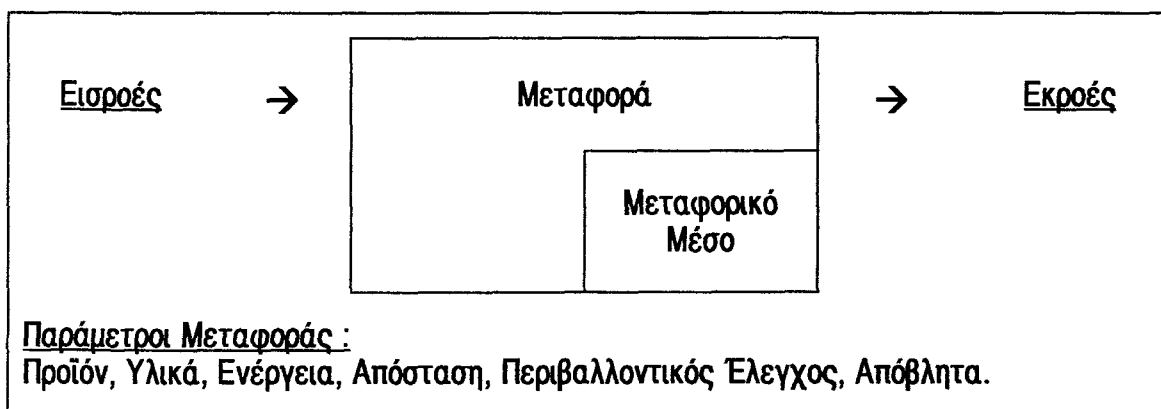
**Διάγραμμα 2.5.2.6 : Γενική περιγραφή της διαδικασίας παραγωγής**

Το ιδιαίτερο στοιχείο της μεταφοράς και της διανομής είναι ότι συνήθως εμφανίζονται στην ανάλυση του κύκλου ζωής του προϊόντος πολύ στενά συνδεδεμένες με διάφορες άλλες δραστηριότητες. Έτσι, τα όρια των δραστηριοτήτων μεταφοράς καθορίζονται κάθε φορά ανάλογα με τις συγκεκριμένες δραστηριότητες με τις οποίες συνδέονται. Πάντως, η επιλογή των δραστηριοτήτων μεταφοράς και διανομής οι οποίες τελικά εξετάζονται και αναλύονται, εξαρτάται από την ακρίβεια και τους σκοπούς της ανάλυσης. Στο διάγραμμα 2.5.2.7 δίνεται ένα τυπικό διάγραμμα ροής



μεταφοράς με τις αναγκαίες παραμέτρους για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών φορτίων. Το μέσο μεταφοράς μπορεί να είναι σιδηρόδρομος (ντηζελοκίνητος, ηλεκτροκίνητος ή ατμοκίνητος), αεροπλάνο, φορτηγό αυτοκίνητο, φορτηγό πλοίο, αγωγός, ηλεκτρικά καλώδια κλπ. Γενικά, πάντως, η δραστηριότητα της μεταφοράς διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες :

- ο Μεταφορά στην οποία ο φορέας είναι κινητός (αυτοκίνητο, πλοίο αεροπλάνο κλπ).
- ο Μεταφορά στα οποία ο φορέας είναι σταθερός (δίκτυο σωληνώσεων, ηλεκτρικά καλώδια κλπ).
- ο Συνδυασμός των δύο παραπάνω περιπτώσεων.



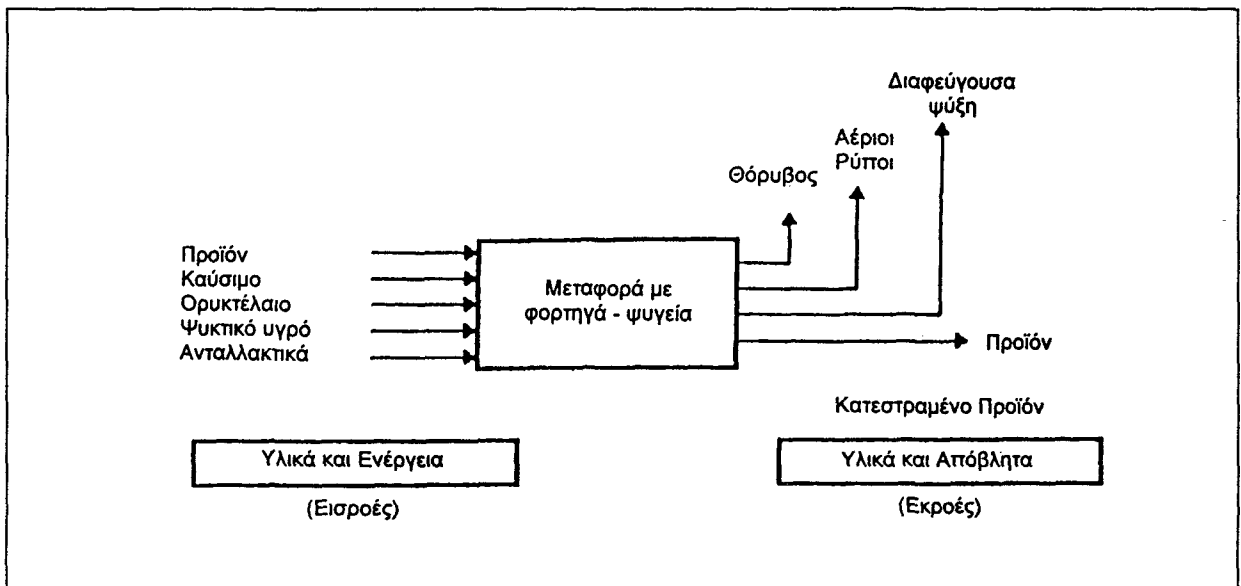
### Διάγραμμα 2.5.2.7 : Τυπικό σύστημα μεταφοράς

Για την ορθή ανάλυση της δραστηριότητας της μεταφοράς χρειάζεται, όπως άλλωστε και σε κάθε στάδιο της ανάλυσης κύκλου ζωής, ακριβής καθορισμός του συστήματος και άρα των ορίων. Στην προκειμένη περίπτωση το σύστημα καθορίζεται με βάση το έργο που επιτελείται. Για παράδειγμα, στο σύστημα ενός φορτηγού αυτοκινήτου συνήθως λαμβάνονται υπόψη μόνο οι εισροές και εκροές που σχετίζονται με την φάση της λειτουργίας του φορτηγού (καύσιμα, καυσαέρια κλπ) ενώ εξαιρούνται ζητήματα που σχετίζονται με την κατασκευή ή την συντήρηση του φορτηγού αυτού (ανταλλακτικά κλπ). Στα επόμενα διαγράμματα 2.5.2.8 έως 2.5.2.11 παρουσιάζονται ορισμένα τυπικά συστήματα διαφόρων μεταφορικών δραστηριοτήτων με τις αντίστοιχες εισροές και εκροές που συνήθως εξετάζονται.

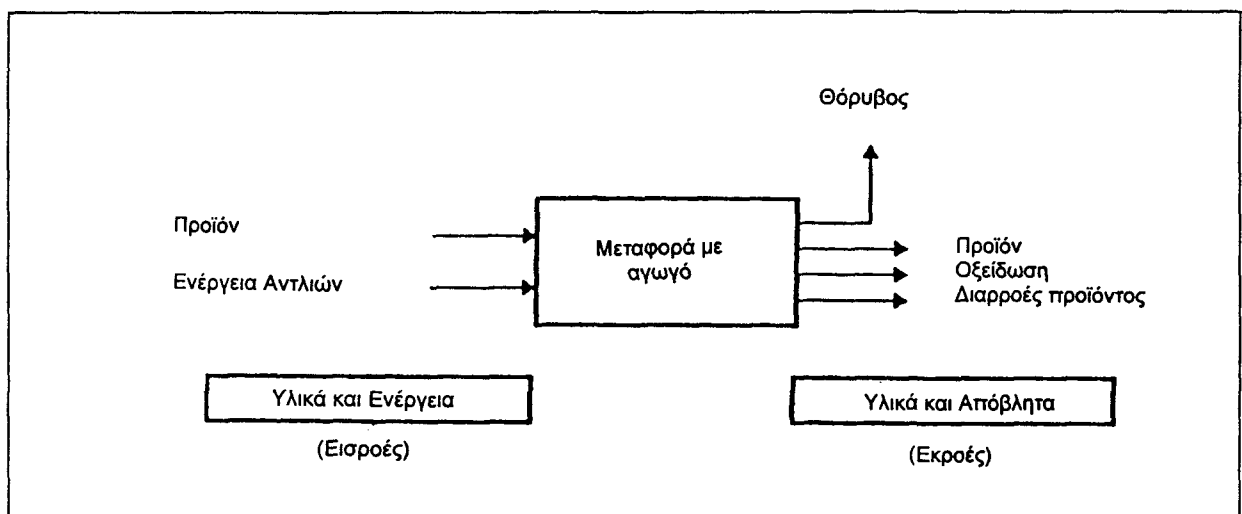
Τα στοιχεία που χρειάζονται για την ανάλυση του σταδίου της μεταφοράς και διανομής είναι, συνήθως, τα εξής :

- ♦ Κατανάλωση ενέργειας ανά είδος καυσίμου (π.χ. MJ/kg-km πετρελαίου κίνησης).

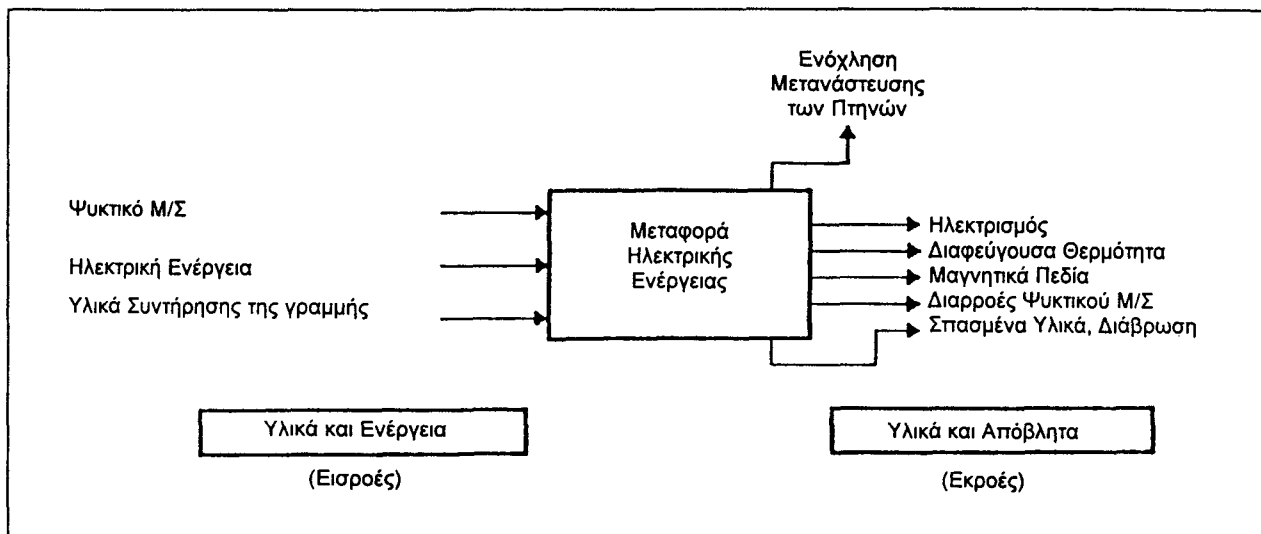
- ♦ Απαιτούμενα Υλικά (π.χ. kg ξύλινων παλετών / kg μεταφερόμενου προϊόντος).
- ♦ Συντελεστές αποδέσμευσης αερίων και λοιπών ρυπαντών (π.χ. kg εκπομπόμενου NOx / kg-km για μηχανές ντήζελ).
- ♦ Ρυθμός απωλειών προϊόντων και λοιπών υλικών (π.χ. kg προϊόντος που χάνεται λόγω της μεταφοράς / kg μεταφερόμενου προϊόντος).
- ♦ Απαιτούμενα υλικά συσκευασίας για την μεταφορά (π.χ. βάρος και όγκος ανά kg μεταφερόμενου προϊόντος).



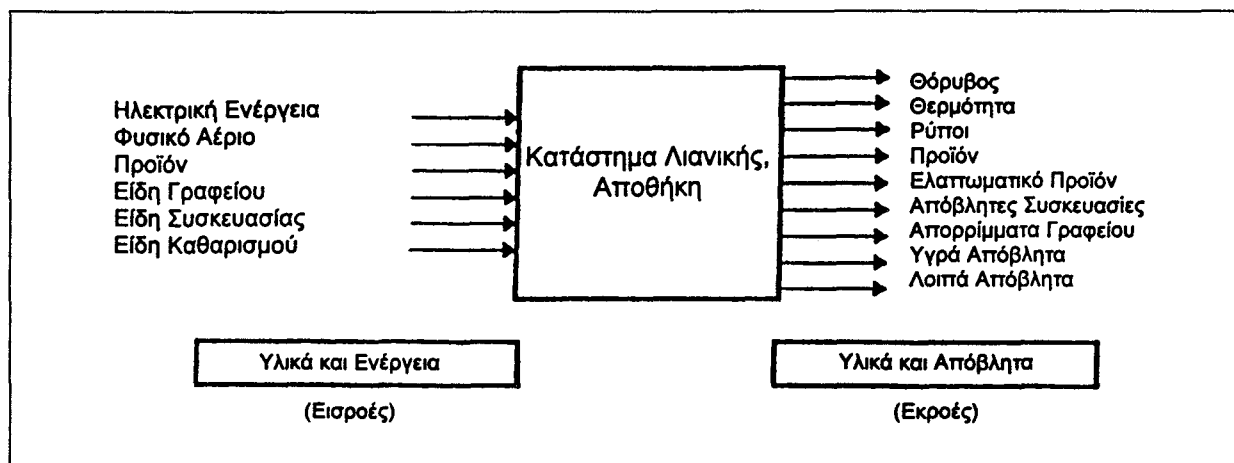
**Διάγραμμα 2.5.2.8 : Τυπικό σύστημα μεταφοράς με φορτηγά - ψυγεία**



**Διάγραμμα 2.5.2.9 : Τυπικό σύστημα μεταφοράς με αγωγό**



Διάγραμμα 2.5.2.10 : Τυπικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

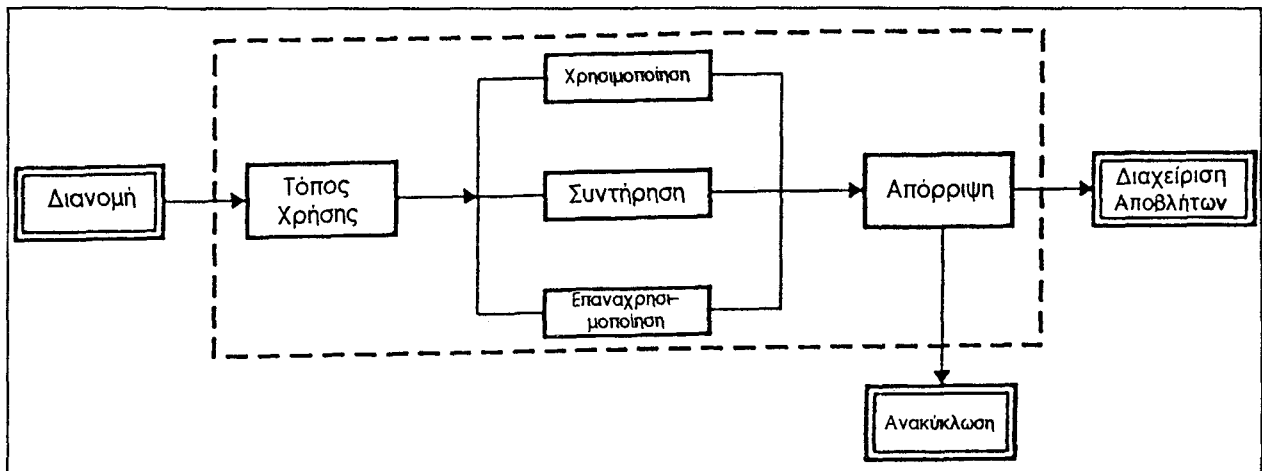


Διάγραμμα 2.5.2.11 : Τυπικό σύστημα μεταφοράς σε κατάστημα λιανικής πώλησης

- *Χρησιμοποίηση - Συντήρηση - Επαναχρησιμοποίηση*

Το στάδιο αυτό της ανάλυσης κύκλου ζωής συνίσταται από μια ομάδα δραστηριοτήτων οι οποίες ξεκινούν αμέσως μετά την διανομή του έτοιμου προϊόντος στον τελικό καταναλωτή και καταλήγουν στην απόρριψη του προϊόντος και την μετατροπή του σε απόβλητο. Οι δραστηριότητες αυτές φαίνονται συνοπτικά στο διάγραμμα 2.5.2.12. Στο διάγραμμα 2.5.2.13 φαίνονται αναλυτικότερα οι δραστηριότητες καθώς και οι διάφορες υποκατηγορίες οι οποίες εμφανίζονται σε αυτή την φάση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος. Σε συντομία μπορεί να αναφερθεί ότι η *χρησιμοποίηση* περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως την κατανάλωση ενός

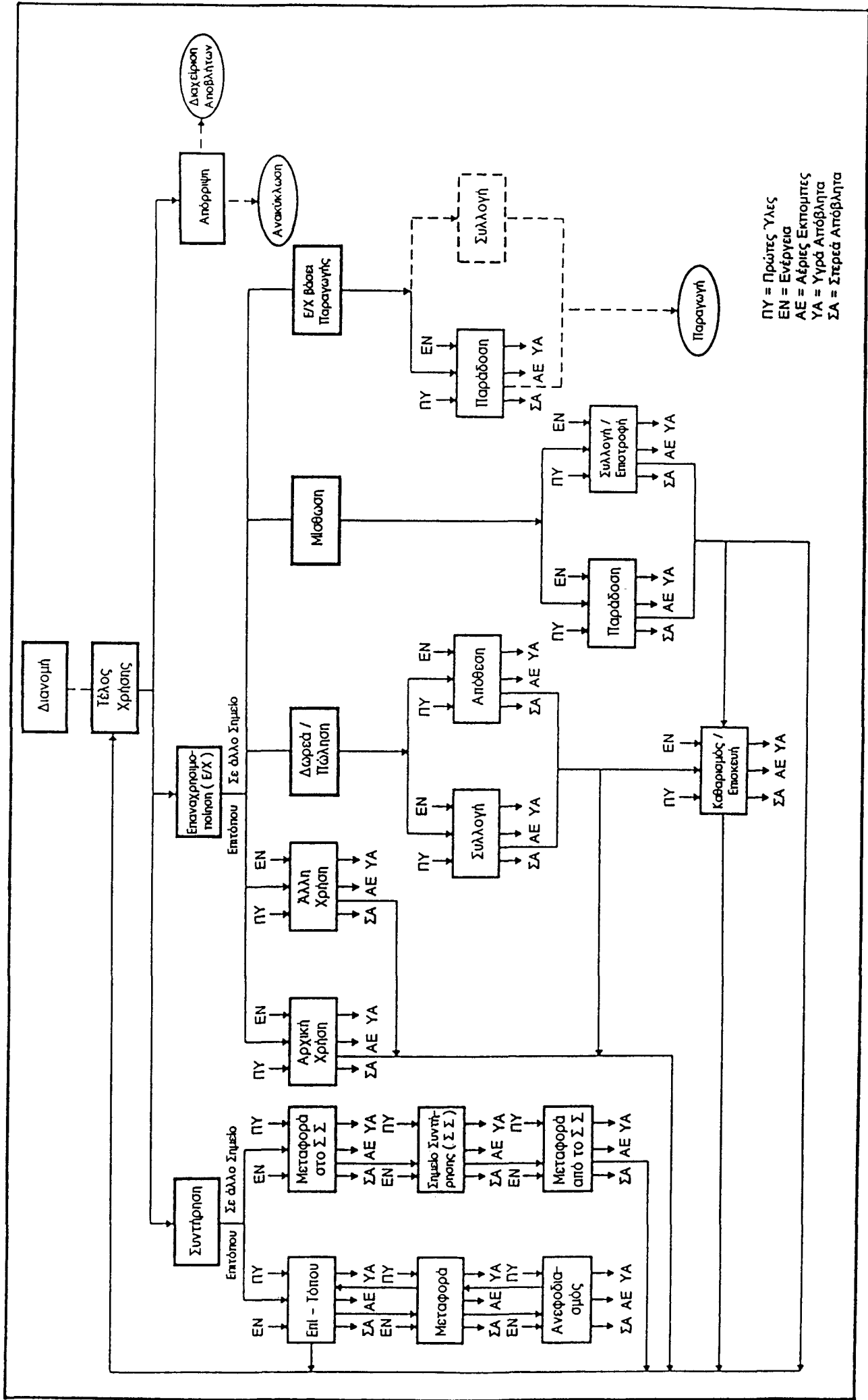
προϊόντος, την λειτουργία μίας συσκευής, την αποθήκευση του προϊόντος για μελλοντική χρήση (π.χ. κατάψυξη), την προετοιμασία του προϊόντος για χρήση (π.χ. μαγείρεμα) κλπ. Η *συντήρηση* μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε στον τόπο χρήσης είτε αλλού. Στην πρώτη περίπτωση περιλαμβάνεται κάθε δραστηριότητα συλλογής των απαραίτητων ανταλλακτικών, εξοπλισμού κλπ, ενώ στην δεύτερη η μεταφορά του προϊόντος στον τόπο συντήρησης. Ομοίως, η *επαναχρησιμοποίηση* μπορεί να λάβει χώρα στον τόπο χρήσης ή όχι και μπορεί να είναι ευκαιριακή και τυχαία (π.χ. επαναχρησιμοποίηση παλαιών πινέλλων χρωματισμού) ή συστηματική και οργανωμένη (π.χ. επαναπλήρωση γυάλινων φιαλών).



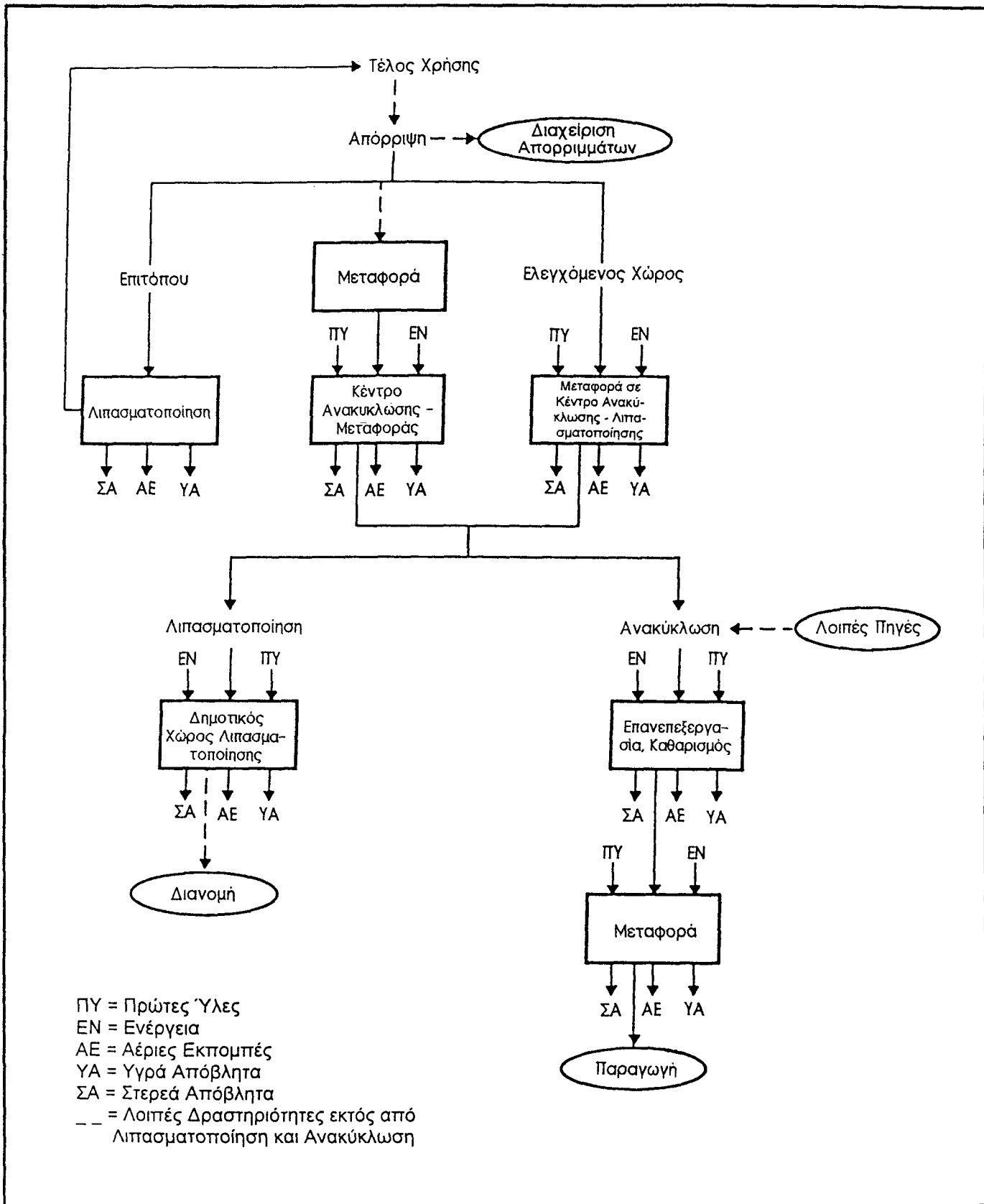
**Διάγραμμα 2.5.2.12 : Διανομή προϊόντος, χρησιμοποίησή του και απόρριψή του**

- *Ανακύκλωση*

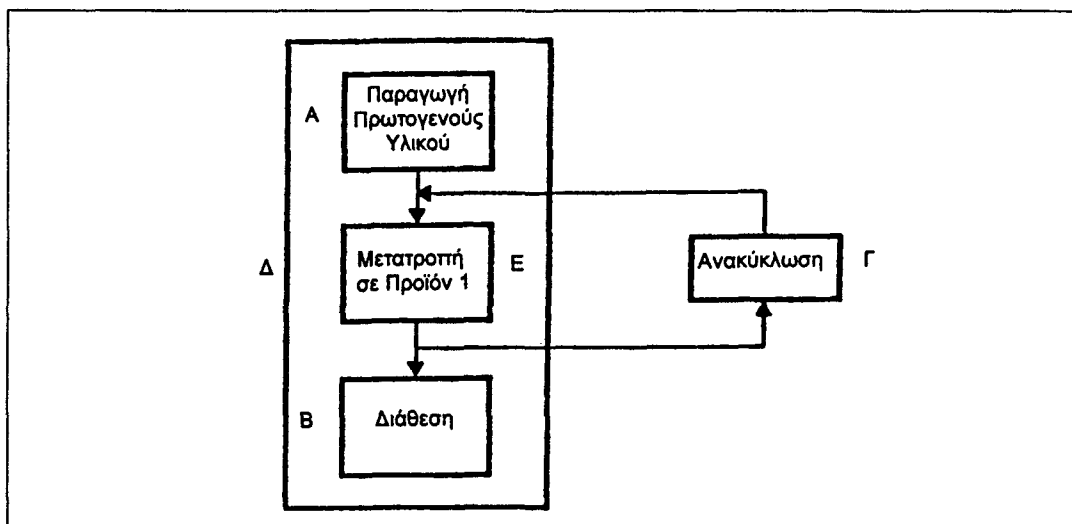
Η ανακύκλωση, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 2.5.2.14, περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες συλλογής του υλικού καθώς και προετοιμασίας του (π.χ. πλύσιμο) προκειμένου να εισαχθεί ξανά στην παραγωγική διαδικασία ως πρώτη ύλη. Οι δυνατότητες ανακύκλωσης διακρίνονται σε δύο είδη : στα *συστήματα κλειστού κυκλώματος* και στα *συστήματα ανοικτού κυκλώματος*. Στην πρώτη περίπτωση το προϊόν ανακυκλώνεται σε ένα όμοιο προϊόν όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 2.5.2.15. Σε αυτή την περίπτωση, το προϊόν είναι απαλλαγμένο από τα περιβαλλοντικά φορτία τα οποία προέρχονται τόσο από την τελική φάση της απόρριψης του προϊόντος όσο και από την αρχική φάση παραγωγής των πρωτογενών πρώτων υλών. Ωστόσο, επιβαρύνεται αφενός με τα περιβαλλοντικά φορτία των δραστηριοτήτων της ανακύκλωσης (συλλογή, μεταφορά, πλύσιμο κλπ) και αφετέρου με εκείνα τα οποία ενδεχομένως να προκύψουν εξαιτίας της χρήσης ανακυκλωμένων πρώτων υλών στην θέση πρωτογενών.



Διάγραμμα 2.5.2.13 : Αναλυτική παρουσίαση των δραστηριοτήτων της διανομής, της χρήσης και της τελικής απορρίψης

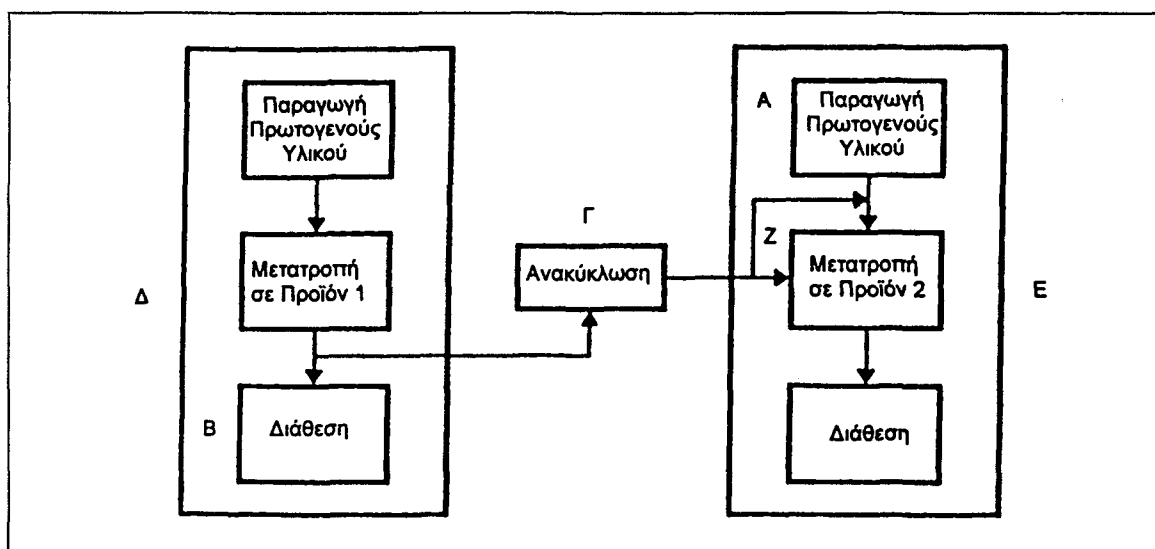


Διάγραμμα 2.5.2.14 : Λεπτομερές σύστημα ανακύκλωσης



**Διάγραμμα 2.5.2.15 : Σύστημα ανακύκλωσης κλειστού κυκλώματος**

Στη δυνατότητα ανακύκλωσης ανοικτού κυκλώματος το προϊόν ανακυκλώνεται σε κάποιο εναλλακτικό του όπως φαίνεται στο διάγραμμα 2.5.2.16. Στην περίπτωση αυτή το σύστημα περιλαμβάνει δύο ξεχωριστά προϊόντα και το “περιβαλλοντικό κέρδος” συνίσταται στο ότι για μεν το προϊόν 1 έχουμε μείωση των περιβαλλοντικών φορτίων λόγω αποφυγής της φάσης της τελικής απόρριψης του προϊόντος, για δε το προϊόν 2 έχουμε μείωση των περιβαλλοντικών φορτίων λόγω αποφυγής της φάσης παραγωγής των πρωτογενών πρώτων υλών. Βέβαια, όπως και στην ανακύκλωση κλειστού κυκλώματος έχουμε πρόσθετες επιβαρύνσεις λόγω των δραστηριοτήτων ανακύκλωσης καθώς και της χρήσης ανακυκλωμένων πρώτων υλών στην θέση πρωτογενών. Στην κατηγορία ανακύκλωσης ανοικτού κυκλώματος εντάσσεται και η *βιοσταθεροποίηση ή λιπασματοποίηση (composting)* όπου το προϊόν 2 είναι το λίπασμα.



**Διάγραμμα 2.5.2.16 : Σύστημα ανακύκλωσης ανοικτού κυκλώματος**

Βέβαια, στην πράξη τα πράγματα συνήθως δεν είναι τόσο απλά καθώς μπορεί να έχουμε συνδυασμό ανακύκλωσης ανοικτού και κλειστού κυκλώματος, ανακύκλωση ανοικτού κυκλώματος η οποία να οδηγεί σε περισσότερα του ενός εναλλακτικά προϊόντα, προϊόντα τα οποία χρησιμοποιούν πρώτες ύλες που προέρχονται από την ανακύκλωση διαφορετικών προϊόντων κλπ. Πάντως, η μεθοδολογία με την οποία αντιμετωπίζονται οι διάφορες περιπτώσεις ανακύκλωσης είναι, γενικά, η ακόλουθη :

♦ *Ανακύκλωση Κλειστού Κυκλώματος {69}, {185}, {186}*

Για την πλήρη περιγραφή ενός αμιγούς συστήματος κλειστού κυκλώματος χρειάζονται οι παρακάτω πληροφορίες :

- A. Κάθε εισροή και εκροή η οποία σχετίζεται με την παραγωγή των πρώτων υλών (μέχρι το σημείο στο οποίο ανακυκλωμένο υλικό θα χρησιμοποιηθεί στη θέση πρωτογενούς).
- B. Κάθε εισροή και εκροή η οποία σχετίζεται με την τελική απόρριψη του προϊόντος (προϊόν 1 στο διάγραμμα 2.5.2.15). Η φάση αυτή περιλαμβάνει μεταφορά, διαχείριση απορριμμάτων κλπ.
- Γ. Κάθε εισροή και εκροή η οποία σχετίζεται με την ανακύκλωση του προϊόντος 1.
- Δ. Κάθε εισροή και εκροή η οποία σχετίζεται με ένα σύστημα παραγωγής του προϊόντος 1 στο οποίο δεν εφαρμόζεται ανακύκλωση (δηλ. μόνο το αριστερό τμήμα του διαγράμματος 2.5.2.15).
- E. Κάθε εισροή και εκροή η οποία σχετίζεται με το ότι η παραγωγή του προϊόντος 1 βασίζεται σε ανακυκλωμένο υλικό στη θέση πρωτογενούς.

Βάσει των παραπάνω, το καθαρό ποσό εισροών/εκροών (Κ.Εισ/Κ.Εκ) ενός συστήματος ανακύκλωσης κλειστού κυκλώματος προκύπτει από την εξής σχέση :

$$\text{Κ.Εισ/Κ.Εκ} = \Delta - \text{B} \cdot \alpha - \text{A} \cdot \beta + \Gamma \cdot \alpha + \text{E}$$

όπου  $\alpha$  = ποσοστό ανακύκλωσης και  $\beta$  = ποσοστό περιεχόμενου ανακυκλωμένου υλικού.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι υλικά τα οποία έχουν υψηλό ποσοστό ανακύκλωσης ( $\alpha$ ) απαλλάσσονται από περισσότερες εισροές - εκροές προερχόμενες από την φάση της τελικής διάθεσης - απόρριψης του προϊόντος, ενώ υλικά με υψηλό ποσοστό περιεχόμενου ανακυκλωμένου υλικού ( $\beta$ ) απαλλάσσονται από περισσότερες εισροές - εκροές προερχόμενες από την φάση της παραγωγής των πρώτων υλών. Τα  $\alpha$  και  $\beta$  δεν είναι κατ' ανάγκη ίσα καθώς μπορεί να υπάρχουν απώλειες υλικού κατά την ανακύκλωση ή να συντρέχουν άλλοι λόγοι. Βέβαια, η παραπάνω



μαθηματική σχέση είναι απλοποιημένη καθώς, αναλόγως της εισροής ή εκροής στην οποία αναφέρεται (είδος ενέργειας, τύπος απόβλητου κλπ), είναι πιθανόν να ισχύουν ειδικοί περιορισμοί, να εφαρμόζονται τροποποιημένα  $\alpha$  και  $\beta$  κλπ. [151], [152].

♦ *Ανακύκλωση Ανοικτού Κυκλώματος [69], [185], [185]*

Οι περιπτώσεις εκείνες κατά τις οποίες έχουμε σύστημα ανακύκλωσης κλειστού κυκλώματος είναι σπάνιες. Συνήθως ένα προϊόν προκύπτει από την ανακύκλωση πολλών άλλων, ενώ πηγή για την παραγωγή άλλων προϊόντων μπορεί να είναι συνδυασμός ανακυκλωμένων υλικών και παραπροϊόντων άλλων διεργασιών [146], [149]. Η απλούστερη περίπτωση, πάντως, είναι αυτή του συστήματος ανοικτού κυκλώματος η οποία εικονίζεται στο διάγραμμα 2.5.2.16. Προκειμένου να εκτιμηθούν οι εισροές - εκροές για την περίπτωση αυτή πρέπει να είναι γνωστά τα ακόλουθα :

- A. Κάθε εισροή και εκροή η οποία σχετίζεται με την παραγωγή των πρωτογενών υλικών του προϊόντος 2 (από την απόκτηση των πρώτων υλών έως την παραγωγή του πρωτογενούς υλικού).
- B. Κάθε εισροή και εκροή η οποία σχετίζεται με την τελική απόρριψη και διάθεση του προϊόντος 1.
- Γ. Κάθε εισροή και εκροή η οποία σχετίζεται με την ανακύκλωση του προϊόντος 1.
- Δ. Κάθε εισροή και εκροή η οποία σχετίζεται με ένα σύστημα παραγωγής του προϊόντος 1 στο οποίο δεν εφαρμόζεται ανακύκλωση (δηλ. μόνο το αριστερό τμήμα του διαγράμματος 2.5.2.16).
- E. Κάθε εισροή και εκροή η οποία σχετίζεται με ένα σύστημα παραγωγής του προϊόντος 2 στο οποίο χρησιμοποιούνται μόνο πρωτογενείς πρώτες ύλες και όχι ανακυκλωμένες.
- Z. Κάθε εισροή και εκροή η οποία σχετίζεται με το ότι η παραγωγή του προϊόντος 2 βασίζεται σε ανακυκλωμένο υλικό στη θέση πρωτογενούς.

Έτσι, το καθαρό ποσό εισροών/εκροών (Κ.Εισ/Κ.Εκ) ενός συστήματος ανακύκλωσης ανοικτού κυκλώματος προκύπτει από την εξής σχέση :

$$\text{Κ.Εισ/Κ.Εκ} = \Delta + E - B \cdot \alpha - A \cdot \beta + \Gamma \cdot \alpha + Z$$

όπου  $\alpha$  = ποσοστό ανακύκλωσης του προϊόντος 1 και  $\beta$  = ποσοστό περιεχόμενου ανακυκλωμένου υλικού του προϊόντος 2.

Με την βοήθεια της παραπάνω μεθοδολογίας είναι δυνατή η εκτίμηση των εισροών και εκροών σε ένα σύστημα ανακύκλωσης. Επειδή, όμως, οι αναλύσεις κύκλου ζωής ενδιαφέρονται συνήθως και για τις εισροές και τις εκροές των προϊόντων και όχι μόνο των συστημάτων,

έχουν αναπτυχθεί οι δύο τεχνικές που ακολουθούν για την κατανομή των εισροών και εκροών ανά προϊόν (προϊόν 1 και προϊόν 2). Οι τεχνικές αυτές στηρίζονται σε πρακτική εμπειρία.

(α) *Ισοκατανομή ανά προϊόν των προστιθέμενων, λόγω ανακύκλωσης, επιπτώσεων στο σύστημα :*

Οι επιπτώσεις της ανακύκλωσης (λιγότερα απορρίμματα προϊόντος 1, λιγότερα πρωτογενή υλικά προϊόντος 2, επιπτώσεις λόγω της δραστηριότητας της ανακύκλωσης και επιπτώσεις από την χρήση ανακυκλωμένων πρώτων υλών στη θέση πρωτογενών) επιβαρύνουν εξίσου τα δύο προϊόντα ως εξής :

$$\text{Κ.Εισ/Κ.Εκ (προϊόν 1)} = \Delta - 1/2 \cdot (\text{B} \cdot \alpha + \text{A} \cdot \beta - \Gamma \cdot \alpha - \text{Z})$$

$$\text{Κ.Εισ/Κ.Εκ (προϊόν 2)} = \text{E} - 1/2 \cdot (\text{B} \cdot \alpha + \text{A} \cdot \beta - \Gamma \cdot \alpha - \text{Z})$$

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της τεχνικής αυτής είναι ότι αφενός ελαχιστοποιεί την πιθανότητα να υπολογιστούν δύο φορές ορισμένες επιπτώσεις και αφετέρου δεν αφήνει περιθώρια αμφισβητήσεων για το ένα ή το άλλο προϊόν. Το σημαντικότερο μειονέκτημα είναι ότι δεν λαμβάνει υπόψη σε ποιον ανήκει η προσπάθεια και τίνος είναι η πρωτοβουλία για την ανακύκλωση.

(β) *Κατανομή του οφέλους λόγω μειωμένων απορριμμάτων στο προϊόν που ανακυκλώνεται (προϊόν 1) :*

Στην περίπτωση αυτή ισχύουν τα εξής :

$$\text{Κ.Εισ/Κ.Εκ (προϊόν 1)} = \Delta - \text{B} \cdot \alpha$$

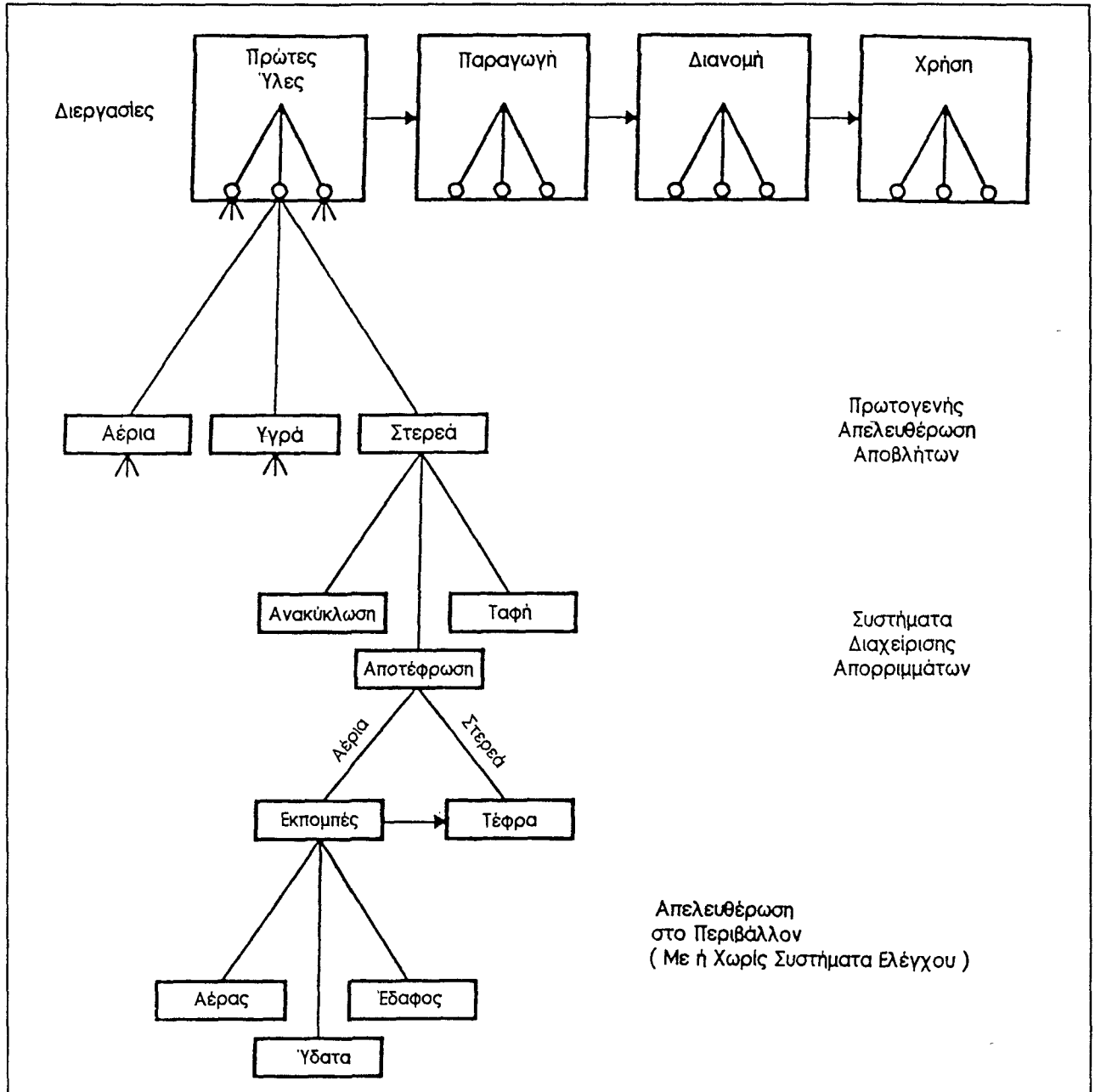
$$\text{Κ.Εισ/Κ.Εκ (προϊόν 2)} = \text{E} - \text{A} \cdot \beta + \Gamma \cdot \alpha + \text{Z}$$

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται συνήθως σε συγκεκριμένες, ειδικές περιπτώσεις και όχι γενικά όπως η προηγούμενη. Παντως, στο σημείο αυτό οι αναλύσεις κύκλου ζωής χρειάζονται περισσότερη έρευνα.

- Διαχείριση Αποβλήτων

Με τον όρο *απόβλητα* ορίζονται τα υλικά εκείνα τα οποία δεν έχουν κάποια εμπορική αξία (πολλές φορές για τεχνικούς λόγους) και για τον λόγο αυτό απορρίπτονται στο περιβάλλον. Αυτή η αποδέσμευση των αποβλήτων συνήθως συντελείται υπό έλεγχο αν και δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις δημιουργίας αποβλήτων εξαιτίας ατυχημάτων. Επειδή απόβλητα συνήθως παράγονται και αποδεσμεύονται σε κάθε στάδιο του

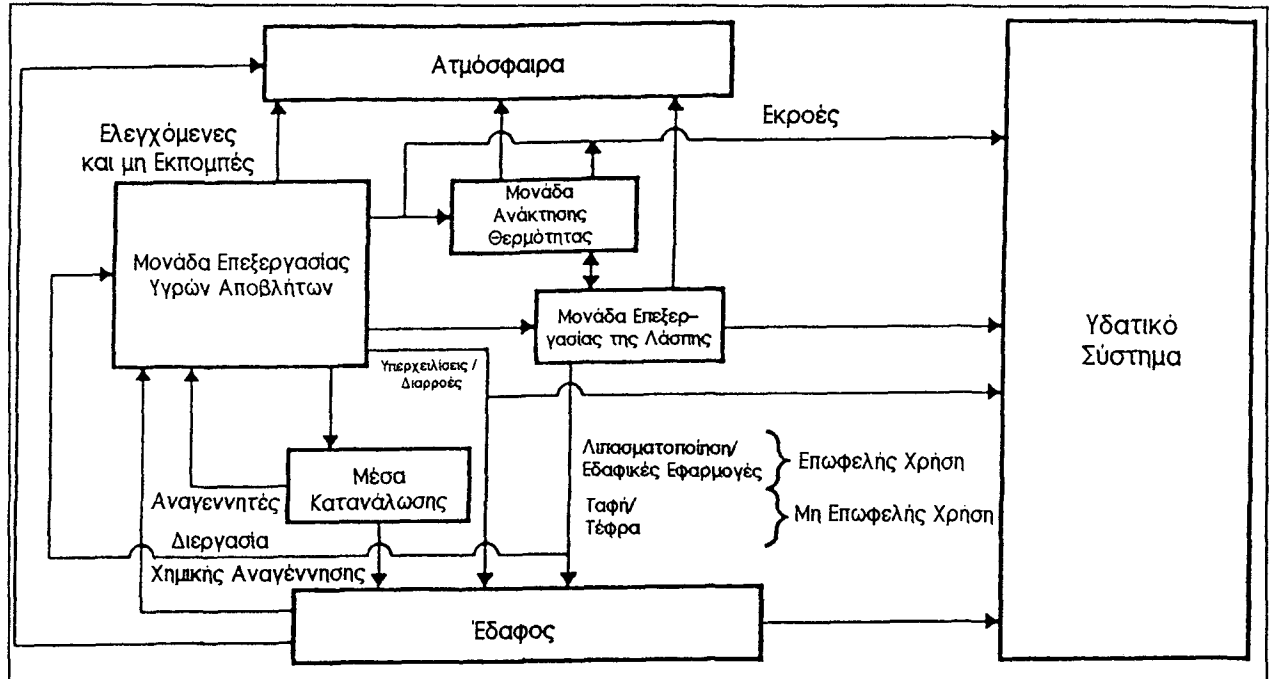
κύκλου ζωής ενός προϊόντος, έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα ελέγχου τους τα οποία ονομάζονται *συστήματα διαχείρισης αποβλήτων* (ΣΔΑ). Οι σημαντικότεροι, κατά σειρά, τρόποι για την αντιμετώπιση του προβλήματος των αποβλήτων θεωρούνται σήμερα η μείωση τους, η επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανάκτηση των υλικών, η βιοσταθεροποίηση (λιπασματοποίηση), η θερμική, φυσική, χημική και βιολογική κατεργασία και τέλος η ελεγχόμενη απόρριψη τους σε υπέδαφος, ωκεανούς, υπόγεια ύδατα κλπ. Στο διάγραμμα 2.5.27 περιγράφεται η γενική διαδρομή που ακολουθούν τα διάφορα απόβλητα κατά την απόρριψη τους στο περιβάλλον.



Διάγραμμα 2.5.27 : Γενική πορεία διαφόρων αποβλήτων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι συνηθέστεροι και πιο σημαντικοί τρόποι διαχείρισης των αποβλήτων και δίνονται αντιπροσωπευτικά διαγράμματα ροής αντίστοιχων τυπικών μονάδων.

♦ *Μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων*

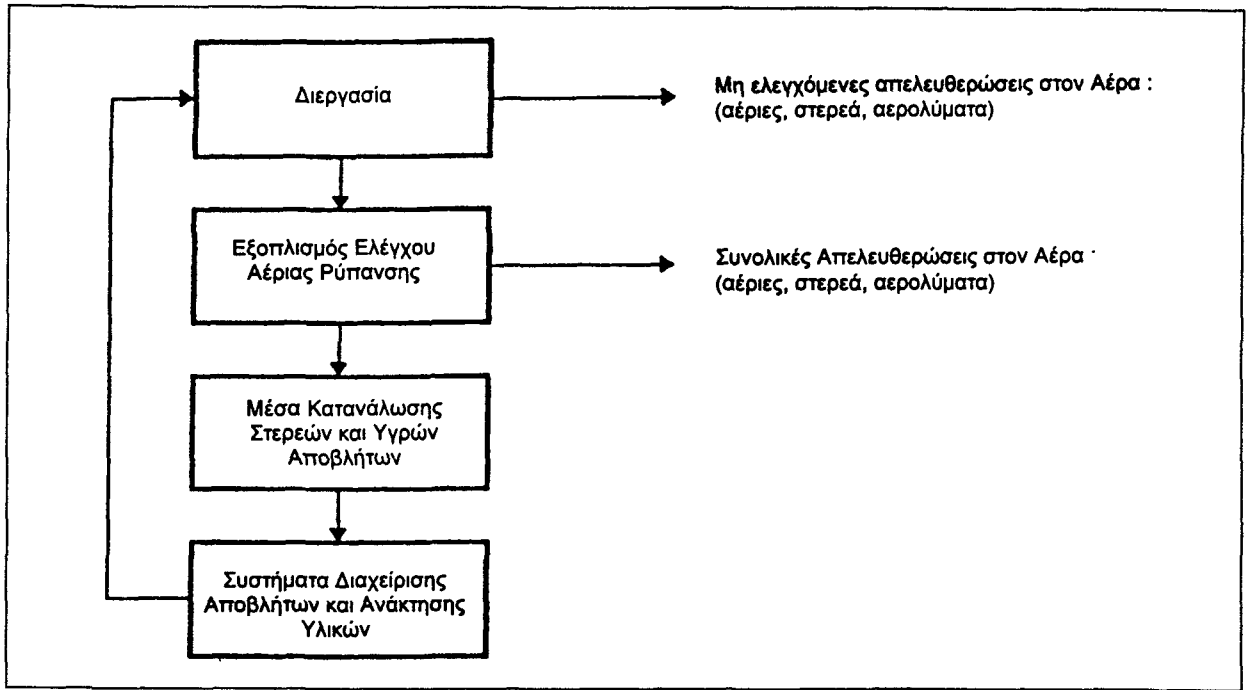


**Διάγραμμα 2.5.2.18 : Τυπικό διάγραμμα ροής μονάδας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων**

Κατά την μελέτη μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων λαμβάνονται υπόψη, γενικά, οι εισροές ενέργειας (ηλεκτρική, μηχανική ή θερμική), χημικών ουσιών και βέβαια το ισοζύγιο υγρών αποβλήτων και άλλων υλικών. Στις μελέτες αναλυσης κύκλου ζωής, όμως, εκτός των παραπάνω πρέπει να λαμβάνονται ακόμα υπόψη και δύο άλλοι πολύ σημαντικοί παράγοντες : η χρήση της γης και η συντήρηση του εξοπλισμού της μονάδας μαζί με τα απαραίτητα υλικά που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό.

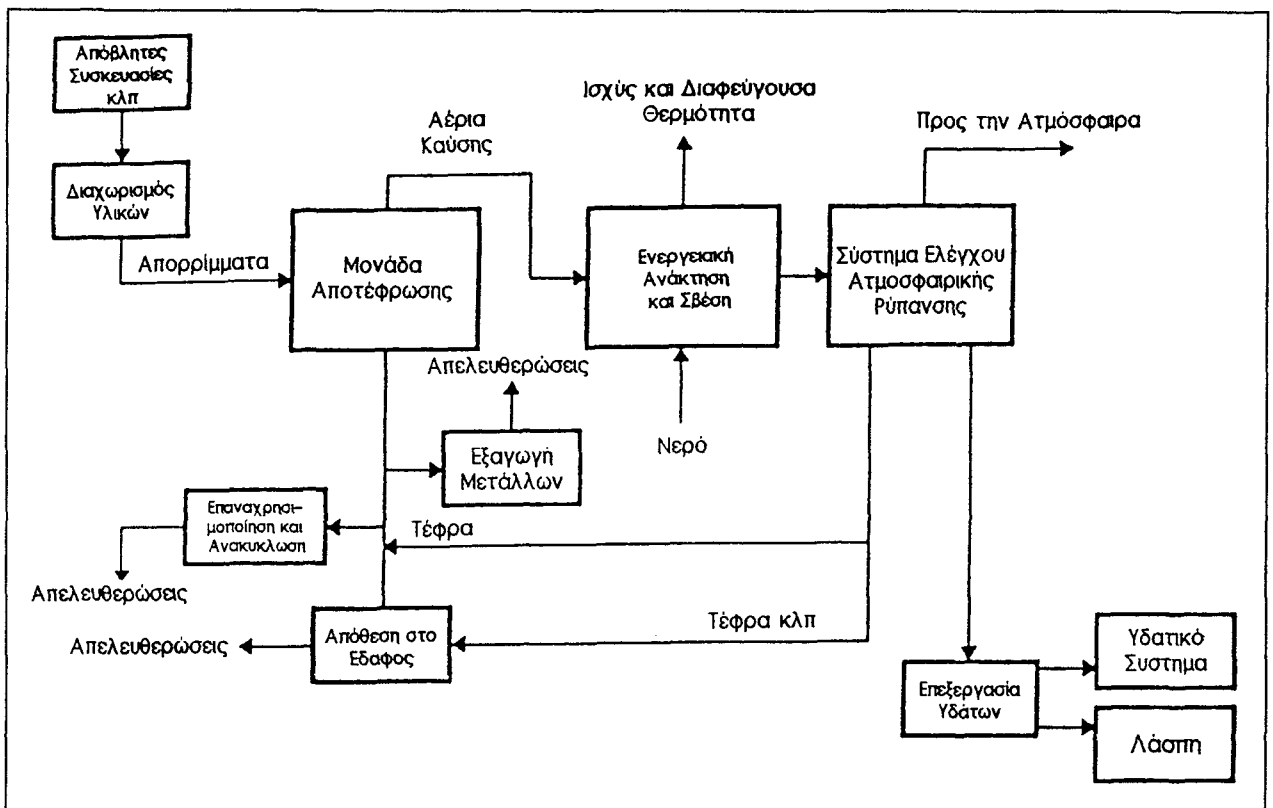
♦ *Συστήματα ελέγχου αέριας ρύπανσης*

Στο διάγραμμα 2.5.2.19 που ακολουθεί δίνεται μια γενική περιγραφή των μηχανισμών των αέριων εκπομπών. Τα όρια σε αυτό το διάγραμμα ροής δεν είναι συγκεκριμένα καθώς διαφέρουν αναλόγως του πώς ορίζεται ο αέριος ρυπαντής. Αυτός ο ορισμός μπορεί να εξαρτάται από νομικούς, οικονομικούς, τεχνικούς και γεωγραφικούς περιορισμούς. Γενικά, ως αέριες εκπομπές θεωρούνται όσες προκύπτουν από διεργασίες οι οποίες δεν περιλαμβάνουν κανένα σύστημα ελέγχου, όσες προκύπτουν από συστήματα ελέγχου συμπεριλαμβανόμενων και των ανεπιθύμητων διαρροών και τέλος όσες προκύπτουν από μονάδες διαχείρισης αποβλήτων.



Διάγραμμα 2.5.2.19 : Γενική περιγραφή μηχανισμού αερίων εκπομπών

♦ Μονάδα αποτέφρωσης (incineration) στερεών αποβλήτων



Διάγραμμα 2.5.2.20 : Τυπική μονάδα αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων

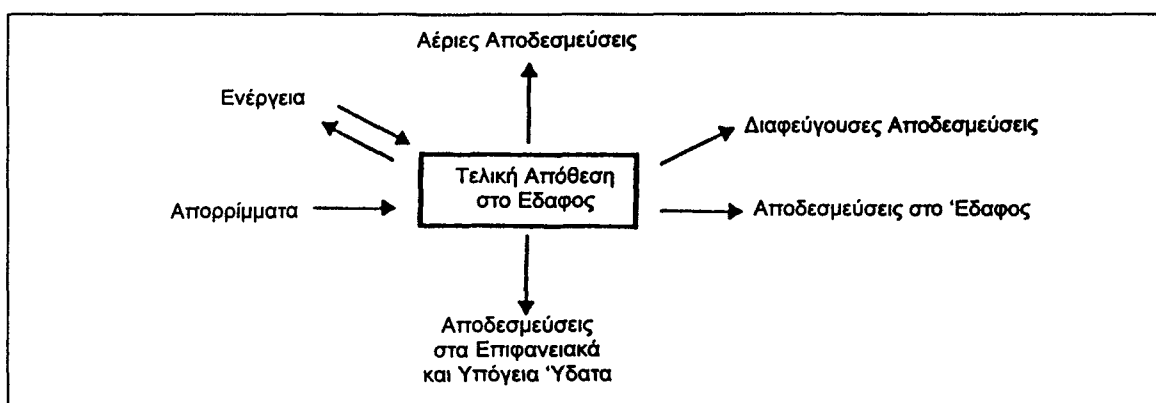
Στο παραπάνω σχήμα δίνεται το διάγραμμα ροής μιας τυπικής μονάδας αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων. Τα απόβλητα τα οποία δέχεται μια τέτοια μονάδα είναι αστικά απορρίμματα, λάσπη προερχόμενη από ΣΔΜ, επικίνδυνα απόβλητα, απορρίμματα ιατρικών μονάδων κλπ. Στο διάγραμμα φαίνονται συστήματα ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ενώ, αναλόγως της μονάδας, η διεργασία μπορεί να συνοδεύεται από ανάκτηση ενέργειας (ηλεκτρική ή θερμική) σε κάποιο ποσοστό.

♦ *Ταφή αποβλήτων*

Η τελική απόθεση των αποβλήτων στο υπέδαφος περιλαμβάνει, χωρίς όμως να περιορίζεται μόνο σε αυτές, τις παρακάτω περιπτώσεις :

- ο υγειονομική (ή μη) ταφή
- ο επικάλυψη εδάφους
- ο φρεάτιο έγχυσης
- ο ανεξέλεγκτη απόρριψη (π.χ. παράνομοι σκουπιδότοποι, χωματερές κλπ)

Στο επόμενο σχήμα δίνεται το γενικό υπόδειγμα ροής μάζας και ενέργειας κατά την ταφή αποβλήτων.

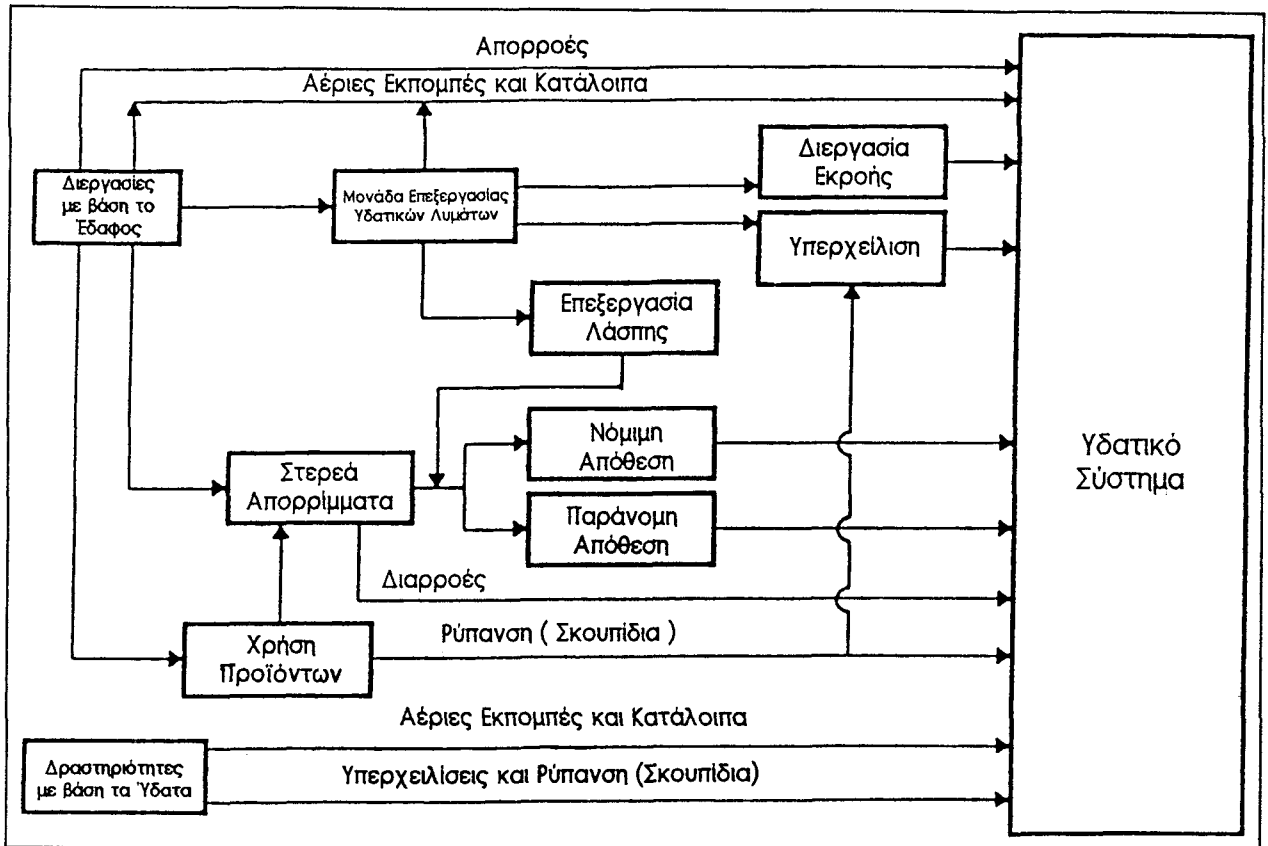


**Διάγραμμα 2.5.2.21 : Γενικό υπόδειγμα ροής μάζας και ενέργειας κατά την ταφή αποβλήτων**

♦ *Απόρριψη αποβλήτων σε υδατικά συστήματα*

Η ρύπανση των υδατικών συστημάτων περιλαμβάνει πολλούς διαφορετικούς τρόπους ενώ συχνά διαπιστώνεται μετά από προσεκτική έρευνα και μελέτη του συνόλου της παραγωγικής διαδικασίας. Οι διαδρομές που ακολουθούν τα διάφορα απόβλητα μέχρι να καταλήξουν στα υδατικά συστήματα παρουσιάζονται στο διάγραμμα 2.5.2.22. Τα απόβλητα αυτά προέρχονται από δραστηριότητες που συμβαίνουν είτε στη ξηρά είτε στη θάλασσα (π.χ αλιεία, άντληση πετρελαίου, ναυσιπλοΐα

κλπ). Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης των υδατικών συστημάτων δίνονται στον πίνακα 2.5.21 [94].



**Διάγραμμα 2.5.22 : Οι διαδρομές των αποβλήτων μέχρι να καταλήξουν στα υδατικά συστήματα**

*Συμπληρωματικές παρατηρήσεις για της μεθοδολογία καταγραφής κύκλου ζωής*

Πέρα από όλα τα προηγούμενα, σχετικά με τις γενικές αρχές της μεθοδολογίας καταγραφής κύκλου ζωής, ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ακόλουθα σημεία τα οποία αποτελούν την εμπειρία των ερευνητών από την, έως τώρα, εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτής στην πράξη :

- **Απόκτηση Πρώτων Υλών και Ενέργειας :** Σε ότι αφορά στις ανανεώσιμες πηγές πρώτων υλών και ενέργειας, σχεδόν όλες οι μελέτες ξεκινούν την ανάλυση μετά την απόκτηση τους χωρίς να την συμπεριλαμβάνουν σε αυτήν παρά το ότι κάτι τέτοιο επηρεάζει τα αποτελέσματα κυρίως των συγκριτικών μελετών ΑΚΖ. Αντιθέτως, το στάδιο της απόκτησης των μη ανανεώσιμων πρώτων υλών (π.χ. πετρέλαιο) περιλαμβάνεται στην ανάλυση. Οι επιπτώσεις όμως από την δραστηριότητα της άντλησης άλλοτε συνυπολογίζονται (π.χ. άντληση πετρελαίου) και άλλοτε όχι (π.χ. εξόρυξη βωξίτη).

Πίνακας 2.5.2.1 : Πηγές ρύπανσης υδατικών συστημάτων

Χαρακτηριστικό	Κυριότερη Πηγή
<u>Φυσικές Ιδιότητες</u>	
- Χρώμα	Αστικά και βιομηχανικά απόβλητα
- Οσμές	Αστικά λύματα σε αποσύνθεση και βιομηχανικά απόβλητα
- Στερεά σωματίδια	Αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, δίκτυο ύδρευσης, διάβρωση εδάφους
- Θερμοκρασία	Αστικά και βιομηχανικά απόβλητα
<u>Χημικές Προσμίξεις και Ιδιότητες</u>	
<i>ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ</i>	
- Λίπη, έλαια, καύσιμα, πρωτεΐνες, πτητικές ενώσεις κλπ	Αστικά, εμπορικά και βιομηχανικά απόβλητα
- Φαινόλες	Βιομηχανικά απόβλητα
- Μεθάνιο	Αποσύνθεση αστικών λυμάτων
<i>ΑΝΟΡΓΑΝΕΣ</i>	
- Αλκαλικότητα	Αστικά απόβλητα, δίκτυο ύδρευσης
- Χλωριούχα	Δίκτυο ύδρευσης
- Βαρέα μέταλλα	Βιομηχανικά απόβλητα
- Νιτρικά	Αστικά και αγροτικά απόβλητα
- Φωσφορικά	Αστικά και βιομηχανικά απόβλητα
- Θειικά	Αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, δίκτυο ύδρευσης
<u>Βιολογικές Ουσίες</u>	
- Φυτικοί και ζωικοί μικροοργανισμοί	Μονάδες επεξεργασίας λυμάτων
- Βακτήρια	Αστικά απόβλητα και μονάδες επεξεργασίας λυμάτων
- Ιοί	Αστικά απόβλητα

Πηγή {94}



- Μεταφορά των Πρώτων Υλών : Συνήθως δεν αποσαφηνίζεται εάν αυτή η δραστηριότητα περιλαμβάνεται στις μελέτες ΑΚΖ.
- Παραγωγή Ενδιάμεσων Προϊόντων : Λαμβάνεται υπόψη σχεδόν πάντα.
- Μεταφορά των Ενδιάμεσων Προϊόντων : Σε ορισμένες μόνο μελέτες συμπεριλαμβάνεται στην ανάλυση.
- Παραγωγή Τελικών Προϊόντων : Η δραστηριότητα αυτή αποτελεί το κεντρικό σημείο των μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής και ως εκ τούτου λαμβάνεται πάντα υπόψη στην ανάλυση.
- Μεταφορά των Τελικών Προϊόντων : Συμπεριλαμβάνεται στην ανάλυση κυρίως σε ότι αφορά στα υλικά συσκευασίας όπου συνήθως μελετώνται εναλλακτικές συσκευασίες με διαφορετικά ειδικά βάρη (για παράδειγμα φιάλες γυάλινες και φιάλες πλαστικές) γεγονός το οποίο επηρεάζει τα αποτελέσματα.
- Εμπορία : Σχεδόν ποτέ δεν συμπεριλαμβάνεται στις μελέτες ΑΚΖ.
- Μεταφορά Προϊόντων στον Καταναλωτή : Σχεδόν καμιά ανάλυση δεν εξετάζει αυτή την δραστηριότητα κυρίως επειδή δεν υπάρχουν επαρκή και αξιόπιστα στοιχεία.
- Κατανάλωση και Χρήση Προϊόντων : Αυτό το στάδιο συνήθως δεν αναλύεται.
- Μεταφορά των Απορριμμάτων προς Τελική Διάθεση : Μερικές μελέτες ({43}, {44}) αναλύουν την δραστηριότητα αυτή.
- Διαχείριση Απορριμμάτων : Οι περισσότερες μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής συμπεριλαμβάνουν στην ανάλυση τους το τελικό αυτό στάδιο της ζωής των προϊόντων {40}.

## **2.6. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ**

Η *συγκέντρωση ή συνάθροιση* αποτελεί αναγκαιότητα για τις μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής. Αντικείμενο της είναι η σύμπτυξη των πολύπλοκων και πολυδιάστατων αποτελεσμάτων που προκύπτουν κατά το στάδιο της καταγραφής και τα οποία περιγράφουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από όλο το κύκλο ζωής του προϊόντος ή της δραστηριότητας, προκειμένου έτσι να καταστεί δυνατή η εκτίμηση των επιπτώσεων αυτών [92]. Αυτό σημαίνει ότι αποτελέσματα τα οποία εκφράζονται ακόμα και με διαφορετικές μονάδες μέτρησης συγκεντρώνονται και συναθροίζονται μεταξύ τους. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι, κανόνες κλπ οι οποίοι μετατρέπουν την μια μονάδα μέτρησης σε μια άλλη ή και τις δύο σε μια κοινή τρίτη. Αυτοί οι αλγόριθμοι συνήθως βασίζονται σε συντελεστές βαρύτητας οι οποίοι συχνά προκύπτουν από εκτιμήσεις διαφόρων παραγόντων. Ως εκ τούτου, μια τέτοια συγκέντρωση εμπεριέχει σχεδόν πάντα και το στοιχείο της εκτίμησης [40].

Η ιδανική κατάληξη της συγκέντρωσης των αποτελεσμάτων είναι εκείνη η οποία οδηγεί σε μία και μόνο αριθμητική παράμετρο : την “οικολογική παράμετρο” (eco-number ή eco-point). Στόχος της παραμέτρου αυτής είναι να εκφράζει το άθροισμα όλων των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Πρόκειται, δηλαδή, για ένα είδος συντελεστή τιμής / οικολογικού κόστους [16] [133].

Βέβαια, οι μελέτες ΑΚΖ δεν είναι οι μόνες στις οποίες γίνεται συγκέντρωση των αποτελεσμάτων. Δεδομένου, όμως, του πολύ μεγάλου αριθμού δεικτών και λοιπών παραμέτρων που προκύπτουν από το στάδιο της καταγραφής, η προσπάθεια περιορισμού τους έχει μεγάλη σημασία. Η συγκέντρωση αυτή, αποτελώντας το συνδετικό κρίκο μεταξύ των στοιχείων της καταγραφής κύκλου ζωής και της ανάλυσης επιπτώσεων κύκλου ζωής, άλλοτε συμπεριλαμβάνεται στο πρώτο (της καταγραφής) και άλλοτε στο δεύτερο (της ανάλυσης επιπτώσεων). Μάλιστα, στη δεύτερη περίπτωση αποτελεί τμήμα της διαδικασίας της ταξινόμησης [71]. Πάντως, σε ότι αφορά άλλες μελέτες περιβαλλοντικής εκτίμησης τα πράγματα είναι απλούστερα. Έτσι, στην περίπτωση των οικολογικών σημάτων δεν υφίσταται το πρόβλημα διότι είναι, ως επί το πλείστον, όργανα ενός μόνο δείκτη (όπως συμβαίνει, για παράδειγμα, στην γερμανική παραλλαγή της μεθόδου αυτής) ενώ στην περίπτωση των οικολογικών εξετάσεων ή δοκιμασιών οι λίγοι, ούτως ή άλλως, δείκτες που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση παραμένουν συνήθως ως το τέλος. Οι μελέτες εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, εκτίμησης της τεχνολογίας και ανάλυσης γραμμής προϊόντος συνήθως περατώνονται

στην λεγόμενη *χαμηλού επιπέδου άθροιση* η οποία θα αναλυθεί στην συνέχεια, ενώ οι μελέτες του τύπου οικολογικής λογιστικής εφαρμόζουν συγκέντρωση των αποτελεσμάτων βάσει συντελεστών βαρύτητας οι οποίοι αντανakλούν την στενότητα του κάθε στοιχείου {40}.

Το σημαντικότερο μειονέκτημα της συγκέντρωσης ή σύμπτυξης των αποτελεσμάτων σε λίγες ή και μία μόνο παράμετρο είναι ότι υπάρχει κίνδυνος ελάττωσης της ακρίβειας του αποτελέσματος καθώς είναι πολύ πιθανή απώλεια πληροφοριών δεδομένου ότι είναι σχεδόν αδύνατον να συμπεριληφθούν σε ένα και μόνο αριθμό όλες οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν κατά το στάδιο της καταγραφής. Το μειονέκτημα αυτό αντισταθμίζεται από το γεγονός ότι η ύπαρξη μιας τέτοιας οικολογικής παραμέτρου θα συντελέσει στο να γίνουν τα αποτελέσματα των μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής πιο σαφή, προσιτά και κυρίως εύκολα στη διαχείριση {4}, [133].

Όπως ήδη αναφέρθηκε η συγκέντρωση εμπεριέχει και το στοιχείο της εκτίμησης (valuation). Με άλλα λόγια, είναι εξαιρετικά δύσκολο να συγκεντρωθούν τα αποτελέσματα σε λίγες παραμέτρους χωρίς προηγουμένως να έχει προηγηθεί εκτίμηση της βαρύτητας τους. Για τον λόγο αυτόν, στη διαδικασία της συγκέντρωσης - εκτίμησης ακολουθούνται συνήθως οι εξής ενέργειες {40} :

- *Εκτίμηση πρώτου βαθμού.* Πριν από οποιαδήποτε διαδικασία συγκέντρωσης αποτελεσμάτων είναι αναγκαίο να αποσαφηνίζονται ορισμένα ζητήματα σχετικά με τον σκοπό της υπό εκπόνηση μελέτης ΑΚΖ καθώς και με τον καθορισμό του υπό ανάλυση συστήματος (εφόσον αυτά δεν έχουν συμπεριληφθεί στο στάδιο καθορισμού των στόχων και των περιορισμών της μελέτης). Τέτοια ζητήματα συνήθως είναι τα εξής :
  - Ο προσδιορισμός του αντικειμένου της έρευνας. Συνήθως καθορίζεται από τις πιέσεις που ασκεί η κοινή γνώμη (π.χ. η προτίμηση των ερευνητών για τα υλικά συσκευασίας σχετίζεται με την αυξημένη ανησυχία της κοινής γνώμης για το θέμα αυτό).
  - Ο καθορισμός του σκοπού της μελέτης και ο ορισμός του συστήματος. Συχνά εμφανίζεται το φαινόμενο να οριοθετείται η ανάλυση λόγω εξωτερικών περιορισμών. Έτσι, πολλές φορές αφήνονται εκτός ανάλυσης κάποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όχι γιατί είναι λιγότερο σημαντικές, αλλά γιατί απλά δεν μπορούν να περιγραφούν επαρκώς. Για παράδειγμα, οι ευρύτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον ορισμένων ανανεώσιμων πηγών παραγωγής ενέργειας όπως τα υδροηλεκτρικά φράγματα.
  - Η διάσταση του χρόνου. Οι περισσότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που εξετάζονται είναι βραχυπρόθεσμες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η γνώση μας σχετικά με τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις (τοξικότητα, μεταφορά βλαβερών ουσιών, χημικές διεργασίες στους

χώρους ταφής των στερεών αστικών απορριμμάτων κλπ) είναι περιορισμένη. Ίσως, όμως, σημαντικότερη αιτία για το γεγονός αυτό να είναι ότι ο χρονικός ορίζοντας επηρεάζεται δραματικά από την οικονομική διάσταση των δραστηριοτήτων η οποία συνήθως ευνοεί την βραχυπρόθεσμη προοπτική. Στην ίδια αιτία, μάλιστα, μπορεί να οφείλεται και η ευκολία με την οποία οι πιθανοί κίνδυνοι εξαιρούνται από τις μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής [40].

- *Χαμηλού επιπέδου συγκέντρωση αποτελεσμάτων.* Σε αυτό το επίπεδο συγκεντρώνονται όλα τα μεγέθη τα οποία εκφράζονται με τις ίδιες μονάδες μέτρησης. Για παράδειγμα όλες οι μορφές ενέργειας (πυρηνική, θερμική, αιολική κλπ) συναθροίζονται σε μια συνολική σε kWh ή MJ [16]. Η συγκέντρωση αυτού του τύπου φαίνεται να είναι εύκολη και να μην χρειάζεται την βοήθεια εκτιμήσεων για την πραγματοποίησή της. Όμως στην πραγματικότητα αυτό δεν συμβαίνει πάντα. Και τούτο διότι πολλά περιβαλλοντικά μεγέθη, ακόμα και εάν εκφράζονται με τις ίδιες μονάδες μέτρησης, εμπεριέχουν πληροφορίες οι οποίες δύσκολα μετρούνται και ακόμα πιο δύσκολα αθροίζονται. Αυτό θα φανεί καλύτερα στην συνέχεια όπου αναφέρονται οι δύο κυριότερες μορφές χαμηλού επιπέδου συγκέντρωσης των αποτελεσμάτων :
  - Συγκέντρωση κάθε δείκτη στη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος. Έτσι, για παράδειγμα, συναθροίζεται κάθε καταναλισκόμενη σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος kWh πυρηνικής ενέργειας. Επειδή όμως πριν την συνάθροιση της δεν έχει αποτιμηθεί ανάλογα από την πηγή προέλευσης της, εμφανίζεται το φαινόμενο μία κιλοβατώρα πυρηνικής ενέργειας προερχόμενη από χώρα ή μονάδα παραγωγής με χαμηλούς κανόνες ασφαλείας να λογαριάζεται το ίδιο με μία κιλοβατώρα η οποία προέρχεται από μονάδα παραγωγής που πληρεί υψηλούς κανόνες ασφαλείας.
  - Συγκέντρωση διαφόρων δεικτών μεταξύ τους με αποτέλεσμα αντίστοιχα μέτρα κρίσεως. Για παράδειγμα, όλες οι μορφές ενέργειας συναθροίζονται για να δώσουν την συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια. Αυτό όμως σημαίνει ότι κάθε kWh ενέργειας αποτιμάται το ίδιο για το περιβάλλον ανεξάρτητα από που προέρχεται (θερμική, πυρηνική, αιολική, ηλιακή κλπ) [16], [40].
- *Υψηλού επιπέδου συγκέντρωση αποτελεσμάτων.* Σε αυτό το επίπεδο συγκεντρώνονται τα μεγέθη τα οποία εκφράζονται με διαφορετικές μονάδες μέτρησης αφού προηγουμένως, βέβαια, υποστούν την απαραίτητη επεξεργασία. Συγκεκριμένα οι μονάδες μέτρησης μετασχηματίζονται κατάλληλα με την βοήθεια ειδικών συντελεστών μετατροπής οι οποίοι σχετίζονται με τις εκτιμώμενες επιπτώσεις. Έτσι, καταλήγουμε σε μία "οικολογική εικόνα" η οποία αποτελείται από λίγες παραμέτρους. Στη συνέχεια υπάρχει, θεωρητικά τουλάχιστον, η δυνατότητα για παραπέρα συγκέντρωση η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μία μόνο παράμετρο τη λεγόμενη "οικολογική παράμετρο" [40]. Το μεγάλο πρόβλημα σε αυτού του επιπέδου τη συγκέντρωση είναι ο

ορθός και αντικειμενικός καθορισμός των συντελεστών μετατροπής. Στην οικονομία παρόμοιες εκτιμήσεις προκύπτουν αυτόματα από τους νόμους της αγοράς. Στο περιβάλλον, αντίθετα, κάτι τέτοιο είναι πιο δύσκολο. Αυτού του είδους οι εκτιμήσεις παραμένουν ως ένα σημείο υποκειμενικές διότι δεν έχουν αναπτυχθεί ακόμα πλήρως οι μηχανισμοί ή οι θεσμοί εκείνοι που θα μπορούν να συνυπολογίζουν αντικειμενικά διαφορετικές καταστάσεις (στενότητα πρώτων υλών, δυναμικότητα αφομοίωσης, μέγεθος περιβαλλοντικής υποβάθμισης κλπ) οι οποίες συνυπάρχουν σε διάφορους βαθμούς κάθε φορά. Από την στιγμή, ωστόσο, που αυτοί οι συντελεστές μετατροπής θα μπορούν να καθορισθούν αντικειμενικά, τότε οι οικολογικές παράμετροι αυτές θα περιγράψουν με ακρίβεια και σαφήνεια τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις [16].

Συνέπεια των παραπάνω είναι να παρατηρείται μια ολοένα και πιο έντονη προσπάθεια για τον καθορισμό τέτοιων συντελεστών. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και οι "συντελεστές ισοδυναμίας" όπου για την περίπτωση των πρώτων υλών η σχετική διαδικασία, η οποία λαμβάνει υπόψη της την σπανιότητα και τον ρυθμό εξάντλησης του κάθε είδους, βρίσκεται σε εξέλιξη. Για την περίπτωση των αέριων εκπομπών οι συντελεστές αυτοί περιέχουν πληροφορίες σχετικά με τα όρια έκθεσης και την ευαισθησία σε αυτές. Τα πρώτα δείγματα τέτοιων συντελεστών είναι ο GWP (Global Warming Potential) ο οποίος αφορά στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μας και ο ODP (Ozone Depletion Potential) ο οποίος αφορά στην εξάντληση του όζοντος της στρατόσφαιρας. Παράλληλα, τέτοιοι συντελεστές αναπτύσσονται και για αρκετές άλλες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων [18].

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα το οποίο συνδέεται με την διαδικασία της συγκέντρωσης των αποτελεσμάτων είναι η αμφισβήτηση τόσο των τεχνικών συγκέντρωσης όσο και των κανόνων εκτίμησης των κρίσιμων παραμέτρων. Το γεγονός αυτό σχετίζεται με το ότι τα αποτελέσματα ορισμένων μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής χρησιμοποιούνται για να επιβεβαιώσουν τα όσα υποστηρίζονται από τους μελετητές των ίδιων των μελετών. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει πράγματι ζήτημα δεδομένου ότι οι σωστές μελέτες ΑΚΖ σπάνια δίνουν αποτελέσματα τα οποία τάσσονται ανεπιφύλακτα υπέρ του ενός ή του άλλου προϊόντος. Έτσι, αρκετές μελέτες ΑΚΖ που χρησιμοποιούνται για διαφημιστικούς σκοπούς ή είναι τόσο πρόχειρες ώστε να είναι δυνατό να παρουσιάσει κάποιος εύκολα ανάλογες με τα αντίθετα συμπεράσματα, ή απλώς δεν παρουσιάζουν ολοκληρη την αλήθεια. Το αξιοσημείωτο γεγονός, ωστόσο, στις περιπτώσεις αυτές είναι το ότι η αμφισβήτηση αφορά στον τρόπο εκτίμησης των επιπτώσεων και όχι στις επιπτώσεις αυτές καθ' εαυτές όπως επίσης και στον προσδιορισμό του σκοπού της μελέτης και όχι στον καθορισμό του συγκεκριμένου συστήματος.

Η κοινή γνώμη φαίνεται να προτιμά τις μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής οι οποίες καταλήγουν σε μια μόνο παράμετρο. Επίσης, πολλές φορές απορρίπτει τμήματα ή και ολόκληρες μελέτες ΑΚΖ με τα

αποτελέσματα των οποίων δεν συμφωνεί. Όλα αυτά μπορεί να οφείλονται σε δύο λόγους :

- (1) Η κοινή γνώμη δεν μπορεί να κατανοήσει ακόμα ούτε τα αποτελέσματα που συνίστανται από πολλές παραμέτρους αλλά ούτε και τους αλγόριθμους συγκέντρωσης.
- (2) Οι εκτιμήσεις της κοινής γνώμης δεν συμφωνούν με αυτές των διαφόρων αλγορίθμων συγκέντρωσης με συνέπεια να παρατηρείται μια διαφοροποίηση από αυτούς [40].

Στην συνέχεια θα παρουσιασθούν ορισμένες τεχνικές συγκέντρωσης γενικότερης μορφής αλλά και πιο εξειδικευμένες οι οποίες καταλήγουν σε οικολογικές εικόνες ή ακόμα και σε οικολογικές παραμέτρους. Προηγουμένως, όμως, πρέπει να σημειωθούν τα εξής : είναι σχεδόν αδύνατο να βρεθεί μέθοδος εκτίμησης (τουλάχιστον σε ότι αφορά στην υψηλού επιπέδου συγκέντρωση των αποτελεσμάτων) στην οποία να μην υπεισέρχεται το υποκειμενικό στοιχείο στον προσδιορισμό των συντελεστών βαρύτητας και μετατροπής. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι να φαίνεται αρκετά δύσκολη και ίσως απομακρυσμένη χρονικά μία συμφωνία επί του θέματος. Για το λόγο αυτόν προτείνεται από αρκετούς μελετητές, προτού καταλήξουμε υπέρ της μιας ή της άλλης μεθόδου εκτίμησης – συγκέντρωσης, να υπάρξει μια περίοδος δοκιμών και ελέγχου των μεθόδων αυτών, ώστε να φανούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους σε συγκεκριμένες περιπτώσεις [40].

## 1. Μέθοδος του Ελβετικού Εργαστηρίου Δοκιμών των Υλικών και Έρευνας (EMPA)

Η τεχνική που ακολουθεί αναπτύχθηκε και χρησιμοποιείται από το EMPA, δηλαδή, το κρατικό Ελβετικό Εργαστήριο Δοκιμών των Υλικών και Έρευνας (Eidgenoessische Materialpruefungs- und Forschungsanstalt) [4] :

Αφού καθοριστούν τα όρια του συστήματος, ξεκινά η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων. Για να επιτευχθεί αυτό πιο εύκολα, διαιρείται η όλη διεργασία σε τμήματα. Για κάθε ένα από τα τμήματα αυτά, πρέπει να διερευνηθεί η ύπαρξη παραμέτρων όπως οι παρακάτω :

**Πρώτες ύλες :** π.χ. άνθρακας, ξύλο, πετρέλαιο, νερό . . .

**Ενέργεια :** π.χ. γαιάνθρακας, λιγνίτης, μαζούτ, βενζίνη, ντήζελ, φυσικό αέριο, ατμός, ηλεκτρική ενέργεια . . .

### ***Προϊόντα και παραπροϊόντα : ...***

***Ρυπαντές αέρα :*** π.χ. οξείδια του θείου, οξείδια του αζώτου, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, χλώριο, φθόριο, υδροχλωρικό και υδροφθορικό οξύ, αμμωνία, αλδεύδες, σωματίδια, μόλυβδος, κάδμιο, ψευδάργυρος ...

***Ρυπαντές υδάτων :*** π.χ. αμμωνία, λίπη, έλαια, αμίνες, αλουμίνιο και άλλα μέταλλα, οξέα, αδιάλυτα σωματίδια, COD, BOD ...

### ***Στερεά απορρίμματα : ...***

Οι ρυπαντές αέρα και υδάτων συχνά καταγράφονται μόνο στην διεργασία της παραγωγής. Επίσης, ιδιαίτερη προσοχή χρειάζονται οι μονάδες μέτρησης των παραπάνω παραμέτρων. Έτσι, πρώτες ύλες, προϊόντα, στερεά απορρίμματα και καύσιμα εκφράζονται σε βάρος ή όγκο. Η ηλεκτρική ενέργεια σε kWh ή MJ και οι ρυπαντές σε ποσοστό κατά βάρος. Πολύ σημαντικό είναι τέλος να αναφέρεται η ποσότητα αναφοράς, για παράδειγμα, ανά kg ή ton προϊόντος.

Τα στοιχεία τα οποία συλλέγονται από κάθε στάδιο της ζωής του προϊόντος και κάθε διαφορετική δραστηριότητα πρέπει να εισαχθούν στο συνολικό σύστημα. Για να γίνει αυτό πρέπει να πολλαπλασιαστούν με τον αντίστοιχο συντελεστή ο οποίος δηλώνει το ποσοστό συμμετοχής της κάθε δραστηριότητας στο σύστημα. Στη συνέχεια, προσθέτονται τα αντίστοιχα στοιχεία από τις διάφορες δραστηριότητες και τα αποτελέσματα ομαδοποιούνται σε παραμέτρους πρώτων υλών, ενέργειας, ατμοσφαιρικών εκπομπών, υδάτινων ρυπαντών και στερεών απορριμμάτων βάσει των υπολογιστικών μοντέλων. Συγκεκριμένα, για κάθε μία από τις παραμέτρους αυτές το EMPA δέχεται τα εξής :

#### ***α. Ενέργεια***

Η ενέργεια υπάρχει στη φύση σε διάφορες μορφές στις οποίες μετασχηματίζεται συνοδευόμενη πάντα από μεγάλες απώλειες. Σε μια μελέτη AKZ όλες οι μορφές ενέργειας που απαντώνται, ομαδοποιούνται, με μονάδα μέτρησης συνήθως το Megajoule (MJ). Οι φορείς ενέργειας υπολογίζονται ως θερμική ενέργεια ανεξάρτητα εάν στην πράξη χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες ή καύσιμα. Η μετατροπή από μονάδες βάρους ή όγκου σε μονάδες ενέργειας γίνεται μέσω της περιεχόμενης ενέργειας των αντίστοιχων συστατικών ουσιών. Εκτός από την θερμογόνο δύναμη, το ενεργειακό ισοζύγιο προβλέπει και ένα ποσό για την παραγωγή των ίδιων των φορέων ενέργειας. Ωστόσο, είναι ακριβέστερο να διαχωρίζονται αυτές οι δραστηριότητες καθώς μάλιστα συνεισφέρουν διαφορετικά στην ρύπανση. Έτσι,

$$E_{\theta} = \sum_{i=1}^N m_i (E_{\epsilon i} + E_{\sigma i})$$

όπου :

$E_{\theta}$  = θερμική ενέργεια

$m_i$  = μάζα ουσίας  $i$

$E_{\epsilon i}$  = ειδική ενέργεια ουσίας  $i$

$E_{\sigma i}$  = συνεισφορά για την παραγωγή και την μεταφορά της ουσίας  $i$

Η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμική για τις ανάγκες της μελέτης εξαρτάται από τον τρόπο παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας (σε υδροηλεκτρικό σταθμό, πυρηνικό, θερμικό κλπ). Επειδή σε κάθε χώρα το ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε είδος σταθμού είναι διαφορετικό, χρειάζεται κάθε φορά διαφορετική αντιμετώπιση.

$$E_{\theta} = 3.6 \sum_{i=1}^N E_{n(i)} / \eta_i$$

όπου :

$E_{\theta}$  = ηλεκτρική ενέργεια μετατρεπόμενη σε θερμική

$E_{n(i)}$  = ηλεκτρική ενέργεια παραγόμενη με την μέθοδο  $i$

$\eta_i$  = βαθμός απόδοσης παραγωγικής μεθόδου  $i$

### ***β. Ρυπαντές του αέρα και των υδάτων***

Αέριοι και υδάτινοι ρύποι παράγονται τόσο κατά την παραγωγική διαδικασία, όσο και κατά την καύση των φορέων θερμικής ενέργειας και την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας στους θερμικούς σταθμούς. Προκειμένου να μπορούμε να συγκρίνουμε διαφορετικούς αέριους και υδάτινους ρύπους, πρέπει να υπολογίσουμε τον αντίστοιχο *κρίσιμο όγκο* αέρα ή νερού. Το μέγεθος αυτό εκφράζει τον απαραίτητο, για την διάλυση του υπό μελέτη ρύπου, όγκο μέχρι την τιμή οριακής έκθεσης (ΤΟΕ). Προσθέτοντας τους κρίσιμους όγκους, καταλήγουμε σε μια παράμετρο η οποία εκφράζει την ρύπανση του αέρα και των υδάτων.

$$V_k = \sum_{i=1}^N p_i / L_i$$

όπου :

$V_k$  = κρίσιμος όγκος

$p_i$  = ποσότητα ρύπου  $i$

$L_i$  = ΤΟΕ ρύπου  $i$



Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει μία παρένθεση για να εξηγήσουμε ότι ΤΟΕ είναι η συντομογραφία της *οριακής τιμής έκθεσης*. Το μέγεθος αυτό εκφράζει την μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση στον αέρα μιας ουσίας (ρυπαντή κλπ), ώστε να μην προκαλούνται βλαβερές συνέπειες σε ανθρώπους ακόμα κι αν είναι εκτεθειμένοι στην ουσία αυτή 8 ώρες την ημέρα ή 40 ώρες την εβδομάδα [11]. Το ΤΟΕ (ή TLV – Threshold Limit Value) εκδίδεται στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής από το American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Τα κυριότερα είδη οριακών τιμών έκθεσης που χρησιμοποιούνται σήμερα διεθνώς είναι οι “μέσες οριακές χρονικά σταθμισμένες τιμές έκθεσης για 8ωρη εργασία” (TWA), το “όριο βραχείας έκθεσης” (STEL) και το “όριο οροφής η υπέρβαση του οποίου δεν επιτρέπεται ούτε στιγμιαία” (C). Το αντίστοιχο ελληνικό όριο είναι το ΟΤΧΠ (οριακές τιμές χημικών παραγόντων) [26].

Δεδομένου ότι τοξικολογικά, οικολογικά, ιατρικά και πολιτικά κριτήρια λαμβάνονται υπόψη στον καθορισμό των ΤΟΕ, συνάγεται ότι η αξιολόγηση των εκπεμπόμενων ρύπων δεν είναι μοναδική. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι κρίσιμοι όγκοι να αλλάζουν κάθε φορά που αλλάζουν τα ΤΟΕ [4].

### **γ. Στερεά απορρίμματα**

Στερεά απορρίμματα παράγονται καθ' όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος και αν δεν επαναχρησιμοποιηθούν ή ανακυκλωθούν τότε συνήθως θάβονται ή αποτεφρώνονται. Στην περίπτωση της ταφής, ο απαραίτητος όγκος υπολογίζεται από την μάζα, την ειδική πυκνότητα και ένα συντελεστή σχετικό με τα πορώδη χαρακτηριστικά του υπό μελέτη απορρίμματος. Στην περίπτωση της καύσης των απορριμμάτων, παράγεται θερμική ενέργεια η οποία πρέπει βέβαια να ληφθεί υπόψη στο ενεργειακό ισοζύγιο. Έτσι, αν η μονάδα αποτεφρώσεως επιτρέπει την χρήση της θερμικής αυτής ενέργειας, τότε η ενέργεια αυτή δεν πρέπει να υπολογίζεται. Επίσης, σε μία σύγχρονη μονάδα αποτεφρώσεως απορριμμάτων, οι εκπομπές ρυπαντών είναι περιορισμένες, ωστόσο πρέπει να περιλαμβάνονται στην προηγούμενη ανάλυση. Τα κατάλοιπα της αποτεφρώσεως συνήθως θάβονται. Φυσικά, όλα τα παραπάνω νοούνται για μη επικίνδυνα στερεά απόβλητα. Σε αντίθετη περίπτωση (για παράδειγμα πυρηνικά ή ραδιοενεργά απόβλητα) πρέπει να γίνεται ειδική μελέτη του προβλήματος.

$$E_{\theta} = \sum_{i=1}^N m_i E_i [ z_i + x_i (1-W) ]$$

όπου :

- $E_{\theta}$  = θερμική ενέργεια (απωλεσθείσα θερμότητα)
- $m_i$  = μάζα απορρίμματος  $i$
- $E_i$  = περιεχόμενη ενέργεια απορρίμματος  $i$

- $x_i$  = ποσοστό του απορρίμματος  $i$  το οποίο αποτεφρώνεται με ενεργειακή ανάκτηση  
 $z_i$  = ποσοστό απορρίμματος  $i$  το οποίο αποτεφρώνεται χωρίς ενεργειακή ανάκτηση  
 $W$  = βαθμός απόδοσης της μονάδας αποτέφρωσης απορριμμάτων

$$V_A = \sum_{i=1}^N m_i F_i / \rho_i$$

όπου :

- $V_A$  = όγκος στερεών απορριμμάτων  
 $m_i$  = μάζα απορρίμματος  $i$   
 $\rho_i$  = πυκνότητα απορρίμματος  $i$   
 $F_i$  = συντελεστής διόρθωσης απορρίμματος  $i$

### δ. Προϊόντα

Συχνή είναι η περίπτωση να παράγονται περισσότερα του ενός προϊόντα κατά την διάρκεια μιας διεργασίας. Όταν συμβαίνει αυτό, η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές ρυπαντών πρέπει να κατανέμονται αντίστοιχα στο κύριο προϊόν και τα παραπροϊόντα, εφόσον βέβαια τα τελευταία είναι συγκρίσιμης ποιότητας με το κύριο. Εάν υπάρχουν στερεά απορρίμματα τα οποία επαναχρησιμοποιούνται, τότε το γεγονός αυτό συνεκτιμάται μόνο για το κύριο προϊόν χωρίς να συμβαίνει όμως το ίδιο στην περίπτωση διάθεσης τους. Η κατανομή των διαφόρων ποσοτήτων ενέργειας, ρύπων κλπ στα τελικά προϊόντα γίνεται με βάση την περιεχόμενη μάζα ή ενέργεια. Αν ένα προϊόν δεν περιέχει ειδική ενέργεια, δηλαδή είναι άκαυστο, τότε για να πάρει μέρος στους υπολογισμούς θεωρείται ότι περιέχει 1 MJ/kg (μικρό σχετικά μέγεθος).

$$L_x = ( m_x E_x / \sum_{i=1}^N m_i E_i ) \sum_{i=1}^N L_i$$

ή

$$L_x = ( m_x / \sum_{i=1}^N m_i ) \sum_{i=1}^N L_i$$

όπου :

- $L_x$  = ποσοστό κατανομής ενέργειας, ρύπων κλπ στο προϊόν  $x$   
 $m_x$  = μάζα προϊόντος  $x$   
 $E_x$  = ειδική ενέργεια προϊόντος  $x$

και

$$\sum_{i=1}^N L_i = \text{συνολικά κατανεμόμενη ποσότητα}$$

$$\sum_{i=1}^N m_i E_i = \text{συνολική ενέργεια}$$

### ***ε. Επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση***

Σε μια μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής υπάρχουν τρόποι να λαμβάνεται υπόψη τόσο η ανακύκλωση (recycling), δηλαδή η επεξεργασία του απορρίμματος και η μετατροπή του σε πρώτη ύλη συγκρίσιμης ποιότητας με το παρθένο υλικό, όσο και η επαναχρησιμοποίηση (reuse), δηλαδή η επεξεργασία του απορρίμματος και η χρήση του εκ νέου. Ο πιο ακριβής από αυτούς τους τρόπους είναι η συλλογή των σχετικών στοιχείων που αναφέρθηκαν στην αρχή, όπως άλλωστε γίνεται και σε κάθε άλλο στάδιο της ζωής του προϊόντος. Πάντως, η ανακύκλωση συνοδεύεται συνήθως από κατώτερη ποιότητα του προϊόντος όπως, για παράδειγμα, από μειωμένη φυσική σταθερότητα.

Το προϊόν του οποίου τα απορρίμματα επαναχρησιμοποιούνται ή ανακυκλώνονται δεν επιβαρύνεται με την δραστηριότητα διάθεσης των απορριμμάτων αυτών. Αντιθέτως, τα προϊόντα εκείνα τα οποία προέρχονται από επαναχρησιμοποιούμενα απορρίμματα είναι αυτά τα οποία επιβαρύνονται με τις δραστηριότητες συλλογής, διαλογής και ανάκτησης τους. Τέλος, τα υλικά τα οποία προέρχονται από ανακύκλωση, δεν πιστώνονται με περιεχόμενη ενέργεια.

### ***στ. Πολλαπλή χρήση***

Σε μια μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι πολλά αγαθά όπως, για παράδειγμα, οι γυάλινες φιάλες, χρησιμοποιούνται περισσότερες από μία φορές πριν μετατραπούν σε απόρριμμα και πάρουν το δρόμο τους για την τελική διάθεση. Ο αριθμός των κύκλων χρήσης εξαρτάται από την ποιότητα του υλικού και την συμπεριφορά των καταναλωτών. Μπορεί δε να εκτιμηθεί ως εξής :

$$U = N / A \quad \text{ή} \quad U = N / E$$

όπου :

- U = αριθμός κύκλων χρήσης
- N = αριθμός νέων μονάδων
- A = αριθμός χαμένων μονάδων
- E = αριθμός μονάδων που αντικαθιστούν τις χαμένες

Στην περίπτωση νέων κύκλων χρήσης, ο ρυθμός κυκλοφορίας είναι πιο πολύπλοκος γιατί εξαρτάται και από άλλους παράγοντες [4].

## 2. Μέθοδος των Οικολογικών Εικόνων

Η μέθοδος των *οικολογικών εικόνων* (eco-profiles), η οποία ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων πολλαπλών σημείων, απαιτεί συγκέντρωση υψηλού επιπέδου (high level aggregation) διότι μεγέθη τα οποία εκφράζονται με διάφορες μονάδες μέτρησης πρέπει να προστεθούν μεταξύ τους. Μία από τις πιο διαδεδομένες μεθοδολογίες με την οποία επιτυγχάνεται κάτι τέτοιο, είναι αυτή της “κρίσιμης μάζας” ή των “κρίσιμων ροών” η οποία αναπτύχθηκε από τους ελβετικούς κρατικούς φορείς BUS (Bundesamt fuer Umweltschutz) το 1984 και BUWAL (Bundesamt fuer Umwelt, Wald und Landschaft) το 1991 [43], [44].

Σύμφωνα με αυτή την μεθοδολογία, τα ευρήματα της καταγραφής κύκλου ζωής αθροίζονται σε τέσσερα μόλις *αποτελέσματα* (scores) τα οποία συνιστούν την οικολογική εικόνα. Τα αποτελέσματα αυτά είναι οι εξής :

- ◆ κατανάλωση ενέργειας
- ◆ μόλυνση του αέρα
- ◆ μόλυνση των υδάτων
- ◆ παραγωγή στερεών απορριμμάτων

Ο αλγόριθμος βάσει του οποία γίνονται οι εκτιμήσεις και οι αθροίσεις ακολουθεί τις εξής αρχές :

- Ενέργεια : Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται χρησιμοποιώντας κατάλληλους συντελεστές μετατροπής της θερμικής και της ηλεκτρικής.
- Ατμοσφαιρικός Αέρας και Ύδατα : Γίνεται χρήση των τυποποιημένων οριακών τιμών προκειμένου να υπολογισθούν οι απαραίτητοι όγκοι αέρα και νερού για την διάλυση των καταγεγραμμένων ποσοτήτων αέριων και υδάτινων ρυπαντών σε ανεκτά επίπεδα βάσει των οριακών αυτών τιμών. Συγκεκριμένα, οι καταγεγραμμένες τιμές ρυπαντών διαιρούνται με τις αντίστοιχες επιτρεπόμενες οριακές δίνοντας τις “κρίσιμες μάζες ή όγκους” αέρα και νερού.
- Στερεά Απορρίμματα : Η μετατροπή γίνεται κατ’ ανάλογο τρόπο με αυτήν της ενέργειας. Υπολογίζονται υποθετικοί όγκοι συγκεκριμένων στερεών απορριμμάτων. Οι συντελεστές μετατροπής προκύπτουν από

τις απαραίτητες τεχνικές για την ασφαλή διάθεση με ταφή συγκεκριμένων τύπων απορριμμάτων χωρίς, δηλαδή, να κινδυνεύει το περιβάλλον. Οι τεχνικές αυτές περιγράφονται από τους εκάστοτε σχετικούς κανονισμούς ασφαλείας [43], [44].

Βέβαια υπάρχουν επιπτώσεις οι οποίες δεν καλύπτονται από την παραπάνω μέθοδο και αυτό γιατί συνήθως δεν καλύπτονται από αντίστοιχους κανονισμούς. Μερικές από τις πιο συνηθισμένες επιπτώσεις αυτού του είδους είναι :

- ο η χρήση γης
- ο η ακτινοβολία
- ο ο θόρυβος
- ο η θερμότητα

Για τον υπολογισμό των επιπτώσεων αυτών, οι οποίες σχετίζονται κυρίως με προβλήματα όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η τρύπα του όζοντος κλπ, έχει προταθεί να χρησιμοποιούνται συντελεστές βαρύτητας οι οποίοι θα έχουν ως στόχο να αποδώσουν την συνεισφορά κάθε μιας επίπτωσης στο αντίστοιχο περιβαλλοντικό πρόβλημα [40].

### **3. Μέθοδος των Οικολογικών Παραμέτρων**

Οι μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής οι οποίες αθροίζουν τα αποτελέσματα τους μέχρι να καταλήξουν σε μία και μόνο παράμετρο δεν είναι, γενικά, συνηθισμένες. Η πιο γνωστή από αυτές είναι εκείνη των *οικολογικών παραμέτρων* (eco-points) των Ahbe και συνεργατών του [46].

Το χαρακτηριστικό της μεθόδου αυτής, η οποία ανήκει στις μεθόδους απλού σημείου, είναι ότι (σε αντίθεση με άλλες σχετικές προσπάθειες) δεν βασίζεται σε ενδιάμεσα στάδια υπολογισμού οικολογικών εικόνων. Αντίθετα, με βάση μία υψηλού επιπέδου συγκέντρωση, καταλήγει άμεσα στο ζητούμενο αποτέλεσμα. Συγκεκριμένα, έχει αναπτυχθεί αλγόριθμος ο οποίος κάνει χρήση συντελεστών βαρύτητας οι οποίοι αντανakλούν τα συγκεκριμένα περιβαλλοντικά προβλήματα αντί γενικών οριακών επιτρεπόμενων τιμών και άλλων κανονισμών.

Αυτοί οι συντελεστές βαρύτητας ονομάζονται *οικολογικοί συντελεστές* (eco-factors) και χρησιμοποιούνται για τον πολλαπλασιασμό των σχετικών επιπτώσεων προκειμένου να προκύψουν οι αντίστοιχοι δείκτες, οι οικολογικοί παράμετροι. Με τον πολλαπλασιασμό αυτό, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις εκφράζονται ως

δείκτες δηλαδή απλοί αριθμοί χωρίς μονάδες μέτρησης οι οποίοι εύκολα αθροίζονται, συγκρίνονται κλπ.

Η σοβαρότερη αδυναμία της μεθόδου των “κρίσιμων μαζών” είναι το γεγονός ότι μία επίπτωση εκτιμάται ανεξάρτητα από τον βαθμό της περιβαλλοντικής υποβάθμισης που υφίσταται στο χώρο όπου εμφανίζεται η επίπτωση αυτή, ενώ εξαρτάται μόνο από τους εκάστοτε κανονισμούς. Αντίθετα, αυτός ο περιορισμός δεν υπάρχει στην περίπτωση των οικολογικών παραμέτρων δεδομένου ότι στη συγκεκριμένη μέθοδο ο οικολογικός συντελεστής EF ορίζεται ως εξής :

$$EF = 1/F_k \cdot F/F_k$$

όπου :

F = η πραγματική “ροή” του μελετούμενου μεγέθους στον τόπο ή στην χώρα που εξετάζεται

F<sub>k</sub> = η “κρίσιμη ροή”, δηλαδή η μέγιστη αποδεκτή ροή της επίπτωσης αυτής η οποία δεν προκαλεί ανεπανόρθωτη βλάβη στο περιβάλλον.

Τα F και F<sub>k</sub> εκφράζονται σε ton, kWh, m<sup>3</sup> κλπ ανά έτος συνήθως, ενώ ο παραπάνω τύπος  $EF = 1/F_k \cdot F/F_k$  μπορεί να εκφραστεί ακόμα και σε λογαριθμική, γραμμική και παραβολική μορφή.

Το κλάσμα F / F<sub>k</sub> είναι μια έκφραση της οικολογικής στενότητας. F > F<sub>k</sub> σημαίνει κατάχρηση η οποία με την σειρά της απαιτεί μείωση της χρήσης. Ο καθορισμός των F<sub>k</sub> θεωρητικά δεν εξαρτάται από τους εθνικούς κανόνες ή από άλλους ισχύοντες κανονισμούς αλλά είναι ζήτημα επιλογής το οποίο μπορεί να βασίζεται στην επιστημονική γνώση, την γνώμη των ειδικών, τις ακολουθούμενες πολιτικές κλπ [46].

Η παραπάνω μέθοδος έχει εφαρμοστεί στην Ελβετία με το όνομα “Oekobase 2” όπου μάλιστα τα F<sub>k</sub> ταυτίζονται με τους εθνικούς ελβετικούς κανονισμούς. Η εφαρμογή αυτή έχει την εξής μορφή :

$$EF = 1/F_k \cdot F/F_k \cdot C$$

όπου EF ο οικολογικός συντελεστής ενός μεγέθους, F<sub>k</sub> η μέγιστη ετήσια ποσότητα του μεγέθους αυτού που επιτρέπεται να ελευθερωθεί από τους εθνικούς κανονισμούς της Ελβετίας, F η πραγματική ετήσια ποσότητα του εν λόγω μεγέθους που ελευθερώνεται στην Ελβετία και C μια σταθερά μετατροπής. Από τους οικολογικούς συντελεστές προκύπτουν οι οικολογικοί παράμετροι με την σχέση :

$$EP = EF \cdot R$$

όπου :

EP = η οικολογική παράμετρος του εξεταζόμενου μεγέθους

EF = ο οικολογικός συντελεστής του εξεταζόμενου μεγέθους

R = η συνολική ποσότητα του εξεταζόμενου μεγέθους η οποία ελευθερώνεται στην διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος που μελετάται.

Η σύγκριση πλέον είναι εύκολη αφού όσο μεγαλύτερη είναι η οικολογική παράμετρος τόσο μεγαλύτερη είναι η επίπτωση του αντίστοιχου μεγέθους στο περιβάλλον [47], [183].

## **2.7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ**

Μια μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής δεν είναι πλήρης αν δεν περιλαμβάνει και τα τρία στοιχεία της. Εκτός, δηλαδή, από την καταγραφή κύκλου ζωής (life cycle inventory), είναι απαραίτητα και τα στοιχεία της ανάλυσης επιπτώσεων κύκλου ζωής (life cycle impact analysis) και ανάλυσης βελτιώσεων κύκλου ζωής (life cycle improvement analysis). Μάλιστα, είναι κοινή διαπίστωση ότι το μεγαλύτερο μέρος της ερευνητικής προσπάθειας που χρειάζεται σχετικά με την ανάλυση κύκλου ζωής, αφορά στην ανάπτυξη αποδεκτών μεθοδολογιών για τα δύο αυτά στοιχεία της [69].

### **1. Ανάλυση Επιπτώσεων του Κύκλου Ζωής**

Δεδομένου ότι μία μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής σπάνια καταλήγει σε ένα απλό αποτέλεσμα αλλά συνήθως σε μια σειρά από πίνακες και διαγράμματα τα οποία μας δείχνουν αφενός τις ποσότητες πρώτων υλών και ενέργειας που χρησιμοποιήθηκαν και αφετέρου την ρύπανση που προκλήθηκε, πρέπει κάθε εκτίμηση της κατάστασης που έχει καταγραφεί καθώς και κάθε σύγκριση μεταξύ ομοειδών διεργασιών ή προϊόντων να βασίζεται στην αντικειμενική αξιολόγηση των πινάκων και των διαγραμμάτων αυτών [10]. Πρέπει, δηλαδή, τα αριθμητικά αποτελέσματα να συνδεθούν με τα αντίστοιχα συγκεκριμένα περιβαλλοντικά προβλήματα [91]. Η αξιολόγηση αυτή γίνεται στο στάδιο της ανάλυσης κύκλου ζωής με το όνομα *ανάλυση επιπτώσεων κύκλου ζωής* στο οποίο, όπως αναφέρθηκε, εμπεριέχεται συχνά και η διαδικασία της συγκέντρωσης των αποτελεσμάτων που αναπτύχθηκε προηγουμένως [2], [93].

Η ανάλυση επιπτώσεων του κύκλου ζωής είναι το στάδιο εκείνο της ΑΚΖ το οποίο περιλαμβάνει ποσοτικές ή και ποιοτικές διαδικασίες και τεχνικές οι οποίες στοχεύουν στο να χαρακτηρίσουν και να αξιολογήσουν τα αποτελέσματα των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που προέκυψαν από το στάδιο της καταγραφής. Μερικά από τα στοιχεία τα οποία λαμβάνονται υπόψη και μελετώνται για την πραγματοποίηση αυτής της αξιολόγησης είναι τα παρακάτω [69] :



- ο επιπτώσεις στο οικοσύστημα
- ο πρακτικές διαχείρισης
- ο παραγωγή και χρήση των παραγόμενων προϊόντων [69].

Το ζήτημα, συνεπώς, που προκύπτει είναι πώς θα γίνει η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων με όσο το δυνατόν πιο αντικειμενικό τρόπο. Με άλλα λόγια, με ποιο τρόπο θα μεταβεί ο μελετητής από το στάδιο της απλής καταγραφής των προβλημάτων στο στάδιο της επεξήγησης και της αξιολόγησης τους, έχοντας, ωστόσο, πάντα υπόψη το γεγονός ότι αναζητώνται οι συνολικές επιπτώσεις του προϊόντος ή της διεργασίας στο περιβάλλον και μάλιστα για ολόκληρη την ζωή του. Έτσι, δεν πρέπει να παρασύρεται σε τοπικούς ή χρονικούς περιορισμούς κατά την εξέταση των διαφόρων περιβαλλοντικών επιδράσεων. Επίσης, αν γίνεται χρήση των αρχών της τοξικολογίας και της εκτίμησης κινδύνου για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της ΑΚΖ, αυτό πρέπει να γίνεται με σύνεση επειδή είναι αρκετοί εκείνοι οι οποίοι αμφιβάλλουν για το κατά πόσο κάτι τέτοιο είναι, για κάθε περίπτωση, απόλυτα αναγκαίο και οδηγεί σε σωστά συμπεράσματα [9].

Ο πιο απλός τρόπος αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της ΑΚΖ είναι η άμεση σύγκριση αυτών και βασίζεται στην αρχή "όσο λιγότερο τόσο καλύτερο" [6], [9], [69]. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση του ζητήματος, επιχειρείται να εξακριβωθεί σε ποια προϊόντα ή διεργασίες έχουμε μικρότερη κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας και λιγότερες εκπομπές ρύπων [6].

Η παραπάνω προσέγγιση αξιολόγησης των αποτελεσμάτων μιας μελέτης ανάλυσης κύκλου ζωής παρουσιάζει ένα σημαντικό πλεονέκτημα και δύο σημαντικά μειονεκτήματα. Το πλεονέκτημα είναι ότι, είναι απλή, εύκολη και αρκετά αντικειμενική. Το πρώτο μειονέκτημα είναι ότι, η περίπτωση να έχει μια μελέτη ΑΚΖ καλύτερα αποτελέσματα από μια άλλη σε όλες τις κατηγορίες (πρώτες ύλες, ενέργεια, εκπομπές ρύπων κλπ), είναι συνήθως απίθανη [5]. Έτσι για παράδειγμα, είναι πραγματικά πολύ δύσκολη η σύγκριση ανάμεσα σε ένα κιλό λάσπης βαρέων μετάλλων που παράγεται, σε 1 MJ ενέργειας που καταναλώνεται και σε ένα κιλό νερού που χρησιμοποιείται. Το δεύτερο μειονέκτημα είναι ότι η σύγκριση αυτού του είδους βοηθάει μόνο στο να συγκρίνουμε μεταξύ τους διάφορα προϊόντα και όχι να δούμε ποιο είναι ακριβώς το μέγεθος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αφού, για παράδειγμα, αν δύο διεργασίες εκπέμπουν ίσες ποσότητες του ρύπου Α, γίνεται αντιληπτό ότι και οι δύο διεργασίες στο συγκεκριμένο ρύπο είναι το ίδιο βλαβερές, χωρίς όμως να ξέρουμε και πόσο βλαβερές είναι [6], [148].

Η σύγκριση αυτή, ωστόσο, γίνεται πιο αντικειμενική εάν μετατραπούν οι ποσότητες που προσδιορίστηκαν στο στάδιο της καταγραφής σε θετικές και αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον. Αυτό επιτυγχάνεται συνδέοντας τα αριθμητικά αποτελέσματα με προβλήματα

όπως η εξάντληση των φυσικών πόρων, η ανθρώπινη υγεία, η οικολογία κλπ. Δηλαδή, δεν συγκρίνουμε μόνο αριθμητικά αποτελέσματα μεταξύ τους αλλά προχωρούμε σε εκτίμηση των σχετικών συνεπειών στο περιβάλλον. Βέβαια μια τέτοια διαδικασία δεν έχει, μέχρι σήμερα, σαφώς περιγραφεί δεδομένου ότι ακόμα δεν έχει αναπτυχθεί πλήρως σχετική μεθοδολογία.

Ένας άλλος τρόπος αξιολόγησης των αποτελεσμάτων και άρα εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι το να λαμβάνονται υπόψη για κάθε ουσία που αποδεσμεύεται, εκτός της ποσότητας, και οι ιδιότητες της όπως η τοξικότητα, ο χρόνος ζωής της, η ευκολία διάχυσης και μετανάστευσης της κλπ. Με βάση αυτά τα στοιχεία κατασκευάζονται δείκτες οι οποίοι είτε καταδεικνύουν τη δυναμική ενός περιβαλλοντικού φορτίου είτε επισημαίνουν την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα σχετικά. Έτσι, εάν κριθεί σκόπιμο, μια μελέτη ΑΚΖ μπορεί να περιλαμβάνει και στοιχεία εκτίμησης κινδύνου ή άλλων τεχνικών εκτίμησης και αξιολόγησης [69].

Στην εκτίμηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής προϊόντος με βάση ποιοτικά κριτήρια στοχεύει και σχετική πρόταση σύμφωνα με την οποία κατασκευάζεται πίνακας ο οποίος στο κατακόρυφο άξονα περιέχει τα πέντε κυριότερα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος που εξετάζεται και στον οριζόντιο τις πέντε σημαντικότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Για παράδειγμα ο πίνακας αυτός θα μπορούσε να έχει την εξής μορφή [207] :

**Πίνακας 2.7.1 : Τεχνική εκτίμησης των επιπτώσεων του κύκλου ζωής προϊόντος**

Κριτήρια	Κατανάλωση		Απελευθέρωση Αποβλήτων		
	Πρώτων υλών	Ενέργειας	Αέριων	Υδάτινων	Στερεών
Στάδια Κύκλου Ζωής					
Απόκτηση πρώτων υλών					
Παραγωγή προϊόντος					
Διανομή προϊόντος					
Χρήση προϊόντος					
Τελική απόρριψη					

Πηγή [207]

Σε κάθε μία από τις 25 θέσεις του παραπάνω πίνακα ( $M_{ij}$ ) καταγράφεται η αξιολόγηση της απόδοσης του συγκεκριμένου σταδίου του κύκλου ζωής σε σχέση με την αντίστοιχη επίπτωση στο περιβάλλον. Η αξιολόγηση αυτή πραγματοποιείται βαθμολογώντας με έναν ακέραιο αριθμό από 0 (η χειρότερη απόδοση) έως 4 (η καλύτερη απόδοση). Η βαθμολόγηση αυτή βασίζεται στη σύγκριση αφενός των αποτελεσμάτων της καταγραφής κύκλου ζωής και αφετέρου σχετικών δεικτών, κανόνων, ορίων, πρωτοκόλων κλπ. Το συνολικό άθροισμα όλων των θέσεων του

πίνακα  $(\sum_i \sum_j M_{ij})$  δίνει την συνολική απόδοση του προϊόντος με άριστα το 100 [207].

Μία εναλλακτική διαδικασία η οποία επίσης προτάθηκε για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών φορτίων μιας δραστηριότητας περιλαμβάνει, συνοπτικά, τα εξής τρία βήματα [83] :

- (1) Επιλογή εννέα περιβαλλοντικών σημείων για τα οποία αναπτύσσονται ποσοτικά κριτήρια.
- (2) Έλεγχος της επίπτωσης της υπό εξέταση δραστηριότητας για κάθε ένα από τα εννέα σημεία βάσει των ποσοτικών κριτηρίων.
- (3) Άθροιση των εννέα σημείων σε ενιαίο περιβαλλοντικό φορτίο [83].

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε αυτό το οποίο υποστηρίζεται από πολλούς ότι δεν είναι απαραίτητο μια ανάλυση κύκλου ζωής να περιλαμβάνει πάντοτε και ανάλυση επιπτώσεων καθώς αυτό εξαρτάται από τον σκοπό της μελέτης και την χρήση για την οποία προορίζεται [6]. Μάλιστα ορισμένοι επεκτείνοντας το θέμα αυτό τονίζουν ότι οι μελέτες ανάλυσης του κύκλου ζωής σε αυτό ακριβώς το σημείο διαφέρουν από τις μελέτες αξιολόγησης του κύκλου ζωής : Στο ότι δηλαδή, οι πρώτες δεν περιέχουν ανάλυση επιπτώσεων σε αντίθεση με τις δεύτερες [10], [183]. Λίγοι ερευνητές, πάντως, φαίνεται να συμφωνούν με αυτή την άποψη καθώς η κοινή θέση είναι ότι αμφότεροι οι όροι "ανάλυση κύκλου ζωής" και "αξιολόγηση κύκλου ζωής" αποδίδουν την ίδια μεθοδολογία με την μόνη διαφορά ότι ο μεν πρώτος χρησιμοποιείται κυρίως στην Ευρώπη και ο δε δεύτερος κυρίως στην Αμερική [72].

Στη περίπτωση πάντως που κρίνεται σκόπιμο να περιέχεται στη μελέτη και ανάλυση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής, τότε καλό είναι να προσδιορίζεται και να συγκεκριμενοποιείται από την αρχή αυτό που λαμβάνεται ως επίπτωση διότι παρατηρώντας τις μέχρι τώρα αναλύσεις αυτού του είδους διαπιστώνεται ότι περιλαμβάνεται μια ευρεία σειρά επιπτώσεων, όπως, για παράδειγμα, οι κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία μέχρι τα αποτελέσματα στις οικιστικές αλλαγές και τον τρόπο διαβίωσης [6].

Γεγονός είναι, πάντως, ότι οι αναλύσεις επιπτώσεων κύκλου ζωής βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της εξέλιξης. Πολλές μεθοδολογίες έχουν προταθεί από διάφορους ερευνητές στην Ευρώπη (Ελβετία, Ολλανδία, Σουηδία, Δανία κλπ) και στην Αμερική χωρίς όμως να υπάρχει, προς το παρόν, μια κοινώς αποδεκτή [6], [113]. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι οι μέχρι τώρα προσπάθειες παρά το ότι αξιολογούν (η κάθε μία με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της) τα αποτελέσματα της καταγραφής κύκλου ζωής, ωστόσο, απέχουν σημαντικά από το τελικό στόχο που είναι μια άρτια επιστημονικά μεθοδολογία [111].

## 2. Ανάλυση Βελτιώσεων του Κύκλου Ζωής

Το τελευταίο στοιχείο της ανάλυσης κύκλου ζωής προϊόντος ή διεργασίας είναι η *ανάλυση βελτιώσεων του κύκλου ζωής*. Για την ανάλυση βελτιώσεων δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη μεθοδολογία που να ακολουθείται δεδομένου ότι μέχρι σήμερα πολύ σπάνια συμπεριλαμβάνεται στις μελέτες ΑΚΖ [6], [9].

Η ανάλυση βελτιώσεων αποβλέπει σε μια συστηματική εκτίμηση των σημείων εκείνων του κύκλου ζωής τα οποία είτε χρειάζονται είτε προσφέρουν την ευκαιρία για μια μείωση (βελτίωση) των περιβαλλοντικών φορτίων που προέρχονται από την κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας καθώς και από την αποδέσμευση αποβλήτων. Η διαδικασία αυτή μπορεί να βασίζεται τόσο σε ποσοτική όσο και σε ποιοτική ανάλυση [69], [207].

Οι λόγοι για τους οποίους η ανάλυση βελτιώσεων ενσωματώθηκε στις μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής, είναι οι ακόλουθοι [172] :

- α. Προκειμένου να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στη χρήση των αναλύσεων κύκλου ζωής για την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- β. Για να εξασφαλιστεί ότι ο σκοπός της ανάλυσης κύκλου ζωής δεν είναι απλά μία κριτική στη υφιστάμενη κατάσταση.
- γ. Για να γίνει γενικά αποδεκτό ότι όλα τα συστήματα έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον. Επιπτώσεις οι οποίες μπορούν, με την κατάλληλη διαχείριση, να μειωθούν [172].

Έτσι, στο τμήμα αυτό της μελέτης ΑΚΖ, χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα τα οποία προήλθαν από τα δύο προηγούμενα μέρη της ανάλυσης, έτσι ώστε να βελτιωθεί το προϊόν που μελετάται και να γίνει φιλικότερο προς το περιβάλλον. Συγκεκριμένα, με βάση τα αποτελέσματα αυτά, γίνονται υποδείξεις για ενδεχόμενες αλλαγές. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να είναι [2] :

- απλοποίηση του προϊόντος
- μείωση της κατανάλωσης πρώτων υλών και ενέργειας
- μείωση της αποδέσμευσης κάθε είδους αποβλήτων
- χρήση των ανακυκλωμένων υλικών στη θέση των πρωτογενών
- αντικατάσταση ενός υλικού από ένα άλλο

- εφαρμογή ανακύκλωσης κλειστού συστήματος για επικίνδυνες χημικές ουσίες
- επανασχεδιασμός του προϊόντος
- χρήση νέων τεχνικών ή τεχνολογίας, κλπ [2], [69], [112].

Όλες αυτές οι αλλαγές εντάσσονται σε μια προσπάθεια για συνολική βελτίωση του προϊόντος και όχι μόνο σε μια πτυχή του προβλήματος, σύμφωνα πάντα με την αρχή και την φιλοσοφία της ανάλυσης κύκλου ζωής [9].

Μερικοί από τους τρόπους με τους οποίους επιτυγχάνονται οι σκοποί της ανάλυσης βελτιώσεων του κύκλου ζωής είναι οι εξής [69] :

- ♦ Διατήρηση του ελέγχου προϊόντων τα οποία περιέχουν ουσίες οι οποίες είτε είναι επικίνδυνες είτε έχουν μεγάλη αξία.
- ♦ Απαίτηση εφαρμογής των αποδεδειγμένα καλών πρακτικών παραγωγής.
- ♦ Βελτίωση της απόδοσης της ενέργειας και των υλικών.
- ♦ Βελτίωση των μεθόδων ανακύκλωσης για την αποδοτικότερη χρήση των αποβλήτων.

Αυτό το οποίο πρέπει να τονιστεί είναι το ότι η ανάλυση βελτιώσεων, καθώς αποτελεί το τελικό στάδιο των αναλύσεων κύκλου ζωής, δεν επιδιώκει βελτιώσεις με περιβαλλοντικά μόνο οφέλη. Στόχος της είναι, δια μέσου αυτών, να επιτύχει και οικονομικά οφέλη (για παράδειγμα μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών, ελαττώνοντας τα απόβλητα και άρα το κόστος των συστημάτων διαχείρισης τους κλπ) τα οποία, με βάση τους νόμους της αγοράς, θα κατανεμηθούν σε παραγωγούς και καταναλωτές.

## **2.8. ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΑΛΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ**

Χωρίς αμφιβολία οι μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής αποτελούν ένα γοητευτικό και πολλά υποσχόμενο εργαλείο διαχείρισης του περιβάλλοντος. Πάντως, η χρήση της μεθόδου αυτής απαιτεί και ιδιαίτερη προσοχή και πειθαρχία στους κανόνες που την διέπουν, καθώς είναι πολύ εύκολο να προκύψουν διάφορα τεχνικά και διαδικαστικά προβλήματα. Σήμερα, εμφανίζεται το φαινόμενο οι μελέτες ΑΚΖ να δίνονται με αποτελέσματα σε συμπυκνωμένη μορφή γεγονός που δεν επιτρέπει πολλές δυνατότητες για αμφιβολίες και έλεγχο. Και όμως, η κυριότερη απαίτηση σε μια μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής είναι η δυνατότητα εκτίμησης της χρησιμοποιούμενης μεθοδολογίας. Για την επίτευξη αυτής της προϋπόθεσης, απαιτείται να εκπληρώνονται οι εξής αρχές {16}, {60} :

- (1) *Διαφάνεια* : μια μελέτη ΑΚΖ πρέπει να παρουσιάζει όλες τις υποθέσεις και παραδοχές που κάνει, και να δικαιολογεί κάθε διαφοροποίηση της στην μεθοδολογία.
- (2) *Δυνατότητα επανάληψης* : πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα επανάληψης μιας μελέτης ΑΚΖ.
- (3) *Αντικειμενικότητα* : τα προϊόντα, υλικά, διεργασίες κλπ, τα οποία συγκρίνονται σε μια μελέτη ΑΚΖ, πρέπει να είναι λειτουργικά ισοδύναμα, δηλαδή να ικανοποιούν ισοδύναμες απαιτήσεις, ώστε να είναι συγκρίσιμα και γενικά πρέπει να αποφεύγονται κατευθυνόμενα αποτελέσματα.
- (4) *Αναφορά των πηγών των στοιχείων που συλλέγονται* : είναι απολύτως απαραίτητο να ανακοινώνονται οι πηγές από τις οποίες συλλέχθηκαν τα δεδομένα, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα εκτίμησης της αξιοπιστίας τους, της ακρίβειας τους και του κατά πόσο ανταποκρίνονται στην αλήθεια.

Πέρα, όμως, από τις παραπάνω αρχές, υπάρχουν και ορισμένες απλές συμβουλές η υιοθέτηση των οποίων συντελεί στην βελτίωση της ποιότητας των μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής {40}, {69} :

- Αιτιολόγηση της επιλογής των στόχων της ανάλυσης : κυρίως ότι αφορά στην επιλογή των λειτουργικών, χρονικών και τοπικών περιορισμών των στόχων.

- Περιγραφή του συστήματος στο οποίο βασίζεται η ανάλυση : έχει τεράστια σημασία και επηρεάζει σε πολύ μεγάλο βαθμό τα τελικά αποτελέσματα. Ιδιαίτερης σημασίας για την ορθή περιγραφή του συστήματος είναι η συνεκτίμηση του προσανατολισμού της μελέτης, εάν δηλαδή πρόκειται για μελέτη περιπτώσεων ή για μελέτη παραμέτρων.
- Σύγκριση ομοειδών προϊόντων και υλικών : τα προϊόντα δεν συνιστούν αξίες από μόνα τους. Αντιθέτως, η ικανοποίηση συγκεκριμένων αναγκών είναι αυτή που δίνει αξία στα προϊόντα και συνεπώς η ικανοποίηση των συγκεκριμένων αναγκών αυτή η οποία πρέπει να αποτελεί τη βάση εκτίμησης της σύγκρισης των προϊόντων.
- Χρησιμοποίηση συγκρίσιμων δεδομένων : πολλές μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής βασίζονται σε ένα μίγμα δεδομένων διαφορετικής ποιότητας και αξίας που προέρχονται από διάφορες πηγές και χρονολογίες. Κάτι τέτοιο πρέπει να αποφεύγεται καθώς για λόγους ποιότητας της ανάλυσης πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν εκτενέστερη χρήση δεδομένων συναφούς ποιότητας και προέλευσης.
- Ανάλυση βασισμένη σε επιστημονικές μεθοδολογίες : μόνο αναλύσεις οι οποίες βασίζονται σε επιστημονικές μεθόδους δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα και οδηγούν σε ουσιαστικές βελτιώσεις προϊόντων και διεργασιών.
- Επιλογή του κατάλληλου βαθμού λεπτομέρειας : οι αναλύσεις πρέπει να είναι τόσο λεπτομερείς όσο απαιτείται από το σκοπό για τον οποίο πραγματοποιούνται και όσο επιτρέπεται από τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται.
- Διατήρηση συνέπειας : τα αποτελέσματα πρέπει να είναι συνεπή με τα αντίστοιχα προηγούμενων μελετών. Διαφορετικά, πρέπει να αναφέρονται οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό. Το ίδιο πρέπει να συμβαίνει και με την ακολουθούμενη μεθοδολογία.
- Επιδίωξη σαφήνειας και περιεκτικότητας : κάθε σημαντική κατανάλωση πρώτης ύλης και ενέργειας καθώς και αποδέσμευση αποβλήτων αλλά και κάθε παράληψη λόγω έλλειψης δυνατότητας, υψηλού κόστους ή χρόνου, πρέπει να αναφέρεται σαφώς.
- Εφαρμογή προσεκτικού ελέγχου : τα αποτελέσματα πρέπει να ελέγχονται και να εξετάζονται πολύ προσεκτικά πριν ανακοινωθούν κυρίως όταν προορίζονται για χρήση από την κοινή γνώμη. Ο έλεγχος αυτός συνήθως πραγματοποιείται βάσει κατάλληλων, κοινά αποδεκτών, πρωτοκόλων.

- Επιδίωξη ευρύτερης εφαρμογής : η ανάλυση πρέπει να βασίζεται σε πρότυπα και μεθοδολογίες τα οποία να επιτρέπουν την όσο το δυνατόν ευρύτερη εφαρμογή και χρήση των αποτελεσμάτων.
- Συνετή εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων : οικολογική σύνεση προφυλάσσει από πιθανή υποεκτίμηση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης εξαιτίας των, καταγεγραμμένων από την ανάλυση, περιβαλλοντικών επιπτώσεων [40], [69].

Ο σεβασμός και η τήρηση των παραπάνω αρχών και προϋποθέσεων δεν αρκούν από μόνα τους για να οδηγήσουν σε μια καλή μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής. Πρέπει παράλληλα να εξαλειφθούν και τα τελευταία προβλήματα στην μεθοδολογία. Αυτό θα συμβεί με την ανάπτυξη μιας κοινής και αποδεκτής από όλους τεχνικής από διεθνείς φορείς τυποποίησης όπως είναι ο διεθνής οργανισμός τυποποίησης (International Standards Organisation – ISO) ή η ευρωπαϊκή επιτροπή τυποποίησης (Comite Europeen de Normalisation – CEN) [16].

Μέχρι να συμβεί, όμως, κάτι τέτοιο, θα πρέπει πρώτα απ' όλα να τηρούνται οι γενικές προϋποθέσεις που αναπτύσσονται στις επόμενες παραγράφους. Επιπλέον, το σύνολο της μελέτης ΑΚΖ θα πρέπει να ελέγχεται επισταμένως. Η διαδικασία αυτή θα πρέπει να ξεκινάει από το πρώτο στάδιο καθορισμού των στόχων της μελέτης και να φτάνει μέχρι το τέλος, επιβεβαιώνοντας ότι η μελέτη είναι πλήρης, τα δεδομένα υπακούουν στους ποιοτικούς κανόνες, η μεθοδολογία είναι ανοιχτή σε έλεγχο, όλες οι παραδοχές και οι υποθέσεις αναφέρονται σαφώς και τέλος ότι τα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με τους αρχικούς σκοπούς.

Εκτός, όμως, από τα συγκεκριμένα σημεία στην μεθοδολογία και την τεχνική της ΑΚΖ στα οποία υπάρχει δυνατότητα βελτίωσης, πολύ σημαντική για την ποιότητα των αναλύσεων κύκλου ζωής είναι η δυνατότητα να συμπεριλαμβάνονται στην ανάλυση οι καινοτομίες και γενικότερα οι πιθανές βελτιώσεις του προϊόντος. Η μεγάλη σημασία του γεγονότος αυτού οφείλεται στο ότι ένα πιθανό αδύνατο σημείο των μελετών ΑΚΖ είναι ότι περιγράφουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε μια δεδομένη χρονική στιγμή κάτω από πολύ συγκεκριμένες συνθήκες παραγωγής και κατανάλωσης. Πρόκειται, δηλαδή, για μια στατική απεικόνιση της πραγματικότητας. Μάλιστα, είναι πιθανό, συχνά να εξετάζονται υλικά και προϊόντα τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικά στάδια του κύκλου ανάπτυξης τους [40].

Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει η απαραίτητη παρένθεση προκειμένου να διευκρινιστεί ότι με τον όρο κύκλο ανάπτυξης προϊόντων αναφερόμαστε στον κύκλο ζωής προϊόντων όπως αυτός ορίζεται στο μάρκετινγκ, ο οποίος, ως γνωστόν, αποτελείται από τα εξής τέσσερα στάδια [48], [50], [509] :

- εισαγωγή,
- ανάπτυξη,



- ωριμότητα, και
- παρακμή.

Έτσι, οι ποιοτικά υψηλές τεχνικές της ΑΚΖ απαιτούν γενικά συγκρίσεις προϊόντων τα οποία βρίσκονται σε αντίστοιχα στάδια ανάπτυξης (με την έννοια που σημειώθηκε παραπάνω) [40].

Επανερχόμενοι στο θέμα της σπουδαιότητας να περιλαμβάνονται οι ενδεχόμενες καινοτομίες από κάθε στάδιο του κύκλου ζωής των προϊόντων στις μελέτες ΑΚΖ σημειώνεται ότι με τον τρόπο αυτό η ανάλυση αφενός είναι πληρέστερη και αφετέρου παύει να είναι στατική καθώς μετατρέπεται σε *δυναμική* με άμεσο αποτέλεσμα να γίνεται περισσότερο ευαίσθητη σε ενδεχόμενες αλλαγές [40].

Στο τέλος της παρούσας παραγράφου, παρατίθεται πίνακας με τις κυριώτερες απαιτήσεις που πρέπει να πληρεί κάθε μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής προϊόντος, υλικού ή διεργασίας.

### **2.8.1. Επιλογή και περιγραφή συστήματος – Καθορισμός ορίων**

Θεμελιώδης προϋπόθεση στις μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής είναι η ορθή επιλογή του συστήματος και ο σαφής καθορισμός των ορίων. Τα όρια είναι εκείνα τα οποία διαχωρίζουν το περιβάλλον από το σύστημα του προϊόντος, δηλαδή το προϊόν που εξετάζουμε σε όλα τα στάδια της ζωής του. Η επιλογή αυτή, η οποία σχετίζεται τόσο με τις εισροές όσο και με τις εκροές, είναι γενικά πολύ δύσκολη και επηρεάζει άμεσα τα αποτελέσματα [78]. Το πόσο λεπτά είναι τα ζητήματα τα οποία, συχνά, προκύπτουν στην φάση του καθορισμού του συστήματος, φαίνεται στα παραδείγματα που ακολουθούν. Σε ότι αφορά στις εισροές, ένα ζήτημα το οποίο μπορεί να προκύψει είναι εάν το ξύλο από μια δασική έκταση είναι μέρος του περιβάλλοντος ή του συστήματος του προϊόντος ; Με άλλα λόγια, η ενέργεια που περιέχεται στο ξύλο θα θεωρηθεί ως εισροή στο σύστημα ή όχι ; Αντίστοιχα διλήμματα προκύπτουν και στις εκροές. Ο χώρος ταφής των στερεών απορριμμάτων είναι τμήμα του περιβάλλοντος ή κομμάτι του συστήματος ; Στην πρώτη περίπτωση, όλα τα υλικά τα οποία θάβονται στην χωματερή θεωρούνται ως εκροές στο περιβάλλον, ενώ στην δεύτερη, μόνο για τις διαρροές από τη χωματερή προς τον αέρα και το έδαφος ισχύει αυτό. Βλέπουμε δηλαδή πως συχνά πρέπει να λαμβάνονται αποφάσεις οι οποίες αφενός επηρεάζουν τα τελικά αποτελέσματα και αφετέρου είναι, ως ένα βαθμό, αυθαίρετες αφού είναι συνήθως ζήτημα ορισμού. Για τα συγκεκριμένα παραδείγματα, πάντως, πρόσφατα προτάθηκε οι δασικές εκτάσεις όσο και οι χωματερές, δηλαδή οι χώροι απόθεσης των απορριμμάτων, να θεωρούνται ως τμήματα του συστήματος [18].

Τα σημαντικότερα σημεία από τα οποία εξαρτάται ο ορθός καθορισμός ενός συστήματος και η όσο το δυνατόν πληρέστερη περιγραφή του και για τα οποία συνήθως χρειάζεται να γίνουν παραδοχές και να λαμβάνονται αποφάσεις, είναι τα εξής {40} :

#### α. Τεχνολογία

Πολλά είναι τα επίπεδα τεχνολογίας τα οποία μπορεί να εμφανιστούν σε μια ανάλυση κύκλου ζωής :

- η *καλύτερη δυνατή τεχνολογία* (ότι καλύτερο μπορεί να εγγυηθεί ένας κατασκευαστής)
- η *καλύτερη τεχνολογία* (ανάμεσα σε αυτές που είναι ήδη εγκατεστημένες και λειτουργούν)
- η *σύγχρονη τεχνολογία* (αυτή η οποία χρησιμοποιείται από τους περισσότερους παραγωγούς)
- η *μέση τεχνολογία* (προκύπτει με βάση την κάθε είδους χρησιμοποιούμενη τεχνολογία από όλους τους παραγωγούς)
- η *παλαιότερη σε χρήση τεχνολογία* (με την χειρότερη συνήθως απόδοση).

Η επιλογή της τεχνολογίας από τις παραπάνω περιπτώσεις εξαρτάται από τον σκοπό της μελέτης. Έτσι, στις μελέτες περιπτώσεων (case studies) δεν υφίσταται το ζήτημα αφού εξετάζεται η πραγματική κατάσταση, ενώ στις μελέτες παραμέτρων (parameter studies) συνήθως εξετάζονται οι μέσες τεχνολογίες. Στην περίπτωση αυτή και όταν μελετώνται μικρές χώρες είναι πιθανό να υπάρξει πρόβλημα αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων γιατί το δείγμα, δηλαδή, ο αριθμός των παραγωγών είναι μικρός. Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός αυτός τόσο η παραμετρική μελέτη τείνει να γίνει μελέτη περιπτώσεων {40}.

Εν κατακλείδι, η επιλογή του κατάλληλου επιπέδου τεχνολογίας είναι πολύ σημαντική αφού επηρεάζει άμεσα τα αποτελέσματα. Ένα καλό παράδειγμα είναι τα οχήματα που χρησιμοποιούνται για μεταφορά και διανομές. Αν, για παράδειγμα, χρησιμοποιηθεί ένας συντελεστής τεχνολογίας ο οποίος θα αντιστοιχεί σε ένα μέσο επίπεδο τεχνολογίας αντί ενός άλλου ο οποίος θα αντιστοιχεί στην καλύτερη δυνατή διαθέσιμη, θα συνάγουμε, τελικά, χειρότερα για το περιβάλλον αποτελέσματα σε ότι αφορά τουλάχιστον στους αέριους ρύπους και την κατανάλωση ενέργειας [16].

#### β. Πάγιος Εξοπλισμός

Αν και σε ένα οικονομικό ισοζύγιο περιλαμβάνονται τόσο το κόστος επένδυσης όσο και το λειτουργικό κόστος, στις αναλύσεις κύκλου ζωής εξετάζονται συνήθως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες

προέρχονται μόνο από την λειτουργία της επένδυσης (π.χ. εξοπλισμού) και όχι από διαδικασία κατασκευής και απόκτησης αυτής της ίδιας. Έτσι, παρά το γεγονός ότι έχει προταθεί οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες οφείλονται στον πάγιο εξοπλισμό να λαμβάνονται υπόψη εφόσον ξεπερνούν ένα όριο, στην πράξη κάτι τέτοιο πολύ σπάνια συμβαίνει [40], [44].

#### γ. Κατανομή – Επιμερισμός των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

Οι περισσότερες διεργασίες, κυρίως στην χημική βιομηχανία, καταλήγουν συνήθως σε περισσότερα του ενός προϊόντα. Έτσι, εκτός από το κύριο προϊόν μπορεί να έχουμε ταυτόχρονα συμπροϊόντα, παραπροϊόντα, υποπροϊόντα κλπ. Συνέπεια του γεγονότος αυτού είναι να χρειάζεται κατανομή και επιμερισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο καθένα από τα προϊόντα, πράγμα που δημιουργεί δύο προβλήματα :

- ποιο προϊόν θα χρεωθεί με μια επίπτωση και ποιο όχι ;
- με ποια μέθοδο θα γίνει η κατανομή και ο επιμερισμός και άρα η χρέωση των επιπτώσεων ;

Σε ότι αφορά στο πρώτο ζήτημα η αντιμετώπιση είναι σχεδόν καθολική. Οι περιβαλλοντικές επιδράσεις επιμερίζονται τόσο στο κύριο προϊόν όσο και στα συμπροϊόντα, παραπροϊόντα, υποπροϊόντα κλπ όχι όμως και στα απόβλητα της διεργασίας.

Σε ότι αφορά στην μέθοδο επιμερισμού υπάρχουν οι εξής εναλλακτικές λύσεις [40] :

- (1) Αναλόγως της οικονομικής αξίας των προϊόντων : χρειάζονται τιμολογιακά δεδομένα. Η μέθοδος αυτή η οποία βασίζεται στις αρχές της θεωρίας του κόστους απ' όπου έχει "δανειστεί" αρκετά σημεία, παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις μεθόδους κατανομής που βασίζονται σε φυσικές παραμέτρους. Ωστόσο, χρειάζεται προσοχή στο ποιες τιμές θα χρησιμοποιηθούν (η τιμή της αγοράς, το κόστος, η τιμή τιμοκαταλόγου κλπ) [81], [82].
- (2) Αναλόγως της περιεχόμενης ενέργειας των προϊόντων : συχνά χρησιμοποιείται αλλά δεν προσφέρεται στις περιπτώσεις προϊόντων που δεν προορίζονται για καύση.
- (3) Αναλόγως της μάζας (kg) των προϊόντων : η περισσότερο χρησιμοποιούμενη μέθοδος.
- (4) Αναλόγως του μοριακού βάρους (mole) του προϊόντος : σπάνια χρησιμοποιείται στην πράξη.

- (5) Αναλόγως των ισοδύναμων διεργασιών : η μέθοδος αυτή βασίζεται στην αρχή του κόστους ευκαιρίας καθώς ο επιμερισμός βασίζεται και εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα προέκυπταν εάν το προϊόν παραγόταν με άλλη μέθοδο. Πρόκειται για σύνθετη μέθοδο η οποία σπάνια χρησιμοποιείται στην πράξη αφού έχει το πρόσθετο πρόβλημα της υπάρξης εναλλακτικών τρόπων παραγωγής των προϊόντων.
- (6) Καταλογισμός όλων των επιπτώσεων στο κύριο προϊόν : το σκεπτικό της μεθόδου αυτής είναι ότι εφόσον η όλη διεργασία γίνεται με σκοπό την παραγωγή του κύριου προϊόντος τότε σε αυτό θα πρέπει να χρεωθεί κάθε περιβαλλοντική επίπτωση. Συνέπεια αυτού του γεγονότος όμως είναι να εμφανίζεται η παραγωγή των υπολοίπων παραπροϊόντων, υποπροϊόντων κλπ χωρίς περιβαλλοντικά προβλήματα [40].

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο επιμερισμός γίνεται σχεδόν πάντα αναλόγως της μάζας των προϊόντων. Αυτό, όμως, μπορεί να οδηγήσει σε σφάλματα όταν το κύριο προϊόν είναι ακριβό αλλά μικρής μάζας και το παραπροϊόν φθινό αλλά μεγάλης μάζας. Κάτι τέτοιο για παράδειγμα συμβαίνει στην παραγωγή ενός φαρμάκου. Αν ο επιμερισμός γίνει βάσει της μάζας, το φάρμακο θα εμφανιστεί χωρίς ουσιαστικά επιπτώσεις στο περιβάλλον [16], [18].

#### δ. Ενεργειακά Συστήματα

Οι διάφορες μορφές ενέργειας που καταναλώνονται σε κάθε στάδιο μιας παραγωγικής διαδικασίας, διεργασίας, δραστηριότητας κλπ αθροίζονται προκειμένου να βρεθεί το συνολικό καταναλισκόμενο ποσό. Η άθροιση αυτή πραγματοποιείται μετατρέποντας την καταναλισκόμενη ενέργεια σε πρωτογενή μορφή. Εάν πρόκειται για κάποια ανανεώσιμη, ή μη, πηγή (π.χ. πετρέλαιο, ξύλο κλπ) η μετατροπή αυτή γίνεται με βάση την κατά βάρος περιεχόμενη ενέργεια. Εάν όμως πρόκειται για ηλεκτρική ενέργεια η μετατροπή γίνεται βάσει του ενεργειακού συστήματος από το οποίο προέρχεται αυτή η ηλεκτρική ενέργεια και κυρίως βάσει της απόδοσης του συστήματος αυτού. Έτσι, η μετατροπή αυτή είναι πιθανόν να βασίζεται στο ενεργειακό σύστημα :

- μιας συγκεκριμένης επιχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας
- μιας συγκεκριμένης χώρας
- μιας ομάδας χωρών (π.χ. ευρωπαϊκό ενεργειακό σύστημα) [40].

Δεδομένου ότι κάθε χώρα έχει το δικό της ενεργειακό σύστημα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του (στις σκανδιναβικές χώρες κυριαρχεί η υδροηλεκτρική ενέργεια, στην Γαλλία η πυρηνική, στην Γερμανία η θερμική από την καύση του άνθρακα κλπ) γι' αυτό και στις μελέτες ΑΚΖ χρησιμοποιούνται συνήθως τα εθνικά ενεργειακά συστήματα [27]. Πάντως,

αυτό δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχουν και οι περιπτώσεις όπου λαμβάνονται υπόψη οι μέσες τιμές μιας ομάδας χωρών, όπως για παράδειγμα της Δυτικής Ευρώπης [44].

#### ε. Μοντέλο Διανομής Προϊόντων

Η επιλογή και ο σαφής καθορισμός του μοντέλου διανομής έχουν ιδιαίτερη σημασία στην περίπτωση που συγκρίνονται μιας χρήσεως προϊόντα με αντίστοιχα πολλαπλής χρήσεως, συνήθως υλικά συσκευασίας. Στο μοντέλο αυτό πρέπει να περιλαμβάνονται η μεταφορά των προϊόντων από την μονάδα πλήρωσης στα σημεία πώλησης καθώς και επιστροφή τους για επαναπλήρωση.

#### στ. Συμπεριφορά Καταναλωτών

Είναι γεγονός ότι οι καταναλωτές είναι πιθανόν, είτε από αδιαφορία είτε από άγνοια των συστάσεων και των υποδείξεων των κατασκευαστών και των παραγωγών, να χρησιμοποιούν ένα προϊόν κατά τέτοιο τρόπο που να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ωστόσο, αυτού του είδους οι επιπτώσεις δεν λαμβάνονται, προς το παρόν, υπόψη στις μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής καθώς θεωρείται ότι η συμπεριφορά των καταναλωτών είναι πάντα η ορθή [40].

#### ζ. Διαχείριση Προϊόντων μετά την Χρήση

Κάθε προϊόν αφού χρησιμοποιηθεί ενδέχεται είτε να ξαναχρησιμοποιηθεί, είτε να ανακυκλωθεί είτε, τέλος, να απορριφθεί.

##### *- Επαναχρησιμοποίηση και Ανακύκλωση*

Το υλικό ενός προϊόντος μπορεί να συνεχίσει να χρησιμοποιείται με έναν από τους παρακάτω τρόπους :

- Επαναχρησιμοποίηση (reuse) : χρήση ενός προϊόντος ή τμήματος αυτού χωρίς να καταστρέφεται το προϊόν (π.χ. γυάλινες φιάλες).
- Υψηλού Επιπέδου Ανακύκλωση (high level recycling) : εκ νέου χρήση του υλικού ενός προϊόντος για την παραγωγή ενός νέου προϊόντος εφάμιλλης ποιότητας με το υλικό αυτό (π.χ. χρήση τεμαχίων γυάλινων φιαλών για την παραγωγή νέων γυάλινων φιαλών).
- Χαμηλού Επιπέδου Ανακύκλωση (low level recycling) : εκ νέου χρήση του υλικού ενός προϊόντος για την παραγωγή ενός νέου προϊόντος χειρότερης ποιότητας με το υλικό αυτό (π.χ. χρήση τεμαχίων πλαστικών υλικών συσκευασίας για την παραγωγή πλαστικών πάγκων για τα πάρκα)

Όπως είδαμε στην περίπτωση της ανακύκλωσης (υψηλού ή χαμηλού επιπέδου) προκύπτει πρόβλημα ανάλογο με αυτό που αναφέρθηκε στον επιμερισμό και την κατανομή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων :

- οι επιπτώσεις από την ανακύκλωση σε ποιο προϊόν θα χρεωθούν (το παρθένο ή το δευτερογενές) ;

- με ποια μέθοδο θα γίνει ο επιμερισμός και η χρέωση των επιπτώσεων ;

Μέχρι σήμερα ξεκάθαρη απάντηση στα ερωτήματα αυτά δεν υπάρχει καθώς οι περισσότεροι μελετητές βασίζονται σε υποκειμενικές κρίσεις και όχι σε επιστημονικά συμπεράσματα. Γεγονός είναι πάντως ότι αν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις βαρύνουν εξ' ολοκλήρου το παρθένο προϊόν τότε εμφανίζεται το ανακυκλωμένο χωρίς επιπτώσεις κατά την φάση της παραγωγής του, ενώ στην αντίθετη περίπτωση το παρθένο εμφανίζεται χωρίς επιπτώσεις κατά την φάση απόρριψης του και παράλληλα η διαδικασία ανακύκλωσης λαμβάνεται σαν μια αυτόνομη παραγωγική διαδικασία για το ανακυκλωμένο προϊόν. Δεδομένου, όμως, ότι αρκετά τέτοιου είδους ζητήματα και προβληματισμοί προκύπτουν κατά τις αναλύσεις κύκλου ζωής σχετικά με το στάδιο της ανακύκλωσης, συνεπάγεται ότι είναι απαραίτητη περαιτέρω έρευνα επί του θέματος [40].

#### *- Διαχείριση Απορριμμάτων*

Τα προϊόντα τελικά μετατρέπονται σε απορρίμματα. Η διάκριση, όμως, μεταξύ επαναχρησιμοποιούμενων και μη απορριμμάτων δεν είναι στατική αλλά δυναμική καθώς είναι συνέπεια των σχετικών τιμών των πρώτων υλών και του κόστους συλλογής και ανακύκλωσης. Επίσης η θεσμοθέτηση ενεργειακού φόρου και φόρου ρύπανσης είναι βέβαιο ότι θα κάνει πιο συμφέρουσες τις διαδικασίες ανακύκλωσης. Γενικά, πάντως, τα απορρίμματα είτε θάβονται είτε αποτεφρώνονται [40].

Κατά τον καθορισμό και περιγραφή του συστήματος ενός προϊόντος, είναι τεράστιας σημασίας στην ανάπτυξη μιας σωστής μελέτης ανάλυσης κύκλου ζωής, ο ορθός, μονοσήμαντος και σαφής προσδιορισμός της μονάδας του εξεταζόμενου προϊόντος. Το θέμα αυτό αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία στην περίπτωση που έχουμε να συγκρίνουμε δύο ή περισσότερα προϊόντα μεταξύ τους. Και αυτό γιατί στην περίπτωση αυτή χρειάζεται περισσότερη αξιοπιστία και ακρίβεια λόγω των ενδεχόμενων σχετικών συμφερόντων που πιθανόν να υπάρχουν [16].

Προκειμένου να φανεί καλύτερα το πρόβλημα αυτό, δίνεται το παρακάτω παράδειγμα. Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να συγκρίνουμε δύο τύπους χρωμάτων διαφορετικής σύνθεσης και επιδιώκουμε να βρούμε την μονάδα σύγκρισης. Το ερώτημα είναι το εξής :

*"Η σύγκριση πρέπει να γίνει με βάση :*

- a. την ίδιου βάρους ποσότητα από τους δύο τύπους χρωμάτων,
- β. την δεδομένη επιφάνεια που μπορεί να βαφτεί ικανοποιητικά από το καθένα χρώμα, ή
- γ. τη δεδομένη επιφάνεια που μπορεί να βαφτεί ικανοποιητικά από το καθένα χρώμα και να διατηρηθεί για μια συγκεκριμένη περίοδο π.χ. 10 ετών ; "

Ίσως η τελευταία φαίνεται να είναι η πιο αντικειμενική βάση σύγκρισης, όχι όμως και η πιο εύκολα προσδιορίσιμη [18].

Πρέπει η σύγκριση που κάθε φορά επιχειρείται να είναι δίκαιη (και όχι μόνο για τα προϊόντα που εξετάζονται αλλά και για όλα τα υλικά που παίρνουν μέρος σε μια μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής). Για τον λόγο αυτόν πρέπει όλα τα συγκρινόμενα μεταξύ τους υλικά, να είναι λειτουργικά ισοδύναμα, δηλαδή η σύγκριση να γίνεται ανάμεσα σε όμοια πράγματα τα οποία ικανοποιούν ισοδύναμες απαιτήσεις [16], [61]. Πρέπει, με άλλα λόγια, να ισχύει η αρχή της συμμετρίας [40]. Αυτονόητο είναι, βέβαια, πως η πρώτη και κυριότερη απαίτηση που πρέπει να ικανοποιούν είναι να εκπληρώνουν την αποστολή για την οποία προορίζονται και κατασκευάστηκαν. Διότι διαφορετικά δεν έχει νόημα να γίνει μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής ή οποιαδήποτε άλλη έρευνα για κάτι που ουσιαστικά είναι άχρηστο. Ένα πλυντήριο, για παράδειγμα, που δεν καθαρίζει τα ρούχα είναι κακό προϊόν ανεξάρτητα αν καταναλώνει λίγο νερό ή λίγη ηλεκτρική ενέργεια [2]. Βέβαια τα πράγματα δεν είναι πάντοτε τόσο ξεκάθαρα με αποτέλεσμα στις περιπτώσεις που υπάρχουν αμφιβολίες να χρειάζεται μια αξιολόγηση του τύπου "αξία προς επιπτώσεις". Κάτι τέτοιο όμως συνήθως δεν είναι κοθόλου εύκολο διότι για πολλά προϊόντα (όπως π.χ. τα υλικά συσκευασίας) χρειάζεται έρευνα προκειμένου να γίνει γνωστή η γνώμη των καταναλωτών [183].

Οι συνήθεις περιπτώσεις καταστρατήγησης της αρχής της σύγκρισης ίδιων πραγμάτων, συμβαίνει όταν συγκρίνονται προϊόντα με τα εξής χαρακτηριστικά [16] , [40] :

- υλικά διαφορετικού βάρους,
- συσκευασίες διαφορετικής περιεχόμενης ποσότητας,
- διαφορετικές ποσότητες προϊόντων,
- όχι ισοδύναμα, π.χ. δεν ικανοποιούν τις ίδιες ανάγκες,
- μεταφορά αποτελεσμάτων από μελέτη σε μελέτη και από χώρα σε χώρα,
- ανάμιξη στοιχείων από προγνωστικά και αναδρομικές αναλύσεις,

- πολυδιάστατα χαρακτηριστικά.

Πάντως, πρέπει να τονιστεί ότι είναι πολύ δύσκολο να βρεθούν δύο ή περισσότερα υλικά με απόλυτη λειτουργική ισοδυναμία καθώς σπάνια δύο προϊόντα ικανοποιούν πλήρως τις ίδιες ακριβώς ανάγκες [16], [18].

## 2.8.2. Προσδιορισμός και συλλογή απαραίτητων στοιχείων

Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον υλικών και προϊόντων δεν μπορούν να μετρηθούν. Μπορούν παρά μόνο να υπολογιστούν. Επομένως, η ποιότητα των μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής επηρεάζεται άμεσα από το είδος, την ποιότητα, και την παρουσίαση των στοιχείων που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων αυτών. Οι μελέτες ΑΚΖ έχουν αξία μόνο όταν είναι κατανοητές. Οι μελέτες αυτές μπορούν να αξιολογηθούν για την ποιότητα των στοιχείων που χρησιμοποιούν ακόμα και από τρίτους. Πρέπει δε να τονισθεί ότι εκτός από υπολογιστικά λάθη και χειρισμούς, δεν υπάρχουν σωστά ή λάθος στοιχεία. Υπάρχουν μόνο στοιχεία διαφορετικής προέλευσης τα οποία ισχύουν κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και προϋποθέσεις [16], [119].

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για την εκπόνηση μιας μελέτης ανάλυσης κύκλου ζωής γίνεται στην φάση της καταγραφής. Η δομή της διαδικασίας της καταγραφής έχει την *μορφή μιας μήτρας* (πίνακας 2.4.1, σελ. 35) η οποία στον ένα άξονα (κατακόρυφο ή οριζοντιο) περιέχει τα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος που εξετάζουμε, και στον άλλο άξονα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (κριτήρια και δείκτες). Η συλλογή των στοιχείων συνεπάγεται την πλήρωση των αντίστοιχων θέσεων στην μήτρα αυτή. Βέβαια, με την ολοκλήρωση της διαδικασίας της καταγραφής, είναι πολύ πιθανό να υπάρξουν ορισμένες κενές θέσεις στην μήτρα. Κάτι τέτοιο, όμως, είναι αναμενόμενο δεδομένου ότι μπορεί ορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις να μην υφίστανται σε κάποια στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος. Επίσης είναι πιθανό σε άλλες περιπτώσεις να μην είναι δυνατή η συλλογή των σχετικών στοιχείων. Ακόμα, αρκετά συχνά, για την απλοποίηση της κατάστασης, ορισμένα στοιχεία παραλείπονται εφόσον κρίνεται ότι δεν οδηγούν σε ουσιαστικά σφάλματα. Συνήθως, πάντως, όσο περισσότερες θέσεις έχει μια τέτοια μήτρα τόσο πιθανότερο είναι αρκετές από αυτές να παραμείνουν τελικά κενές [40].

Όπως προκύπτει από την μελέτη της βιβλιογραφίας, τα στοιχεία τα οποία συλλέγονται για την εκπόνηση μιας μελέτης ανάλυσης κύκλου ζωής είναι συνήθως όσα σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας, πρώτων υλών και νερού, καθώς και την αποδέσμευση υγρών αποβλήτων, αέριων ρύπων και στερεών απορριμμάτων (κατ'όγκο και κατά βάρος) [138].



Γενικά, η διαδικασία σύνθεσης και δημιουργίας της μήτρας των στοιχείων, η οποία πραγματοποιείται ύστερα από προσδιορισμό και επιλογή των συγκεκριμένων περιβαλλοντικών επιπτώσεων και σταδίων του κύκλου ζωής που ενδιαφέρουν, μπορεί να θεωρηθεί ότι εμπίπτει στα πλαίσια της φάσης εκείνης της μελέτης όπου προσδιορίζεται ο σκοπός της ανάλυσης. Μάλιστα, στις περιπτώσεις όπου εξαρχής παρατηρείται μια δυσκολία στην συλλογή σχετικών στοιχείων, ακολουθείται μια αυστηρότερη επιλογή τόσο των επιπτώσεων όσο και των σταδίων του κύκλου ζωής του εξεταζόμενου προϊόντος με αποτέλεσμα τον αυτοπεριορισμό της έρευνας εντός ορίων που ουσιαστικά καθορίζονται από την υφιστάμενη κατάσταση. Η πρακτική αυτή ακολουθείται, γενικότερα, και για τον προσδιορισμό της απαιτούμενης ποιότητας των στοιχείων που συλλέγονται [76].

Ένα ζήτημα το οποίο προκύπτει σχετικά με τον προσδιορισμό των απαραίτητων στοιχείων που πρέπει να συλλεχθούν, σχετίζεται με τον βαθμό λεπτομέρειας. Υπάρχει, δηλαδή, το ερώτημα σε πόσο βάθος θα πρέπει να φτάσει η ανάλυση και ποιες διεργασίες θα συμπεριληφθούν στην ανάλυση του κύκλου ζωής του προϊόντος. Για παράδειγμα, γενιέται το ερώτημα αν θα ληφθούν υπόψη οι εκπομπές ρύπων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ή μήπως ειδικότερα οι ρύποι από την θερμική μονάδα παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας ή ακόμα πιο ειδικά οι ρύποι από τα εργοστάσια που έφτιαξαν τα απαραίτητα υλικά για την κατασκευή της θερμικής μονάδας κ.ο.κ. ; Πάντως, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, συνήθως αγνοούνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την κατασκευή των μηχανημάτων, κτιρίων, οχημάτων κλπ γεγονός, βέβαια, που μπορεί να οδηγήσει και σε μειωμένη ακρίβεια [18].

Ο ερευνητής που εκπονεί μια μελέτη ΑΚΖ πρέπει να δίνει μεγάλη προσοχή στο προσδιορισμό των πηγών από τις οποίες συνέλεξε τα στοιχεία, περιγράφοντας παράλληλα με ακρίβεια τι αντιπροσωπεύουν τα στοιχεία αυτά. Βέβαια, αυτός ο προσδιορισμός των πηγών που χρησιμοποίησε, σε πολλές περιπτώσεις, έρχεται σε αντίθεση με την ανάγκη εχεμύθειας γύρω από την προέλευση των στοιχείων. Γενικά, τα σημαντικότερα σημεία τα οποία επηρεάζουν την ποιότητα των στοιχείων είναι τα ακόλουθα [16] :

*α. Μέγεθος δείγματος και αντιπροσωπευτικότητα*: όσο υψηλότερες είναι οι απαιτήσεις για αντιπροσωπευτική ανάλυση, τόσο μεγαλύτερο πρέπει να είναι το δείγμα από το οποίο συλλέγονται τα στοιχεία. Στο σημείο αυτό, πάντως, πρέπει να γίνει διαχωρισμός ανάμεσα στις μελέτες περιπτώσεων από τις μελέτες παραμέτρων. Στην πρώτη περίπτωση εξετάζουμε συγκεκριμένες επιχειρήσεις με συγκεκριμένες τεχνολογίες. Αντιθέτως, στην δεύτερη εξετάζουμε επιχειρήσεις και βιομηχανίες σε τοπικό, εθνικό ή ευρωπαϊκό επίπεδο ή ακόμα και όλες τις επιχειρήσεις ενός συγκεκριμένου κλάδου. Έτσι, το δείγμα το οποίο χρησιμοποιείται στις μελέτες περιπτώσεων είναι μοναδιαίο (1), ενώ στην περίπτωση των μελετών παραμέτρων το κατάλληλο δείγμα πρέπει να είναι στατιστικά αντιπροσωπευτικό γεγονός το οποίο αντανακλά στον αριθμό των

μονάδων παραγωγής για τις οποίες διερευνούμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις [16].

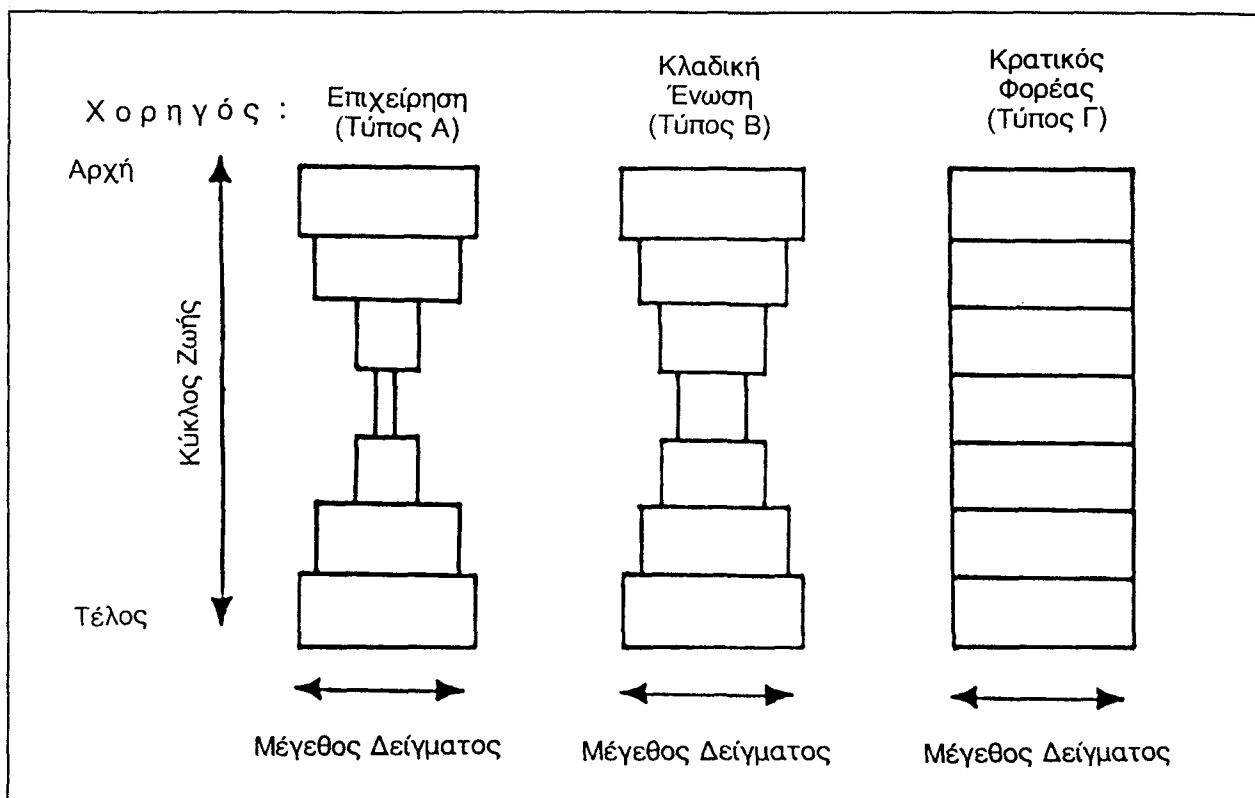
Στις περιπτώσεις των χρηματοδοτούμενων μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής όπου ο χορηγός είναι συγκεκριμένη επιχείρηση, τότε, συνήθως, πρόκειται για μελέτες περιπτώσεων σχετικές με τα υλικά ή τα προϊόντα του χορηγού. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται στοιχεία που δίνει η ίδια η επιχείρηση τόσο για την διαδικασία παραγωγής όσο και για τις διάφορες εισροές και εκροές. Αντιθέτως όταν οι αναλύσεις πραγματοποιούνται από ερευνητές της ακαδημαϊκής κοινότητας ή από ειδικά γραφεία συμβούλων για λογαριασμό εμπορικών ενώσεων και κρατικών οργανισμών, τότε πρόκειται για μελέτες παραμέτρων των οποίων τα στοιχεία πρέπει να αναζητηθούν από ένα ευρύτερο φάσμα της βιομηχανίας και της οικονομίας [40].

Ωστόσο, μια μελέτη παραμέτρων σε μια μικρή χώρα (όπως είναι η Ελλάδα) μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε ένα μίγμα μελέτης παραμέτρων και περιπτώσεως μαζί καθώς ορισμένες δραστηριότητες είναι συγκεντρωμένες σε λίγους (ή ακόμα και σε ένα μόνο) τοπικούς παραγωγούς, προμηθευτές, εισαγωγείς κλπ. Μια χαρακτηριστική περίπτωση παραμετρικής μελέτης ανάλυσης κύκλου ζωής όπου όμως ένα τμήμα της είναι, ουσιαστικά, μελέτη περιπτώσεως, είναι εκείνη του ελβετικού κρατικού φορέα BUWAL για τα υλικά συσκευασίας (1991), και αυτό γιατί στην Ελβετία υπάρχει μόνο ένας παραγωγός αλουμινίου. Γενικά, το μέγεθος του δείγματος από το οποίο συλλέγονται στοιχεία σε μια μελέτη AKZ απεικονίζεται στο διάγραμμα 2.8.2.1 όπου σχετίζεται με το κάθε στάδιο του κύκλου ζωής του προϊόντος που μελετάται καθώς και το είδος του χορηγού της μελέτης [44].

Σε ότι αφορά στην αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος, υπάρχουν διάφορες τεχνικές και αρχές της στατιστικής για την δειγματοληψία οι οποίες την εξασφαλίζουν. Παρά ταύτα, πολλές φορές παρουσιάζεται η ανάγκη να χρησιμοποιηθούν :

- στοιχεία από μελέτες περιπτώσεων στην θέση τιμών παραμέτρων,
- ανομοιογενή στοιχεία για τα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος,
- προγνωστικά και προβλέψεις, και
- στοιχεία βασισμένα σε υποδείγματα και όχι στην πραγματικότητα.

Όπως είναι φυσικό στις παραπάνω περιπτώσεις η αρχή της αντιπροσωπευτικότητας κλονίζεται σοβαρά. Όμως, τις περισσότερες φορές, κάτι τέτοιο είναι, εκ των πραγμάτων, αναπόφευκτο [40].



**Διάγραμμα 2.8.2.1 : Μέγεθος δείγματος για τη συλλογή στοιχείων στις μελέτες ΑΚΖ**

*β. Είδος στοιχείων* : τα στοιχεία μπορεί να βασίζονται σε εσωτερικές μετρήσεις, σε εκθέσεις, σε εκτιμήσεις ή ακόμα και σε προγνωστικά. Επίσης μπορεί να υπολογίζονται βάσει πληροφοριών που έχουν συλλεχθεί από διαφορετικές πηγές ή που προκύπτουν από πρότυπα τυποποίησης, από ονομαστικές (θεωρητικές) δυναμικότητες, από κρατικές διατάξεις και κανονισμούς [16]. Στον πίνακα 2.8.2.1 αναφέρονται οι περιπτώσεις και τα είδη των στοιχείων που χρησιμοποιούνται κάθε φορά [40].

*γ. Ιδιαιτερότητα στοιχείων* : τα στοιχεία σχετίζονται πάντοτε με συγκεκριμένα τοπικά σημεία και χρονικές περιόδους. Ειδικότερα τα στοιχεία τα οποία συλλέγονται από δημοσιευμένες εκθέσεις διάφορων φορέων, αναφέρονται συνήθως σε καταστάσεις αρκετά χρόνια πριν την δημοσίευσή τους. Πάντως, τα στοιχεία τα οποία χρησιμοποιούνται σε μια μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής καλό είναι να μην είναι παλαιότερα των πέντε ετών γιατί υπάρχει ο κίνδυνος να ξεπεραστούν από τις ταχείες μεταβολές της τεχνολογίας [16]. Εάν, μάλιστα, η επιχείρηση που εξετάζουμε δεν είναι στο στάδιο της ωρίμανσης αλλά σε αυτό της ανάπτυξης, τα στοιχεία πρέπει να είναι ακόμα πιο πρόσφατα [69].

*δ. Διαθεσιμότητα στοιχείων* : συχνά υπάρχει έλλειψη ορισμένων στοιχείων. Η έλλειψη αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι ένα μεγάλο μέρος των στοιχείων προέρχεται από τον ιδιωτικό τομέα ο οποίος δύσκολα δημοσιοποιεί στοιχεία σχετικά με την παραγωγή του για ευνόητους λόγους.

Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι πολλές μελέτες ΑΚΖ να πάσχουν από έλλειψη επαρκών πηγών στοιχείων [16], [69].

*ε. Μελλοντικές ή και αναδρομικές προσεγγίσεις* : μόνο στις περιπτώσεις εκείνες που μια μελέτη ΑΚΖ πραγματοποιείται καινοτομίες και γενικά νέα προϊόντα και υλικά, και κυρίως όταν συγκρίνει υφιστάμενα προϊόντα με νέα, χρησιμοποιούνται ως στοιχεία διάφορες προβλέψεις και εκτιμήσεις ελλείψει πραγματικών [16].

### Πίνακας 2.8.2.1 : Προέλευση και χαρακτηριστικά στοιχείων στις μελέτες ΑΚΖ

Μέγεθος Δείγματος	Προέλευση Στοιχείων			
	Στοιχεία από Μετρήσεις	Στοιχεία από Εκτιμήσεις	Στοιχεία από Υπολογισμούς	Στοιχεία από Προϋπολογισμούς και Κανονισμούς
Μία Περίπτωση - 1 Διεργασία ή 1 Μονάδα Παραγωγής - (Μελέτη Περιπτώσεως)	Ιδιωτικές Μετρήσεις  Πρωτογενής Βιβλιογραφία  Αναφορές στις Αρχές	Προγνώσεις από Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΕΙΑ)		Εγγυήσεις Κατασκευαστών Εξοπλισμού  Αρχικά Σχέδια και Μελέτες
Επιλογή Περιπτώσεων			Δευτερογενής Βιβλιογραφία	
Όλες οι Περιπτώσεις (Μελέτη Παραμέτρων)			Θεωρητικά Υποδείγματα	Τεχνικά Πρότυπα  Κανονισμοί  Νόμοι

Πηγή [40]

Δεδομένου ότι η συλλογή στοιχείων για μια μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής συνοδεύεται, λόγω της φύσης των στοιχείων, από ένα αναπόφευκτο περιθώριο σφάλματος, ένα τέτοιο περιθώριο πρέπει να λαμβάνεται πάντα υπόψη [16]. Μάλιστα, σε μια μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής, σφάλμα της τάξης του 5 % θεωρείται χαμηλό, ενώ συνήθως το σφάλμα αυτό κυμαίνεται γύρω στο 10 % [5].

Η ολοκλήρωση της φάσης συλλογής των απαραίτητων στοιχείων ακολουθείται από την διαδικασία ταξινόμησης και ομαδοποίησης τους. Αυτή η διαδικασία είναι σχεδόν πάντα απαραίτητη προκειμένου να διευκολυνθούν τόσο η επεξεργασία τους για την εξαγωγή συμπερασμάτων όσο και η παρουσίαση τους δεδομένου ότι συνήθως τα συλλεχθέντα στοιχεία είναι και πολυάριθμα και σύνθετα. Για το σκοπό αυτό

χρησιμοποιούνται πίνακες όμοιοι με τον 2.8.2.2 όπου τα στοιχεία ομαδοποιούνται στις κατηγορίες πρώτων υλών (ΠΥ), παραγωγικής διαδικασίας (ΠΔ) και συσκευασίας προϊόντος και αποθήκευσης (ΣΠΑ) για κάθε στάδιο της δραστηριότητας που μελετάται. Τα στοιχεία σε κάθε πίνακα αθροίζονται ανά είδος όπως, για παράδειγμα, αέριες εκπομπές (ΑΕ), υγρά απόβλητα (ΥΑ) και στερεά απορρίμματα (ΣΑ). Στη συνέχεια, τα αθροίσματα από κάθε ξεχωριστή φάση της δραστηριότητας (π.χ. παραγωγή, πρωτογενής συσκευασία, δευτερογενής συσκευασία) περιλαμβάνονται σε πίνακα όπως ο 2.8.2.3 περιγράφοντας τη δραστηριότητα που εξετάζεται στο σύνολο της. Τα στοιχεία τα οποία περιέχονται στους πίνακες αυτούς πρέπει να ανήκουν σε μια από τις επόμενες κατηγορίες :

- ♦ πραγματικός αριθμός (από μέτρηση ή υπολογισμό),
- ♦ όριο ανίχνευσης, εφόσον το στοιχείο αναφέρεται ως "μη ανιχνεύσιμο",
- ♦ αριθμός ο οποίος θα δηλώνει το άνω όριο  $x$ , εφόσον το στοιχείο αναφέρεται ως "μικρότερο του  $x$ ",
- ♦ μηδέν, μόνο εάν είναι πράγματι μηδέν, και
- ♦ "άγνωστο" ή "μη μετρήσιμο" {69}.

**Πίνακας 2.8.2.2 : Ταξινόμηση και ομαδοποίηση των στοιχείων μιας μελέτης ΑΚΖ**

	Αέριες Εκπομπές (ΑΕ)			Υγρά Απόβλητα (ΥΑ)			Στερεά Απόβλητα (ΣΑ)		
	ΑΕ <sub>1</sub>	ΑΕ <sub>2</sub>	ΑΕ <sub>n</sub>	ΥΑ <sub>1</sub>	ΥΑ <sub>2</sub>	ΥΑ <sub>n</sub>	ΣΑ <sub>1</sub>	ΣΑ <sub>2</sub>	ΣΑ <sub>n</sub>
ΠΥ <sub>1</sub>									
ΠΥ <sub>2</sub>									
ΠΥ <sub>n</sub>									
ΠΔ <sub>1</sub>									
ΠΔ <sub>2</sub>									
ΠΔ <sub>n</sub>									
ΣΠΑ <sub>1</sub>									
ΣΠΑ <sub>2</sub>									
ΣΠΑ <sub>n</sub>									
<b>Άθροισμα</b>									

Πηγή {69}

Συνήθως τα στοιχεία που αφορούν σε παραγωγικές διαδικασίες λαμβάνονται από τα αρχεία των μονάδων παραγωγής. Έτσι, η ακρίβεια τους εξαρτάται από την ακρίβεια με την οποία τηρούνται τα αρχεία αυτά. Επίσης τα στοιχεία αυτά πρέπει να αναφέρονται σε χρονικές περιόδους λειτουργίας οι οποίες να είναι αρκετά μεγάλες ώστε να εξομαλύνονται οι τυχαιές διακυμάνσεις χωρίς, όμως, να ξεπερνούν κάποιο όριο διότι τότε

υπάρχει ο κίνδυνος να αποκρύπτονται άλλες πληροφορίες. Όπως δείχνει η εμπειρία, χρονική περίοδος των 12 μηνών θεωρείται ικανοποιητική ενώ συχνά συμπίπτει και με τις λογιστικές διαχειριστικές περιόδους [69].

### Πίνακας 2.8.2.3 : Συνολική περιγραφή των στοιχείων συγκεκριμένης δραστηριότητας

	Αέριες Εκπομπές (ΑΕ)			Υγρά Απόβλητα (ΥΑ)			Στερεά Απόβλητα (ΣΑ)		
	ΑΕ <sub>1</sub>	ΑΕ <sub>2</sub>	ΑΕ <sub>n</sub>	ΥΑ <sub>1</sub>	ΥΑ <sub>2</sub>	ΥΑ <sub>n</sub>	ΣΑ <sub>1</sub>	ΣΑ <sub>2</sub>	ΣΑ <sub>n</sub>
Παραγωγή									
Πρωτογενής Συσκευασία									
Δευτερογενής Συσκευασία									
Άθροισμα									

Πηγή [69]

### 2.8.3. Επεξεργασία στοιχείων - Εξαγωγή συμπερασμάτων

Σε κάθε μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής χρειάζεται να γίνουν ορισμένες υποθέσεις και παραδοχές προκειμένου να ξεπεραστούν κάποια προβλήματα όπως έλλειψη επαρκών στοιχείων, χρονικοί περιορισμοί και περιορισμοί λόγω κόστους, σημαντικές διαφορές στην τεχνολογία κλπ. Με τον τρόπο αυτό, διευκολύνεται η επεξεργασία των στοιχείων και επιτρέπεται η περαιτέρω εξαγωγή συμπερασμάτων. Όμως, πέραν του ότι όλες αυτές οι παραδοχές πρέπει να αναφέρονται ρητά, πολλές φορές χρειάζεται να περιλαμβάνεται και ανάλυση ευαισθησίας ποσοτική ή ποιοτική [69], [80]. Σκοπός της ανάλυσης αυτής είναι να εντοπισθούν, αρχικά, οι μεταβλητές εκείνες οι οποίες παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από αυτή την άποψη (π.χ. ενεργειακά μεγέθη, υφιστάμενες τεχνολογίες, μέγιστες δυναμικότητες μηχανημάτων, ηλικία εξοπλισμού κλπ) και στη συνέχεια να υποστούν ανάλυση ευαισθησίας. Κατά την ανάλυση αυτή εξετάζονται και διαπιστώνονται οι επιπτώσεις στα αποτελέσματα από τις ενδεχόμενες μεταβολές των μεγεθών που ελέγχονται [128], [510], [511].

Συγκεκριμένα, κατά την ανάλυση ευαισθησίας εξετάζεται το μέγεθος της *ελαστικότητας* δηλαδή η σχετική μεταβολή του αποτελέσματος σε συνάρτηση με την μεταβολή των δεδομένων, το οποίο ορίζεται ως εξής [115], [128] :

$$Q_{\text{ελαστ.}} = [\text{Σχετική μεταβολή αποτελέσματος}] / [\text{Σχετική μεταβολή δεδομένων}]$$

δηλαδή

**Q<sub>ελαστ.</sub> = [Διαφορά αποτελέσματος / αποτέλεσμα] x [Δεδομένο / διαφορά δεδομένου]**

Ένα από τα σημεία, κατά τη φάση της επεξεργασίας των δεδομένων, στο οποίο υπάρχουν περιθώρια για υποθέσεις και παραδοχές είναι ό,τι έχει σχέση με τα στερεά απορρίμματα. Συγκεκριμένα, όπως ήδη αναφέρθηκε, όλα τα προϊόντα τελικά μετατρέπονται σε απορρίμματα για τα οποία διεθνώς ακολουθούνται δύο κυρίως λύσεις : η ταφή σε ειδικούς χώρους (χωματερές κλπ) και η αποτέφρωση σε κατάλληλες μοναδες. Στις μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής γίνεται συνήθως η υπόθεση ότι ένα ποσοστό των απορριμμάτων θάβεται και ένα άλλο αποτεφρώνεται. Το μέγεθος του ποσοστού αυτού έχει να κάνει με τις σχετικές καταστάσεις που επικρατούν στο συγκεκριμένο κράτος ή περιοχή. Σε ότι αφορά την ταφή, λαμβάνεται υπόψη μόνο η ποσότητα των απορριμμάτων και όχι η ποιότητα τους ενώ σε ότι αφορά την αποτέφρωση, όταν συνοδεύεται από ανάκτηση ενέργειας, λαμβάνεται μεν υπόψη η ανακτώμενη ενέργεια όχι όμως πάντοτε και η επακόλουθη ρύπανση του περιβάλλοντος από την δραστηριότητα αυτή [16].

Αλλά και στην περίπτωση ακόμα, που θέλει κανείς να λάβει υπόψη του τις εκπομπές των αέριων ρύπων που προκύπτουν από την αποτέφρωση των απορριμμάτων, τότε έχει να αντιμετωπίσει ένα άλλο ζήτημα. Το ζήτημα αυτό συνίσταται στο να καταφέρει να κατανείμει δίκαια τους εκπεμπόμενους ρύπους στα διάφορα απορρίμματα. Αν αυτό γίνει με τον απλούστερο τρόπο, λαμβάνοντας δηλαδή ως βάση την μάζα των απορριμμάτων, τότε είναι πιθανόν να προκύψουν αναληθή αποτελέσματα. Μπορεί, για παράδειγμα, πλαστική φιάλη από καθαρό πολυαιθυλένιο να χρεώνεται, σε αυτήν την φάση της ζωής της, με αέριες εκπομπές που δεν είναι δυνατόν να προέρχονται από την δική της καύση. Ορθότερο σε τέτοιες περιπτώσεις είναι, να προσδιορίζονται εκ των προτέρων οι αναμενόμενες εκπομπές με βάση τα φυσικά χαρακτηριστικά του προϊόντος και στη συνέχεια να γίνεται κανονικά η κατανομή, των αναμενόμενων μόνο εκπομπών, με βάση τη μάζα [18].

Ένα άλλο πρόβλημα που μπορεί να προκύψει σχετικά με τα απορρίμματα αφορά στην "ανακύκλωση ανοικτού κυκλώματος" που αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο. Το πρόβλημα έγκειται στο να αποφασισθεί που θα χρεωθεί η δραστηριότητα αυτή της ανακύκλωσης με τα συνεπακόλουθα περιβαλλοντικά φορτία : Στο προϊόν που προηγήθηκε αυτής, με το σκεπτικό ότι αφορά στην διαχείριση των απορριμμάτων του ή στο προϊόν που ακολουθεί, με το σκεπτικό ότι αφορά στην επεξεργασία της πρώτης ύλης του ; Συνήθως επιλέγεται η κατανομή 50 – 50 χωρίς όμως να αγνοούνται και άλλες πιο σύνθετες προσεγγίσεις όπως για παράδειγμα να θεωρηθεί το ανακυκλωμένο προϊόν ως παραπροϊόν κλπ [18], [77].

Στη συνέχεια τα αποτελέσματα των αναλύσεων κύκλου ζωής και κυρίως τα σχετικά με απόβλητα, ρύπους κλπ. ομαδοποιούνται. Αυτή η

ομαδοποίηση και ταξινόμηση γίνεται με βάση τις συνέπειες που προκαλούν στο περιβάλλον όπως για παράδειγμα αέρια που συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καρκινογόνες ουσίες, τοξικά απόβλητα κλπ. Με τον τρόπο αυτό είναι πιο εύκολο να εξεταστεί η συμβολή κάθε δραστηριότητας σε συγκεκριμένα περιβαλλοντικά προβλήματα [69].

### Πίνακας 2.8.3.1 : Συνοπτική ανακεφαλαίωση των κυριότερων προϋποθέσεων για την ορθή εφαρμογή της μεθόδου ΑΚΖ

1	Αρχικά απαιτείται ακριβής περιγραφή του συστήματος του προϊόντος που εξετάζεται.
2	Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται στοιχεία από προηγούμενες μελέτες πρέπει αυτό να αναφέρεται. Επίσης πρέπει να εκτιμάται κάθε πιθανή επίδραση του γεγονότος αυτού στα αποτελέσματα.
3	Είναι απαραίτητος ο καθορισμός της μονάδας του προϊόντος με βάση την οποία θα γίνει η ανάλυση και ενδεχομένως η σύγκριση.
4	Δεδομένου ότι οι τεχνολογικές καινοτομίες επηρεάζουν άμεσα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, πρέπει πάντοτε να χρησιμοποιούνται τα πιο πρόσφατα δεδομένα. Επίσης πρέπει να αναφέρεται το επίπεδο τεχνολογίας το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση (μέσο, υψηλότερο δυνατό κλπ).
5	Πρέπει η επιλογή των σταδίων του κύκλου ζωής του προϊόντος να είναι προσεκτική και σύμφωνη με την πραγματική κατάσταση, ώστε να αποφεύγονται εσφαλμένα αποτελέσματα.
6	Πρέπει να σημειώνεται κάθε φορά η χρήση συγκεκριμένων συστημάτων διαχείρισης απορριμμάτων. Επιπλέον πρέπει να αποφεύγεται η μεταφορά σχετικών δεδομένων από μία χώρα σε άλλη διότι υπάρχουν σοβαρές διαφορές στην δομή των συστημάτων αυτών.
7	Οι παραδοχές γύρω από τα ενεργειακά συστήματα πρέπει να γίνονται με μεγάλη προσοχή διότι επηρεάζουν έντονα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
8	Ο κατάλογος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που αναλύονται πρέπει συνεχώς να ανανεώνεται και να εμπλουτίζεται προκειμένου να είναι σύμφωνος με τα περιβαλλοντικά προβλήματα που υπάρχουν τη δεδομένη χρονική στιγμή.
9	Πρέπει πάντοτε να λαμβάνεται υπόψη η χρονική υστέρηση που υπάρχει ανάμεσα στην συνειδητοποίηση των νέων προβλημάτων και την διαθεσιμότητα των σχετικών πληροφοριών η οποία έχει ως αποτέλεσμα την υποεκτίμηση των προβλημάτων αυτών.



## 2.9. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Οι μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής μπορούν, αναμφίβολα, να παίξουν πολύ σημαντικό ρόλο στην βιομηχανία και γενικά στην προσπάθεια του ανθρώπου για μια πιο ορθολογιστική και σωστή διαχείριση του περιβάλλοντος. Η ΑΚΖ είναι ένα πολύ αποτελεσματικό όργανο ανάπτυξης περιβαλλοντικής πολιτικής, εφόσον, βέβαια, χρησιμοποιηθεί σωστά [2], [9]. Είναι ένα αντικειμενικό εργαλείο που βασίζεται στην επιστήμη και το οποίο παίζει το ρόλο του συνδέσμου μεταξύ επιχειρήσεων, αρχών, πολιτών και οποιουδήποτε άλλου φορέα ο οποίος εμπλέκεται στη διαχείριση του περιβάλλοντος [18], [168].

Προκειμένου, όμως, να αξιοποιηθεί όσο το δυνατόν καλύτερα το εργαλείο αυτό, απαιτείται η σωστή χρησιμοποίηση του. Ένα από τα πιο συχνά προβλήματα είναι η κακή ερμηνεία των αποτελεσμάτων της φάσης της καταγραφής κύκλου ζωής. Οι συνηθέστερες αιτίες αυτού του προβλήματος είναι οι ακόλουθες :

- Τα αποτελέσματα ερμηνεύονται και αξιολογούνται από πρόσωπα και φορείς μη ενδεδειγμένους και εξοικιωμένους με το αντικείμενο.
- Συχνά χρησιμοποιούνται μεμονωμένα τμήματα των αποτελεσμάτων και όχι τα πλήρη αποτελέσματα.
- Οι χρήστες των αποτελεσμάτων δέχονται σε αυτά ακρίβεια πολύ μεγαλύτερη από αυτή που επιτρέπει η ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν.
- Αποτελέσματα με βάση εθνικά και διεθνή δεδομένα χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή τοπικών και εξειδικευμένων συμπερασμάτων [69].

Πολύ σημαντικό ζήτημα, εξάλλου, στη σωστή αξιοποίηση της μεθόδου είναι και η ύπαρξη ομοιογένειας και ομοιομορφίας στη χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία. Ωστόσο, όπως ήδη αναφέρθηκε, κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει στην πραγματικότητα καθώς παρατηρείται ανομοιομορφη ανάπτυξη της μεθόδου. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, για παράδειγμα, υπάρχουν χώρες όπως η Γερμανία και η Ολλανδία οι οποίες είναι πρωτοπόρες στην ΑΚΖ, άλλες που ακολουθούν όπως η Βρετανία, η Δανία, η Ιταλία και η Ισπανία και άλλες όπως η Πορτογαλία, η Ελλάδα και η Ιρλανδία οι οποίες δεν φαίνεται να έχουν ασχοληθεί μέχρι σήμερα συστηματικά με το θέμα. Αλλά ακόμα και στις προηγμένες σχετικά χώρες η ανομοιογένεια είναι μεγάλη : σύγχυση στην ορολογία, πολλές μεθοδολογίες, αβεβαιότητα για τα δεδομένα κ.ο.κ. Επομένως, η εναρμόνιση

των τεχνικών ανάλυσης κύκλου ζωής είναι απαραίτητη προκειμένου η μέθοδος αυτή να αξιοποιηθεί σωστά [40].

Μεγάλη σημασία στην ορθή χρήση των αποτελεσμάτων ΑΚΖ έχει επίσης και ο τρόπος με τον οποίο κοινοποιούνται τα αποτελέσματα αυτά. Συνήθως η πράξη αυτή αποτελεί ευθύνη του φορέα που ανέπτυξε την μελέτη, ο οποίος, για το λόγο αυτό, πρέπει να φροντίζει ιδιαίτερα για τα παρακάτω :

- ♦ Κάθε υπόθεση και παραδοχή η οποία έγινε κατά την ανάπτυξη της ανάλυσης καθώς επίσης και κάθε περιορισμός ή όριο που ετέθη για οποιονδήποτε λόγο, πρέπει να αναφέρεται σαφώς.
- ♦ Εφόσον η ανάλυση περιλαμβάνει μόνο το στάδιο της καταγραφής, όπως συνήθως γίνεται, πρέπει αυτό να τονίζεται. Επίσης, πρέπει να αναφέρεται ότι για να είναι πλήρης η μελέτη χρειάζονται επιπλέον τα στάδια της ανάλυσης επιπτώσεων και της ανάλυσης βελτιώσεων κύκλου ζωής. Η παράλειψη των σταδίων αυτών, όμως, αφήνει μεγαλύτερα περιθώρια για παρερμηνείες των αποτελεσμάτων και για αυθαίρετα συμπεράσματα.
- ♦ Μαζί με τα αποτελέσματα πρέπει να δίνονται και όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την ανάλυση κύκλου ζωής προκειμένου να επιτυγχάνεται έτσι μια έμμεση εξοικίωση της κοινής γνώμης στο αντικείμενο αυτό.
- ♦ Η δυνατότητα παρακολούθησης και καταγραφής της αντίδρασης μέρους της κοινής γνώμης στις μελέτες ΑΚΖ ενδεχομένως να οδηγήσει σε χρήσιμα συμπεράσματα για τον τρόπο με τον οποίο ερμηνεύονται οι μελέτες αυτές και για τις παρεξηγήσεις που συνήθως γίνονται [69].

Πάντως, παρά την ύπαρξη των παραπάνω προβλημάτων τα οποία καταδεικνύουν και την ανάγκη για περισσότερη έρευνα σε πολλά ζητήματα, η χρήση των αποτελεσμάτων μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής είναι αρκετά διαδεδομένη. Οι πιο συνηθισμένες εφαρμογές τους είναι οι ακόλουθες [18] :

- *Επιχειρησιακή στρατηγική και κρατική πολιτική* : στην περίπτωση αυτή η ΑΚΖ χρησιμοποιείται για την δημιουργία στρατηγικού σχεδιασμού όπως είναι η ανάπτυξη ενεργειακής πολιτικής, στρατηγικών διαχείρισης των απορριμμάτων, στρατηγικών ανακύκλωσης, καθώς και η τοποθέτηση μιας επιχείρησης σε σχέση με τις μελλοντικές περιβαλλοντικές ανάγκες.
- *Σύγκριση προϊόντων* : η σύγκριση προϊόντων είναι από τις πρώτες εφαρμογές της ανάλυσης κύκλου ζωής. Βέβαια, επειδή η σύγκριση γίνεται συνήθως ανάμεσα σε προϊόντα διαφορετικών εταιρειών, αυτό εμπεριέχει τον κίνδυνο η πλευρά που μειονεκτεί να ασκεί κριτική στην μεθοδολογία. Ένα άλλο ζήτημα είναι η επίτευξη καλύτερης συνεργασίας

μεταξύ των ερευνητικών ομάδων που επιχειρούν αυτές τις συγκρίσεις. Συγκεκριμένα, από την μία υπάρχουν οι διάφοροι φορείς ανά τον κόσμο (στην Ευρωπαϊκή Ένωση, στις Ηνωμένες Πολιτείες, στον Καναδά και αλλού) που εργάζονται για την ανάπτυξη του οικολογικού σήματος το οποίο θα διευκολύνει την άμεση περιβαλλοντική αξιολόγηση και σύγκριση των προϊόντων και από την άλλη οι ερευνητικές ομάδες που ασχολούνται αποκλειστικά με την ανάλυση κύκλου ζωής και οι οποίες εργάζονται για την ανάπτυξη της ΑΚΖ σε επιστημονική βάση. Το ζητούμενο είναι οι δύο αυτές επιστημονικές κοινότητες να μπορέσουν να συγχρονισθούν και να συνεργασθούν ώστε, τόσο τα αποτελέσματα της πρώτης ομάδας να είναι αξιόπιστα και άρα να μπορούν να αναγνωρισθούν από επίσημους φορείς, όσο και οι προσπάθειες της δεύτερης ομάδας να αξιοποιηθούν καλύτερα.

- *Σχεδιασμός προϊόντων* : η περίπτωση αυτή είναι πιο απλή από την προηγούμενη καθώς εμπλέκεται ένας μόνο ενδιαφερόμενος ενώ δεν υπάρχει και το πρόβλημα της μυστικότητας των απαραίτητων, προς συλλογή, στοιχείων. Βέβαια το πρόβλημα της πολυπλοκότητας παραμένει καθώς η συλλογή στοιχείων σε διάφορους χώρους της οικονομίας είναι δύσκολη [18].

Ανεξάρτητα, πάντως, από τις όποιες δυσκολίες υπάρχουν, ο ρόλος της ανάλυσης κύκλου ζωής στη σύγχρονη σχεδίαση των προϊόντων είναι πολύ σημαντικός. Ο ρόλος αυτός γίνεται ακόμα πιο σπουδαίος λόγω της σημασίας που έχει η σχεδίαση στη ζωή ενός προϊόντος. Έτσι, αν και το κόστος της φάσης της σχεδίασης δεν ξεπερνά το 5 % του κόστους του προϊόντος, ωστόσο ένα 70 - 80 % του συνολικού κόστους ολόκληρου του κύκλου ζωής του (πρώτες ύλες, παραγωγή, διανομή, συντήρηση κλπ) καθορίζεται άμεσα από τη σχεδίαση του. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι η εμφάνιση και ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια της έννοιας της *περιβαλλοντικής* ή *"πράσινης"* *σχεδίασης*. Η φιλοσοφία αυτής της σχεδιαστικής προσέγγισης και πρακτικής είναι η σχεδίαση προϊόντων τα οποία δεν θα είναι απλώς ανακυκλώσιμα αλλά θα παρουσιάζουν μια καθολική περιβαλλοντική υπεροχή συνδυάζοντας τόσο οικολογική συμβατότητα όσο και εμπορική βιωσιμότητα. Στην πραγματοποίηση αυτών των στόχων καθοριστικός είναι ο ρόλος της ανάλυσης κύκλου ζωής καθώς μπορεί να εγγυηθεί συνολική περιβαλλοντική απόδοση, δηλαδή σε κάθε στάδιο της ζωής των προϊόντων [192], [503], [504], [505].

Σε ότι αφορά στην αξιοποίηση των μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής, διαπιστώνεται ότι, αναλόγως του φορέα ο οποίος εκπονεί (είτε άμεσα είτε έμμεσα) τις μελέτες αυτές αντίστοιχος είναι και ο τρόπος αξιοποίησής τους. Έτσι, διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις :

- α. *Μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής για Ιδιωτικές Επιχειρήσεις* : στη περίπτωση αυτή μελέτες ΑΚΖ χρησιμοποιούνται είτε *αμυντικά* με σκοπό να αντιστρέψουν, για παράδειγμα, αρνητικές περιβαλλοντικές

εικόνες για τα προϊόντα τους, είτε *επιθετικά* (εντός και εκτός επιχείρησης) με στόχο κάποιον από τους παρακάτω [40], [178]:

ο Εσωτερική Χρήση

- Να διαπιστώσουν περιβαλλοντική αδυναμία των προϊόντων τους και των διεργασιών τους.
- Να ενσωματώσουν την περιβαλλοντική διάσταση στην ανάπτυξη των προϊόντων τους.
- Να προβλέψουν με επιτυχία την θέση της επιχείρησης σε μελλοντικές περιβαλλοντικές πολιτικές και να προετοιμαστούν κατάλληλα.
- Να καταστρώσουν μακροπρόθεσμα προγράμματα και σχέδια περιβαλλοντικής στρατηγικής.
- Να αναπτύξουν βάσεις δεδομένων σε θέματα που τους αφορούν.
- Να συγκρίνουν και να αξιολογήσουν εναλλακτικές προτάσεις και λύσεις στα προβλήματα τους.

ο Εξωτερική Χρήση

- Να επιτύχουν τα προϊόντα τους συγκριτικά πλεονεκτήματα έναντι των αντίστοιχων ανταγωνιστικών.
- Να δείξουν σε κοινό και πελάτες υπεύθυνη περιβαλλοντική συμπεριφορά.
- Να οργανώσουν περιβαλλοντικά εκπαιδευτικά προγράμματα στο προσωπικό τους, τους πελάτες τους και τους προμηθευτές τους.

β. *Μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής για Δημόσιους Φορείς* : Αν και μέχρι σήμερα οι δημόσιοι φορείς χρησιμοποιούσαν μελέτες ΑΚΖ κυρίως σε εξαιρετικές περιπτώσεις (π.χ. ενεργειακή κρίση), εντούτοις τα αποτελέσματά τους μπορούν να αξιοποιηθούν και για τους εξής σκοπούς :

- Ταξινόμηση περιβαλλοντικών προβλημάτων.
- Πληροφόρηση της κοινής γνώμης σχετικά με επιπτώσεις στο περιβάλλον διαφόρων δραστηριοτήτων.
- Τυποποίηση και διαφάνεια στον τρόπο επιλογής των προϊόντων που λαμβάνουν οικολογικό σήμα.
- Διαπίστωση κενών στην επιστημονική γνώση.

- Πληροφόρηση γύρω από τις επεμβάσεις και τις τροποποιήσεις στα υφιστάμενα όργανα περιβαλλοντικής πολιτικής [40], [178].

Όλα τα παραπάνω, ασφαλώς, είναι θετικά για την ζωή μας, την οικονομία, το περιβάλλον την κοινωνία κλπ. Προϋποθέτουν, ωστόσο, κάτι πολύ απλό : τα αποτελέσματα των μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής να λαμβάνονται υπόψη από τους αρμόδιους φορείς και οι προτάσεις τους να εφαρμόζονται [2]. Και όχι μόνο αυτό αλλά πρέπει ταυτοχρόνως να επιχειρείται μια *προσέγγιση δράσης* και όχι *αντίδρασης*. Με άλλα λόγια πρέπει οι μελέτες AKZ να στοχεύουν στο να προλαμβάνουν τα προβλήματα πριν αυτά δημιουργηθούν και όχι να τα περιορίζουν εκ των υστέρων. Μόνο τότε η μέθοδος θα έχει αξιοποιηθεί σωστά και θα έχει εξαντλήσει τα μεγάλα της πλεονεκτήματα. Βέβαια, εδώ τίθεται το ζήτημα από ποιούς πρέπει να υιοθετηθούν τα αποτελέσματα της AKZ, ποιοι είναι, δηλαδή, οι "αρμόδιοι φορείς" ; Η απάντηση είναι : ο καθένας που εμπλέκεται στο περιβαλλοντικό πρόβλημα. Η βιομηχανία, το κράτος αλλά και οι καταναλωτές [5].

Σε ότι αφορά στη βιομηχανία και στις σχέσεις της με την ανάλυση κύκλου ζωής, μία έρευνα στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής μεταξύ επιχειρήσεων από τον χώρο της βιομηχανίας χημικών, πλαστικών, χαρτιού, ηλεκτρονικών υπολογιστών, λοιπών ηλεκτρονικών και καταναλωτικών προϊόντων κατέδειξε συνοπτικά τα εξής [184] :

- 23 % των επιχειρήσεων που ρωτήθηκαν χρησιμοποιούν ήδη μελέτες AKZ κάποιας μορφής, 23 % βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης τέτοιων μελετών, 27 % σκέπτονται να ασχοληθούν με αυτές, 23 % δεν δραστηριοποιούνται σχετικά ενώ 4 % σκέφτηκαν στο παρελθόν να ασχοληθούν χωρίς όμως συνέχεια.
- Όλες αυτές οι επιχειρήσεις ξεκίνησαν να ασχολούνται με την ανάλυση κύκλου ζωής μετά το 1989 και οι περισσότερες μετά το 1991.
- Οι μελέτες AKZ που ανέπτυξαν ή που πρόκειται να αναπτύξουν οι επιχειρήσεις που ρωτήθηκαν αφορούν τόσο σε νέα προϊόντα όσο και σε ήδη υφιστάμενα με στρατηγική κυρίως σημασία.
- Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες εξετάζονται αφορούν σχεδόν αποκλειστικά στην κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας καθώς και στην αποδέσμευση στερεών, υγρών και αέριων ρυπαντών.
- Χρησιμοποιούνται διάφορες μεθοδολογίες για την αξιολόγηση και εκτίμηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον τόσο ποσοτικές με βάση δείκτες κλπ όσο και υποκειμενικές με βάση εμπειρική κρίση κλπ.

Πάντως, από ότι διαφαίνεται μέχρι σήμερα, είναι ακόμα νωρίς για την οριστική κατάληξη σε μια μεθοδολογία ανάλυσης κύκλου ζωής. Άλλωστε, όπως η ανάπτυξη μιας τυποποιημένης μεθοδολογίας για άλλα

ζητήματα της οικονομίας κράτησε παραπάνω από μερικά χρόνια, κάτι τέτοιο δεν θα είναι απίθανο να συμβεί και στην περίπτωση της ΑΚΖ. Το ενδεχόμενο αυτό, εξάλλου, ενισχύεται και από το γεγονός ότι η λογιστική καταγραφή φυσικών πόρων είναι, γενικά, μια εξαιρετικά δύσκολη διαδικασία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η περίπτωση της πετρελαϊκής βιομηχανίας όπου η ύπαρξη πολλών διαφορετικών λογιστικών επιλογών δημιούργησε κατά το παρελθόν πολλά προβλήματα και καθυστερήσεις [63]. Συνεπώς, χρειάζεται ακόμα αρκετή έρευνητική προσπάθεια ώστε να καθοριστούν, να αποσαφηνιστούν και να τυποποιηθούν ζητήματα όπως :

- ◆ Οι κανόνες επιμερισμού και κατανομής των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- ◆ Τα επίπεδα αποδεκτής ποιότητας των χρησιμοποιούμενων στοιχείων και η ενδεχόμενη ανάπτυξη βάσεων δεδομένων οι οποίες θα προορίζονται ειδικά για τις μελέτες ΑΚΖ [129], [205].
- ◆ Η ενδεχόμενη ύπαρξη ενός συγκεκριμένου καταλόγου με πηγές αποβλήτων.
- ◆ Οι κανόνες σύγκρισης των προϊόντων και των διεργασιών (αρχή της συμμετρίας).
- ◆ Η μορφή των μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής ώστε τα αποτελέσματα να είναι αξιοποιήσιμα και συγκρίσιμα.
- ◆ Ο τρόπος με τον οποίο θα χρησιμοποιούνται ως δεδομένα οι μέσες τιμές της βιομηχανίας.
- ◆ Η ενσωμάτωση της ανάλυσης ευαισθησίας στις μελέτες ΑΚΖ.
- ◆ Η ορθή διαχείριση εισαγωγών και εξαγωγών.
- ◆ Ο τρόπος ενημέρωσης της κοινής γνώμης γύρω από τα αποτελέσματα των μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής [40], [69].

Επίσης, παράλληλα, χρειάζεται έρευνα προκειμένου να προσδιορισθούν τα μοντέλα ενέργειας, μεταφορών και διαχείρισης απορριμμάτων που ισχύουν σε κάθε χώρα δεδομένου ότι τα θέματα αυτά υπεισέρχονται σχεδόν σε κάθε μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής. Για τον λόγο αυτό έχουν προταθεί μια σειρά από ενέργειες οι οποίες συνοπτικά είναι οι παρακάτω :

- Οργάνωση εργασιών (ημερίδων, συνεδρίων κλπ) γύρω από την ανάλυση κύκλου ζωής.
- Ίδρυση ομίλων για την ανάλυση κύκλου ζωής.
- Εισαγωγή σήματος ανάλυσης κύκλου ζωής.

- Εγκαθίδρυση επισήμου φορέα ανάλυσης κύκλου ζωής.
- Κωδικοποίηση των κανόνων και των αρχών της ανάλυσης κύκλου ζωής και θεμελίωση ομοιόμορφης χρήσης της [40].

Μια τέτοια προσπάθεια, ωστόσο, παρουσιάζεται αρκετά δύσκολη, παρόλο που η άποψη των ερευνητών είναι ότι μια δεκαετία ίσως είναι αρκετή για την ολοκλήρωση της μεθοδολογίας [131]. Αυτό διότι οι διάφορες σκοπιμότητες που υπάρχουν πίσω από τις διαφορετικές προσεγγίσεις κάθε χώρας φαίνεται να είναι αρκετά σημαντικές για να επιτρέψουν, σύντομα, τυποποίηση της μεθόδου. Πάντως, δεν λείπουν και προσπάθειες προς αυτήν την κατεύθυνση επισήμων κρατικών φορέων όπως του Umweltbundesamt της Γερμανίας καθώς και ορισμένων διεθνών οργανισμών τυποποίησης [40], [49], [538].

## **2.10. ΔΙΕΥΡΥΜΕΝΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ**

Η ανάλυση κύκλου ζωής σχεδιάστηκε και αναπτύσσεται, όπως είδαμε, προκειμένου να αντιμετωπίσει τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα και να συντελέσει στην βελτίωση των προσφερομένων προϊόντων και υπηρεσιών από περιβαλλοντικής άποψης. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι όλοι πλέον συμφωνούν με αυτή την διαπίστωση, συνεχίζει να υφίσταται, παράλληλα, μια συζήτηση μεταξύ ορισμένων από τους εμπλεκόμενους φορείς σχετικά με το ποια επιπλέον θέματα θα μπορούσε ενδεχομένως να καλύπτει η μέθοδος [71]. Αν και η παρούσα διατριβή αναφέρεται στην κλασική εφαρμογή της ανάλυσης κύκλου ζωής ως όργανο διαχείρισης του περιβάλλοντος, για λόγους πληρότητας θα παρουσιαστούν στη συνέχεια συνοπτικά και οι άλλες προτεινόμενες εφαρμογές της.

Οι υποστηρικτές της άποψης ότι η ανάλυση κύκλου ζωής πρέπει να επεκταθεί και σε άλλους τομείς, προτείνουν την εφαρμογή της σε οικονομικά και κοινωνικά θέματα και όχι μόνο σε περιβαλλοντικά. Έτσι, στη Γερμανία αναπτύχθηκαν τέτοιου είδους αναλύσεις οι οποίες, όπως είδαμε, ονομάζονται "ανάλυση γραμμής προϊόντος" και οι οποίες διαφοροποιούνται από την περιβαλλοντική ανάλυση κύκλου ζωής. Με τον τρόπο αυτόν, υποστηρίζεται, θα είναι ορθότερη η λήψη αποφάσεων καθώς τα διάφορα περιβαλλοντικά ζητήματα θα αντιμετωπίζονται με την ευρύτερη τους διάσταση. Σημειώνεται, ωστόσο, ότι τα κοινωνικά και οικονομικά ζητήματα θα πρέπει να εξετάζονται τελευταία και όχι στα πρώτα στάδια της ανάλυσης κύκλου ζωής, ώστε να διατηρείται η διαφάνεια στις λαμβανόμενες αποφάσεις. Το βασικό πλεονέκτημα της διευρυμένης αυτής ανάλυσης είναι το γεγονός ότι ο προσδιορισμός του οικονομικού και κοινωνικού κόστους που συνεπάγεται κάθε περιβαλλοντική βελτίωση που προτείνεται από την μελέτη ΑΚΖ είναι εφικτός. Για παράδειγμα, η μεταφορά ενός εργοστασίου για περιβαλλοντικούς λόγους από μία τοποθεσία σε μία άλλη έχει τόσο οικονομικές όσο και κοινωνικές συνέπειες αφού μπορεί να δημιουργήσει, τοπικά, ανεργία κλπ. Οι συνέπειες αυτές προσδιορίζονται από την οικονομική και κοινωνική ανάλυση και κατόπιν λαμβάνονται οι σχετικές αποφάσεις [71].

Αυτού του τύπου οι μελέτες οι οποίες συναντώνται στη βιβλιογραφία με τη γενική ονομασία *αναλύσεις κύκλου ζωής προϊόντων*, υποδιαιρούνται σχεδόν πάντα στα εξής τρία τμήματα :

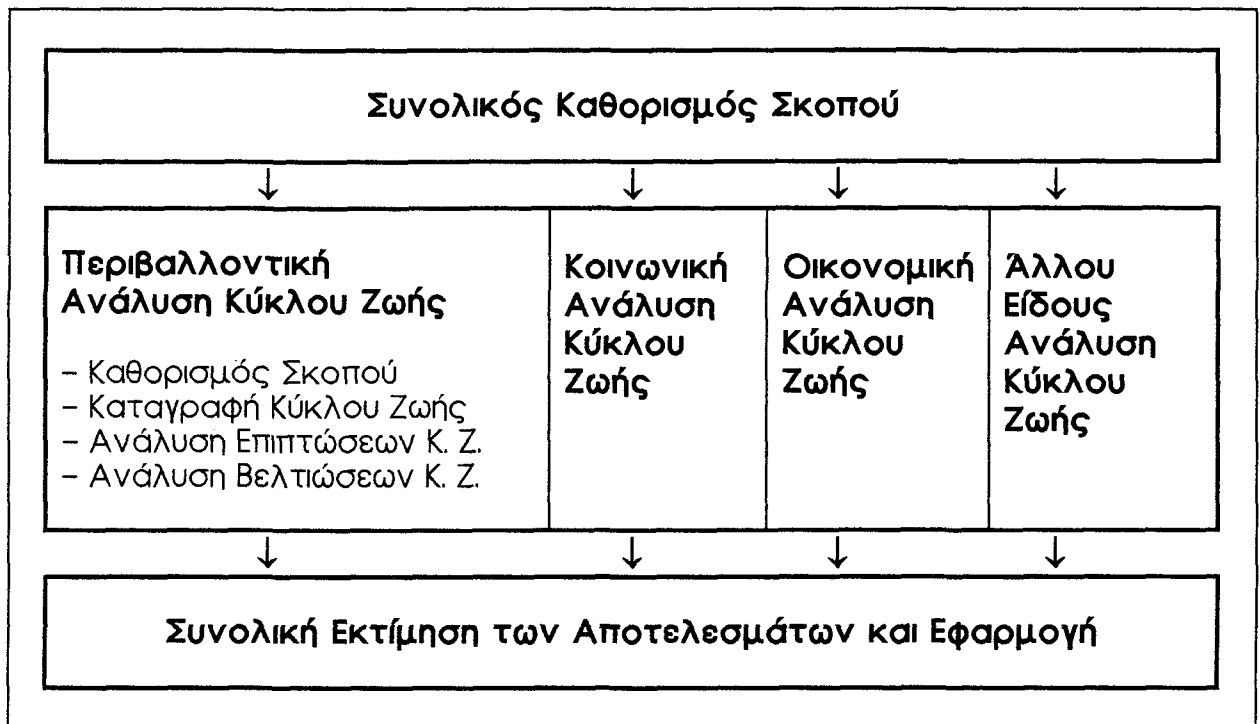
- a. Περιβαλλοντική ανάλυση κύκλου ζωής.



β. Οικονομική ή κοστολογική ανάλυση κύκλου ζωής.

γ. Κοινωνική αναλυση κύκλου ζωής.

Ορισμένοι ερευνητές προτείνουν να υπάρχει και ένα τέταρτο τμήμα τεχνικής ανάλυσης, η "τεχνική ανάλυση κύκλου ζωής". Ωστόσο, κάτι τέτοιο φαίνεται περιττό δεδομένου ότι τεχνικά θέματα υπεισέρχονται σε κάθε ένα από τα άλλα τρία τμήματα. Έτσι, η διευρυμένη ανάλυση κύκλου ζωής έχει την μορφή του παρακάτω διαγράμματος [71], [72], [130]:



**Διάγραμμα 2.10.1 : Διευρυμένη ανάλυση κύκλου ζωής**

Ενώ η κοινωνική ανάλυση κύκλου ζωής είναι συνήθως ποιοτική δεν συμβαίνει το ίδιο και με την οικονομική όπου γενικά επιχειρείται ποσοτική ανάλυση. Ο λόγος είναι προφανής καθώς τα προϊόντα πρέπει πρώτα απ' όλα να προσφέρονται σε ελκυστικές τιμές προκειμένου να είναι ανταγωνιστικά. Έτσι, παρά το γεγονός ότι αρκετές στρατηγικές μείωσης των περιβαλλοντικών φορτίων επιφέρουν ταυτοχρόνως και μείωση του πραγματικού συνολικού κόστους, είναι ενδεχόμενο να εμφανίζεται στη πράξη η αντίθετη κατάσταση ιδίως όταν αποτιμάται με τις παραδοσιακές λογιστικές μεθόδους. Αυτό συμβαίνει είτε διότι κάποια έξοδα διαστρεβλώνονται και παραποιούνται από την ίδια την μέθοδο που εφαρμόζεται, είτε διότι ορισμένα κόστη δεν λαμβάνονται υπόψη. Για παράδειγμα, το κόστος της τελικής διάθεσης των προϊόντων σπάνια συμπεριλαμβάνεται στην αρχική τιμή πώλησης. Αντιθέτως το κόστος αυτό βαρύνει έμμεσα όλο το κοινωνικό σύνολο μέσω των φόρων οι οποίοι επιβάλλονται για την υποστήριξη των δημοτικών υπηρεσιών κλπ. Συνεπώς, προκειμένου να εξαλειφθούν τα προβλήματα τα οποία παρουσιάζονται

όταν επιχειρείται η αποτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων και κόστους, είναι πιθανό να χρειάζεται τροποποίηση των παραδοσιακών λογιστικών μεθόδων. Μια τέτοια προσπάθεια είναι η *λογιστική κύκλου ζωής* [74], [189].

Η λογιστική κύκλου ζωής στοχεύει στο να ξεπεράσει τις τρεις σημαντικότερες αδυναμίες των περισσότερων παραδοσιακών λογιστικών μεθόδων οι οποίες είναι [74] :

- Οι υφιστάμενες δομές κοστολόγησης οι οποίες κατανέμουν στα προϊόντα γενικά έξοδα και περιβαλλοντικά φορτία αντί να φροντίζουν για την συλλογή τους ειδικά ανά προϊόν.
- Το απροσδιόριστο κόστος.
- Το εξωτερικό κόστος που συνήθως δημιουργείται από την κοινωνία (π.χ. το κόστος τελικής διάθεσης που αναφέρθηκε προηγουμένως).

Για την επίτευξη του στόχου αυτού εφαρμόζεται η *κοστολόγηση κύκλου ζωής*. Η κοστολόγηση κύκλου ζωής είναι η τεχνική εκείνη η οποία επιτρέπει την εκτίμηση του συνολικού κόστους ενός προϊόντος (το κόστος απόκτησης συν το κόστος κατοχής και λειτουργίας) καθώς συχνά το κόστος κατοχής ενός προϊόντος (π.χ. συντήρηση κλπ) ξεπερνά το κόστος απόκτησης του. Η κοστολόγηση κύκλου ζωής εφαρμόζεται κυρίως σε ακριβά βιομηχανικά προϊόντα όπως αεροσκάφη, στρατιωτικά συστήματα, αυτοκίνητα, πλοία, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, μηχανήματα, κτιριακές εγκαταστάσεις κλπ και συνήθως απαιτεί συνδυασμό αρχών της λογιστικής και των οικονομικών, της μηχανικής, του ελέγχου ποιότητας, της στατιστικής ανάλυσης, της διοίκησης παραγωγής κ.α. [73].

Η μεθοδολογία της λογιστικής κύκλου ζωής βασίζεται στις αρχές της *εκτίμησης ολικού κόστους* όπου χρησιμοποιούνται διευρυμένες χρονικές κλίμακες για να συμπεριλάβουν κάθε μελλοντικό κόστος ή όφελος. Οι σημαντικότερες υφιστάμενες μεθοδολογίες εκτίμησης ολικού κόστους είναι οι ακόλουθες [74], [210] :

- Financial Analysis of Waste Management Alternatives η οποία αναπτύχθηκε από την General Electric Corporation γνωστή και ως "GE Method"
- Pollution Prevention Benefits Manual η οποία αναπτύχθηκε για το U.S. Environmental Protection Agency γνωστή και ως "EPA Method"
- PRECOSIS η οποία αναπτύχθηκε από την George Beetle Company [210].



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΦΙΑΛΩΝ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

#### 3.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

3.1.1. Περιγραφή συστήματος

3.1.2. Ισοζύγιο μάζας συστήματος

3.1.3. Κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών –  
Παραγωγή αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων

#### 3.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

3.2.1. Βασικά στοιχεία συστήματος

3.2.2. Συλλογή στοιχείων ανά υποσύστημα

3.2.3. Επεξεργασία στοιχείων – Εξαγωγή αποτελεσμάτων

### **3.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ**

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η ανάλυση κύκλου ζωής (ΑΚΖ) είναι μία νέα μεθοδολογία της οποίας η χρήση δεν είναι ακόμα ιδιαίτερα διαδεδομένη. Μάλιστα, στην Ελλάδα, όπως και στις περισσότερες χώρες, δεν έχει ακόμα αναφερθεί εφαρμογή της όχι μόνο σχετικά με τη συσκευασία αλλά και για οποιοδήποτε προϊόν. Στη συνέχεια θα γίνει μία πρώτη τέτοια προσπάθεια και συγκεκριμένα θα αναπτυχθεί συγκριτική ανάλυση κύκλου ζωής ορισμένων προϊόντων συσκευασίας της ελληνικής αγοράς.

Τα προϊόντα συσκευασίας τα οποία θα αναλυθούν και θα συγκριθούν μεταξύ τους είναι *φιάλες νερού* από τα εξής υλικά :

- (1) γυαλί,
- (2) τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PolyEthylene Terephthalate – PET),
- (3) πολυβινυλοχλωρίδιο (PolyVinyl Chloride – PVC), και
- (4) πολυαιθυλένιο σκληρό (High Density PolyEthylene – HDPE).

Η επιλογή των παραπάνω υλικών συσκευασίας ως αντικείμενο της ΑΚΖ έγινε λόγω του μεγάλου ενδιαφέροντος που παρουσιάζει η σύγκριση τους καθώς αποτελούν εναλλακτικούς τρόπους συσκευασίας του ίδιου προϊόντος. Επιπλέον, το εμφιαλωμένο νερό είναι ένα ιδιαίτερα διαδεδομένο προϊόν στην Ελλάδα, κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, και συνεπώς η συσκευασία του συμμετέχει στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), υπάρχουν καταγεγραμμένες σήμερα περισσότερες από 800 πηγές νερού όλων των κατηγοριών από τις οποίες χρησιμοποιείται πάνω από το 40 %. Από αυτές, οι 150 περίπου χρησιμοποιούνται για πόση. Αυτός ο ιδιαίτερα μεγάλος αριθμός πηγών στην Ελλάδα οφείλεται στη γεωγραφική διαμόρφωση της χώρας μας η οποία ευνοεί την εμφάνισή τους. Μάλιστα, όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.1.1, η παραγωγή εμφιαλωμένου νερού τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει σημαντική αύξηση. Τα κυριότερα προϊόντα στην αντίστοιχη αγορά είναι τα εξής : “ΗΒΗ – Λουτράκι” της εταιρείας PEPSICO – ΗΒΗ με μερίδιο αγοράς 25 % περίπου, “ΑΥΡΑ” της ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΕΜΦΙΑΛΩΣΕΩΣ (3Ε) με μερίδιο αγοράς 20 % περίπου, “ΚΟΡΠΗ” της εταιρείας NESTLE με μερίδιο αγοράς 15 % περίπου και “ΙΟΛΗ” της εταιρείας ΑΘΗΝΑΪΚΗ ΖΥΘΟΠΟΙΙΑ με μερίδιο αγοράς 5 % περίπου. Η υπόλοιπη αγορά μοιράζεται σε ένα αρκετά μεγάλο αριθμό προϊόντων καθένα από τα οποία κυριαρχεί συνήθως ανά γεωγραφική περιοχή [525], [530].

Πίνακας 3.1.1 : Παραγωγή εμφιαλωμένου νερού στην Ελλάδα

Παραγωγή (ton)	1992	1993	1994	1995
Μη Ανθρακούχο Νερό	212391	274920	301305	330200
Ανθρακούχο Νερό	7248	11455	14195	15000

Πηγή [525]

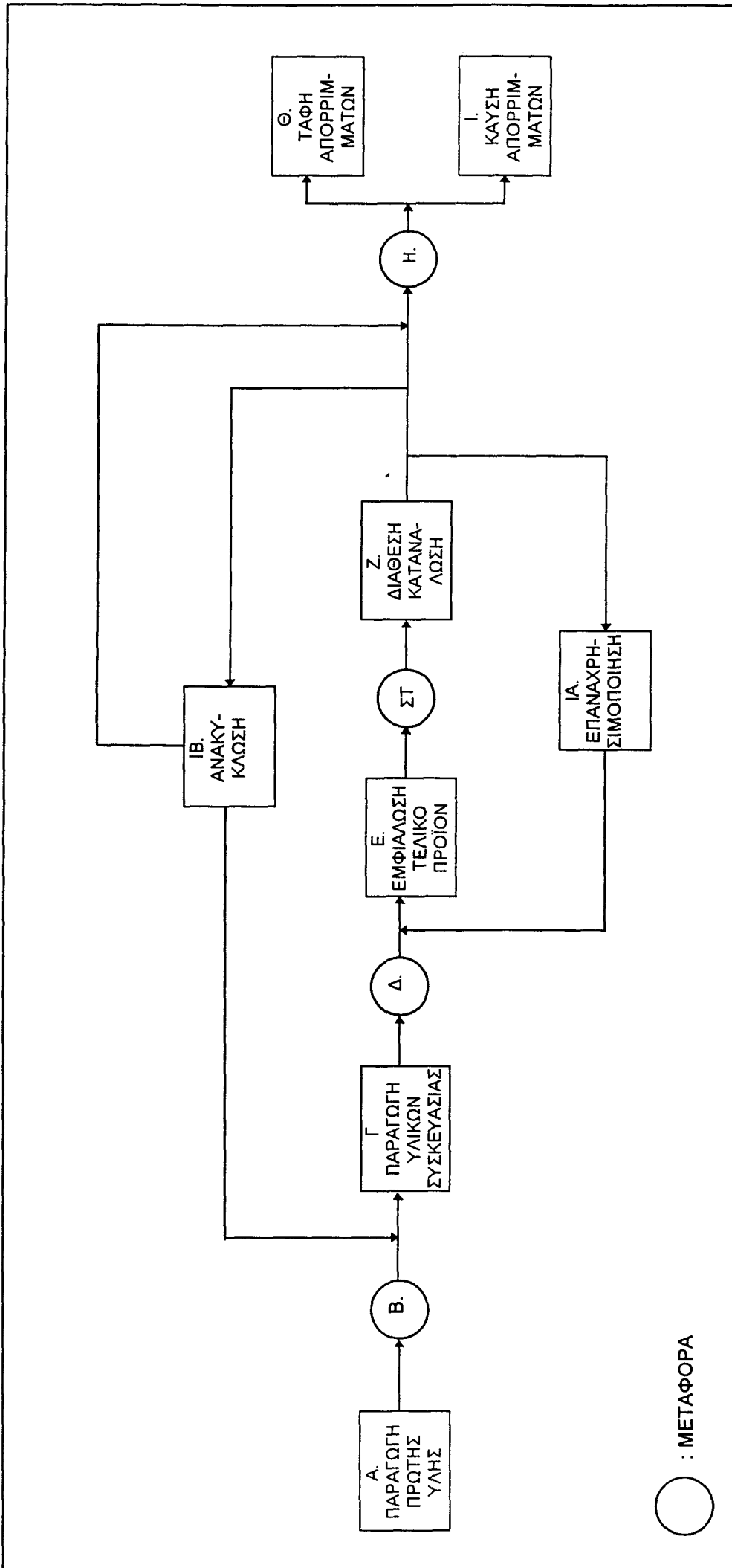
Το μεγαλύτερο μέρος του εμφιαλωμένου νερού διακινείται σε πλαστικές φιάλες οι οποίες τα τελευταία χρόνια υποκαθιστούν όλο και περισσότερο τις γυάλινες. Άλλωστε, οι γυάλινες φιάλες χρησιμοποιούνται κυρίως σε άλλα προϊόντα (αναψυκτικά, ποτά, μπύρα κλπ) και μόλις ένα μικρό ποσοστό αυτών (λιγότερο από 5 %) χρησιμοποιείται για το εμφιαλωμένο νερό. Οι πλαστικές φιάλες είναι κυρίως από PET και PVC ενώ το σκληρό πολυαιθυλένιο (HDPE) δεν φαίνεται να προτιμάται ίσως λόγω χαρακτηριστικών και κόστους [526], [527]. Στην Ελλάδα σήμερα, αναφέρονται δύο παραγωγοί γυάλινων φιαλών (η "ΓΙΟΥΛΑ ΥΑΛΟΥΡΓΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ Α.Ε." στην Αθήνα και η ΒΙΟΜ. ΥΑΛΟΥ - ΑΦΟΙ Ν. ΒΑΛΑΒΑΝΗ Α.Ε." στη Λάρισα) και 11 παραγωγοί πλαστικών φιαλών για αναψυκτικά και εμφιαλωμένο νερό (οι εταιρείες "ΑΒΕΣΠΟ Μ. & Γ. & Ι. ΜΠΙΤΣΑΝΗΣ Ο.Ε.", "ΑΡΒΑΝΙΤΗΣ Κ. Α.Ε.", "BLOW PACK Α.Β.&Ε.Ε.", "Ι.Β.Σ. ΒΙΟΤ. ΑΝΑΨΥΚΤΙΚΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ Α.Ε.", "ΠΕΤ-ΠΛΑΣΤ Α.Β.Ε.Ε.", "ΠΕΤ-ΠΛΑΣΤ ΕΛΛΑΣ Α.Β.Ε.Ε." και "ΠΛΑΣΥΣ Α.Β.Ε.Ε." με έδρα την Αθήνα, οι "ΚΡΗΤΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΜΦΙΑΛΩΣΕΩΣ Α.Ε." και "ΒΑΜΗΠΛΑΣΤ Β. & Μ. ΠΙΤΙΚΑΚΗΣ Ε.Π.Ε." στην Κρήτη, η "ΠΑΚΟ ΕΛΛΑΣ Α.Ε." στο Αίγιο και η "ΠΕΤ ΠΛΑΣΤΙΚΑ & ΕΙΔΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ Α.Β.Ε.Ε." στο Σχηματάρι Βοιωτίας) [528].

Με την παρούσα ανάλυση κύκλου ζωής επιχειρείται η καταγραφή, για κάθε ένα από τα συγκρινόμενα προϊόντα, των εξής στοιχείων :

- κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών, και
- παραγωγή αέριων εκπομπών, υγρών αποβλήτων και στερεών απορριμμάτων.

### 3.1.1. Περιγραφή συστήματος

Θεμελιώδης προϋπόθεση στις μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής είναι, όπως είδαμε, ο προσδιορισμός του συστήματος ο οποίος επιτυγχάνεται με τον σαφή καθορισμό των ορίων τα οποία διαχωρίζουν το περιβάλλον από το σύστημα του προϊόντος που εξετάζεται σε όλα τα στάδια της ζωής του [183]. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο κύκλος ζωής των φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς περιγράφεται από το σύστημα του διαγράμματος 3.1.1.1.



Διάγραμμα 3.1.1.1 : Σύστημα ΑΚΖ φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς

Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, ο κύκλος ζωής μιας φιάλης νερού ξεκινάει με την παραγωγή της πρώτης ύλης από την οποία παράγεται η φιάλη, στη συνέχεια αυτή η πρώτη ύλη μεταφέρεται σε ειδική μονάδα όπου μορφοποιείται και μετατρέπεται σε φιάλες. Οι φιάλες αυτές αφού μεταφερθούν στο σημείο πλήρωσης τους και γεμίσουν με νερό, μεταφέρονται στα σημεία διάθεσης τους προκειμένου να πουληθούν και να χρησιμοποιηθούν από τους καταναλωτές. Στη συνέχεια, ένα μέρος των φιαλών επιστρέφει στις μονάδες πλήρωσης όπου επαναπληρώνεται και επαναχρησιμοποιείται, ένα άλλο μέρος ανακυκλώνεται (ένα ποσοστό από αυτές χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή νέων φιαλών), ενώ το υπόλοιπο τμήμα των φιαλών καταλήγει στα αστικά απορρίμματα από όπου συλλέγεται και οδηγείται είτε σε χώρους ταφής είτε σε μονάδες αποτέφρωσης. Με άλλα λόγια, το σύστημα το οποίο επιλέχθηκε αποτελείται από δώδεκα υποσυστήματα τα οποία φαίνονται συγκεντρωμένα στον πίνακα 3.1.1.1. Βέβαια το σύστημα αυτό αποτελεί μία γενική περιγραφή της πραγματικότητας καθώς, ενδεχομένως, για ορισμένες φιάλες κάποιες δραστηριότητες ή τμήματα από αυτά τα υποσυστήματα (ασήμαντα πάντως) είτε παραλείπονται εντελώς είτε εμφανίζονται ενοποιημένα με άλλα.

**Πίνακας 3.1.1.1 : Υποσυστήματα ΑΚΖ φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς**

<b>A/A</b>	<b>ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ</b>
A.	Παραγωγή πρώτης ύλης (γυαλί, PET, PVC, HDPE)
B.	Μεταφορά πρώτης ύλης
Γ.	Παραγωγή υλικών συσκευασίας (φιάλες νερού)
Δ.	Μεταφορά υλικών συσκευασίας
E.	Παραγωγή τελικού προϊόντος (εμφιάλωση)
ΣΤ.	Μεταφορά τελικού προϊόντος (πλήρεις φιάλες νερού)
Z.	Διάθεση - κατανάλωση τελικού προϊόντος
H.	Συλλογή - μεταφορά αστικών απορριμμάτων
Θ.	Ταφή αστικών απορριμμάτων
I.	Αποτέφρωση (καύση) αστικών απορριμμάτων
ΙΑ.	Επαναχρησιμοποίηση (επαναπλήρωση) φιαλών
ΙΒ.	Ανακύκλωση φιαλών



Για το κάθε ένα από τα υποσυστήματα του πίνακα 3.1.1.1 (σύμφωνα και με όσα αναφέρονται αναλυτικά στα παραρτήματα Α και Β) θεωρείται ότι ισχύουν (εκτός εάν σημειώνεται διαφορετικά) συνοπτικά τα εξής :

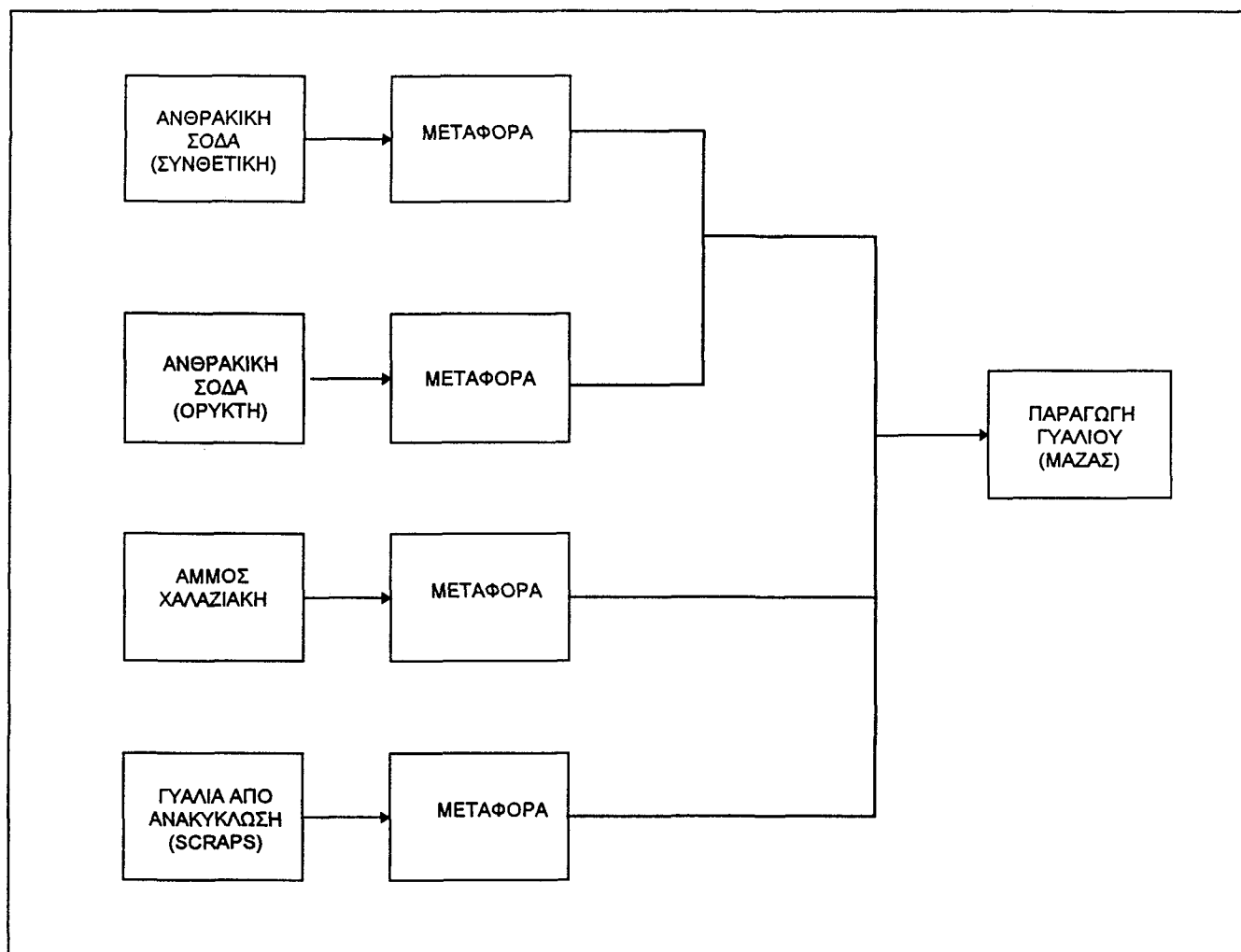
**Α. Παραγωγή πρώτης ύλης :** Το υποσύστημα αυτό αποτελείται από τις δραστηριότητες που απαιτούνται για την παραγωγή του υλικού από το οποίο φτιάχνονται οι φιάλες, δηλαδή του γυαλιού, του τереφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET), του πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) και του σκληρού πολυαιθυλενίου (HDPE). Συγκεκριμένα, περιλαμβάνονται όλες οι δραστηριότητες από την απόκτηση των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των υλικών αυτών και την επεξεργασία τους μέχρι την παραγωγή των υλικών τα οποία χρησιμοποιούνται, σε άλλο υποσύστημα, ως πρώτη ύλη για την παραγωγή των φιαλών. Ειδικότερα για κάθε ένα υλικό περιλαμβάνονται οι εξής δραστηριότητες [532] :

➤ *Γυαλί*

Για την παραγωγή του γυαλιού σε μορφή μάζας χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες ανθρακική σόδα (ορυκτή ή συνθετική), χαλαζιακή άμμος καθώς και υαλοτρίμματα (scrap), δηλαδή γυαλιά τα οποία προέρχονται από ανακύκλωση. Έτσι, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 3.1.1.2, οι δραστηριότητες οι οποίες συνθέτουν το συγκεκριμένο υποσύστημα σε αυτή την περίπτωση είναι η απόκτηση και επεξεργασία αυτών των πρώτων υλών, η μεταφορά τους στη μονάδα παραγωγής γυαλιού και η μετατροπή τους σε γυαλί.

➤ *Τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET)*

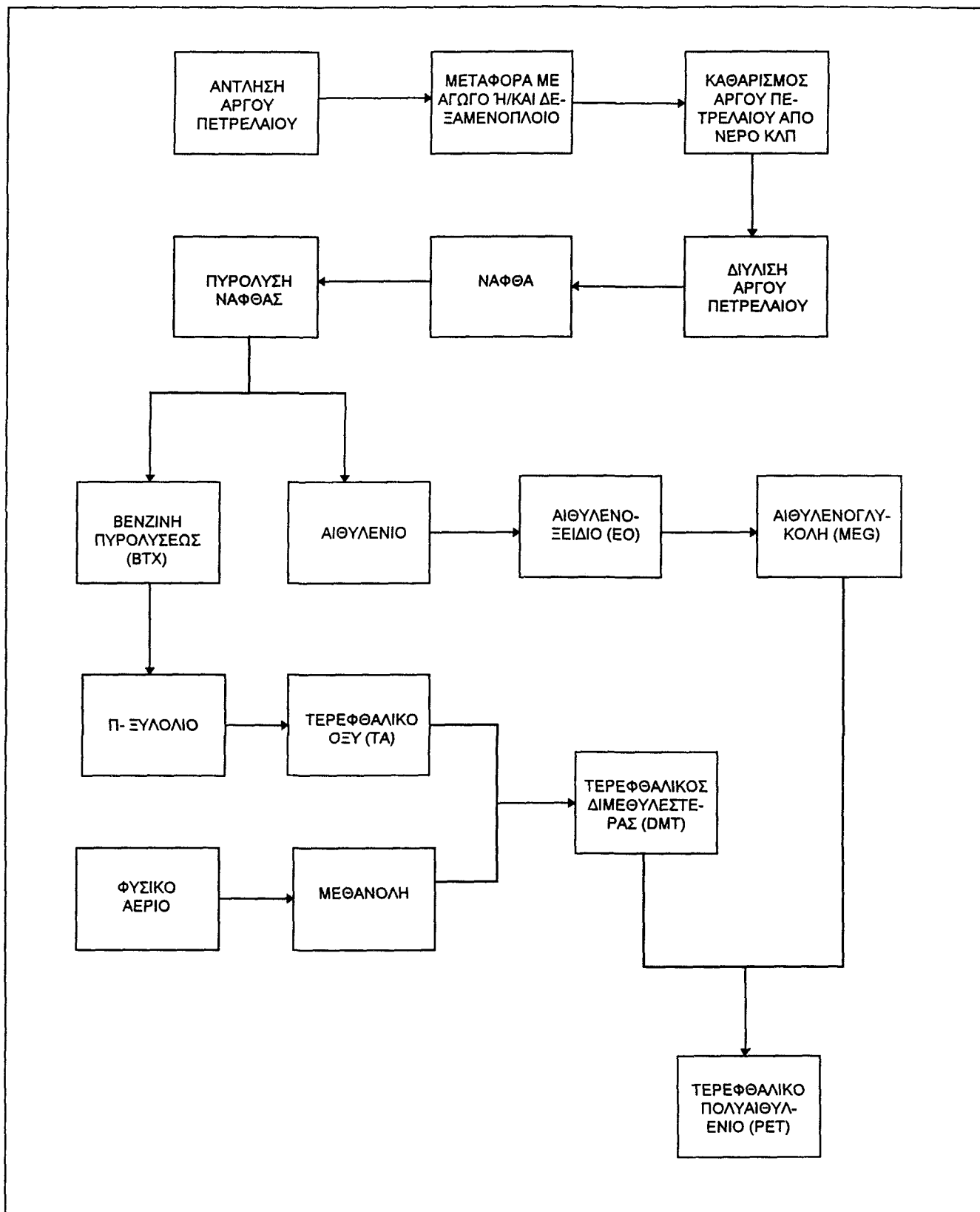
Η παραγωγή του τереφθαλικού πολυαιθυλενίου είναι, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 3.1.1.3, πιο σύνθετη καθώς παράγεται από την νάφθα η οποία είναι παράγωγο του πετρελαίου. Συγκεκριμένα, το αργό πετρέλαιο αφού αντληθεί από το υπέδαφος και μεταφερθεί μέσω αγωγού ή δεξαμενόπλοιου στο διυλιστήριο, καθαρίζεται από το νερό και τις άλλες προσμίξεις και κατόπιν διυλίζεται δίνοντας, μεταξύ άλλων, και νάφθα. Στη συνέχεια ακολουθεί πυρόλυση της νάφθας από την οποία προκύπτουν τόσο αιθυλένιο όσο και βενζίνη πυρολύσεως (BTX). Από τον μεν αιθυλένιο παράγεται, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, αιθυλενοξείδιο (EO) και στη συνέχεια αιθυλενογλυκόλη (MEG), από τη δε βενζίνη πυρολύσεως (BTX) παράγεται π-ξυλόλιο και στη συνέχεια τереφθαλικό οξύ. Το τελευταίο, σε συνδυασμό με μεθανόλη, δίνει τереφθαλικό διμεθυλεστέρα (DMT). Η μεθανόλη είναι συνήθως παράγωγο του φυσικού αερίου. Τέλος, από τον τереφθαλικό διμεθυλεστέρα (DMT) και την αιθυλενογλυκόλη (MEG) προκύπτει το τереφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET) το οποίο χρησιμοποιείται, σε επόμενο υποσύστημα, ως πρώτη ύλη για την παραγωγή φιαλών PET.



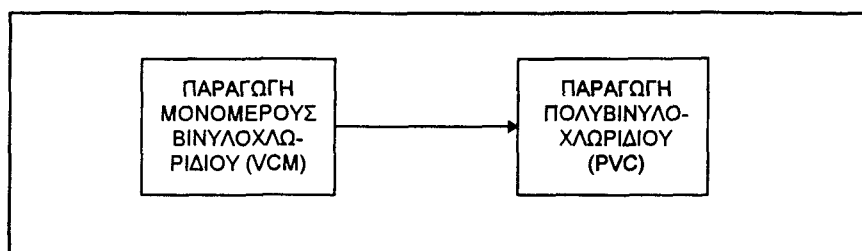
**Διάγραμμα 3.1.1.2 : Παραγωγή γυαλιού σε μορφή μάζας**

➤ *Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)*

Η παραγωγή του πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) χωρίζεται και εξετάζεται σε δύο διαδοχικά στάδια. Συγκεκριμένα, αρχικά μελετάται (διάγραμμα 3.1.1.4) η παραγωγή του μονομερούς βινυλοχλωριδίου (VCM) από το οποίο στη συνέχεια παράγεται το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC). Ο λόγος για τον οποίο γίνεται αυτός ο διαχωρισμός είναι διότι διευκολύνει τόσο στην ανάλυση όσο και στη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων ενώ, επιπλέον, δεν επηρεάζει αρνητικά την ακρίβεια και την ορθότητα των αποτελεσμάτων. Άλλωστε, ο παραπάνω διαχωρισμός του συγκεκριμένου υποσυστήματος σε αυτά τα δύο στάδια είναι σύμφωνος και με την πρόταση που αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, ότι δηλαδή *συχνά τα όρια ενός συστήματος, υποσυστήματος κλπ ταυτίζονται με κάποια "φυσικά όρια"* καθώς το κάθε ένα από τα δύο στάδια στην περίπτωση που εξετάζουμε περιλαμβάνει μία συγκεκριμένη, διακεκριμένη και αυθυπόστατη δραστηριότητα. Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι για την παραγωγή 1 kg πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) απαιτείται ο πολυμερισμός 1 kg μονομερούς βινυλοχλωριδίου (VCM) [104].



Διάγραμμα 3.1.1.3 : Παραγωγή τереφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET)



### Διάγραμμα 3.1.1.4 : Στάδια παραγωγής πολυβινοχλωριδίου (PVC)

- Παραγωγή μονομερούς βινυλοχλωριδίου (VCM)

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 3.1.1.5, το μονομερές βινυλοχλωριδίο (VCM) παράγεται από το διχλωριούχο αιθυλένιο (EDC) το οποίο με τη σειρά του προέρχεται από το χλώριο και το αιθυλένιο. Το χλώριο παράγεται από την ηλεκτρόλυση του άλατος το οποίο προέρχεται είτε από τη θάλασσα είτε από το αλατωρυχείο. Στην πρώτη περίπτωση το αλάτι μαζεύεται στις αλυκές και καθαρίζεται ενώ στη δεύτερη εξορύσσεται, μεταφέρεται και υφίσταται κατάλληλη επεξεργασία. Το αιθυλένιο προέρχεται από την πυρόλυση της νάφθας η οποία προκύπτει από την διύλιση του αργού πετρελαίου το οποίο προηγούμενως, αφού έχει αντληθεί από το υπέδαφος και μεταφερθεί στο διυλιστήριο, έχει καθαριστεί από το νερό και τις άλλες προσμίξεις.

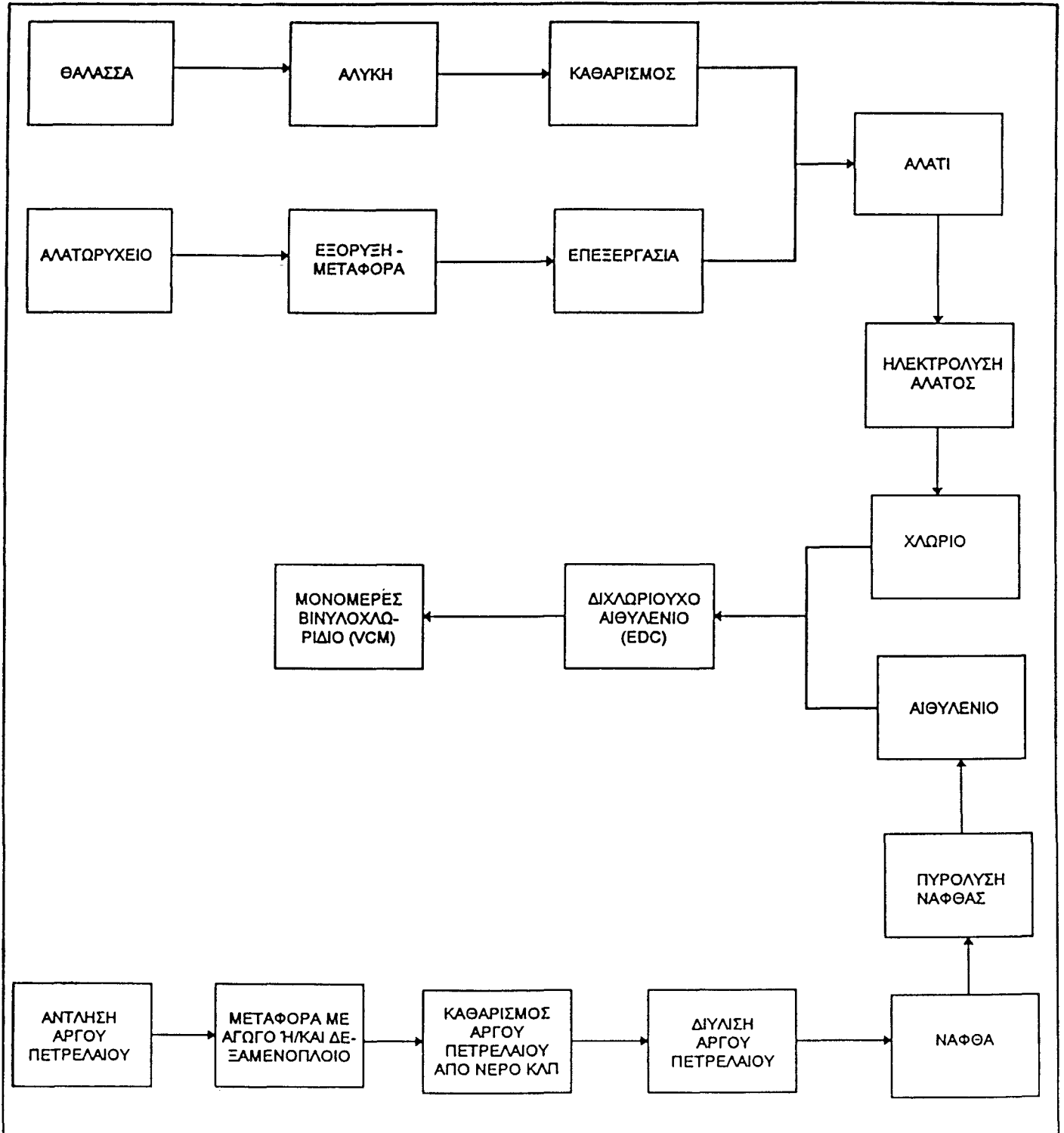
- Παραγωγή πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) από μονομερές βινυλοχλωριδίο (VCM)

Η παραγωγή του πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) από το μονομερές βινυλοχλωριδίο (VCM) επιτυγχάνεται (διάγραμμα 3.1.1.6) με τον πολυμερισμό του δεύτερου. Ο πολυμερισμός του VCM σε PVC, όπως βέβαια και των περισσότερων πολυμερών, μπορεί να είναι *αιωρήματος* (polymerization by suspension methods), *διαλύματος* (polymerization by solution methods) ή *γαλακτώματος* (polymerization by emulsion methods) [521], [522]. Στην παρούσα ΑΚΖ, πάντως, θεωρούμε ότι πραγματοποιείται με τον πρώτο τρόπο (αιωρήματος) ο οποίος, άλλωστε, είναι και από τους πιο διαδεδομένους. Στη συνέχεια, το PVC που προκύπτει από τη διαδικασία του πολυμερισμού υφίσταται επεξεργασία με χρησιμοποίηση διαφόρων προσθέτων όπως σταθεροποιητές, λιπαντικά, πλαστικοποιητές κλπ δίνοντας τελικά "Compound PVC" (μίγμα) του οποίου τα χαρακτηριστικά είναι βελτιωμένα επιτρέποντας τη χρήση του για την παραγωγή φιαλών [523].

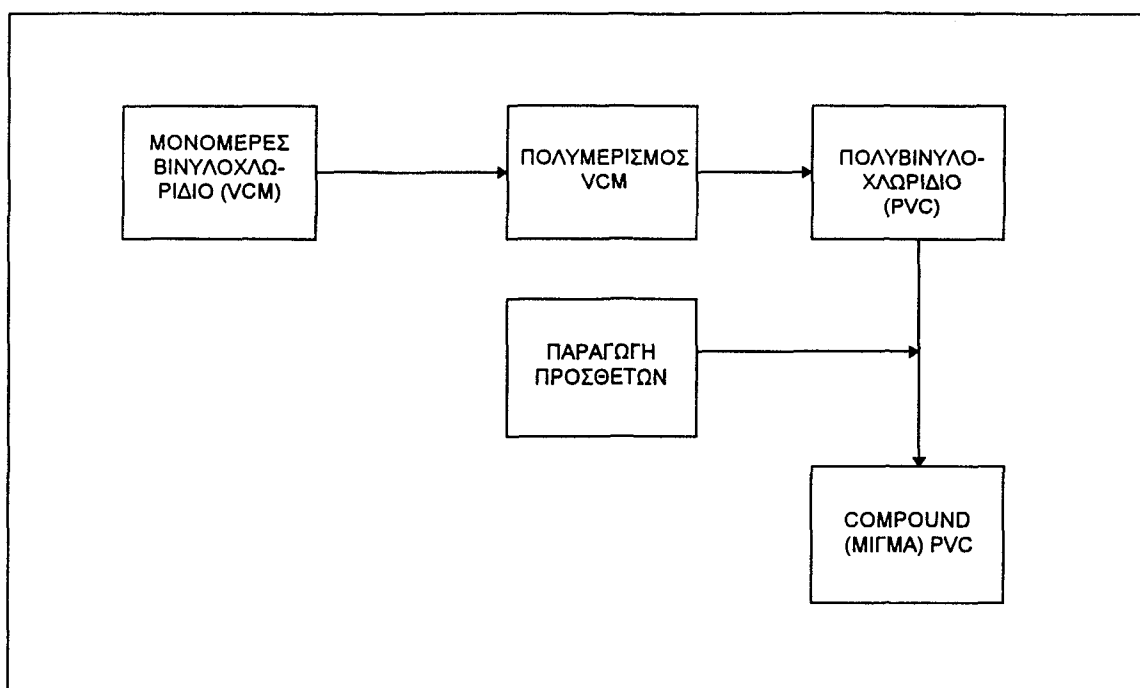
#### ➤ *Πολυαιθυλένιο σκληρό (HDPE)*

Στο διάγραμμα 3.1.1.7 περιγράφεται η αλυσίδα παραγωγής του σκληρού πολυαιθυλενίου (HDPE). Σύμφωνα με αυτήν, αρχικά απαιτείται η απόκτηση του αργού πετρελαίου το οποίο αντλείται από το υπέδαφος και μεταφέρεται στο διυλιστήριο όπου καθαρίζεται και διυλίζεται. Από την

διαδικασία της διύλισης παράγονται διάφορα προϊόντα μεταξύ των οποίων και η νάφθα η οποία ακολούθως πυρολύεται σε ειδικές μονάδες παράγοντας αιθυλένιο. Το αιθυλένιο στη συνέχεια μεταφέρεται σε μονάδες πολυμερισμού. Εκεί πολυμερίζεται δίνοντας τελικά το σκληρό πολυαιθυλένιο (HDPE).



Διάγραμμα 3.1.1.5 : Παραγωγή μονομερούς βινυλοχλωριδίου (VCM)



**Διάγραμμα 3.1.1.6 : Παραγωγή πολυβινοχλωριδίου (PVC) από μονομερές βινυλοχλωρίδιο (VCM)**

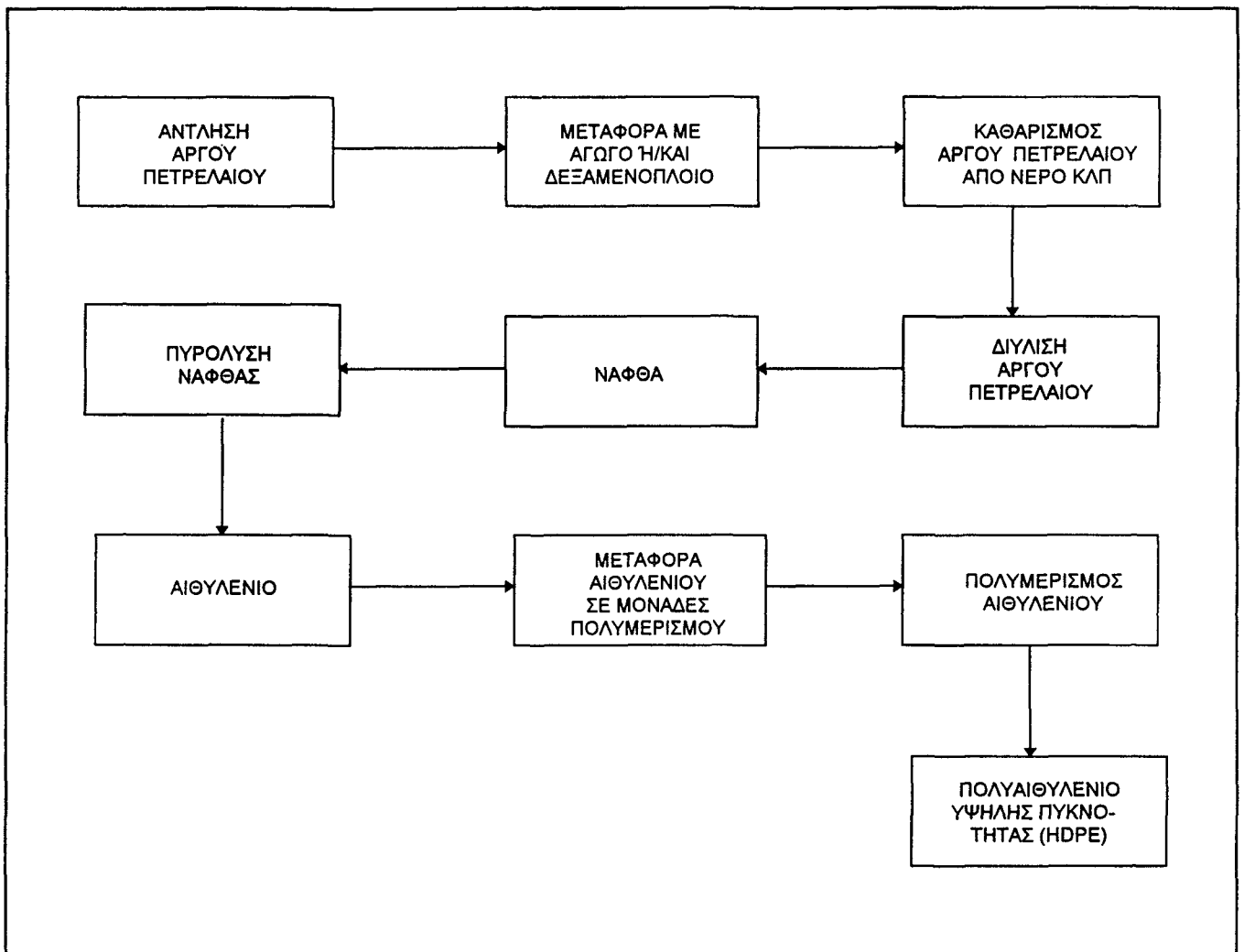
**Β. Μεταφορά πρώτης ύλης :** Δεδομένου ότι η πλειονότητα των υλικών από τα οποία φτιάχνονται οι φιάλες νερού που εξετάζονται στην παρούσα ΑΚΖ παράγονται εξ ολοκλήρου ή κατά το μεγαλύτερο μέρος τους στο εξωτερικό και κυρίως στη Δυτική Ευρώπη (καθώς άλλωστε και η πλειονότητα των πρώτων υλών όσων από αυτά παράγονται στην Ελλάδα), το συγκεκριμένο υποσύστημα θεωρείται ότι περιλαμβάνει τη θαλάσσια μεταφορά μέσης απόστασης 3000 μιλίων [251], [515]. Επίσης, στην ενδεχόμενη περίπτωση που η παραγωγή της πρώτης ύλης και της αντίστοιχης φιάλης γίνονται στην ίδια μονάδα παραγωγής (δηλαδή τα υποσυστήματα Α και Γ παρουσιάζονται ενοποιημένα), τότε το υποσύστημα Β μεταφοράς της πρώτης ύλης δεν υφίσταται.

**Γ. Παραγωγή υλικών συσκευασίας :** Στο υποσύστημα αυτό περιλαμβάνεται η δραστηριότητα της παραγωγής των φιαλών νερού από την αντίστοιχη πρώτη ύλη (γυαλί, τереφθαλικό πολυαιθυλένιο - PET, πολυβινυλοχλωρίδιο - PVC και σκληρού πολυαιθυλενίου - HDPE). Συγκεκριμένα, για κάθε περίπτωση θεωρείται ότι εφαρμόζονται τα παρακάτω :

- ο Η μορφοποίηση των κυλινδρικών μαζών γυαλιού σε γυάλινες φιάλες (forming) επιτυγχάνεται σε δύο στάδια : είτε αρχικά πραγματοποιείται προ-μορφοποίηση εμφυσώντας αέρα και στη συνέχεια ακολουθεί η τελική μορφοποίηση με τον ίδιο τρόπο (Blow and Blow), είτε αρχικά εφαρμόζεται πίεση προκαλώντας προ-μορφοποίηση και ακολουθεί η τελική μορφοποίηση με εμφύσηση αέρα (Press and Blow) [532].

- ο Η μορφοποίηση των πλαστικών φιαλών πραγματοποιείται επίσης σε δύο στάδια : Στην περίπτωση των φιαλών PET και HDPE αρχικά γίνεται προ-μορφοποίηση με την μέθοδο της έγχυσης (Injection Moulding) και στη συνέχεια ακολουθεί η τελική μορφοποίηση με τη μέθοδο της εμφύσησης (Blow - Moulding), ενώ στην περίπτωση των φιαλών PVC η αρχική προ-μορφοποίηση γίνεται με την μέθοδο της εκβολής (Extrusion) και στη συνέχεια ακολουθεί η τελική μορφοποίηση με τη μέθοδο της εμφύσησης (Blow - Moulding).

Ο λόγος για τον οποίο, οι παραπάνω μέθοδοι μορφοποίησης φιαλών, επιλέχθηκαν στην παρούσα ΑΚΖ είναι διότι πρόκειται για τις μεθόδους εκείνες οι οποίες εφαρμόζονται συχνότερα στην πράξη για το κάθε είδος φιάλης αντίστοιχα [105], [466], [518] - [520] και [524].



**Διάγραμμα 3.1.1.7 : Παραγωγή σκληρού πολυαιθυλενίου (HDPE)**

**Δ. Μεταφορά υλικών συσκευασίας :** Στο υποσύστημα αυτό περιλαμβάνεται η δραστηριότητα της μεταφοράς των κενών φιαλών από το εργοστάσιο παραγωγής τους σε εκείνο της εμφιάλωσης τους. Σύμφωνα με τη χωροταξική κατανομή των βιομηχανιών παραγωγής των φιαλών και των μονάδων εμφιάλωσης, η μεταφορά αυτή θεωρείται ότι πραγματοποιείται μέσω του οδικού δικτύου με μεταφορικά μέσα ωφέλιμου φορτίου 20 τόννων.

**Ε. Εμφιάλωση – Παραγωγή τελικού προϊόντος :** Το υποσύστημα της εμφιάλωσης αποτελείται από δραστηριότητες οι οποίες σχετίζονται με την προετοιμασία του τελικού προϊόντος (πλήρεις φιάλες νερού). Η κυριότερη από αυτές τις δραστηριότητες είναι φυσικά η εμφιάλωση, η πλήρωση, δηλαδή, των φιαλών με το προϊόν (νερό). Εκτός όμως από τη δραστηριότητα αυτή, στο υποσύστημα περιλαμβάνεται επίσης η προετοιμασία και χρησιμοποίηση ορισμένων υλικών που είναι αναγκαία για την τελική διάθεση του προϊόντος, όπως :

- τα διάφορα βοηθητικά υλικά για την προετοιμασία των κενών φιαλών και της γραμμής παραγωγής (νερό για πλύσιμο, απορρυπαντικά, λιπαντικά κλπ),
- οι εμπορικές ετικέτες που επικολλούνται στις φιάλες,
- η κόλλα για τις ετικέτες,
- τα πώματα και τα καπάκια για το κλείσιμο των φιαλών, και
- τα χαρτονένια ή πλαστικά κιβώτια όπου τοποθετούνται οι πλήρεις φιάλες, οι παλέτες κλπ.

Στο υποσύστημα και γενικά στην ανάλυση δεν περιλαμβάνεται το προϊόν με το οποίο γεμίζουν οι φιάλες, δηλαδή το εμφιαλωμένο νερό.

**ΣΤ. Μεταφορά τελικού προϊόντος :** Στο υποσύστημα αυτό περιλαμβάνεται η δραστηριότητα της μεταφοράς του τελικού προϊόντος, δηλαδή των πλήρων φιαλών νερού, από τις μονάδες εμφιάλωσης στα σημεία διάθεσης του στους καταναλωτές (το βάρος του εμφιαλωμένου νερού δεν λαμβάνεται υπόψη). Η μεταφορά αυτή θεωρείται ότι πραγματοποιείται μέσω του οδικού δικτύου με μεταφορικά μέσα ωφέλιμου φορτίου 20 τόννων και αυτό γιατί, παρά το γεγονός ότι ένα ποσοστό των φιαλών νερού διατίθεται σε τουριστικές περιοχές και κυρίως στα ελληνικά νησιά, το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης απορροφάται στα μεγάλα αστικά κέντρα (Αθήνα, Θεσσαλονίκη κλπ) όπου υπάρχει η μεγαλύτερη συγκέντρωση πληθυσμού και συνήθως μέσω των καταστημάτων τροφίμων (super – markets κλπ).

**Ζ. Διάθεση – κατανάλωση τελικού προϊόντος :** Αντικείμενο αυτού του υποσυστήματος είναι οι δραστηριότητες της διάθεσης του τελικού

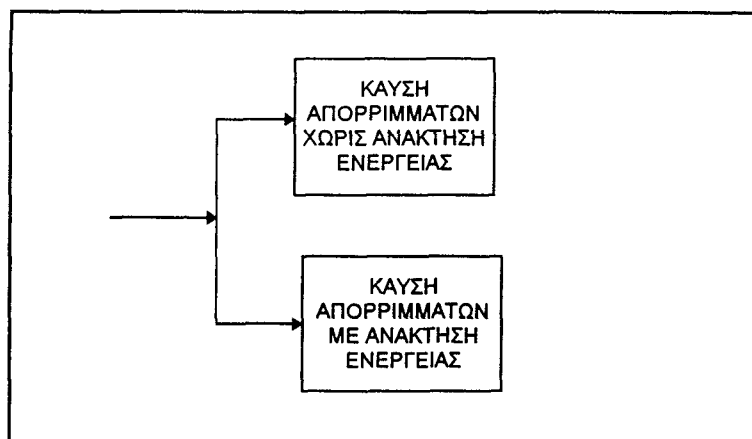


προϊόντος στους καταναλωτές και ακολούθως της χρήσης του από αυτούς. Σε ότι αφορά στη διάθεση του προϊόντος, δηλαδή την πώληση των φιαλών νερού, θεωρούμε, όπως ήδη αναφέρθηκε, ότι γίνεται μέσω των καταστημάτων τροφίμων (super – markets κλπ). Σε ότι αφορά στη χρήση του προϊόντος από τους καταναλωτές, ως σημαντικότερη δραστηριότητα (με τα κριτήρια της ΑΚΖ) δεχόμαστε εκείνη της αγοράς και μεταφοράς του προϊόντος από το σημείο πώλησης στο σημείο κατανάλωσης. Συγκεκριμένα, θεωρούμε ότι η αγορά του προϊόντος πραγματοποιείται σε κατάστημα τροφίμων (super – market κλπ) και στη συνέχεια μεταφέρεται με επιβατηγό όχημα σε μία μέση απόσταση 2 χιλιομέτρων προκειμένου να καταναλωθεί.

**Η. Συλλογή – μεταφορά αστικών απορριμμάτων :** Μετά τη χρήση του προϊόντος (εμφιαλωμένο νερό) από τους καταναλωτές απομένουν οι κενές φιάλες. Όσες από αυτές δεν επαναχρησιμοποιηθούν ή ανακυκλωθούν καταλήγουν στα αστικά απορρίμματα από όπου συλλέγονται και μεταφέρονται στα σημεία διάθεσης τους. Αυτές οι δραστηριότητες της συλλογής και της μεταφοράς περιλαμβάνονται σε αυτό το υποσύστημα. Έτσι, σύμφωνα και με όσα αναφέρονται στο παράρτημα Β για τη διαχείριση των απορριμμάτων στα μεγάλα αστικά κέντρα (Αθήνα, Θεσσαλονίκη), θεωρούμε ότι, ανά δρομολόγιο συλλογής – μεταφοράς απορριμματοφόρου, το μέσο φορτίο είναι 4,5 τόννοι και ότι η μέση διανυόμενη απόσταση είναι 18 χιλιόμετρα.

**Θ. Ταφή αστικών απορριμμάτων :** Σε αυτό το υποσύστημα περιλαμβάνονται όλες οι δραστηριότητες που απαιτούνται για την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων (διάστρωση και συμπίεση των απορριμμάτων, επικάλυψη τους με αδρανές υλικό κλπ) αλλά δεν περιλαμβάνεται η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την αποσύνθεση των απορριμμάτων αυτών.

**Ι. Αποτέφρωση (καύση) αστικών απορριμμάτων :** Το υποσύστημα αυτό αποτελείται από όλες τις λειτουργίες και δραστηριότητες που περιλαμβάνονται σε μία μονάδα καύσης αστικών απορριμμάτων (ξήρανση, εξαέρωση, έναυση, αποτέφρωση κλπ). Μάλιστα μπορεί, σύμφωνα με όσα αναφέρονται και στο παραρτημα Β, να υποδιαιρεθεί σε δύο επιμέρους περιπτώσεις (διάγραμμα 3.1.1.8), στην καύση απορριμμάτων χωρίς ανάκτηση ενέργειας και σε εκείνη με ανάκτηση ενέργειας που είναι και η πιο εξελιγμένη περίπτωση. Στην Ελλάδα, ωστόσο, δεν υπάρχει, προς το παρόν, καμμία μονάδα καύσης απορριμμάτων οπότε το υποσύστημα αυτό συμπεριλαμβάνεται στο σύστημα μας μόνο για λόγους πληρότητας της ανάλυσης θεωρώντας ότι μελλοντικά είναι δυνατό να κατασκευαστούν τέτοιες μονάδες. Έτσι, θεωρούμε ότι ποσοστό των απορριμμάτων που προορίζονται για αποτέφρωση (το ονομάζουμε **C<sub>P</sub>**) καταλήγουν σε μονάδες με ανάκτηση ενέργειας και τα υπόλοιπα σε μονάδες χωρίς ανάκτηση ενέργειας. Πρέπει να σημειωθεί ακόμα, ότι η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την καύση των απορριμμάτων περιλαμβάνεται στην ανάλυση.



**Διάγραμμα 3.1.1.8 : Υποδιαίρεση του υποσυστήματος της καύσης των αστικών απορριμμάτων**

**ΙΑ. Επαναχρησιμοποίηση (επαναπλήρωση) φιαλών :** Αντικείμενο του υποσυστήματος αυτού είναι η επαναχρησιμοποίηση, δηλαδή η επαναπλήρωση, των κενών φιαλών η οποία περιλαμβάνει τις δραστηριότητες της περισυλλογής των κενών φιαλών και στη συνέχεια της επεξεργασίας τους προκειμένου να καταστούν έτοιμες για νέα πλήρωση (η δραστηριότητα της πλήρωσης περιλαμβάνεται στο υποσύστημα "Ε. Εμφιάλωση - Παραγωγή τελικού προϊόντος"). Σε ό,τι αφορά στην περισυλλογή των κενών φιαλών, αυτή πραγματοποιείται, συνήθως, μέσω του δικτύου των καταστημάτων τροφίμων και γενικά των σημείων πώλησης. Συνεπώς, η μεν επιστροφή των κενών φιαλών από τους καταναλωτές στο σημείο πώλησης συνδυάζεται με τη δραστηριότητα της αγοράς νέων προϊόντων από εκεί, η δε περισυλλογή από το σημείο πώλησης των κενών φιαλών από τους εμφιαλωτές συνδυάζεται με τη δραστηριότητα της μεταφοράς τελικού προϊόντος (πλήρεις φιάλες) στο σημείο πώλησης. Δεδομένου, όμως, ότι και οι δύο αυτές δραστηριότητες έχουν ήδη συμπεριληφθεί στην ΑΚΖ (στα υποσυστήματα "Ζ" και "ΣΤ" αντίστοιχα), θεωρούμε, προσεγγίζοντας με ικανοποιητική ακρίβεια την πραγματικότητα, ότι η δραστηριότητα της περισυλλογής των κενών φιαλών έχει ληφθεί υπόψη και άρα συμπεριλαμβάνεται έμμεσα στην ανάλυση. Σε ό,τι αφορά στην επεξεργασία και προετοιμασία των κενών φιαλών για την επαναπλήρωσή τους, η σημαντικότερη δραστηριότητα είναι η ειδική πλύση στην οποία υπόκεινται προκειμένου να απομακρυνθούν τα υπολείμματα προϊόντος, οι σκόνη κλπ που περιέχουν [517]. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται σε ειδικά πλυντήρια τα οποία αποτελούνται από δεξαμενές - μπάνια θερμού νερού από όπου οι κενές φιάλες περνούν διαδοχικά μέσω μεταφορικής ταινίας και είτε εμβαπτίζονται σε αυτά είτε ψεκάζονται με μπεκ [516].

**ΙΒ. Ανακύκλωση φιαλών :** Στο υποσύστημα αυτό περιλαμβάνεται η δραστηριότητα της ανακύκλωσης των κενών φιαλών. Συγκεκριμένα, θεωρούμε ότι εφαρμόζεται ανακύκλωση του τύπου *Διαλογή στην Πηγή* και ειδικότερα *Συλλογή σε Κάδους* όπως αυτή περιγράφεται στο παράρτημα Β.

Σε ότι αφορά στο ποσοστό των φιαλών που ανακυκλώνονται ισχύουν τα εξής (διαγράμμα 3.1.1.1) : από όσες κενές φιάλες δεν οδηγούνται προς επαναπλήρωση – επαναχρησιμοποίηση, ένα ποσοστό “α” συλλέγεται προκειμένου να ανακυκλωθεί ενώ οι υπόλοιπες καταλήγουν στα αστικά απορρίμματα. Από τις συλλεγόμενες αυτές φιάλες, ένα ποσοστό “b” χάνεται στην πορεία (θεωρούμε, μάλιστα, ότι καταλήγει τελικά στα αστικά απορρίμματα) και δεν χρησιμοποιείται ποτέ στην παραγωγή αντί πρωτογενούς πρώτης ύλης ενώ στο τμήμα των φιαλών που απομένει “ $a.(1-b)$ ” προστίθεται ποσό ανακυκλούμενου υλικού (αντίστοιχο με αυτό από το οποίο είναι φτιαγμένες οι φιάλες) το οποίο προέρχεται από διαφορετικές πηγές ανακύκλωσης. Το συνολικό ποσό του ανακυκλούμενου υλικού που προκύπτει, καταλήγει στην παραγωγή των νέων φιαλών όπου χρησιμοποιείται στη θέση πρωτογενούς πρώτης ύλης σε ποσοστό “k” (αν δεν χρησιμοποιείται ανακυκλώμενο υλικό από άλλες πηγές, τότε προφανώς είναι  $a.(1-b) = k$ ). Οι διαφορετικές αυτές πηγές ανακύκλωσης, οι οποίες συνεισφέρουν στο συνολικό ποσοστό “k” του ανακυκλούμενου υλικού που χρησιμοποιείται στην παραγωγή, μπορεί να είναι οι εξής :

- ανακύκλωση άλλων αντικειμένων από το ίδιο υλικό κατασκευής (π.χ. στη παραγωγή των γυάλινων φιαλών μπορεί να χρησιμοποιηθεί σκραπ γυαλιού που προέρχεται από την ανακύκλωση άλλων γυάλινων αντικειμένων όπως γυάλινα βάζα, υαλοπίνακες κλπ).
- ανακύκλωση που πραγματοποιήθηκε στο εξωτερικό (π.χ. στη παραγωγή των γυάλινων φιαλών μπορεί να χρησιμοποιηθεί σκραπ γυαλιού το οποίο προέρχεται από ανακύκλωση γυάλινων φιαλών και λοιπών γυάλινων αντικειμένων η οποία πραγματοποιήθηκε στο εξωτερικό),
- ανακύκλωση αντικειμένων που έχουν παραχθεί στο εξωτερικό και έχουν καταναλωθεί στην Ελλάδα (π.χ. στη παραγωγή των γυάλινων φιαλών μπορεί να χρησιμοποιηθεί σκραπ γυαλιού το οποίο προέρχεται από την ανακύκλωση γυάλινων φιαλών οι οποίες έχουν παραχθεί στο εξωτερικό και έχουν εισαχθεί στη Ελλάδα είτε γεμάτες είτε κενές) κλπ.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, ενώ το ποσό του ανακυκλούμενου υλικού  $k-a.(1-b)$  που προέρχεται από άλλες πηγές ανακύκλωσης και το οποίο χρησιμοποιείται στην παραγωγή των νέων φιαλών λαμβάνεται υπόψη στην ανάλυση, οι δραστηριότητες της ανακύκλωσης από τις οποίες αυτό προέρχεται (και οι οποίες αναφέρθηκαν παραπάνω), δεν περιλαμβάνονται στο παρόν υποσύστημα ούτε και σε κανένα άλλο του συστήματος που εξετάζουμε (γί αυτό τον λόγο, άλλωστε, δεν απεικονίζονται στο σχήμα 3.1.1.1).

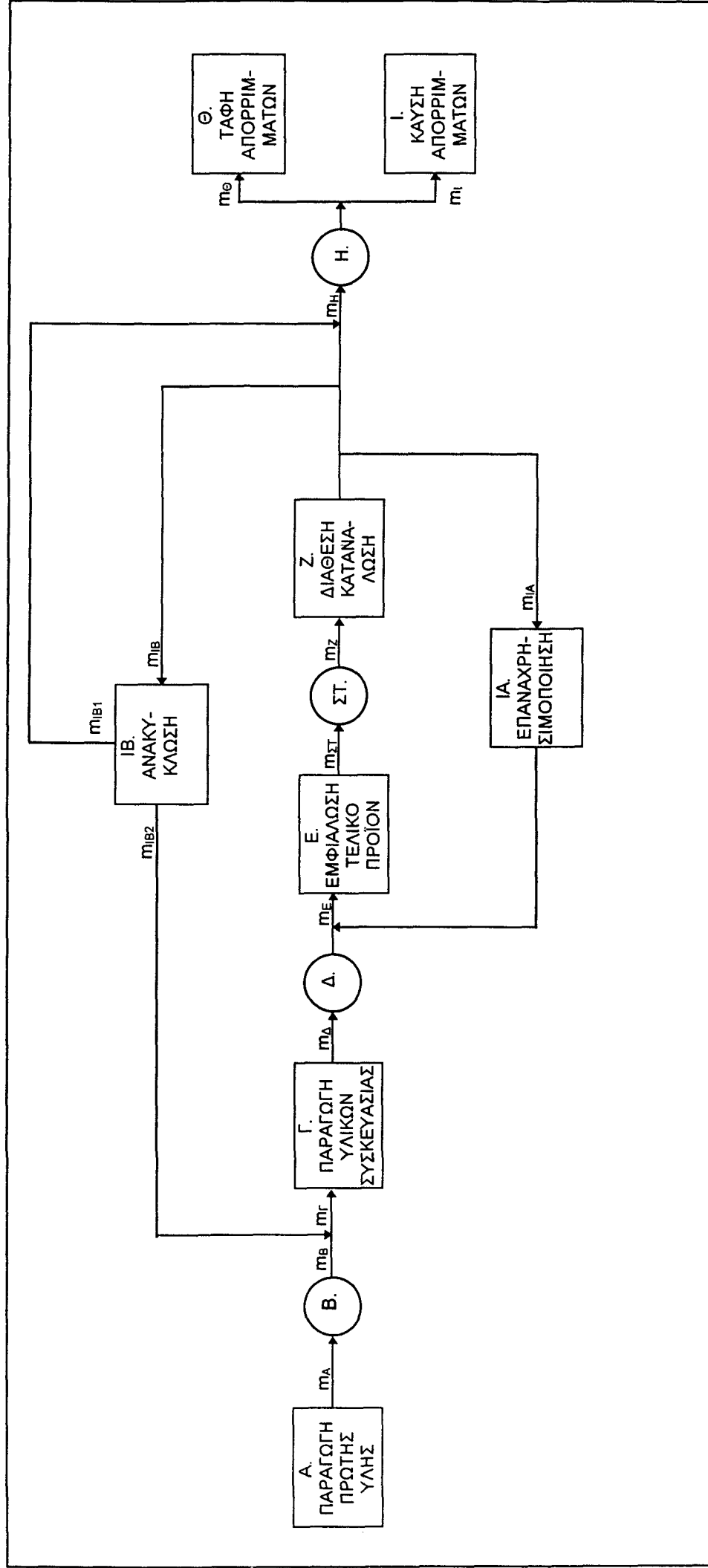
Πέρα από όσα αναφέρθηκαν έως τώρα, ο ορθός προσδιορισμός ενός συστήματος απαιτεί και τον καθορισμό των εξής στοιχείων :

- ο **Μονάδα Αναφοράς Εξεταζόμενου Προϊόντος (ΜΑΕΠ)** : Η μονάδα αναφοράς της ΑΚΖ είναι *“1000 λίτρα”* ή πληρέστερα *“ο απαιτούμενος αριθμός φιαλών για την λήψη 1000 λίτρων εμφιαλωμένου νερού”*.
- ο **Τεχνολογία** : Η ανάλυση αναφέρεται στη μέση τεχνολογία με βάση αυτή που πραγματικά χρησιμοποιείται σε κάθε δραστηριότητα που εξετάζεται.
- ο **Πάγιος Εξοπλισμός** : Οι περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις που οφείλονται στην κτήση του πάγιου εξοπλισμού δεν περιλαμβάνονται στην ανάλυση (εκτός αν σημειώνεται διαφορετικά).
- ο **Μέθοδος Κατανομής - Επιμερισμού των Περιβαλλοντικών Επιβαρύνσεων** : Η κατανομή των διαφόρων περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων γίνεται ανάλογα με την μάζα (kg) των προϊόντων που εξετάζονται.
- ο **Ενεργειακό Σύστημα** : Για τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα εντός Ελλάδας χρησιμοποιείται (σύμφωνα με όσα αναφέρονται στο παράρτημα Β) το ελληνικό ενεργειακό σύστημα (ηλεκτρική ενέργεια από τη ΔΕΗ και υγρά καύσιμα από τα ελληνικά διυλιστήρια) ενώ για δραστηριότητες και στοιχεία που αναφέρονται σε χώρες εκτός Ελλάδας ισχύει κάθε φορά το ενεργειακό σύστημα της χώρας αναφοράς (εκτός εάν σημειώνεται διαφορετικά).

### 3.1.2. Ισοζύγιο μάζας συστήματος

Το ισοζύγιο μάζας στο σύστημα του διαγράμματος 3.1.1 προκύπτει εφαρμόζοντας τον *νόμο της διατηρήσεως των μαζών* σύμφωνα με τον οποίο η συνολική μάζα που εισέρχεται σε ένα σύστημα (εντός του οποίου ούτε παράγεται αλλά και ούτε συσσωρεύεται μάζα) είναι ίση με τη συνολική μάζα που εξέρχεται. Αν και, όπως αποδεικνύει η πυρηνική φυσική, ο νόμος αυτός δεν είναι, αυστηρά εξεταζόμενος, αληθής, για συνήθεις βιομηχανικές διεργασίες, όπως αυτή που εξετάζουμε, ισχύει χωρίς σφάλμα [532]. Ως μάζα αναφοράς (η οποία συμβολίζεται με *“m”*) λαμβάνεται φυσικά η μάζα ανά ΜΑΕΠ δηλαδή η συνολική μάζα των απαιτούμενων φιαλών για την παροχή στον καταναλωτή 1000 λίτρων νερού. Έτσι, αν για παράδειγμα, μία φιάλη από ένα υλικό έχει χωρητικότητα 1 λίτρο νερού, τότε ως μάζα αναφοράς λαμβάνεται η μάζα (σε kg) 1000 τέτοιων φιαλών.

Με βάση τα παραπάνω και ακολουθώντας το συμβολισμό που φαίνεται στο διάγραμμα 3.1.2.1, ισχύουν τα εξής :



Διάγραμμα 3.1.2.1 : Ροή μάζας στο σύστημα ΑΚΖ φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς

Δεδομένου ότι η μάζα αναφοράς ( $m$ ) είναι η συνολική μάζα των φιαλών για την παροχή 1000 λίτρων νερού στον καταναλωτή, ισχύει:  $m_Z = m$ , και επειδή  $m_Z = m_{\Sigma T} = m_E$  (στα υποσυστήματα E, ΣΤ και Z ούτε παράγεται, ούτε καταστρέφεται μάζα) προκύπτει:

$$m_E = m_{\Sigma T} = m_Z = m \quad (\text{σχέση 3.1.2.1})$$

Εάν "f" είναι το ποσοστό επαναχρησιμοποίησης (επαναπλήρωσης) των φιαλών ( $0 \leq f \leq 1$ ) ισχύει:  $m_{IA} = f \cdot m_Z$

Από την παραπάνω σχέση και από τη σχέση 3.1.2.1 προκύπτει:

$$m_{IA} = f \cdot m \quad (\text{σχέση 3.1.2.2})$$

Από το διάγραμμα 3.1.2.1 προκύπτει:  $m_E = m_{\Delta} + m_{IA} \Rightarrow m_{\Delta} = m_E - m_{IA}$

Από την παραπάνω σχέση και από τις σχέσεις 3.1.2.1 και 3.1.2.2 προκύπτει:

$$m_{\Delta} = m - f \cdot m \Rightarrow m_{\Delta} = (1 - f) \cdot m \quad (\text{σχέση 3.1.2.3})$$

Προφανώς ισχύει  $m_{\Gamma} = m_{\Delta}$  οπότε με βάση τη σχέση 3.1.2.3 προκύπτει:

$$m_{\Gamma} = (1 - f) \cdot m \quad (\text{σχέση 3.1.2.4})$$

Εάν "k" ( $0 \leq k \leq 1$ ) είναι το ποσοστό του περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού στην παραγωγή των φιαλών τότε "1-k" είναι το περιεχόμενο πρωτογενές υλικό, οπότε ισχύει:

$$m_B = (1 - k) \cdot m_{\Gamma}$$

Από την παραπάνω σχέση και από την σχέση 3.1.2.4 προκύπτει:

$$m_B = (1 - f) \cdot (1 - k) \cdot m \quad (\text{σχέση 3.1.2.5})$$

Προφανώς είναι  $m_A = m_B$  οπότε με βάση τη σχέση 3.1.2.5 προκύπτει:

$$m_A = (1 - f) \cdot (1 - k) \cdot m$$

Εάν "α" είναι το ποσοστό ανακύκλωσης ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) τότε ισχύει:

$$m_{IB} = \alpha \cdot (m_Z - m_{IA})$$

Από την παραπάνω σχέση και από τις σχέσεις 3.1.2.1 και 3.1.2.2 προκύπτει:

$$m_{IB} = \alpha \cdot (m - f \cdot m) \Rightarrow m_{IB} = \alpha \cdot (1 - f) \cdot m \quad (\text{σχέση 3.1.2.6})$$

Εάν “b” είναι το ποσοστό του ανακυκλούμενου υλικού το οποίο, για διάφορους λόγους, χάνεται χωρίς ποτέ να χρησιμοποιηθεί αντί πρωτογενούς πρώτης ύλης στην παραγωγή μέσω συσκευασίας (καταλήγοντας συνήθως στα απορρίμματα) τότε ισχύει ( $0 \leq b \leq 1$ ):

$m_{IB1} = b \cdot m_{IB}$  οπότε και με βάση τη σχέση 3.1.2.6 έχουμε :

$m_{IB1} = a \cdot b \cdot (1 - f) \cdot m$  (σχέση 3.1.2.7.1) και

Από το διάγραμμα 3.1.2.1 έχουμε :  $m_{\Gamma} = m_B + m_{IB2} \Rightarrow m_{IB2} = m_{\Gamma} - m_B$

και σε συνδυασμό με τις σχέσεις 3.1.2.4 και 3.1.2.5 προκύπτει :

$m_{IB2} = k \cdot (1 - f) \cdot m$  (σχέση 3.1.2.7.2)

Με βάση τις σχέσεις 3.1.2.6, 3.1.2.7.1 και 3.1.2.7.2 μπορεί να υπολογιστεί το ποσό του ανακυκλούμενου υλικού που προέρχεται από άλλες πηγές ανακύκλωσης και το οποίο χρησιμοποιείται στην παραγωγή των νέων φιαλών, ως εξής :

$$m_{IB1} + m_{IB2} - m_{IB} = a \cdot b \cdot (1 - f) \cdot m + k \cdot (1 - f) \cdot m - a \cdot (1 - f) \cdot m \Rightarrow$$

$$m_{IB1} + m_{IB2} - m_{IB} = [k - a \cdot (1 - b)] \cdot (1 - f) \cdot m$$

Αν  $k = a \cdot (1 - b)$ , δηλαδή αν δεν χρησιμοποιείται ανακυκλούμενο υλικό από άλλες πηγές, τότε από την προηγούμενη σχέση προκύπτει :

$$m_{IB1} + m_{IB2} - m_{IB} = 0 \Rightarrow m_{IB} = m_{IB1} + m_{IB2}$$

Με βάση το διάγραμμα 3.1.2.1 έχουμε :

$$m_H = m_Z - m_{IA} - m_{IB} + m_{IB1}$$

Από την παραπάνω σχέση και με βάση τις σχέσεις 3.1.2.1, 3.1.2.2, 3.1.2.6 και 3.1.2.7.1 συνεπάγεται ότι :  $m_H = (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot m$  (σχέση 3.1.2.8)

Εάν “c” είναι το ποσοστό των στερεών απορριμμάτων (των υπολοίπων δηλαδή όσων δεν ανακυκλώνονται ούτε επαχρησιμοποιούνται) τα οποία οδηγούνται στη ταφή και κάνοντας την παραδοχή ότι για τα απορρίμματα αυτά υπάρχουν δύο μόνο εναλλακτικές επιλογές, *ταφή* ή *καύση*, τότε ισχύει ( $0 \leq c \leq 1$ ):

$$m_{\Theta} = c \cdot m_H \text{ και } m_I = (1 - c) \cdot m_H$$

Από τις παραπάνω σχέσεις και τη σχέση 3.1.2.8 έχουμε :

$$m_{\Theta} = c \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot m \text{ και}$$

$$m_I = (1 - c) \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot m$$

Ανακεφαλαιώνοντας έχουμε τον πίνακα 3.1.2.1 και το διάγραμμα 3.1.2.2 :

**Πίνακας 3.1.2.1 : Αποτελέσματα ισοζυγίου μάζας συστήματος**

$m_A = (1 - f) \cdot (1 - k) \cdot m$	$m_H = (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot m$
$m_B = (1 - f) \cdot (1 - k) \cdot m$	$m_{\Theta} = c \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot m$
$m_{\Gamma} = (1 - f) \cdot m$	$m_I = (1 - c) \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot m$
$m_{\Delta} = (1 - f) \cdot m$	$m_{IA} = f \cdot m$
$m_E = m$	$m_{IB} = a \cdot (1 - f) \cdot m$
$m_{\Sigma T} = m$	$m_{IB1} = a \cdot b \cdot (1 - f) \cdot m$
$m_Z = m$	$m_{IB2} = k \cdot (1 - f) \cdot m$

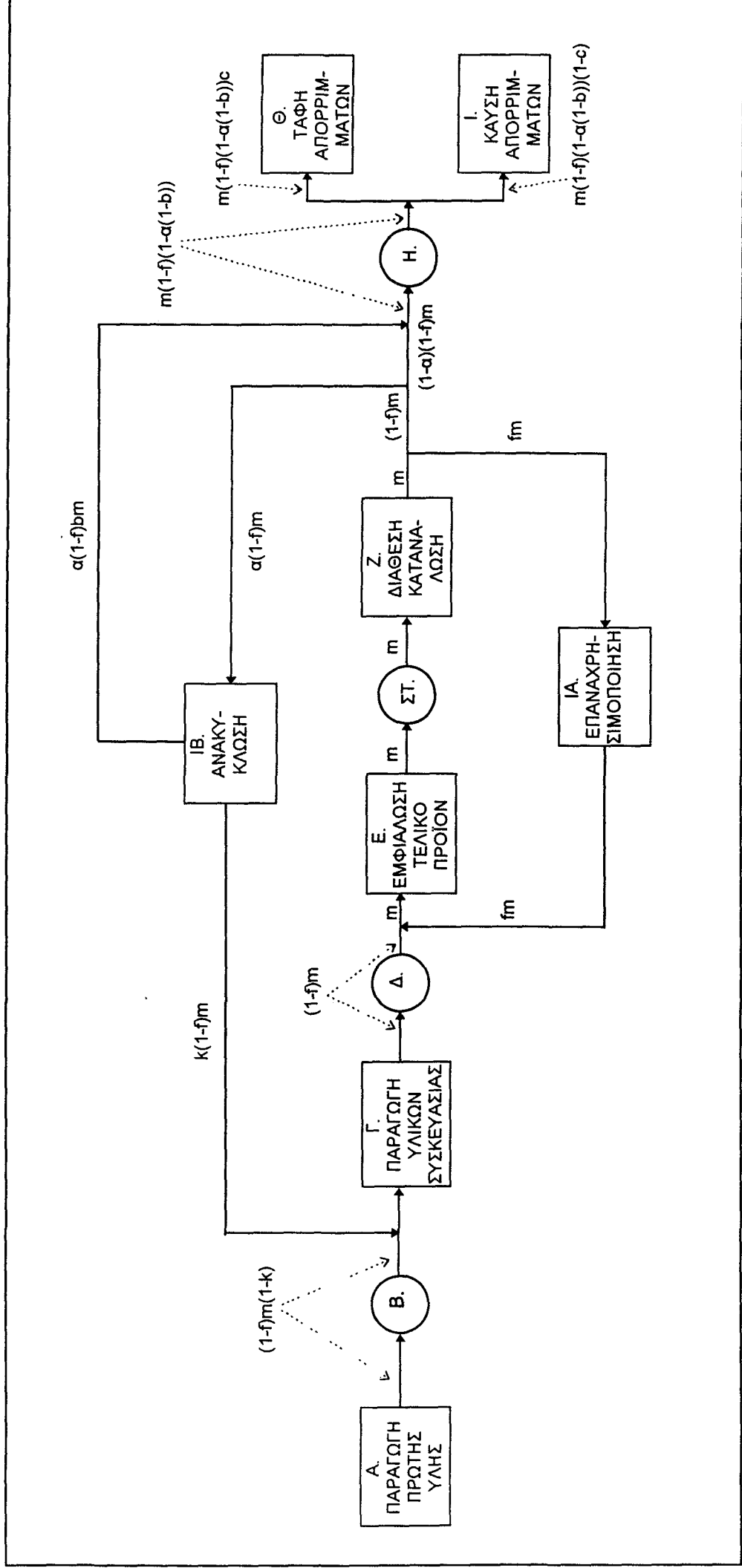
Από τις σχέσεις του παράπω πίνακα προκύπτει ότι εάν γνωρίζουμε τα **m**, **a**, **b**, **f**, **k** και **c** τότε το ισοζύγιο μάζας είναι πλήρως ορισμένο. Έτσι, η μεν μάζα αναφοράς *m* (kg φιάλης/1000 lt νερού) είναι άμεσα προσδιορίσιμη για κάθε τύπο φιάλης από τη σχέση :

$$m = [ (\text{βάρους φιάλης}) / (\text{χωρητικότητα φιάλης}) ] \times 1000 \quad (\text{σχέση 3.1.2.9})$$

(τόσο το βάρος όσο και η χωρητικότητα μίας φιάλης είναι μεγέθη μετρήσιμα και άρα γνωστά), για δε τα υπόλοιπα μεγέθη ισχύουν τα εξής :

- **Ποσοστό ανακύκλωσης "α"** : Το μέγεθος αυτό εκφράζει το ποσοστό των απορριπτόμενων ποσοτήτων ενός υλικού το οποίο δεν καταλήγει στα απορρίμματα αλλά ανακυκλώνεται ( $0 \leq a \leq 1$ ). Το ποσοστό ανακύκλωσης αναφέρεται σε συστηματική και οργανωμένη ανακύκλωση.
- **Ποσοστό του ανακυκλούμενου υλικού που χάνεται "b"** : Το μέγεθος αυτό δίνει το ποσοστό εκείνο της συνολικής ποσότητας που ανακυκλώνεται και το οποίο δεν χρησιμοποιείται στην παραγωγή μέσω συσκευασίας αντί πρωτογενούς πρώτης ύλης αλλά καταλήγει για διάφορους λόγους (π.χ. απώλειες) στα απορρίμματα ( $0 \leq b \leq 1$ ).





Διάγραμμα 3.1.2.2 : Ισοζύγιο μάζας στο σύστημα ΑΚΖ φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς

- **Ποσοστό επαναχρησιμοποίησης (επαναπλήρωσης) "f"** : Το ποσοστό επαναπλήρωσης προκύπτει από τον μέσο αριθμό πληρώσεων (διαδρομών) "t" ως εξής :

Εξ'ορισμού είναι {4} :

$$[\text{Μέσος Αριθμός Πληρώσεων}] = [\text{Πληρούμενες Φιάλες}] / [\text{Φιάλες που Χάνονται}]$$

Εφαρμόζοντας την παραπάνω σχέση στο σύστημα του διαγράμματος 3.1.2.1 και με βάση τις σχέσεις 3.1.2.1 και 3.1.2.2 προκύπτει :

$$t = m_E / (m_Z - m_{IA}) \Rightarrow t = m / (m - f \cdot m) \Rightarrow$$

$$t = 1 / (1 - f) \Rightarrow f = 1 - (1 / t) \quad (\text{σχέση 3.1.2.10})$$

Όπου :  $0 \leq f \leq 1$  και  $t \geq 1$  (αφού πάντοτε πραγματοποιείται τουλάχιστον μία πλήρωση).

Η ορθότητα της τελευταίας σχέσης (η οποία άλλωστε αναφέρεται και στη βιβλιογραφία {185}) επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι αποδίδει την πραγματικότητα και σε ακραίες καταστάσεις. Συγκεκριμένα αν έχουμε μία μόνο πλήρωση τότε το ποσοστό επαναπλήρωσης είναι μηδενικό (πράγματι, εφόσον  $t = 1 \Rightarrow f = 0$ ) ενώ αν ο αριθμός των πληρώσεων είναι απεριόριστος (δηλαδή τείνει προς το άπειρο) τότε το ποσοστό επαναπλήρωσης είναι μονάδα ή τείνει προς τη μονάδα (πράγματι, εφόσον  $t \rightarrow \infty \Rightarrow f \rightarrow 1$ ).

- **Ποσοστό περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "k"** : Το μέγεθος αυτό εκφράζει το ποσοστό του προερχόμενου από ανακύκλωση υλικού το οποίο χρησιμοποιείται στην παραγωγική διαδικασία στη θέση της πρωτογενούς πρώτης ύλης.

Το k ορίζεται ως  $k = [x - y] / x$  όπου :

x = μάζα παραγομένων προϊόντων από πρωτογενείς πρώτες ύλες σε σύστημα χωρίς ανακύκλωση,

y = μάζα παραγομένων προϊόντων από πρωτογενείς πρώτες ύλες σε σύστημα με ανακύκλωση,

- **Ποσοστό των αστικών απορριμμάτων που καταλήγει στην ταφή "c"** : Το μέγεθος αυτό περιγράφει το ποσοστό των αστικών απορριμμάτων (των υπολοίπων από εκείνα που δεν ανακυκλώνονται ούτε επαχρησιμοποιούνται) τα οποία οδηγούνται στη ταφή κάνοντας την παραδοχή ότι για τα απορρίμματα αυτά υπάρχουν δύο μόνο εναλλακτικές επιλογές, *ταφή* ή *καύση*. Πάντως, στην Ελλάδα σήμερα, όπως ήδη αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, η οργανωμένη

διαχείριση αστικών απορριμμάτων περιλαμβάνει ουσιαστικά μόνο την ταφή.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθούν τα εξής : σύμφωνα με το σύστημα (διαγράμματα 3.1.1.1 και 3.1.2.1) η ανακυκλούμενη ποσότητα ( $m_{IB2}$ ) από το υποσύστημα "B" (Ανακύκλωση) εισέρχεται στο υποσύστημα "Γ" (Παραγωγή Υλικών Συσκευασίας) καθώς θεωρείται ότι σε αυτό το στάδιο επεξεργάζεται και χρησιμοποιείται για την παραγωγή των υλικών συσκευασίας (φιάλες). Ωστόσο, θα μπορούσε εναλλακτικά να θεωρηθεί (καθώς κάτι τέτοιο ενδέχεται να ισχύει ήδη ή να ισχύσει στο μέλλον σε ορισμένες περιπτώσεις) ότι η ποσότητα αυτή ( $m_{IB2}$ ) εισέρχεται στο υποσύστημα "Α" (Παραγωγή Πρώτης Ύλης) δεχόμενοι ότι σε αυτό το στάδιο (και όχι στο "Γ") επεξεργάζεται και χρησιμοποιείται για την παραγωγή της πρώτης ύλης από την οποία στη συνέχεια παράγονται τα υλικά συσκευασίας (φιάλες). Έτσι, προκύπτει το ερώτημα ποια από τις δύο περιπτώσεις είναι ορθότερη αποδίδοντας καλύτερα την πραγματικότητα. Η απάντηση είναι πως και οι δύο προσεγγίζουν ουσιαστικά στον ίδιο βαθμό την πραγματικότητα με συνέπεια η επίπτωση στα αποτελέσματα να είναι αμελητέα ανεξάρτητα από το ποια περίπτωση επιλεγεί. Αυτό επεξηγείται συνοπτικά ακολούθως :

Στην πρώτη περίπτωση, για την παραγωγή στο υποσύστημα "Γ"  $m_{\Gamma}$  ποσότητας υλικών συσκευασίας (π.χ. φιάλες από γυαλί, PET κλπ) χρειάζεται να παραχθεί στο υποσύστημα "Α"  $m_A = m_{\Gamma} - m_{IB2}$  ποσότητα πρώτης ύλης (αντίστοιχα γυαλί, PET κλπ) η οποία μεταφέρεται μέσω του "B" στο "Γ" (δηλαδή  $m_B = m_{\Gamma} - m_{IB2}$ ). Στη δεύτερη περίπτωση, για την παραγωγή  $m_{\Gamma}$  ποσότητας υλικών συσκευασίας στο υποσύστημα "Γ" χρειάζεται να παραχθεί επίσης  $m_A = m_{\Gamma} - m_{IB2}$  ποσότητα πρώτης ύλης στο υποσύστημα "Α" όμως η ποσότητα που μεταφέρεται μέσω του "B" στο "Γ" είναι τώρα  $m_B = m_{\Gamma}$ . Άρα το μόνο που αλλάζει στις δύο περιπτώσεις είναι η ποσότητα που μεταφέρεται μεταξύ "Α" και "Γ" μέσω "B" ( $m_B$ ) η οποία διαφέρει κατά  $m_{IB2}$ . Η διαφορά αυτή δεν θεωρείται σημαντική και μάλιστα γίνεται από αμελητέα έως μηδενική όσο μικραίνει η χρησιμοποίηση ανακυκλούμενης πρώτης ύλης στην παραγωγή υλικών συσκευασίας ή όταν η παραγωγή της πρώτης ύλης και η μορφοποίηση των φιαλών γίνονται στην ίδια βιομηχανική μονάδα (οπότε τα υποσυστήματα "Α" και "Γ" εμφανίζονται ενοποιημένα). Επιπλέον, το γεγονός ότι στην πράξη συναντώνται και οι δύο περιπτώσεις με την ίδια περίπου συχνότητα, επιβεβαιώνει την πρόταση ότι και η δύο επιλογές προσεγγίζουν στον ίδιο βαθμό την πραγματικότητα δίνοντας παραπλήσια αποτελέσματα.

### 3.1.3. Κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών – Παραγωγή αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων

Η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται στο σύστημα ( $E_{\Sigma\Upsilon\Nu}$ ) είναι το άθροισμα των ενεργειών που καταναλώνονται σε κάθε ένα υποσύστημα, δηλαδή :

$$E_{\Sigma\Upsilon\Nu} = E_A + E_B + E_{\Gamma} + E_{\Delta} + E_E + E_{\Sigma\Upsilon\Upsilon} + E_Z + E_H + E_{\Theta} + E_I + E_{IA} + E_{IB} \quad (\text{σχέση 3.1.3.1})$$

Η ενέργεια που καταναλώνεται σε καθένα από τα υποσυστήματα ( $E_j$  όπου  $j = A, B, \dots, IB$ ) προσδιορίζεται με βάση αφενός την ειδική ενέργεια του υποσυστήματος ( $e_j$  όπου  $j = A, B, \dots, IB$ ) η οποία εκφράζει την κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα μάζας (MJ/kg) και αφετέρου την μάζα κάθε υποσυστήματος ( $m_j$  όπου  $j = A, B, \dots, IB$ ). Συγκεκριμένα ισχύει η επόμενη σχέση :

$$E_j = e_j \cdot m_j \quad \text{όπου } j = A, B, \dots, IB \quad (\text{σχέση 3.1.3.2})$$

Η ενέργεια  $E_j$  εκφράζεται σε MJ ανά MAETP (δηλαδή σε MJ/1000 λίτρα), η ειδική ενέργεια  $e_j$  σε MJ/kg και η μάζα  $m_j$  σε kg ανά MAETP (δηλαδή σε kg/1000 λίτρα).

Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο, η ειδική ενέργεια  $e_j$  (όπου  $j = A, B, \dots, IB$ ) του υποσυστήματος  $j$  ορίζεται ως εξής :

$$e_j = \Delta u_j = u_{j\text{τελ}} - u_{j\text{αρχ}} \quad \text{όπου } j = A, B, \dots, IB$$

Όπου  $u_{j\text{τελ}}$  είναι η εσωτερική ενέργεια του υποσυστήματος  $j$  στην τελική του κατάσταση, δηλαδή αφού έχει ολοκληρωθεί το σύνολο των λειτουργιών – δραστηριοτήτων τις οποίες περιλαμβάνει και αντίστοιχα  $u_{j\text{αρχ}}$  είναι η εσωτερική ενέργεια του υποσυστήματος  $j$  στην αρχική του κατάσταση [529]. Ειδικότερα, στην περίπτωση διεργασίας κατά παρτίδες ισχύει :  $\Delta u_j = q_j - w_j$ , όπου  $q_j$  είναι η διερχόμενη θερμική ενέργεια και  $w_j$  το διερχόμενο έργο από τα όρια του συστήματος [532]. Εννοείται πώς τα μεγέθη  $u_{j\text{τελ}}$ ,  $u_{j\text{αρχ}}$ ,  $q_j$  και  $w_j$  αναφέρονται ανά μονάδα μάζας προϊόντος.

Από τις σχέσεις 3.1.3.1 και 3.1.3.2 και τον πίνακα 3.1.2.1 έχουμε :

$$\begin{aligned} E_{\Sigma\Upsilon\Nu} = & (e_A + e_B) \cdot (1 - f) \cdot (1 - k) \cdot m + \\ & + (e_{\Gamma} + e_{\Delta}) \cdot (1 - f) \cdot m + (e_E + e_{\Sigma\Upsilon\Upsilon} + e_Z) \cdot m + e_H \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot m + \\ & + e_{\Theta} \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot c \cdot m + e_I \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot (1 - c) \cdot m + \\ & + e_{IA} \cdot f \cdot m + e_{IB} \cdot (1 - f) \cdot a \cdot m \quad (\text{σχέση 3.1.3.3}) \end{aligned}$$

Η σχέση 3.1.3.3 δίνει τη συνολική κατανάλωση ενέργειας στο σύστημα ( $E_{\Sigma YN}$ ). Έτσι, για να υπολογίσουμε την ενέργεια αυτή αρκεί να γνωρίζουμε τα μεγέθη που προσδιορίζουν το ισοζύγιο μάζας  $m$ ,  $f$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $k$  και  $c$  καθώς και την ειδική ενέργεια κάθε υποσυστήματος  $e_j$  (όπου  $j = A, B, \dots, IB$ ). Για τα μεγέθη  $m$ ,  $f$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $k$  και  $c$  ισχύει ότι αναφέρθηκε παραπάνω, ενώ για την ειδική ενέργεια  $e_j$  θα αναφερθούμε στη συνέχεια αναλυτικά για κάθε ένα υποσύστημα.

Σημείωση : Η ειδική ενέργεια  $e_I$  του υποσυστήματος "I" (καύση αστικών απορριμμάτων) το οποίο, όπως είδαμε, μπορεί να αναλυθεί σε καύση απορριμμάτων χωρίς ανάκτηση ενέργειας και σε καύση απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας, προκύπτει ως συνισταμένη των δύο αυτών περιπτώσεων σύμφωνα με την επόμενη σχέση :

$$e_I = [ e_{I\chi\alpha\epsilon} \cdot (1 - c_R) + e_{I\mu\alpha\epsilon} \cdot c_R ] \quad (\text{σχέση 3.1.3.4})$$

Στην παραπάνω σχέση  $e_{I\chi\alpha\epsilon}$  και  $e_{I\mu\alpha\epsilon}$  είναι αντίστοιχα η ειδική ενέργεια στην περίπτωση καύσης απορριμμάτων *χωρίς* και *με ανάκτηση ενέργειας* (μάλιστα η ειδική ενέργεια  $e_{I\mu\alpha\epsilon}$  έχει αρνητικό πρόσημο διότι δεν καταναλώνεται αλλά ανακτάται) και  $c_R$  ( $0 \leq c_R \leq 1$ ) είναι το ποσοστό των απορριμμάτων που καταλήγουν σε μονάδες με ανάκτηση ενέργειας (σε σχέση με το συνολικό ποσό των απορριμμάτων που προορίζονται για αποτέφρωση).

- ♦ Η κατανάλωση ενέργειας στο σύστημα όταν δεν πραγματοποιούνται επαναπληρώσεις ( $f = 0$ )

Στη συνέχεια θα προσδιορισθεί η κατανάλωση ενέργειας στο σύστημα όταν δεν πραγματοποιείται επαναπλήρωση των φιαλών (το μέγεθος αυτό συμβολίζεται με  $E'_{\Sigma YN}$ ) και θα συσχετισθεί με την περίπτωση που πραγματοποιείται. Στόχος της συσχέτισης αυτής είναι να επιβεβαιωθεί η ορθότητα του συστήματος που αναπτύχθηκε και στο οποίο βασίζεται η AKZ φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς.

Η σχέση 3.1.3.3 εκφράζει την κατανάλωση ενέργειας ( $E_{\Sigma YN}$ ) στο σύστημα του διαγράμματος 3.1.1.1 (σύστημα AKZ φιαλών νερού) στο οποίο περιλαμβάνεται επαναπλήρωση. Εάν στο ίδιο σύστημα θεωρήσουμε ότι δεν περιλαμβάνεται επαναπλήρωση (δηλαδή  $f = 0$ ) τότε από τη σχέση 3.1.3.3 έχουμε για την κατανάλωση ενέργειας ( $E'_{\Sigma YN}$ ) :

$$\begin{aligned} E'_{\Sigma YN} = & (e_A + e_B) \cdot (1 - k) \cdot m + (e_F + e_{\Delta}) \cdot m + \\ & + (e_E + e_{\Sigma T} + e_Z) \cdot m + e_H \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot m + e_{\Theta} \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot c \cdot m + \\ & + e_I \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot (1 - c) \cdot m + e_{IB} \cdot a \cdot m \end{aligned} \quad (\text{σχέση 3.1.3.5})$$

Συσχετίζοντας τις σχέσεις 3.1.3.3 και 3.1.3.5 καταλήγουμε στην ακόλουθη σχέση :

$$E_{\Sigma YN} = E'_{\Sigma YN} - f \cdot E''_{\Sigma YN} + f \cdot m \cdot e_{IA} \quad (\text{σχέση 3.1.3.6})$$

$$\begin{aligned} \text{όπου : } E''_{\Sigma YN} = & (e_A + e_B) \cdot (1 - k) \cdot m + (e_{\Gamma} + e_{\Delta}) \cdot m + \\ & + e_H \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot m + e_{\Theta} \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot c \cdot m + \\ & + e_I \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot (1 - c) \cdot m + e_{IB} \cdot a \cdot m \quad (\text{σχέση 3.1.3.6α}) \end{aligned}$$

Από τις σχέσεις 3.1.3.5 και 3.1.3.6α είναι :

$$E''_{\Sigma YN} = E'_{\Sigma YN} - m \cdot (e_E + e_{\Sigma T} + e_Z) \quad (\text{σχέση 3.1.3.6β})$$

Το μέγεθος  $E''_{\Sigma YN}$  εκφράζει τη θετική επίδραση της επαναπλήρωσης φιαλών στην κατανάλωση ενέργειας ενός συστήματος καθώς σε αυτή την περίπτωση κάποιες δραστηριότητες δεν πραγματοποιούνται αλλά παραλείπονται. Συγκεκριμένα, κατά την επαναπλήρωση φιαλών οι μόνες δραστηριότητες που δεν παραλείπονται είναι η πλήρωση των κενών φιαλών, η μεταφορά τους προς διάθεση και τέλος η διάθεση και χρήση τους. Έτσι, εξοικονομείται ενέργεια η οποία είναι ίση με την ενέργεια που θα καταναλώναμε εάν χρησιμοποιούσαμε νέες φιάλες ( $E'_{\Sigma YN}$ ) μείον την ενέργεια που καταναλώνουμε στις δραστηριότητες πλήρωσης, μεταφοράς και διάθεσης - χρήσης των πλήρων φιαλών ( $m \cdot [e_E + e_{\Sigma T} + e_Z]$ ). Τα παραπάνω εκφράζονται πλήρως από τη σχέση 3.1.3.6β.

Βέβαια, εκτός από τη θετική επίδραση υπάρχει και η αρνητική επίδραση της επαναπλήρωσης φιαλών στην κατανάλωση ενέργειας του συστήματος (επιπλέον κατανάλωση ενέργειας ίση με  $m \cdot e_{IA}$ ) και η οποία οφείλεται σε κάποιες επιπλέον δραστηριότητες που γίνονται ειδικά εξαιτίας της και διαφορετικά δεν θα υπήρχαν (όπως η συλλογή και μεταφορά των κενών φιαλών και κυρίως το επιπλέον ειδικό πλύσιμο των φιαλών πριν αυτές επαναπληρωθούν). Προκειμένου η επαναπλήρωση να είναι ωφέλιμη πρέπει η θετική επίδραση της στην κατανάλωση ενέργειας του συστήματος να είναι μεγαλύτερη της αρνητικής ( $E''_{\Sigma YN} > m \cdot e_{IA}$ ).

Η σχέση 3.1.3.6 συσχετίζει την κατανάλωση ενέργειας όταν έχουμε επαναπλήρωση ( $E_{\Sigma YN}$ ) και όταν δεν έχουμε επαναπλήρωση των φιαλών ( $E'_{\Sigma YN}$ ). Η ορθότητα τη σχέσης αυτής (και κατ' επέκταση του συστήματος ΑΚΖ φιαλών νερού από το οποίο αυτή προέκυψε) επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι η μαθηματική αυτή σχέση έχει φυσική υπόσταση αφού περιγράφει με ακρίβεια τη πραγματικότητα. Συγκεκριμένα, η σχέση 3.1.3.6 εκφράζει με μαθηματικό τρόπο την εξής πρόταση :

“Η κατανάλωση ενέργειας ( $E_{\Sigma\gamma\eta}$ ) σε ένα σύστημα φιαλών νερού στο οποίο ένα ποσοστό των φιαλών ( $f$ ) επαναπληρώνεται είναι ίση με την κατανάλωση ενέργειας όταν στο ίδιο σύστημα δεν πραγματοποιείται επαναπλήρωση των φιαλών ( $E'_{\Sigma\gamma\eta}$ ) μειωμένη κατά την ενέργεια που εξοικονομείται χάρη στην επαναπλήρωση του ποσοστού  $f$  των φιαλών ( $f \cdot E''_{\Sigma\gamma\eta}$ ) και προσυζητημένη κατά την ενέργεια που καταναλώνεται εξαιτίας της δραστηριότητας της επαναπλήρωσης αυτού του ποσοστού  $f$  των φιαλών ( $f \cdot m \cdot e_{\text{IA}}$ )”.

Η ισχύς της παραπάνω πρότασης είναι προφανής γεγονός το οποίο επιβεβαιώνει την ορθότητα της σχέσης 3.1.3.6 και άρα και την ορθότητα του συστήματος από το οποίο προέκυψε.

Συνεχίζοντας την ανάλυση, μπορούμε να καταλήξουμε σε ένα γενικότερο κανόνα – μοντέλο σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας στο σύστημα. Συγκεκριμένα, από τις σχέσεις 3.1.3.6 και 3.1.3.6β προκύπτει :

$$E_{\Sigma\gamma\eta} = E'_{\Sigma\gamma\eta} - f \cdot E'_{\Sigma\gamma\eta} + f \cdot m \cdot (e_E + e_{\Sigma T} + e_Z + e_{\text{IA}}) \quad (\text{σχέση 3.1.3.7})$$

και λαμβάνοντας υπόψη τη σχέση 3.1.2.10 ( $f = 1 - 1/t$ ), η σχέση 3.1.3.7 γίνεται :

$$E_{\Sigma\gamma\eta} = E'_{\Sigma\gamma\eta} - E'_{\Sigma\gamma\eta} + (E'_{\Sigma\gamma\eta} / t) + m \cdot (e_E + e_{\Sigma T} + e_Z + e_{\text{IA}}) - (m / t) \cdot (e_E + e_{\Sigma T} + e_Z + e_{\text{IA}}) \Rightarrow$$

$$E_{\Sigma\gamma\eta} = [E'_{\Sigma\gamma\eta} + (t - 1) \cdot m \cdot (e_E + e_{\Sigma T} + e_Z + e_{\text{IA}})] / t \quad (\text{σχέση 3.1.3.8})$$

Εάν “ $n$ ” είναι ο μέσος αριθμός επαναπληρώσεων των φιαλών και δεδομένου ότι “ $t$ ” είναι ο μέσος αριθμός πληρώσεων, προφανώς ισχύει :

$$t = n + 1 \quad (\text{σχέση 3.1.3.9})$$

Οπότε, από τις σχέσεις 3.1.3.8 και 3.1.3.9 προκύπτει τελικά :

$$E_{\Sigma\gamma\eta} = [E'_{\Sigma\gamma\eta} + n \cdot m \cdot (e_E + e_{\Sigma T} + e_Z + e_{\text{IA}})] / (n + 1) \quad (\text{σχέση 3.1.3.10})$$

όπου είναι :

- $E_{\Sigma\gamma\eta}$  : η συνολική κατανάλωση ενέργειας του κύκλου ζωής υλικού συσκευασίας με “ $n$ ” επαναπληρώσεις,
- $E'_{\Sigma\gamma\eta}$  : η κατανάλωση ενέργειας του κύκλου ζωής υλικού συσκευασίας χωρίς καμμία επαναπλήρωση, και
- $m \cdot (e_E + e_{\Sigma T} + e_Z + e_{\text{IA}})$  : η κατανάλωση ενέργειας σε κάθε επαναπλήρωση του υλικού συσκευασίας.

✧ Κατανάλωση πρώτων υλών και παραγωγή αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων :

Σχετικά με την κατανάλωση πρώτων υλών και την παραγωγή αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων, ισχύει η επόμενη σχέση η οποία προκύπτει με εντελώς ανάλογο τρόπο με αυτόν της σχέσης 3.1.3.3 :

$$\begin{aligned} X_{\Sigma YN} = & (X_A + X_B) \cdot (1 - f) \cdot (1 - k) \cdot m + \\ & + (X_\Gamma + X_\Delta) \cdot (1 - f) \cdot m + (X_E + X_{\Sigma T} + X_Z) \cdot m + X_H \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot m + \\ & + X_\Theta \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot c \cdot m + x_I \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot (1 - c) \cdot m + \\ & + x_{IA} \cdot f \cdot m + x_{IB} \cdot (1 - f) \cdot a \cdot m \end{aligned} \quad (\text{σχέση 3.1.3.11})$$

Στην παραπάνω σχέση, με "X" συμβολίζεται η ποσότητα οποιουδήποτε υλικού που καταναλώνεται στο σύστημα (π.χ. νερό κλπ) καθώς και η ποσότητα οποιουδήποτε αέριου, υγρού και στερεού απόβλητου που παράγεται σε αυτό (π.χ. NOx, λάδια, απορρίμματα κλπ). Έτσι,  $X_{\Sigma YN}$  είναι η συνολική ποσότητα του υλικού που καταναλώνεται ή του απόβλητου που παράγεται στο σύστημα και προκύπτει ως το άθροισμα των ποσοτήτων του υλικού που καταναλώνονται ή του απόβλητου που παράγονται σε κάθε ένα υποσύστημα, σύμφωνα με τη σχέση :

$$X_{\Sigma YN} = X_A + X_B + X_\Gamma + X_\Delta + X_E + X_{\Sigma T} + X_Z + X_H + X_\Theta + X_I + X_{IA} + X_{IB} \quad (\text{σχέση 3.1.3.12})$$

Στη σχέση 3.1.3.11 με  $x_j$  (όπου  $j = A, B, \dots, IB$ ) εκφράζεται (κατ' αναλογία με ότι ισχύει για την ειδική ενέργεια  $e_j$ ) η κατανάλωση ενός υλικού ή η παραγωγή ενός απόβλητου ανά μονάδα μάζας (συνήθως σε kg ή gr ή mg ή lt ή  $\text{cm}^3$  / kg), ισχύει δηλαδή η σχέση :

$$X_j = x_j \cdot m_j \quad \text{όπου } j = A, B, \dots, IB \quad (\text{σχέση 3.1.3.13})$$

Το μέγεθος  $X_j$  εκφράζεται σε kg ή gr ή mg ή lt ή  $\text{cm}^3$  ανά MAETP (δηλαδή σε kg ή gr ή mg ή lt ή  $\text{cm}^3$  / 1000 λίτρα), το μέγεθος  $x_j$  σε kg ή gr ή mg ή lt ή  $\text{cm}^3$  / kg και η μάζα  $m_j$  σε kg ανά MAETP (δηλαδή σε kg/1000 λίτρα).

Από τη σχέση 3.1.3.11 μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνολική κατανάλωση ενός υλικού ή την παραγωγή ενός απόβλητου στο σύστημα ( $X_{\Sigma YN}$ ) αρκεί να γνωρίζουμε τα μεγέθη  $m$ ,  $f$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $k$  και  $c$  καθώς και  $x_j$  (όπου  $j = A, B, \dots, IB$ ) ενώ για την περίπτωση του μεγέθους  $x_I$  του υποσυστήματος "I" (καύση αστικών απορριμμάτων) ισχύει ότι και για την αντίστοιχη ειδική κατανάλωση ενέργειας  $e_j$ , δηλαδή μπορεί να αναλυθεί σε  $X_{I\chi\alpha\epsilon}$  και  $X_{I\mu\alpha\epsilon}$  σύμφωνα με την σχέση :

$$x_I = [ X_{I\chi\alpha\epsilon} \cdot (1 - c_R) + X_{I\mu\alpha\epsilon} \cdot c_R ] \quad (\text{σχέση 3.1.3.14})$$



## **3.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ**

Ένα από τα σημαντικότερα στάδια στη διαδικασία εκπόνησης μιας μελέτης ΑΚΖ είναι η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων. Στην παρούσα ανάλυση, τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται προέρχονται από τις εξής πηγές :

- ♦ πρωτογενείς πηγές και ιδιωτικές μετρήσεις,
- ♦ υπάρχουσες μελέτες και δημοσιεύσεις,
- ♦ τη διεθνή βιβλιογραφία, και
- ♦ εκτιμήσεις, προϋπολογισμούς, κανονισμούς και νόμους.

Αν και, γενικά, προτιμούνται οι πρωτογενείς πηγές στοιχείων, στην πράξη χρησιμοποιούνται και οι αντίστοιχες δευτερογενείς (μελέτες, βιβλιογραφία, νομοθεσία κλπ) καθώς συχνά παρουσιάζουν τόσο την αναγκαία αξιοπιστία όσο και αυξημένη ακρίβεια. Άλλωστε, πολλές φορές κάτι τέτοιο είναι αναπόφευκτο κυρίως λόγω έλλειψης επαρκών πρωτογενών πηγών.

### **3.2.1. Βασικά στοιχεία συστήματος**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, σε κάθε μελέτη ΑΚΖ προϊόντος υπάρχουν ορισμένα βασικά στοιχεία που την χαρακτηρίζουν και τα οποία επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό τα αποτελέσματα της καθώς υπεισέρχονται σε πολλά σημεία της ανάλυσης. Τα στοιχεία αυτά, που είναι το ενεργειακό σύστημα, οι μεταφορές και η διαχείριση των στερεών απορριμμάτων, έχουν αναπτυχθεί λεπτομερώς στο παράρτημα Β. Στη συνέχεια, ωστόσο, θα αναφερθούν οι ακριβείς τιμές των στοιχείων αυτών που θεωρείται (με γνώμονα την όσο το δυνατόν πληρέστερη προσέγγιση και απεικόνιση της ελληνικής πραγματικότητας) ότι ισχύουν στην παρούσα ΑΚΖ των φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς που εξετάζουμε, προκειμένου τόσο να μπορούν να χρησιμοποιηθούν, όποτε κριθεί απαραίτητο κατά τη διάρκεια της ανάλυσης, όσο και να είναι πλήρως καθορισμένα και σαφή τα δεδομένα στα οποία η ανάλυση αυτή βασίζεται. Οι πηγές προέλευσης των στοιχείων αυτών αναφέρονται αναλυτικά στο παράρτημα Β όπως επίσης και ο τρόπος προσδιορισμού τους.

### ➤ Ενεργειακό Σύστημα

Στην παρούσα ΑΚΖ ισχύει το ελληνικό ενεργειακό σύστημα, σύμφωνα με το οποίο θεωρούμε ότι η ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από το δίκτυο της Δ.Ε.Η., τα υγρά καύσιμα από τα ελληνικά διυλιστήρια ενώ τα υπόλοιπα καύσιμα (εκτός του λιγνίτη) είναι εισαγόμενα. Έτσι, για μεν την προέλευση της ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή τη συμμετοχή των διαφόρων πρωτογενών καυσίμων στην κάλυψη της ζήτησης αυτής, στην Ελλάδα (1995) έχουμε τον πίνακα 3.2.1.1 ενώ για τους βαθμούς απόδοσης παραγωγής των διαφόρων καυσίμων τον πίνακα 3.2.1.2.

**Πίνακας 3.2.1.1 : Προέλευση της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα**

Προέλευση Ηλεκτρικής Ενέργειας	Ποσοστό (%)
Θερμικοί Σταθμοί	89,4
<i>Λιθάνθρακα</i>	2,4
<i>Λιγνίτη</i>	65,3
<i>Μαζούτ</i>	16,0
<i>Ντίζελ</i>	3,3
<i>Φυσικού αερίου</i>	0,2
<i>Λοιπών καυσίμων</i>	2,2
Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	6,8
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	0,04
Εισαγωγές	3,76

Πηγή [216]

Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα βασίζεται σχεδόν αποκλειστικά στους θερμικούς σταθμούς (σε ποσοστό 90 % περίπου) και κυρίως σε εκείνους που χρησιμοποιούν λιγνίτη. Το μεγαλύτερο μέρος των σταθμών αυτών (τόσο σε αριθμό όσο και σε μέγεθος) είναι συγκεντρωμένο στη βόρειο Ελλάδα και συγκεκριμένα βρίσκονται στις εξής περιοχές [221] :

- ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου : μονάδες 4, συν. εγκατεστημένη ισχύς 1220 MW
- ΑΗΣ Αμυνταίου : μονάδες 2, συνολική εγκατεστημένη ισχύς 600 MW
- ΑΗΣ Καρδιάς : μονάδες 4, συνολική εγκατεστημένη ισχύς 1200 MW
- ΑΗΣ Μεγαλόπολης : μονάδες 3, συνολ. εγκατεστημένη ισχύς 550 MW
- ΑΗΣ Πτολεμαΐδας : μονάδες 4, συνολ. εγκατεστημένη ισχύς 620 MW

**Πίνακας 3.2.1.2 : Βαθμός απόδοσης παραγωγής και θερμογόνος δύναμη διαφόρων καυσίμων**

Είδος Καυσίμου	Βαθμός Απόδοσης Παραγωγής (%)	Θερμογόνος Δύναμη (MJ/kg)	Πηγή
Άνθρακας	94,5	28,5	{142}
Λιγνίτης			
- Πτολεμαΐδας	94,7	25,25	{142}, {238}
- Μεγαλόπολης	94,6	24,45	{142}, {238}
Πετρέλαιο			
- Βαρύ κλάσμα	85,6	42,60	Υ.Β.Ε.Τ., {142}
- Μέσο κλάσμα	85,6	42,85	Υ.Β.Ε.Τ., {142}
- Ελαφρύ κλάσμα	85,7	43,20	Υ.Β.Ε.Τ., {142}
- Αεριέλαιο	86,3	45,21	Υ.Β.Ε.Τ., {142}
- Κηροζίνη	86,6	46,53	Υ.Β.Ε.Τ., {142}
- Ντήζελ	86,2	44,84	Υ.Β.Ε.Τ., {142}
- LPG (προπάνιο)	87,4	50,0	Υ.Β.Ε.Τ., {142}
- LPG (βουτάνιο)	87,3	49,30	Υ.Β.Ε.Τ., {142}
Φυσικό Αέριο (ρωσικό)	87,5	58,21	{142}, {261}
Κωκ	80,6	25,42	{142}, {262}
Συνθετικό Αέριο	80,6	37,36	{142}, {238}
Ηλεκτρική Ενέργεια			
- Θερμικοί Σταθμοί	32,73	-	{214}, {215}
- Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	80	-	{44}, {100}
- Δίκτυο Διανομής	79,77	-	{214}, {215}

Στις περιπτώσεις εκείνες όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμα αναλυτικά στοιχεία γύρω από τις αέριες εκπομπές οι οποίες οφείλονται σε δραστηριότητες που περιλαμβάνουν κατανάλωση ενέργειας, τότε αυτές μπορούν να εκτιμηθούν με την βοήθεια των πινάκων 3.2.1.3 και 3.2.1.4. Οι πίνακες αυτοί αναφέρονται στους αέριους ρύπους που παράγονται κατά τη χρησιμοποίηση διαφόρων καυσίμων και κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από θερμικούς σταθμούς. Η ανάγκη για τον προσδιορισμό της ατμοσφαιρικής επιβάρυνσης με τη βοήθεια τέτοιων στοιχείων δεν είναι σπάνια διότι, τις περισσότερες φορές, υπάρχει έλλειψη σχετικών πρωτογενών στοιχείων (λίγες είναι οι παραγωγικές μονάδες οι οποίες τηρούν συστηματικά περιβαλλοντικά αρχεία και ακόμα λιγότερες εκείνες οι οποίες τα δημοσιοποιούν) ενώ και τα αντίστοιχα δευτερογενή στοιχεία είναι συχνά ελλιπή.

**Πίνακας 3.2.1.3 : Αέριες εκπομπές από τη χρήση (καύση) διαφόρων καυσίμων**

ΕΙΔΟΣ ΑΕΡΙΑΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ			
	Άνθρακας	Ντήζελ	Μαζούτ	Φυσικό Αέριο
SO <sub>2</sub> (mg/MJ)	720	140	490	0,73
NO <sub>x</sub> (mg/MJ)	245	238,9	302	65
CO (mg/MJ)	-	16,6	16,6	6,2
CO <sub>2</sub> (kg/MJ)	80	70	-	42,1
HC (mg/MJ)	-	10	-	-
HCHO (mg/MJ)	-	6,7	-	-
VOC (mg/MJ)	-	8,2	4,1	2,7
Σωματίδια (mg/MJ)	-	39,9	122	1,4
Πηγή	{240}, {259}	{239}, {240}, {247}, {259}	{240}, {247}, {259}	{239}, {240}, {247}

**Πίνακας 3.2.1.4 : Αέριες εκπομπές από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμικούς σταθμούς**

ΚΑΥΣΙΜΟ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΕΙΔΟΣ ΑΕΡΙΑΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ				
	SO <sub>2</sub> (kg/MWh)	NO <sub>x</sub> (kg/MWh)	Σωματίδια (kg/MWh)	CO <sub>2</sub> (ton/MWh)	Πηγή
Λιγνίτης	1,75	1,65	0,45	1,61	Δ.Ε.Η. {230}
Μαζούτ	17	1,75	0,3	0,85	Δ.Ε.Η. {230}
Ντήζελ	0,5	0,74	0,16	0,25	{243}
Φυσικό Αέριο	0,004	0,61	0,01	0,18	{243}
Άνθρακας	2,3	0,9	8,2	0,31	{243}

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η περιβαλλοντική επιβάρυνση της ατμόσφαιρας εξαιτίας της χρήσης κάποιου καυσίμου υπολογίζεται από τον πίνακα 3.2.1.3 αφού, όμως, προηγουμένως έχει ληφθεί υπόψη ο βαθμός απόδοσης παραγωγής του καυσίμου αυτού καθώς και η θερμογόνος δύναμη του από τον πίνακα 3.2.1.2. Με το ακόλουθο παράδειγμα η διαδικασία αυτή γίνεται πιο κατανοητή :

- ✧ Η χρήση 1 kg άνθρακα από τον τελικό καταναλωτή ισοδυναμεί με πραγματική κατανάλωση  $1 \text{ kg} / 0,945 = 1,0582 \text{ kg}$  άνθρακα αφού η ποσότητα των  $0,0582 \text{ kg}$  αντιστοιχεί σε αυτήν που αναγκαστικά αναλώθηκε για την παραγωγή του 1 kg, σύμφωνα με τον βαθμό απόδοσης παραγωγής του άνθρακα (94,5 %) που αναφέρεται στον πίνακα 3.2.1.2.
- ✧ Τα  $1,0582 \text{ kg}$  άνθρακα αντιστοιχούν, σύμφωνα με τον πίνακα 3.2.1.2, σε κατανάλωση ενέργειας  $28,5 \text{ MJ/kg} \times 1,0582 \text{ kg} = 30,16 \text{ MJ}$ .
- ✧ Από τον πίνακα 3.2.1.3, η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας που αντιστοιχεί στην καταναλισκόμενη ενέργεια των  $30,16 \text{ MJ}$  είναι :

$$720 \text{ mg SO}_2 / \text{MJ} \times 30,16 \text{ MJ} = 21,72 \text{ gr SO}_2$$

$$245 \text{ mg NO}_x / \text{MJ} \times 30,16 \text{ MJ} = 7,39 \text{ gr NO}_x \text{ και}$$

$$80 \text{ kg CO}_2 / \text{MJ} \times 30,16 \text{ MJ} = 2,41 \text{ ton CO}_2$$

Κατ' ανάλογο τρόπο, για τον υπολογισμό της ατμοσφαιρικής επιβάρυνσης εξαιτίας της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, πρέπει να ληφθούν υπόψη η συμμετοχή του κάθε καυσίμου στην παραγωγή της (πίνακας 3.2.1.1), ο βαθμός απόδοσης του κάθε σταθμού καθώς και του δικτύου διανομής (πίνακας 3.2.1.2) και βέβαια οι αέριες εκπομπές που παράγονται σε κάθε είδος σταθμού (πίνακας 3.2.1.4). Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω και δεδομένου ότι στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς (και γενικότερα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας) δεν παράγονται αέριοι ρυπαντές, στην συνέχεια υπολογίζεται το ποσό της ενέργειας που πραγματικά καταναλώνεται όταν χρησιμοποιείται από τον τελικό καταναλωτή 1 MWh ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης και η συνεπαγόμενη, αυτής της ενεργειακής κατανάλωσης, αέρια ρύπανση. Συγκεκριμένα ισχύουν τα εξής :

- ο Η χρήση 1 MWh ηλεκτρικής ενέργειας από τον τελικό καταναλωτή ισοδυναμεί με πραγματική κατανάλωση  $1 \text{ MWh} / 0,7977 = 1,254 \text{ MWh}$  ηλεκτρικής ενέργειας αφού το ποσό της  $0,254 \text{ MWh}$  αντιστοιχεί σε αυτήν που αναγκαστικά αναλώθηκε για την μεταφορά και διανομή της 1 MWh, σύμφωνα με τον βαθμό απόδοσης του δικτύου διανομής της Η/Ε (79,77 %) που αναφέρεται στον πίνακα 3.2.1.2.

- ο Το ποσό της 1,254 MWh ηλεκτρικής ενέργειας αναλύεται, σύμφωνα με τον πίνακα 3.2.1.1, στα ακόλουθα (οι άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι αμελητέες) :

1,121 MWh από θερμικούς σταθμούς,

0,085 MWh από υδροηλεκτρικούς σταθμούς, και

0,048 MWh από εισαγωγές.

- ο Το ποσό της 1,121 MWh ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από θερμικούς σταθμούς χρειάζεται για να παραχθεί ενέργεια ίση με  $1,121 \text{ MWh} / 0,3273 = 3,425 \text{ MWh} = 12330 \text{ MJ}$ , σύμφωνα με τον βαθμό απόδοσης των θερμικών σταθμών παραγωγής Η/Ε (32,73 %) που αναφέρεται στον πίνακα 3.2.1.2 ενώ το ποσό της 0,085 MWh ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από υδροηλεκτρικούς σταθμούς χρειάζεται για να παραχθεί ενέργεια ίση με  $0,085 \text{ MWh} / 0,80 = 0,106 \text{ MWh} = 381,6 \text{ MJ}$ , σύμφωνα με τον βαθμό απόδοσης των υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής Η/Ε (80 %) που αναφέρεται στον ίδιο πίνακα. Για το ποσό της 0,048 MWh ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από εισαγωγές θεωρούμε ότι χρειάζεται για να παραχθεί ενέργεια ίση με  $0,048 \text{ MWh} / 0,42 = 0,114 \text{ MWh} = 410,4 \text{ MJ}$ , σύμφωνα με τον μέσο βαθμό απόδοσης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (42 %) της Δυτικής Ευρώπης [100]. Συνεπώς κάθε 1 MWh ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται από το δίκτυο της Δ.Ε.Η., ισοδυναμεί με συνολική κατανάλωση ενέργειας ίση με 3,645 MWh ή 13122 MJ.
- ο Το ποσό της 1,121 MWh ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από τους θερμικούς σταθμούς αναλύεται, σύμφωνα με τον πίνακα 3.2.1.1, στα ακόλουθα :

0,030 MWh από θερμικούς σταθμούς λιθάνθρακα,

0,819 MWh από θερμικούς σταθμούς λιγνίτη,

0,229 MWh από θερμικούς σταθμούς μαζούτ και λοιπών καυσίμων,

0,041 MWh από θερμικούς σταθμούς ντήζελ, και

0,002 MWh από θερμικούς σταθμούς φυσικού αερίου.

Από τα παραπάνω και σύμφωνα με τον πίνακα 3.2.1.4, υπολογίζεται η αέρια ρύπανση που προκαλείται από κάθε είδος θερμικού σταθμού ξεχωριστά για την παραγωγή της απαραίτητης ενέργειας προκειμένου να φτάσει στον τελικό καταναλωτή 1 MWh Η/Ε. Οι συνολικές τιμές για κάθε είδος αέριας εκπομπής καθώς και η κατανάλωση ενέργειας αναφέρονται συγκεντρωμένα στον πίνακα 3.2.1.5.

**Πίνακας 3.2.1.5 : Κατανάλωση ενέργειας και παραγωγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης από την χρήση 1 MWh ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο της Δ.Ε.Η.**

Κατανάλωση ενέργειας (MJ/MWh)	Παραγωγή SO <sub>2</sub> (kg/MWh)	Παραγωγή NO <sub>x</sub> (kg/MWh)	Παραγωγή Σωματιδίων (kg/MWh)	Παραγωγή CO <sub>2</sub> (ton/MWh)
13122	5,416	1,811	0,690	1,533

*Σημείωση :* Τα πρωτογενή ενεργειακά στοιχεία μιας δραστηριότητας αναφέρονται, συνήθως, στην κατανάλωση καυσίμων (π.χ. kg καταναλισκόμενου πετρελαίου ανά kg παραγόμενου προϊόντος κλπ) και ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. kWh χρησιμοποιούμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος κλπ) στο σημείο που πραγματοποιείται η δραστηριότητα. Ωστόσο, όπως αναφέρεται στο παράρτημα Β αναλυτικά, για 1 kg πετρελαίου ή για 1 kWh ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε ένα σημείο έχει καταναλωθεί επιπλέον ποσό ενέργειας που αντιστοιχεί στην παραγωγή και διανομή τους. Το ποσό αυτό της ενέργειας λαμβάνεται υπόψη μέσω των βαθμών απόδοσης παραγωγής κάθε καυσίμου. Σε ότι αφορά στα σχετικά ενεργειακά δεδομένα τα οποία λαμβάνονται από τη βιβλιογραφία (δευτερογενή στοιχεία), το επιπλέον αυτό ποσό ενέργειας συνήθως έχει ληφθεί υπόψη (διαφορετικά σημειώνεται) ακόμα και αν δεν γίνεται επιμέρους ανάλυση του. Σύμφωνα με τα παραπάνω, για τον προσδιορισμό, στην παρούσα ΑΚΖ, της ενέργειας παραγωγής των πρωτογενών ενεργειακών στοιχείων (καθώς και εκείνων που δίνονται στη βιβλιογραφία εφόσον αυτό είναι απαραίτητο) χρησιμοποιούνται οι βαθμοί απόδοσης που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

➤ Μεταφορές

Με βάση όσα αναφέρονται για τις μεταφορές στο παράρτημα Β, ισχύει ο πίνακας 3.2.1.6 σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας και την παραγωγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης λόγω των εμπορευματικών οδικών μεταφορών. Στον πίνακα αυτό δεν συμπεριλαμβάνεται η αντίστοιχη συνεισφορά των δραστηριοτήτων της κατασκευής τόσο των οχημάτων όσο και του οδικού δικτύου. Σε ότι αφορά στην κατανάλωση ενέργειας στις σιδηροδρομικές, θαλάσσιες και αεροπορικές εμπορευματικές μεταφορές, ισχύουν τα ακόλουθα :

✧ Σιδηροδρομικές Μεταφορές : 0,656 MJ/tonne-km [273]

✧ Θαλάσσιες Μεταφορές : 0,170 MJ/tonne-mile = 0,106 MJ/tonne-km [105].

✧ Αεροπορικές Μεταφορές : 16,704 MJ/tonne-km [271]

Πίνακας 3.2.1.6 : Κατανάλωση ενέργειας και παραγωγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα εμπορευματικά οδικά μεταφορικά μέσα στην Ελλάδα

Προέλευση - Είδος Περιβαλλοντικής Επιβάρυνσης	Φορτηγά Ντήζελ 3,5 - 16 ton	Φορτηγά Ντήζελ > 16 ton	Πηγή
<b>Κατανάλωση Ενέργειας για Κίνηση (MJ / ton-km)</b>			
Αστικό Δίκτυο	1,86	1,86	{273}
Επαρχιακό Δίκτυο	1,26	1,26	{273}
Υπεραστικό Δίκτυο	1,12	1,12	{273}
<b>Παραγωγή Αερίων Εκπομπών (gr / km)</b>			
CO	7,72	6,19	{266}
VOC	2,73	2,68	{266}
NOx	6,70	7,43	{266}
<b>Συχνότητα Κίνησης (%)</b>			
Αστικό Δίκτυο	30	14	{266}
Επαρχιακό Δίκτυο	40	42	{266}
Υπεραστικό Δίκτυο	30	44	{266}
<b>Κατανάλωση Ενέργειας για Συντήρηση (MJ / ton-km)</b>			
Λίπανση	0,011	0,011	{142}, {273}
Ελαστικά	0,030	0,030	{142}, {273}
Συντήρηση	0,695	0,695	{142}, {273}
Ανταλλακτικά	0,004	0,004	{142}, {273}

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, η μέση κατανάλωση ενέργειας για την κίνηση και την συντήρηση ενός φορτηγού οχήματος ωφέλιμου όγκου 20 τόννων είναι 2,0224 MJ/tonne-km.

➤ Διαχείριση Αστικών Απορριμμάτων

Στην παρούσα ΑΚΖ θεωρούμε ότι όσα από τα αστικά απορρίμματα δεν ανακυκλώνονται ούτε επαναχρησιμοποιούνται, καταλήγουν αποκλειστικά σε χώρους υγειονομικής ταφής. Τα παραπάνω είναι απολύτως σύμφωνα με όσα αναφέρονται στο παράρτημα Β σχετικά με τη διαχείριση των αστικών απορριμμάτων στην Ελλάδα καθώς τόσο η συστηματική και οργανωμένη αποτέφρωση απορριμμάτων (με ή χωρίς ανάκτηση ενέργειας) όσο και οι λοιπές μέθοδοι διαχείρισης τους είναι, προς το παρόν τουλάχιστον, ουσιαστικά ανύπαρκτες στη χώρα μας [290].



Το ποσοστό των αστικών απορριμμάτων που, κατά μέσο όρο, ανακυκλώνεται στη Ελλάδα είναι 6 % περίπου, ωστόσο το ποσοστό αυτό στην περίπτωση του γυαλιού είναι 22 % ενώ σε αυτή των πλαστικών είναι 0 % καθώς τα πλαστικά δεν ανακυκλώνονται μέχρι σήμερα στη χώρα μας. Τα παραπάνω, βέβαια, αναφέρονται σε συστηματική και οργανωμένη ανακύκλωση [309], [408], [426]. Σε ότι αφορά, γενικά, στην επαναπλήρωση των φιαλών στην Ελλάδα, οι πλαστικές φιάλες δεν επαναπληρώνονται κάνοντας έτσι μία μόνο διαδρομή. Αντίθετα, πολλές γυάλινες φιάλες επαναπληρώνονται και μάλιστα ο μέσος αριθμός διαδρομών τους (μέχρι, λόγω απώλειας ή καταστροφής τους, να αντικατασταθούν) είναι 30 για τις φιάλες αναψυκτικών και 20 για τις φιάλες μπίρας (οι φιάλες νερού συνήθως δεν επαναπληρώνονται) [420].

Τέλος, σχετικά με την περισυλλογή των αστικών απορριμμάτων και την μεταφορά τους στους χώρους ταφής, ισχύουν τα εξής [407], [479]:

- μέση απόσταση διαδρομής : 18 km,
- μέση μεταφερόμενη ποσότητα ανά όχημα και διαδρομή : 4,5 τόννοι,
- μέση κατανάλωση καυσίμου (ντίζελ) απορριμματοφόρου : 0,4 lt/km.

### 3.2.2. Συλλογή στοιχείων ανά υποσύστημα

Στην παρούσα παράγραφο παραθέτονται τα συλλεχθέντα στοιχεία με βάση τα οποία θα υπολογιστούν οι περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις των προϊόντων που εξετάζονται. Η παράθεση των στοιχείων αυτών γίνεται ανά υποσύστημα. Εφόσον για μια δραστηριότητα υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία από περισσότερες της μιας πηγές, τότε αναφέρονται όλα τα διαθέσιμα στοιχεία από τα οποία θα επιλεγούν τελικά αυτά που θα χρησιμοποιηθούν στους υπολογισμούς. Σε ότι αφορά στη μάζα αναφοράς **m** (όπως αναφέρθηκε, ως μάζα αναφοράς λαμβάνεται η συνολική μάζα των απαιτούμενων φιαλών για την παροχή στον καταναλωτή 1000 λίτρων νερού) αυτή προκύπτει από τη σχέση 3.1.2.9 και τον πίνακα 3.2.2.1 όπου αναφέρονται τα βάρη διαφόρων φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς. Έτσι, η μάζα αναφοράς **m** για κάθε είδος φιάλης της παρούσας ΑΚΖ λαμβάνεται ως εξής :

- Φιάλη από γυαλί χωρητικότητας 1 lt :  $m = 466 \text{ kg}/1000 \text{ lt}$
- Φιάλη από PET χωρητικότητας 0,5 lt :  $m = 54 \text{ kg}/1000 \text{ lt}$
- Φιάλη από PET χωρητικότητας 1,5 lt :  $m = 28,2 \text{ kg}/1000 \text{ lt}$
- Φιάλη από PET χωρητικότητας 2 lt :  $m = 24,5 \text{ kg}/1000 \text{ lt}$

- Φιάλη από PVC χωρητικότητας 0,5 lt : m = 50 kg/1000 lt
- Φιάλη από PVC χωρητικότητας 0,75 lt : m = 52 kg/1000 lt
- Φιάλη από PVC χωρητικότητας 1,5 lt : m = 32,7 kg/1000 lt
- Φιάλη από PVC χωρητικότητας 2 lt : m = 41 kg/1000 lt

Επειδή, στην ελληνική αγορά, οι φιάλες από σκληρό πολυαιθυλένιο (HDPE) δεν χρησιμοποιούνται για νερό αλλά για άλλα προϊόντα, η μάζα αναφοράς τους εκτιμάται με βάση φιάλη γάλακτος αυτού του είδους χωρητικότητας 1 lt και λαμβάνεται ίση με  $m = 36 \text{ kg}/1000 \text{ lt}$ .

**Πίνακας 3.2.2.1 : Βάρος διαφόρων φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς**

Εμπορικό Σήμα	Χωρητικότητα Φιάλης (lt)	Υλικό Κατασκευής	Βάρος Φιάλης (gr)
ΚΥΜΗ	0,5	PET	27
ΗΒΗ - ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ	0,5	PVC	25
ΕΤΑΝΑΠ	0,75	PVC	39
ΑΥΡΑ	1	Γυαλί	466
ΚΟΡΠΗ	1	Γυαλί	466
ΗΒΗ - ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ	1,5	PVC	44
ΑΥΡΑ	1,5	PET	40
ΣΑΡΙΖΑ	1,5	PVC	54
ΚΟΡΠΗ	1,5	PET	43
ΙΟΛΗ	1,5	PET	44
ΚΑΣΤΑΛΙΑ	2	PVC	82
ΗΒΗ - ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ	2	PET	49

#### ➤ Α. Παραγωγή πρώτης ύλης

Το υποσύστημα αυτό περιλαμβάνει τέσσερις επιμέρους περιπτώσεις : την παραγωγή γυαλιού, τереφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET), πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) και σκληρού πολυαιθυλενίου (HDPE).

### ✧ A.1 Παραγωγή γυαλιού

Η κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών καθώς και η αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή του γυαλιού δίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

**Πίνακας 3.2.2.2 : Ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή γυαλιού**

Υποσύστημα A.1 – Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Παραγωγή Γυαλιού							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Γυάλινες Φιάλες Νερού							
a/a	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	*	*	*	8,93	Ελλάς		{515}
2	0,61	10,97	-	11,58	Σουηδία		{142}
3	0,32	2,72	1,01	4,05	Βρετανία		{105}
4	*	*	*	16,87	Η.Π.Α.		{104}
5	*	*	*	7,48	Ελβετία		{44} {173}

\* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή

**Πίνακας 3.2.2.3 : Ειδική κατανάλωση πρώτων υλών κατά την παραγωγή γυαλιού**

Υποσύστημα A.1 – Ειδική Κατανάλωση Πρώτων Υλών (kg/kg)		
Δραστηριότητα : Παραγωγή Γυαλιού		
Εξεταζόμενο Προϊόν : Γυάλινες Φιάλες Νερού		
a/a	1	2
Χώρα/ες Αναφοράς	Βρετανία	Η.Π.Α.
Πηγή	{105}	{104}
Χαλαζιακή Άμμος	0,76	0,64
Ασβεστόλιθος	0,17	0,25
Ανθρακική Σόδα	0,22	0,2
Βοηθητικές Ύλες	0,08	0,2
Νερό	2,35	2,35

**Πίνακας 3.2.2.4 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την παραγωγή γυαλιού**

<b>Υποσύστημα A.1 – Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)</b>	
<b>Δραστηριότητα :</b> Παραγωγή Γυαλιού	
<b>Εξεταζόμενο Προϊόν :</b> Γυάλινες Φιάλες Νερού	
<b>Χώρα/ες Αναφοράς :</b> Ελβετία – Πηγή : {44}, {173}	
Σωματίδια	8,027
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	0,069
Υδρογονάνθρακες	1,624
Οξείδια του Αζώτου (NOx)	1,863
Πρωτοξείδιο του Αζώτου (N <sub>2</sub> O)	0,052
Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	3,075
Αλδεύδες	0,006
Οργανικές Ενώσεις	0,009
Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,003
Υδροχλώριο (HCl)	0,036
Υδροφθόριο (HF)	0,014
Μόλυβδος (Pb)	0,009

**Πίνακας 3.2.2.5 : Παραγωγή υγρών και στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή γυαλιού**

<b>Υποσύστημα A.1 – Παραγωγή Υγρών (gr/kg) και Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup>/kg)</b>	
<b>Δραστηριότητα :</b> Παραγωγή Γυαλιού	
<b>Εξεταζόμενο Προϊόν :</b> Γυάλινες Φιάλες Νερού	
<b>Χώρα/ες Αναφοράς :</b> Ελβετία – Πηγή : {44}, {173}	
<b>Υγρά Απόβλητα (gr/kg)</b>	
Αιωρούμενα Σωματίδια	0,001
Διαλυμένα Σωματίδια	1,782
BOD	0,001
COD	0,003
Έλαια	0,024
<b>Στερεά Απόβλητα (cm<sup>3</sup>/kg)</b>	
Στερεά Απόβλητα	15,4

### ❖ A.2 Παραγωγή τереφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET)

Στους επόμενους πίνακες δίνονται η κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών καθώς και η αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή του τереφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET).

**Πίνακας 3.2.2.6 : Ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή τереφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET)**

Υποσύστημα A.2 – Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Παραγωγή PET							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από PET							
α/α	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	*	*	*	156,25	Ελλάς		{515}
2	*	*	*	84,5	Δυτική Ευρώπη		{44} {173}
3	21,56	132,32	–	153,88	Βρετανία		{105}

\* : Δεν αναλύεται / – : Αμελητέα ή μηδενική τιμή

**Πίνακας 3.2.2.7 : Κατανάλωση πρώτων υλών κατά την παραγωγή τереφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET)**

Υποσύστημα A.2 – Ειδική Κατανάλωση Πρώτων Υλών (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή PET	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από PET	
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη – Πηγή : {44}	
Υδρογόνο (H <sub>2</sub> )	23,52
Οξυγόνο (O <sub>2</sub> )	527,00
NaOH	0,45
Νερό	1490
Βοηθητικές Ύλες	20,13

Σημείωση : Στον παραπάνω πίνακα δεν συμπεριλαμβάνεται το αργό πετρέλαιο αν και αποτελεί την βασική πρώτη ύλη για την παραγωγή του τереφθαλικού πολυαιθυλενίου (η μέση κατανάλωση αργού πετρελαίου είναι 4014,37 gr ανά kg παραγόμενου PET {44}). Αυτό συμβαίνει διότι η ποσότητα αυτή του αργού πετρελαίου έχει ήδη ληφθεί υπόψη (μέσω του

ενεργειακού του περιεχομένου) στην κατανάλωση υγρών καυσίμων και έχει συμπεριληφθεί στον πίνακα 3.2.2.6. Η κατανάλωση των υπολοίπων υλικών ( $H_2$ ,  $O_2$ ,  $NaOH$ ) οφείλεται στη χρήση καταλυτών.

**Πίνακας 3.2.2.8 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την παραγωγή τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET)**

Υποσύστημα A.2 - Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή PET	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από PET	
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη - Πηγή : {44}, {173}	
Σωματίδια	1,01
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	21,687
Υδρογονάνθρακες	28,154
Οξείδια του Αζώτου (NO <sub>x</sub> )	7,153
Πρωτοξείδιο του Αζώτου (N <sub>2</sub> O)	1,979
Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	6,031
Αλδεύδες	0,003
Οργανικές Ενώσεις	0,21
Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,001
Υδροχλώριο (HCl)	0,114

**Πίνακας 3.2.2.9 : Παραγωγή υγρών και στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET)**

Υποσύστημα A.2 - Παραγωγή Υγρών (gr/kg) και Στερεών Αποβλήτων (cm <sup>3</sup> /kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή PET	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από PET	
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη - Πηγή : {44}, {173}	
<b>Υγρά Απόβλητα (gr/kg)</b>	
Ανόργανα διαλελυμένα Σωματίδια	51,99
Οργανικά διαλελυμένα Σωματίδια	0,67
COD	0,001
Έλαια	0,649
Φαινόλη	0,001
Φθοριούχες Ενώσεις	0,001
<b>Στερεά Απόβλητα (cm<sup>3</sup>/kg)</b>	
Στερεά Απόβλητα	103,3

### ❖ A.3 Παραγωγή πολυβινυλοχλωριδίου (PVC)

Στους πίνακες που ακολουθούν δίνονται η κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών καθώς και η αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή του πολυβινυλοχλωριδίου (PVC).

**Πίνακας 3.2.2.10 : Ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή πολυβινυλοχλωριδίου (PVC)**

Υποσύστημα A.3 – Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Παραγωγή PVC							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από PVC							
a/a	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	39,58	19,27	-	58,85	Σουηδία		{142}
2	*	*	*	51,1	Δυτική Ευρώπη		{44} {173}

\* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή

Στον παραπάνω πίνακα, η πρώτη περίπτωση προκύπτει ως άθροισμα της κατανάλωσης ενέργειας από την παραγωγή του μονομερούς βινυλοχλωριδίου από αιθυλένιο και χλώριο (40,08 MJ/kg VCM) και της κατανάλωσης ενέργειας από την παραγωγή του πολυβινυλοχλωριδίου από τον πολυμερισμό του μονομερούς βινυλοχλωριδίου (18,77 MJ/kg PVC) χωρίς, ωστόσο, να αναφέρεται η μέθοδος πολυμερισμού που εφαρμόζεται [142]. Πάντως, η ενέργεια που καταναλώνεται κατά τον πολυμερισμό του VCM με τη μέθοδο αιωρήματος (suspension) έχει προσδιοριστεί στις Η.Π.Α. ίση με 8,38 MJ/kg παραγόμενου PVC [104].

**Πίνακας 3.2.2.11 : Κατανάλωση πρώτων υλών κατά την παραγωγή πολυβινυλοχλωριδίου (PVC)**

Υποσύστημα A.3 – Ειδική Κατανάλωση Πρώτων Υλών (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή PVC	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από PVC	
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη – Πηγή : {44}	
Αλάτι	1016,43
Υδρογόνο (H <sub>2</sub> )	0,87
Νερό	5750
Βοηθητικές Ύλες	7,17

Σημείωση : Όπως στην περίπτωση του PET έτσι και στον παραπάνω πίνακα δεν περιλαμβάνεται το αργό πετρέλαιο που χρησιμοποιείται στην παραγωγή του PVC (εκτιμάται σε 903,35 gr ανά kg PVC [44]) αφού έχει ήδη ληφθεί υπόψη στην κατανάλωση υγρών καυσίμων (πίνακας 3.2.2.10), ενώ η κατανάλωση του υδρογόνου οφείλεται στη χρήση καταλυτών.

**Πίνακας 3.2.2.12 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την παραγωγή πολυβινυλοχλωριδίου (PVC)**

Υποσύστημα A.3 - Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή PVC	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από PVC	
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη - Πηγή : [44], [173]	
Σωματίδια	0,631
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	1,063
Υδρογονάνθρακες	10,519
Οξείδια του Αζώτου (NOx)	3,034
Πρωτοξείδιο του Αζώτου (N <sub>2</sub> O)	0,634
Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	5,962
Αλδεΐδες	0,005
Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες	0,169
Οργανικές Ενώσεις	0,508
Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,001

**Πίνακας 3.2.2.13 : Παραγωγή υγρών και στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή πολυβινυλοχλωριδίου (PVC)**

Υποσύστημα A.3 - Παραγωγή Υγρών (gr/kg) και Στερεών Αποβλήτων (cm <sup>3</sup> /kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή PVC	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από PVC	
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη - Πηγή : [44], [173]	
Υγρά Απόβλητα (gr/kg)	
Αιωρούμενα Σωματίδια	0,062
Ανόργανα διαλελυμένα Σωματίδια	30,844
Οργανικά διαλελυμένα Σωματίδια	0,539
COD	0,001
Έλαια	0,156
Φαινόλη	0,0046
Φθοριούχες Ενώσεις	0,002
Στερεά Απόβλητα (cm <sup>3</sup> /kg)	
Στερεά Απόβλητα	209,6



#### ❖ A.4 Παραγωγή σκληρού πολυαιθυλενίου (HDPE)

Η τέταρτη περίπτωση του υποσυστήματος "Α" είναι η παραγωγή του σκληρού πολυαιθυλενίου (HDPE). Στους επόμενους πίνακες δίνονται η κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών καθώς και η αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων εξαιτίας της δραστηριότητας αυτής.

**Πίνακας 3.2.2.14 : Ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή σκληρού πολυαιθυλενίου (HDPE)**

Υποσύστημα A.4 - Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Παραγωγή HDPE							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από HDPE							
α/α	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	*	*	*	80,98	Δυτική Ευρώπη		{102}
2	10,67	103,36	-	114,03	Η.Π.Α.		{142}
3	*	*	*	67,6	Δυτική Ευρώπη		{44} {173}

\* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή

**Πίνακας 3.2.2.15 : Κατανάλωση πρώτων υλών κατά την παραγωγή σκληρού πολυαιθυλενίου (HDPE)**

Υποσύστημα A.4 - Ειδική Κατανάλωση Πρώτων Υλών (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή HDPE	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από HDPE	
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη - Πηγή : {102}	
Σιδηρομετάλλευμα	0,3
Ασβεστόλιθος	0,2
Νερό	9500
Βωξίτης	0,2
Χλωριούχο Νάτριο	4
Άργιλος	0,02

Σημείωση : Στον παραπάνω πίνακα, όπως και στις δύο αντίστοιχες προηγούμενες περιπτώσεις, δεν περιλαμβάνεται το αργό πετρέλαιο που χρησιμοποιείται στην παραγωγή του HDPE διότι η ποσότητα αυτή (η οποία

εκτιμάται σε 1964,21 gr αργού πετρελαίου ανά kg HDPE {44}) έχει ήδη ληφθεί υπόψη στην κατανάλωση υγρών καυσίμων (πίνακας 3.2.2.14) μέσω του ενεργειακού περιεχομένου το οποίο περικλείει. Επίσης, η κατανάλωση των υπολοίπων υλικών οφείλεται στη χρήση καταλυτών.

**Πίνακας 3.2.2.16 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την παραγωγή σκληρού πολυαιθυλενίου (HDPE)**

Υποσύστημα A.4 - Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)		
Δραστηριότητα : Παραγωγή HDPE		
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από HDPE		
a/a	1	2
Χώρα/ες Αναφοράς	Δυτική Ευρώπη	Δυτική Ευρώπη
Πηγή	{44}, {173}	{102}
Σωματίδια/Σκόνη	-	2
CO	0,67	0,6
Υδρογονάνθρακες	11,34	21
NOx	1,091	10
SO <sub>2</sub>	0,987	6
Υδροφθόριο	-	0,001
Υδροχλώριο	-	0,05
Μέταλλα	-	0,005

**Πίνακας 3.2.2.17 : Παραγωγή υγρών αποβλήτων κατά την παραγωγή σκληρού πολυαιθυλενίου (HDPE)**

Υποσύστημα A.4 - Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (gr/kg)		
Δραστηριότητα : Παραγωγή HDPE		
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από HDPE		
a/a	1	2
Χώρα/ες Αναφοράς	Δυτική Ευρώπη	Δυτική Ευρώπη
Πηγή	{44}, {173}	{102}
Ανόργ. Διαλ. Σωματίδια	24,675	0,5
Οργ. Διαλ. Σωματίδια	0,12	0,22
BOD	-	0,1
COD	-	0,2
Έλαια	0,304	0,03
Φαινόλη	0,004	-
Φθοριούχες Ενώσεις	0,001	-
Μέταλλα	-	0,3
Ιόντα Χλωρίου	-	0,8

**Πίνακας 3.2.2.18 : Παραγωγή στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή σκληρού πολυαιθυλενίου (HDPE)**

Υποσύστημα Α.4 – Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων		
Δραστηριότητα : Παραγωγή HDPE		
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από HDPE		
a/a	1	2
Μονάδα	(cm <sup>3</sup> /kg)	(gr/kg)
Χώρα/ες Αναφοράς	Δυτική Ευρώπη	Δυτική Ευρώπη
Πηγή	{44}, {173}	{102}
Στερεά Απόβλητα	12,1	32,04

➤ **Β. Μεταφορά πρώτης ύλης**

Η περιβαλλοντική επιβάρυνση από την μεταφορά της πρώτης ύλης περιλαμβάνει, όπως φαίνεται στους πίνακες που ακολουθούν, την κατανάλωση ενέργειας και την παραγωγή αέριων αποβλήτων.

**Πίνακας 3.2.2.19 : Ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά την μεταφορά της πρώτης ύλης**

Υποσύστημα Β – Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Μεταφορά Πρώτης Ύλης							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE							
a/a	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	*	*	*	2,25	Ελλάς		{515}
2	-	0,51	-	0,51	Ελλάς	ΥΠΟΛ.	{105} {515}

\* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή / ΥΠΟΛ. : υπολογισθείσα τιμή

Στον παραπάνω πίνακα, η δεύτερη περίπτωση έχει υπολογιστεί με βάση το γεγονός ότι το συγκεκριμένο υποσύστημα θεωρείται, όπως αναφέρθηκε, ότι περιλαμβάνει τη θαλάσσια μεταφορά μέσης απόστασης 3000 μιλίων {251}, {515} και ότι η κατανάλωση ενέργειας στις θαλάσσιες μεταφορές λαμβάνεται ίση με 0,170 MJ/tonne-mile ή 0,106 MJ/tonne-km {105}.

### Πίνακας 3.2.2.20 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την μεταφορά της πρώτης ύλης

Υποσύστημα Β - Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)		
Δραστηριότητα : Μεταφορά της Πρώτης Ύλης		
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE		
a/a	1	2
Χώρα/ες Αναφοράς	Ελλάς	Ελλάς
Πηγή - Παρατηρήσεις	Υπολογισθείσες Τιμές	Υπολογισθείσες Τιμές
Διοξείδιο του Θείου	1,10	0,25
Οξείδια του Αζώτου	0,70	0,15
Μονοξείδιο του άνθρακα	0,04	0,008
Πτητικές Ενώσεις	0,009	0,002
Σωματίδια	0,27	0,062

Οι τιμές που αναφέρονται σε κάθε μία από τις περιπτώσεις του παραπάνω πίνακα 3.2.2.20 προκύπτουν από την αντίστοιχη περίπτωση του πίνακα 3.2.2.19 σε συνδυασμό με τα στοιχεία που δίνονται στον πίνακα 3.2.1.3 σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση που προέρχεται από την καύση μαζούτ το οποίο αποτελεί το κύριο καύσιμο στις θαλάσσιες μεταφορές [238].

#### ➤ Γ. Παραγωγή υλικών συσκευασίας

Οι κύριες επιπτώσεις στο περιβάλλον από την παραγωγή των υλικών συσκευασίας είναι η κατανάλωση ενέργειας και η παραγωγή αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων. Τα σχετικά στοιχεία δίνονται στη συνέχεια για κάθε είδος φιάλης ξεχωριστά.

##### ❖ Γ.1 Παραγωγή φιαλών από γυαλί

Η κατανάλωση ενέργειας και η αποδέσμευση αέριων, στερεών και υγρών αποβλήτων κατά την παραγωγή των γυάλινων φιαλών δίνονται στους πίνακες που ακολουθούν. Σε ότι αφορά, ειδικότερα, στην κατανάλωση ενέργειας, πρέπει να σημειωθούν τα εξής :

- (1) Οι τέσσερις περιπτώσεις του επόμενου πίνακα 3.2.2.21 αντιστοιχούν πλήρως στις τέσσερις πρώτες του πίνακα 3.2.2.2 ο οποίος αναφέρεται στην κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή της πρώτης ύλης, δηλαδή του γυαλιού.
- (2) Όπως παρατηρούμε από τον πίνακα 3.2.2.21, σε ορισμένες περιπτώσεις τα στοιχεία διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό οφείλεται τόσο στις πραγματικές διαφορές και αποκλίσεις που υπάρχουν από χώρα σε χώρα λόγω των διαφορετικών

συνθηκών που επικρατούν (τεχνολογία, ενεργειακή απόδοση κλπ) όσο και στις διαφορές που οφείλονται στη συλλογή των στοιχείων αυτών (επάρκεια και διαθεσιμότητα στοιχείων, ακρίβεια, χρονική περίοδος κλπ).

- (3) Επιπλέον των παραπάνω, όμως, οι διαφορές αυτές οφείλονται ως ένα βαθμό και στο γεγονός ότι για καμία από τις τέσσερις αυτές περιπτώσεις δεν αναφέρονται σαφώς τα όρια των υποσυστημάτων Α.1 (παραγωγή γυαλιού) και Γ.1 (παραγωγή γυάλινων φιαλών). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάποιες δραστηριότητες σε ορισμένες από τις περιπτώσεις να ανήκουν και να επιβαρύνουν το υποσύστημα Α.1 και σε άλλες περιπτώσεις το Γ.1. Συνεπώς, προκειμένου να εξουδετερωθεί ή τουλάχιστον να περιορισθεί αυτό το μειονέκτημα θα πρέπει η περίπτωση που επιλεγεί από τον πίνακα 3.2.2.1 να είναι η ίδια με αυτήν που επιλέχτηκε από τον πίνακα 3.2.2 οπότε δεν υπάρχει ο κίνδυνος ορισμένες δραστηριότητες είτε να μην ληφθούν καθόλου υπόψη είτε να ληφθούν υπόψη δύο φορές.

### Πίνακας 3.2.2.1 : Ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή φιαλών από γυαλί

Υποσύστημα Γ.1 – Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Παραγωγή Φιαλών από Γυαλί							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Γυάλινες Φιάλες Νερού							
a/a	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	*	*	*	56,7	Ελλάς		{515}
2	4,79	0,05	-	4,84	Σουηδία		{142}
3	4,90	7,48	5,52	17,90	Βρετανία		{105}
4	*	*	*	4,95	Η.Π.Α.		{104}

\* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω, η ενέργεια που καταναλώνεται συνολικά για την παραγωγή των γυάλινων φιαλών (δεν περιλαμβάνεται η ενέργεια για την μεταφορά των πρώτων υλών) είναι για κάθε περίπτωση :

- Περίπτωση 1 (Ελλάς) : 65,63 MJ/kg {515}
- Περίπτωση 2 (Σουηδία) : 16,42 MJ/kg {142}
- Περίπτωση 3 (Βρετανία) : 21,95 MJ/kg {105}

- Περίπτωση 4 (Η.Π.Α.) : 21,82 MJ/kg {104}

Οι διαφορές που διαπιστώνονται στις παραπάνω τιμές επεξηγούνται, σε μεγάλο βαθμό, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως στην παρατήρηση 2. Συγκεκριμένα, οφείλονται κυρίως στα εξής : (α) σε κάποιες χώρες χρησιμοποιείται παλαιά τεχνολογία (περίπτωση 1) ενώ σε άλλες πιο σύγχρονη (περιπτώσεις 2, 3 και 4), (β) ο βαθμός απόδοσης παραγωγής ενέργειας (π.χ. ηλεκτρικής) σε ορισμένες χώρες είναι υψηλότερος (περίπτωση 2) σε σχέση με άλλες (περίπτωση 1), (γ) το ποσοστό χρήσης σκραπ δεν είναι το ίδιο και (δ) υπάρχουν διαφορές στη συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων κάθε περίπτωσης.

**Πίνακας 3.2.2.22 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την παραγωγή φιαλών από γυαλί**

Υποσύστημα Γ.1 - Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή Φιαλών από Γυαλί	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Γυάλινες Φιάλες Νερού	
Χώρα/ες Αναφοράς : Ελβετία - Πηγή : {44}, {173}	
Σωματίδια	0,0097
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	0,0172
Υδρογονάνθρακες	0,104
Οξείδια του Αζώτου (NOx)	0,061
Πρωτοξείδιο του Αζώτου (N <sub>2</sub> O)	0,0028
Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	0,1235
Αλδεύδες	0,0001
Οργανικές Ενώσεις	0,0002
Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,00002
Φθοριούχες Ενώσεις	0,0000007

**Πίνακας 3.2.2.23 : Παραγωγή στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή φιαλών από γυαλί**

Υποσύστημα Γ.1 - Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm <sup>3</sup> /kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή Φιαλών από Γυαλί	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Γυάλινες Φιάλες Νερού	
Χώρα/ες Αναφοράς : Ελβετία - Πηγή : {44}, {173}	
Στερεά Απόβλητα	2,7

**Πίνακας 3.2.2.24 : Παραγωγή υγρών αποβλήτων κατά την παραγωγή φιαλών από γυαλί**

Υποσύστημα Γ.1 – Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (gr/kg)	
<b>Δραστηριότητα :</b> Παραγωγή Φιαλών από Γυαλί	
<b>Εξεταζόμενο Προϊόν :</b> Γυάλινες Φιάλες Νερού	
<b>Χώρα/ες Αναφοράς :</b> Ελβετία – Πηγή : {44}, {173}	
Αιωρούμενα Σωματίδια	0,000007
Διαλυμένα Σωματίδια	0,0156
BOD	0,000007
COD	0,00002
Έλαια	0,0002
Φθοριούχες Ενώσεις	0,00007
Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,00003
Άλατα Θειϊκού Οξέος	0,00001
Νιτρικά Άλατα	0,00002
Χλωριούχα Άλατα	0,0000008
Ιόντα Νατρίου	0,00001
Ιόντα Σιδήρου	0,0000001

✧ **Γ.2 Παραγωγή φιαλών από τереφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET)**

Στους επόμενους πίνακες δίνονται η κατανάλωση ενέργειας και η αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή φιαλών από τереφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET).

**Πίνακας 3.2.2.25 : Ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή φιαλών από τереφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET)**

Υποσύστημα Γ.2 – Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
<b>Δραστηριότητα :</b> Παραγωγή Φιαλών από PET							
<b>Εξεταζόμενο Προϊόν :</b> Φιάλες Νερού από PET							
a/a	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	*	*	*	68,75	Ελλάς		{515}
2	*	*	*	20	Δυτική Ευρώπη		{44} {173}
3	74,64	-	-	74,64	Βρετανία		{105}

\* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή

**Πίνακας 3.2.2.26 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την παραγωγή φιαλών από τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET)**

Υποσύστημα Γ.2 - Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή Φιαλών από PET	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από PET	
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη - Πηγή : {44}, {173}	
Σωματίδια	0,4129
Μονοξειδίο του Άνθρακα (CO)	0,7328
Υδρογονάνθρακες	4,4357
Οξειδία του Αζώτου (NOx)	2,5961
Πρωτοξειδίο του Αζώτου (N <sub>2</sub> O)	0,1196
Διοξειδίο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	5,2548
Αλδεύδες	0,0054
Οργανικές Ενώσεις	0,0098
Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,001
Φθοριούχες Ενώσεις	0,00002

**Πίνακας 3.2.2.27 : Παραγωγή υγρών και στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή φιαλών από τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET)**

Υποσύστημα Γ.2 - Παραγωγή Υγρών (gr/kg) και Στερεών Αποβλήτων (cm <sup>3</sup> /kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή Φιαλών από PET	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από PET	
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη - Πηγή : {44}, {173}	
Υγρά Απόβλητα (gr/kg)	
Αιωρούμενα Σωματίδια	0,0004
Διαλελυμένα Σωματίδια	0,6648
BOD	0,0004
COD	0,001
Έλαια	0,01
Φθοριούχες Ενώσεις	0,0028
Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,0014
Άλατα Θειϊκού Οξέος	0,0006
Νιτρικά Άλατα	0,0006
Χλωριούχα Άλατα	0,00004
Ιόντα Νατρίου	0,0004
Ιόντα Σιδήρου	0,000006
Στερεά Απόβλητα (cm <sup>3</sup> /kg)	
Στερεά Απόβλητα	114,66



### ✧ Γ.3 Παραγωγή φιαλών από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

Στους πίνακες που ακολουθούν δίνονται η κατανάλωση ενέργειας και η αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή φιαλών από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC).

**Πίνακας 3.2.2.28 : Ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή φιαλών από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)**

Υποσύστημα Γ.3 – Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Παραγωγή Φιαλών από PVC							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από PVC							
a/a	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	3,92	-	-	3,92	Σουηδία		[142]
2	*	*	*	14	Δυτική Ευρώπη		[44] [173]

\* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή

**Πίνακας 3.2.2.29 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την παραγωγή φιαλών από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)**

Υποσύστημα Γ.3 – Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή Φιαλών PVC	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από PVC	
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη – Πηγή : [44], [173]	
Σωματίδια	0,289
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	0,5129
Υδρογονάνθρακες	3,1048
Οξείδια του Αζώτου (NOx)	1,8174
Πρωτοξείδιο του Αζώτου (N <sub>2</sub> O)	0,0837
Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	3,6784
Αλδεύδες	0,0038
Χλωριομένοι Υδρογονάνθρακες	0,000014
Οργανικές Ενώσεις	0,0069
Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,0007

**Πίνακας 3.2.2.30 : Παραγωγή υγρών αποβλήτων κατά την παραγωγή φιαλών από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)**

Υποσύστημα Γ.3 – Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή Φιαλών από PVC	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από PVC	
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη – Πηγή : [44], [173]	
Αιωρούμενα Σωματίδια	0,00026
Διαλυμένα Σωματίδια	0,4654
BOD	0,00026
COD	0,0007
Έλαια	0,007
Φθοριούχες Ενώσεις	0,002
Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,001
Άλατα Θεικού Οξέος	0,0004
Νιτρικά Άλατα	0,0004
Χλωριούχα Άλατα	0,000027
Ιόντα Νατρίου	0,00029
Ιόντα Σιδήρου	0,000004

**Πίνακας 3.2.2.31 : Παραγωγή στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή φιαλών από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)**

Υποσύστημα Γ.3 – Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm <sup>3</sup> /kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή Φιαλών από PVC	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από PVC	
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη – Πηγή : [44], [173]	
Στερεά Απόβλητα	80,26

#### ❖ Γ.4 Παραγωγή φιαλών από σκληρό πολυαιθυλένιο (HDPE)

Η τέταρτη περίπτωση του υποσυστήματος αυτού είναι η παραγωγή των φιαλών από σκληρό πολυαιθυλένιο (HDPE). Στους επόμενους πίνακες δίνονται η κατανάλωση ενέργειας και η αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων που οφείλονται σε αυτή τη δραστηριότητα.

**Πίνακας 3.2.2.32 : Ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή φιαλών από σκληρό πολυαιθυλένιο (HDPE)**

Υποσύστημα Γ.4 – Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Παραγωγή Φιαλών από HDPE							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από HDPE							
α/α	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	42,04	-	-	42,04	Βρετανία		{142}
2	*	*	*	20	Δυτική Ευρώπη		{44} {173}

\* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή

Παρατήρηση : Εκτός από τα όσα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή των πλαστικών φιαλών από PET, PVC και HDPE, στη βιβλιογραφία δίνεται και η γενική τιμή των 13,88 MJ/kg. Η τιμή αυτή, η οποία έχει προσδιορισθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, αναφέρεται στη μορφοποίηση φιαλών από κάθε είδους πλαστικό υλικό και αντιστοιχεί σε ηλεκτρική ενέργεια {142}.

**Πίνακας 3.2.2.33 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την παραγωγή φιαλών από σκληρό πολυαιθυλένιο (HDPE)**

Υποσύστημα Γ.4 – Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Παραγωγή Φιαλών από HDPE	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από HDPE	
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη – Πηγή : {44}, {173}	
Σωματίδια	0,4129
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	0,7328
Υδρογονάνθρακες	4,4357
Οξείδια του Αζώτου (NOx)	2,5961
Πρωτοξείδιο του Αζώτου (N <sub>2</sub> O)	0,1196
Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	5,2548
Αλδεΐδες	0,0054
Οργανικές Ενώσεις	0,0098
Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,001
Φθοριούχες Ενώσεις	0,00002

**Πίνακας 3.2.2.34 : Παραγωγή υγρών αποβλήτων κατά την παραγωγή φιαλών από σκληρό πολυαιθυλένιο (HDPE)**

Υποσύστημα Γ.4 - Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (gr/kg)	
<b>Δραστηριότητα :</b> Παραγωγή Φιαλών από HDPE	
<b>Εξεταζόμενο Προϊόν :</b> Φιάλες Νερού από HDPE	
<b>Χώρα/ες Αναφοράς :</b> Δυτική Ευρώπη - <b>Πηγή :</b> {44}, {173}	
Αιωρούμενα Σωματίδια	0,0004
Διαλελυμένα Σωματίδια	0,6648
BOD	0,0004
COD	0,001
Έλαια	0,01
Φθοριούχες Ενώσεις	0,0028
Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,0014
Άλατα Θειϊκού Οξέος	0,0006
Νιτρικά Άλατα	0,0006
Χλωριούχα Άλατα	0,00004
Ιόντα Νατρίου	0,0004
Ιόντα Σιδήρου	0,000006

**Πίνακας 3.2.2.35 : Παραγωγή στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή φιαλών από σκληρό πολυαιθυλένιο (HDPE)**

Υποσύστημα Γ.4 - Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm <sup>3</sup> /kg)	
<b>Δραστηριότητα :</b> Παραγωγή Φιαλών από HDPE	
<b>Εξεταζόμενο Προϊόν :</b> Φιάλες Νερού από HDPE	
<b>Χώρα/ες Αναφοράς :</b> Δυτική Ευρώπη - <b>Πηγή :</b> {44}, {173}	
Στερεά Απόβλητα	114,66

#### ➤ Δ. Μεταφορά υλικών συσκευασίας

Η μεταφορά των κενών φιαλών από τα εργοστάσια παραγωγής στις μονάδες εμφιάλωσης συνεπάγεται τόσο κατανάλωση ενέργειας όσο και παραγωγή αέριων αποβλήτων. Τα σχετικά στοιχεία δίνονται στους πίνακες που ακολουθούν και ισχύουν για κάθε είδος φιάλης. Τα στοιχεία αυτά προκύπτουν από τον πίνακα 3.2.1.6 (για φορτηγά χωρητικότητας 20 τόννων) θεωρώντας ότι ισχύουν τα εξής :

- Η μέση απόσταση της μονάδας παραγωγής των φιαλών από την μονάδα εμφιάλωσης αυτών είναι 200 km. Η τιμή αυτή προκύπτει με βάση τη τοποθεσία εμφιάλωσης των κυριότερων εμφιαλωμένων νερών (ΗΒΗ-ΛΟΥΤΡΑΚΙ στο Λουτράκι, ΑΥΡΑ στο Αίγιο, ΚΟΡΠΗ στο Μοναστηράκι Βόνιτσας και ΙΟΛΗ στο Μοσχοχώρι Φθιώτιδας), το μερίδιο αγοράς του κάθε εμφιαλωμένου νερού που ήδη αναφέρθηκε, και θεωρώντας ότι οι μονάδες παραγωγής των κενών φιαλών βρίσκονται στην περιοχή Αθηνών (παραδοχή η οποία προσεγγίζει ικανοποιητικά την πραγματικότητα με βάση όσα έχουν αναφερθεί σχετικά).
- Τα φορτηγά οχήματα με τα οποία μεταφέρονται οι κενές φιάλες από τη μονάδα παραγωγής τους στη μονάδα πλήρωσης τους, θεωρούνται ότι είναι πλήρη κατά το δρομολόγιο αποστολής των φιαλών και κενά κατά την επιστροφή. Η κατανάλωση ενέργειας του κενού φορτηγού λαμβάνεται ίση με το 70 % εκείνου υπό πλήρες φορτίο σύμφωνα με όσα αναφέρονται στο παράρτημα Β.

**Πίνακας 3.2.2.36 : Ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά την μεταφορά των υλικών συσκευασίας**

Υποσύστημα Δ - Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Μεταφορά Υλικών Συσκευασίας							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE							
α/α	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	-	1,12	-	1,12	Ελλάς	ΥΠΟΛ	{266}
* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή / ΥΠΟΛ : Υπολογισθείσα τιμή							

**Πίνακας 3.2.2.37 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την μεταφορά των υλικών συσκευασίας**

Υποσύστημα Δ - Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Μεταφορά Υλικών Συσκευασίας	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE	
Χώρα/ες Αναφοράς : Ελλάς - Πηγή : Υπολογισθείσες Τιμές	
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	0,124
Πτητικές Οργανικές Ενώσεις	0,054
Οξείδια του Αζώτου (NOx)	0,148

## ➤ Ε. Παραγωγή τελικού προϊόντος

Η κατανάλωση ενέργειας καθώς και η παραγωγή αέριων αποβλήτων εξαιτίας της παραγωγής του τελικού προϊόντος δίνονται στους πίνακες που ακολουθούν. Επειδή η εμφιάλωση, η οποία είναι κυριότερη δραστηριότητα που περιλαμβάνεται στην παραγωγή του τελικού προϊόντος, δεν εξαρτάται από τη μάζα των φιαλών, τα σχετικά στοιχεία δίνονται κατευθείαν ανά ΜΑΕΠ, δηλαδή ανά 1000 λίτρα και συνεπώς δεν χρειάζονται περαιτέρω επεξεργασία, δεν απαιτείται, δηλαδή, να πολλαπλασιαστούν με τη μάζα αναφοράς (m) της κάθε φιάλης.

**Πίνακας 3.2.2.38 : Κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή του τελικού προϊόντος**

Υποσύστημα Ε - Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/1000 lt)							
Δραστηριότητα : Παραγωγή Τελικού Προϊόντος (Εμφιάλωση κλπ)							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE							
a/a	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1α	*	*	*	1200	Ελλάς	ΓΥΑΛΙ	{515}
1β	*	*	*	950	Ελλάς	PET,PVC HDPE	{515}
2α	*	*	*	5626	Βρεττανία	ΓΥΑΛΙ	{105}
2β	*	*	*	4107	Βρεττανία	PET,PVC HDPE	{105}
3	446	494	527	1470	Η.Π.Α.		{142}

\* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή

Στον παραπάνω πίνακα οι περιπτώσεις 1α και 2α ισχύουν για γυάλινες φιάλες, οι περιπτώσεις 1β και 2β για πλαστικές (PET, PVC και HDPE) και η περίπτωση 3 για όλες τις φιάλες. Σε ότι αφορά στις περιπτώσεις 1β και 2β, πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι, αν και οι αντίστοιχες τιμές αναφέρονται μόνο για φιάλες από PET, θεωρούμε ότι ισχύουν και για φιάλες από PVC και HDPE.

Στον επόμενο πίνακα δίνονται τα αέρια απόβλητα που παράγονται κατά την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Οι τιμές του πίνακα αυτού υπολογίζονται με βάση την γενική περίπτωση 3 του πίνακα 3.2.2.38 (όπου τα υγρά καύσιμα θεωρούνται ότι είναι πετρέλαιο, μαζούτ και τα λοιπά καύσιμα φυσικό αέριο ή υγραέριο ή αέριο πόλεως) και τους πίνακες 3.2.1.3 και 3.2.1.5.

**Πίνακας 3.2.2.39 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την παραγωγή του τελικού προϊόντος**

Υποσύστημα Ε - Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/1000 lt)	
<b>Δραστηριότητα :</b> Παραγωγή Τελικού Προϊόντος (Εμφιάλωση κλπ)	
<b>Εξεταζόμενο Προϊόν :</b> Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE	
<b>Χώρα/ες Αναφοράς :</b> Ελλάδα - <b>Πηγή :</b> Υπολογισθείσες Τιμές	
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	11,47
Πτητικές Οργανικές Ενώσεις.	3,45
Οξείδια του Αζώτου (NOx)	393,95
Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	913,44
Σωματίδια	147,01

### ➤ ΣΤ. Μεταφορά τελικού προϊόντος

Η κατανάλωση ενέργειας καθώς και η παραγωγή αέριων αποβλήτων που οφείλονται στην μεταφορά του τελικού προϊόντος, δηλαδή των πλήρων φιαλών νερού, από τις μονάδες εμφιάλωσης στον καταναλωτή δίνονται στους επόμενους πίνακες. Τα στοιχεία αυτά, όπως και τα αντίστοιχα του υποσυστήματος Δ (μεταφορά κενών φιαλών), προκύπτουν από τον πίνακα 3.2.1.6 (επίσης για φορτηγά χωρητικότητας 20 τόννων) όπου θεωρούμε ότι ισχύουν τα ακόλουθα :

- ❖ Η μέση απόσταση της μονάδας πλήρωσης των φιαλών από την κατανάλωση είναι 250 km. Η τιμή αυτή υπολογίζεται με βάση τη τοποθεσία εμφιάλωσης και το σημείο κατανάλωσης και συγκεκριμένα θεωρώντας ότι τα κυριότερα εμφιαλωμένα νερά, δηλαδή ΗΒΗ-ΛΟΥΤΡΑΚΙ, ΑΥΡΑ, ΚΟΡΠΗ και ΙΟΛΗ (τα οποία σύμφωνα με τα στοιχεία που αναφέρθηκαν στην αρχή του κεφαλαίου αντιστοιχούν στο 65 % της αγοράς), καταναλώνονται κατά 70 % στην περιοχή της Αθήνας και κατά 30 % στην περιοχή Θεσσαλονίκης ενώ τα υπόλοιπα εμφιαλωμένα νερά (τα οποία αντιπροσωπεύουν το 35 % της αγοράς αντίστοιχα) καταναλώνονται τοπικά και συγκεκριμένα σε μία περιοχή ακτίνας 50 km από το σημείο εμφιάλωσης τους.
- ❖ Τα φορτηγά οχήματα με τα οποία μεταφέρονται οι πλήρεις φιάλες από τη μονάδα πλήρωσης τους στην κατανάλωση, θεωρούνται ότι είναι πλήρη κατά το δρομολόγιο αποστολής των φιαλών ενώ κατά την επιστροφή τους θεωρούμε είτε ότι είναι κενά, δηλαδή χωρίς φορτίο, είτε ότι μεταφέρουν κενές φιάλες προς επαναπλήρωση (εφόσον υπάρχουν τέτοιες). Σε κάθε περίπτωση, η κατανάλωση ενέργειας κατά το δρομολόγιο επιστροφής λαμβάνεται ίση με το 70 % εκείνης που αντιστοιχεί στο δρομολόγιο αποστολής.

**Πίνακας 3.2.2.40 : Ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά την μεταφορά του τελικού προϊόντος**

Υποσύστημα ΣΤ - Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Μεταφορά Τελικού Προϊόντος							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE							
α/α	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	-	1,40	-	1,40	Ελλάς	ΥΠΟΛ	{266}

\* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή / ΥΠΟΛ : Υπολογισθείσα τιμή

**Πίνακας 3.2.2.41 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την μεταφορά του τελικού προϊόντος**

Υποσύστημα ΣΤ - Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Μεταφορά Τελικού Προϊόντος	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE	
Χώρα/ες Αναφοράς : Ελλάδα - Πηγή : Υπολογισθείσες Τιμές	
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	0,154
Πτητικές Οργανικές Ενώσεις	0,068
Οξείδια του Αζώτου (NOx)	0,186

### ➤ Ζ. Διάθεση - κατανάλωση τελικού προϊόντος

Στους πίνακες που ακολουθούν δίνονται η κατανάλωση ενέργειας καθώς και η παραγωγή αέριων αποβλήτων που οφείλονται στις δραστηριότητες της διάθεσης και της κατανάλωσης του τελικού προϊόντος. Τα σχετικά στοιχεία, όπως και στην περίπτωση του υποσυστήματος Ε, δίνονται ανά 1000 λίτρα (και όχι ανά 1 kg) και συνεπώς δεν απαιτείται να πολλαπλασιαστούν με τη μάζα αναφοράς (m) της κάθε φιάλης. Επίσης, οι τιμές του πίνακα 3.2.2.43, ο οποίος περιλαμβάνει τα παραγόμενα αέρια απόβλητα, υπολογίζονται, όπως και προηγουμένως, με βάση τον πίνακα 3.2.2.42 (όπου τα υγρά καύσιμα θεωρούνται ότι είναι πετρέλαιο ντήζελ και τα λοιπά καύσιμα φυσικό αέριο) και τους πίνακες 3.2.1.3 και 3.2.1.5.



**Πίνακας 3.2.2.42 : Κατανάλωση ενέργειας κατά την διάθεση και την κατανάλωση του τελικού προϊόντος**

Υποσύστημα Z – Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/1000 lt)							
Δραστηριότητα : Διάθεση – Κατανάλωση Τελικού Προϊόντος							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE							
α/α	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	1640,1	3310,9	128,7	5079,7	Βρετανία		{105}
* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή							

**Πίνακας 3.2.2.43 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την διάθεση και κατανάλωση του τελικού προϊόντος**

Υποσύστημα Z – Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/1000 lt)	
Δραστηριότητα : Διάθεση – Κατανάλωση Τελικού Προϊόντος	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE	
Χώρα/ες Αναφοράς : Ελλάς – Πηγή : Υπολογισθείσες Τιμές	
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	55,8
Πτητικές Οργανικές Ενώσεις	27,6
Οξείδια του Αζώτου (NOx)	1625,1
Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	2934,1
Σωματίδια	132,6
Υδρογονάνθρακες	33,1
Αλδεύδες (HCHO)	22,2

#### ➤ Η. Συλλογή – μεταφορά αστικών απορριμμάτων

Όπως αναφέρεται στο παράρτημα Β, η μέση κατανάλωση καυσίμου ενός απορριμματοφόρου είναι 0,40 λίτρα πετρελαίου κίνησης (ντήζελ) ανά χιλιόμετρο ενώ το μέσο φορτίο του είναι 4,5 τόννοι [479]. Δεδομένου ότι η πυκνότητα του πετρελαίου ντήζελ είναι 0,841 kg/lt περίπου [142], ότι ο βαθμός απόδοσης παραγωγής του είναι 86,2 % και ότι η θερμογόνο του δύναμη είναι 44,84 MJ/kg (πίνακας 3.2.1.2), τότε η κατανάλωση ενέργειας κατά τη συλλογή και μεταφορά των αστικών απορριμμάτων (έχουμε θεωρήσει ότι η μέση διαδρομή είναι 18 km) υπολογίζεται ως εξής :

- Συνολική κατανάλωση ντήζελ σε λίτρα :  $0,40 \text{ lt/km} \times 18 \text{ km} = 7,2 \text{ lt}$
- Συνολική κατανάλωση ντήζελ σε κιλά :  $7,2 \text{ lt} \times 0,841 \text{ kg/lt} = 6,06 \text{ kg}$
- Πραγματική κατανάλωση ντήζελ λόγω των απωλειών παραγωγής :  $6,06 \text{ kg} / 0,862 = 7,03 \text{ kg}$
- Συνολική κατανάλωση ενέργειας :  $7,03 \text{ kg} \times 44,84 \text{ MJ/kg} = 315,2 \text{ MJ}$
- Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά κιλό :  $315,2 \text{ MJ} / 4500 \text{ kg} = 0,07 \text{ MJ/kg}$

**Πίνακας 3.2.2.44 : Ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά την συλλογή και μεταφορά των αστικών απορριμμάτων**

Υποσύστημα Η - Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Συλλογή - Μεταφορά Αστικών Απορριμμάτων							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE							
α/α	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	-	0,07	-	0,07	Ελλάς	ΥΠΟΛ	
* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή / ΥΠΟΛ : Υπολογισθείσα τιμή							

**Πίνακας 3.2.2.45 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την συλλογή και μεταφορά των αστικών απορριμμάτων**

Υποσύστημα Η - Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Συλλογή - Μεταφορά Αστικών Απορριμμάτων	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE	
Χώρα/ες Αναφοράς : Ελλάς - Πηγή : Υπολογισθείσες Τιμές	
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	0,031
Πτητικές Οργανικές Ενώσεις	0,011
Οξείδια του Αζώτου (NOx)	0,027

Η παραγωγή αέριων αποβλήτων εξαιτίας της συλλογής και μεταφοράς των απορριμμάτων, η οποία δίνεται στον παραπάνω πίνακα 3.2.2.45, προκύπτει για τη μέση διαδρομή των 18 χιλιομέτρων με βάση τον πίνακα 3.2.1.6 (για φορτηγά ντήζελ χωρητικότητας 3,5 – 16 τόννων).

### ➤ Θ. Ταφή αστικών απορριμμάτων

Στην Ελλάδα, όπως ήδη αναφέρθηκε, δεν έχει ακόμα εφαρμοστεί η συστηματική καύση των απορριμμάτων καθώς δεν υπάρχουν οι ειδικές για το σκοπό αυτό μονάδες, με αποτέλεσμα όσα από τα αστικά απορρίμματα δεν επαναχρησιμοποιούνται ούτε ανακυκλώνονται να καταλήγουν, σχεδόν αποκλειστικά, σε χώρους ταφής [290]. Συνεπώς, για τα συγκρινόμενα υλικά συσκευασίας της παρούσας ΑΚΖ (γυαλί, PET, PVC και HDPE), το ποσοστό "c" των αστικών απορριμμάτων που καταλήγει σε χώρους ταφής λαμβάνεται ίσο με 1.

Στους επόμενους πίνακες δίνονται αντίστοιχα η κατανάλωση ενέργειας καθώς και η παραγωγή αέριων και στερεών αποβλήτων που οφείλονται στη δραστηριότητα της ταφής των αστικών απορριμμάτων. Στον τελευταίο από τους πίνακες αυτούς (πίνακας 3.2.2.48) δίνεται ουσιαστικά ο όγκος που καταλαμβάνουν τα απορρίμματα αυτά όταν θάβονται.

**Πίνακας 3.2.2.46 : Ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά την ταφή των αστικών απορριμμάτων**

Υποσύστημα Θ - Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Ταφή Αστικών Απορριμμάτων							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE							
a/a	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	-	0,16	-	0,16	Βρεττανία		{142}
* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή							

Οι τιμές των αέριων αποβλήτων που περιέχονται στον επόμενο πίνακα προκύπτουν με βάση τον παραπάνω πίνακα 3.2.2.46 και τον πίνακα 3.2.1.3 θεωρώντας ότι το καύσιμο που καταναλώνεται από τον απαραίτητο εξοπλισμό για την ταφή των απορριμμάτων (εκσκαφείς, φορτηγά κλπ) είναι πετρέλαιο ντήζελ. Στον πίνακα 3.2.2.47 δεν περιλαμβάνονται τα απαέρια που παράγονται από την αποσύνθεση των ήδη θαμμένων απορριμμάτων (μεθάνιο, υδρογόνο κλπ) καθώς αυτά, όπως αναφέρθηκε, δεν περιλαμβάνονται στο σύστημα.

**Πίνακας 3.2.2.47 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την ταφή των αστικών απορριμμάτων**

Υποσύστημα Θ - Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Ταφή Αστικών Απορριμμάτων	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE	
Χώρα/ες Αναφοράς : Ελλάς - Πηγή : Υπολογισθείσες Τιμές	
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	0,003
Πτητικές Οργανικές Ενώσεις	0,001
Οξείδια του Αζώτου (NOx)	0,038
Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	0,022
Σωματίδια	0,006
Υδρογονάνθρακες	0,002
Αλδεύδες (HCHO)	0,001

**Πίνακας 3.2.2.48 : Παραγωγή στερεών αποβλήτων κατά την ταφή των αστικών απορριμμάτων**

Υποσύστημα Θ - Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm <sup>3</sup> /kg)	
Δραστηριότητα : Ταφή Αστικών Απορριμμάτων	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE	
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη - Πηγή : {44}, {173}	
ΓΥΑΛΙ	510
PET	790
PVC	790
HDPE	1160

#### ➤ 1. Αποτέφρωση (καύση) αστικών απορριμμάτων

Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί, η αποτέφρωση των απορριμμάτων μπορεί να υποδιαιρεθεί σε δύο επιμέρους περιπτώσεις : στην καύση απορριμμάτων χωρίς ανάκτηση ενέργειας και στην καύση απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας. Όπως αναφέρθηκε, ωστόσο, στην Ελλάδα δεν υπάρχει μέχρι σήμερα καμία μονάδα καύσης απορριμμάτων, ούτε με ανάκτηση ενέργειας ούτε χωρίς. Στη συνέχεια, πάντως, για λόγους πληρότητας της ανάλυσης, δίνονται η κατανάλωση και η ανάκτηση ενέργειας λόγω της καύσης των απορριμμάτων σε κάθε περίπτωση αντίστοιχα, καθώς και η συνεπαγόμενη δημιουργία αέριων και στερεών

αποβλήτων. Σε ότι αφορά στο ποσοστό "cr" το οποίο δηλώνει το τμήμα εκείνο των απορριμμάτων (από το σύνολο όσων προορίζονται για αποτέφρωση) το οποίο καταλήγει σε μονάδες καύσης με ανάκτηση ενέργειας, αυτό θεωρείται ίσο με μηδέν ( $cr = 0$ ) και για τα τέσσερα υλικά συσκευασίας (γυαλί, PET, PVC, HDPE) που συγκρίνονται στην παρούσα ΑΚΖ.

♦ *Καύση αστικών απορριμμάτων χωρίς ανάκτηση ενέργειας*

**Πίνακας 3.2.2.49 : Ειδική κατανάλωση ενέργειας κατά την καύση των αστικών απορριμμάτων χωρίς ανάκτηση ενέργειας**

Υποσύστημα Ι - Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Καύση Αστικών Απορριμμάτων Χωρίς Ανάκτηση Ενέργειας							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE							
α/α	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	0,75	-	-	0,75	Σουηδία		{142}
* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή							

**Πίνακας 3.2.2.50 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την καύση των αστικών απορριμμάτων χωρίς ανάκτηση ενέργειας**

Υποσύστημα Ι - Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Καύση Αστικών Απορριμμάτων Χωρίς Ανάκτηση Ενέργειας	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE	
Χώρα/ες Αναφοράς : Ελλάς - Πηγή : Υπολογισθείσες Τιμές	
Οξείδια του Αζώτου (NOx)	0,380
Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	1,137
Σωματίδια	0,145

Οι τιμές των αέριων αποβλήτων που περιέχονται στον παραπάνω πίνακα υπολογίζονται με βάση τους πίνακες 3.2.2.49 και 3.2.1.5, δηλαδή προέρχονται από τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας στις μονάδες καύσης και όχι από τα αερίδια της καύσης των απορριμμάτων.

- ♦ *Καύση αστικών απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας*

**Πίνακας 3.2.2.51 : Παραγωγή ενέργειας κατά την καύση των αστικών απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας**

Υποσύστημα I <sub>R</sub> – Παραγωγή Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Καύση Αστικών Απορριμμάτων Με Ανάκτηση Ενέργειας							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE							
a/a	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1α	*	*	*	0	Δυτική Ευρώπη	ΓΥΑΛΙ	{44} {173}
1β	*	*	*	-31,4	Δυτική Ευρώπη	PET	{44} {173}
1γ	*	*	*	-18,0	Δυτική Ευρώπη	PVC	{44} {173}
1δ	*	*	*	-43,3	Δυτική Ευρώπη	HDPE	{44} {173}

\* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή

Το αρνητικό πρόσημο στις τιμές του παραπάνω πίνακα δηλώνει ότι η ενέργεια δεν καταναλώνεται αλλά ανακτάται, δηλαδή παράγεται.

**Πίνακας 3.2.2.52 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων κατά την καύση των αστικών απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας**

Υποσύστημα I <sub>R</sub> – Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)				
Δραστηριότητα : Καύση Αστικών Απορριμμάτων Με Ανάκτηση Ενέργειας				
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE				
Χώρα/ες Αναφοράς : Δυτική Ευρώπη – Πηγή : {44}, {173}				
<i>Ρυπαντής</i>	<i>Γυαλί</i>	<i>PET</i>	<i>PVC</i>	<i>HDPE</i>
Σωματίδια	0	0,05	0,02	0,052
Μονοξείδιο του Άνθρακα	0	1,25	0,4	1,3
Οξείδια του Αζώτου	0	5	1,6	5,2
Διοξείδιο του Θείου	0	0,36	0,36	0,36
Υδροχλώριο	0	0	29,02	0

**Πίνακας 3.2.2.53 : Παραγωγή στερεών αποβλήτων κατά την καύση των αστικών απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας**

<b>Υποσύστημα Ιρ - Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup>/kg)</b>	
<b>Δραστηριότητα :</b> Καύση Αστικών Απορριμμάτων Με Ανάκτηση Ενέργειας	
<b>Εξεταζόμενο Προϊόν :</b> Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE	
<b>Χώρα/ες Αναφοράς :</b> Δυτική Ευρώπη - <b>Πηγή :</b> {44}, {173}	
ΓΥΑΛΙ	510
PET, PVC, HDPE	43,375

➤ **ΙΑ. Επαναχρησιμοποίηση (επαναπλήρωση) φιαλών**

Όπως αναφέρθηκε ήδη, η σημαντικότερη δραστηριότητα αυτού του υποσυστήματος είναι η ειδική πλύση στην οποία υπόκεινται οι κενές φιάλες πριν επαναπληρωθούν. Με την πλύση αυτή επιδιώκεται η απομάκρυνση των ανεπιθύμητων στοιχείων που περιέχονται στις ήδη χρησιμοποιημένες φιάλες όπως διάφορες ακαθαρσίες, υπολείμματα υγρών, σκόνες, βακτηρίδια, μύκητες, υμένες από αποξηραμένες μεμβράνες κλπ καθώς επίσης και των υπολειμμάτων ετικετών, κόλλας κλπ που υπάρχουν στο εξωτερικό των φιαλών. Επειδή, μάλιστα, οι κενές φιάλες αποθηκεύονται, συνήθως, για μεγάλο χρονικό διάστημα σε ακάλυπτους χώρους, προστίθεται και το πρόβλημα της διάβρωσης του γυαλιού λόγω των καιρικών συνθηκών το οποίο εμφανίζεται με τη δημιουργία ενός υπόλευκου υμένα. Για την αντιμετώπιση και αυτού του προβλήματος, η πλύση των φιαλών γίνεται με ειδικά διαλύματα HCl ή NaOH {516}, {517}.

Σε ότι αφορά στο ποσοστό επαναχρησιμοποίησης "f" των φιαλών, αυτό προκύπτει, όπως έχει ήδη αναφερθεί, από τον μέσο αριθμό πληρώσεων (διαδρομών) "t" των φιαλών με βάση τη σχέση 3.1.2.10 :

$$f = 1 - (1/t) \quad (0 \leq f \leq 1 \text{ και } t \geq 1)$$

Από την παραπάνω σχέση, και δεδομένου ότι :

- (1) στις πλαστικές φιάλες, γενικά αλλά και ειδικά σε αυτές του νερού, δεν έχει μέχρι σήμερα εφαρμοστεί συστηματική και οργανωμένη επαναχρησιμοποίηση - επαναπλήρωση, και
- (2) σε αντίθεση με το γεγονός ότι σε πολλά είδη γυάλινων φιαλών εφαρμόζεται συστηματική επαναχρησιμοποίηση (μάλιστα αναφέρεται ότι ο μέσος αριθμός πληρώσεων t είναι 30 για τις γυάλινες φιάλες αναψυκτικών και 25 για τις γυάλινες φιάλες μπύρας {420}), οι γυάλινες

φιάλες νερού που εξετάζουμε δεν επαναπληρώνονται (αφού, όπως δηλώνεται και στην ετικέτα τους, δεν επιστρέφονται),

προκύπτει ότι ο αριθμός πληρώσεων - διαδρομών των συγκρινόμενων φιαλών στην παρούσα ΑΚΖ (φιάλες νερού από γυαλί, PET, PVC και HDPE) λαμβάνεται ίσος με ένα ( $f = 1$ ) οπότε το ποσοστό επαναπλήρωσης λαμβάνεται ίσο με μηδέν ( $f = 0$ ).

Παρά το γεγονός ότι τόσο στις γυάλινες όσο και στις πλαστικές φιάλες νερού, σύμφωνα με όσα μόλις αναφέρθηκαν, δεν εφαρμόζεται μέχρι σήμερα επαναχρησιμοποίηση - επαναπλήρωση, στη συνέχεια αναφέρονται στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας και την παραγωγή αέριων αποβλήτων εξαιτίας αυτής της δραστηριότητας. Τα στοιχεία αυτά, τα οποία είναι προσεγγιστικά, περιλαμβάνονται αφενός για λόγους πληρότητας της ανάλυσης και αφετέρου προκειμένου να είναι εφικτή, έστω και κατ' εκτίμηση, αξιολόγηση της επίδρασης υποθετικής ή ενδεχόμενης επαναχρησιμοποίησης στα αποτελέσματα της ΑΚΖ.

Έτσι, η κατανάλωση ενέργειας εξαιτίας της επαναχρησιμοποίησης των γυάλινων φιαλών νερού δίνεται στον επόμενο πίνακα 3.2.2.54 ο οποίος βασίζεται στα στοιχεία σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των γυάλινων φιαλών αναψυκτικού ενός λίτρου. Η παραγωγή αέριων αποβλήτων εξαιτίας της επαναχρησιμοποίησης των γυάλινων φιαλών νερού δίνεται στον πίνακα 3.2.2.55 οι τιμές του οποίου υπολογίζονται με βάση τους πίνακες 3.2.2.54 και 3.2.1.5. Σε ότι αφορά στην επαναχρησιμοποίηση των πλαστικών φιαλών νερού, και δεδομένου ότι δεν υπάρχουν σχετικά στοιχεία γενικά για πλαστικές φιάλες, δεχόμαστε ότι ισχύει ότι και για τις γυάλινες φιάλες. Θεωρούμε, δηλαδή, ότι και σε αυτή την περίπτωση η κατανάλωση ενέργειας και η παραγωγή αέριων αποβλήτων δίνεται από τους πίνακες 3.2.2.54 και 3.2.2.55.

**Πίνακας 3.2.2.54 : Κατανάλωση ενέργειας κατά την επαναχρησιμοποίηση των φιαλών**

Υποσύστημα ΙΑ- Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Επαναχρησιμοποίηση Φιαλών							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE							
α/α	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρα/ες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	-	0,07	*	0,07	Ελλάς		{516}
* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή							



**Πίνακας 3.2.2.55 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων από την επαναχρησιμοποίηση των φιαλών**

Υποσύστημα ΙΑ - Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Επαναχρησιμοποίηση Φιαλών	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE	
Χώρα/ες Αναφοράς : Ελλάς - Πηγή : Υπολογισθείσες Τιμές	
Οξείδια του Αζώτου (NO <sub>x</sub> )	0,034
Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	0,102
Σωματίδια	0,013

➤ **ΙΒ. Ανακύκλωση φιαλών**

Ο προσδιορισμός των μεγεθών "α" (ποσοστό ανακύκλωσης), "b" (ποσοστό του ανακυκλούμενου υλικού το οποίο χάνεται) και "κ" (ποσοστό περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού στην παραγωγή νέων προϊόντων) τα οποία υπεισέρχονται στην ανάλυση, μπορεί να πραγματοποιηθεί με βάση τα αντίστοιχα ισοζύγια της ελληνικής αγοράς για κάθε μία από τις εξεταζόμενες συσκευασίες. Συγκεκριμένα ισχύουν τα ακόλουθα [53] :

❖ *Γυάλινες Φιάλες*

Για τις γυάλινες φιάλες υπάρχουν ακριβή στοιχεία σύμφωνα με τα οποία στην Ελλάδα παράγονται 85000 τόννοι γυάλινων φιαλών το χρόνο. Από τις φιάλες αυτές, οι 50000 τόννοι παράγονται από πρωτογενείς πρώτες ύλες και οι 35000 τόννοι από υλικό που προέρχεται από ανακύκλωση. Στις παραγόμενες στην Ελλάδα φιάλες προστίθενται οι εισαγόμενες οι οποίες ανέρχονται σε 90000 τόννους το χρόνο, από τις οποίες οι 30000 τόννοι εισάγονται πλήρεις και οι υπόλοιπες 60000 τόννοι εισάγονται κενές. Από το σύνολο των 175000 τόννων γυάλινων φιαλών που εισέρχονται στην ελληνική αγορά το χρόνο, οι 135000 παραμένουν και καταναλώνονται σε αυτή ενώ οι 40000 τόννοι εξάγονται. Από τους 135000 τόννους γυάλινων φιαλών που καταναλώνονται στην Ελλάδα, οι 100000 τόννοι καταλήγουν, μετά τη χρήση τους, στα αστικά απορρίμματα ενώ οι υπόλοιπες 35000 τόννοι ανακυκλώνονται και χρησιμοποιούνται στην παραγωγή νέων φιαλών.

Με βάση το ισοζύγιο που αναφέρθηκε παραπάνω, τα μεγέθη α, b και κ για τις γυάλινες φιάλες της ελληνικής αγοράς είναι τα εξής :

- Ποσοστό ανακύκλωσης γυάλινων φιαλών (η ποσότητα των φιαλών που ανακυκλώνονται προς τη συνολική ποσότητα των απορριπτόμενων φιαλών) :

$$a = 35000 / 135000 = 25,93 \%$$

- Ποσοστό των ανακυκλούμενων γυάλινων φιαλών το οποίο χάνεται (η ποσότητα των φιαλών που ανακυκλώνονται μείον την ποσότητα των νέων φιαλών που παράγονται από ανακυκλούμενες φιάλες προς την ποσότητα των φιαλών που ανακυκλώνονται) :

$$b = (35000 - 35000) / 35000 = 0 \%$$

- Ποσοστό περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού στην παραγωγή νέων γυάλινων φιαλών (η ποσότητα των νέων φιαλών που παράγονται από ανακυκλούμενες φιάλες κλπ προς τη συνολική ποσότητα των παραγόμενων νέων φιαλών) :

$$k = 35000 / 85000 = 41,18 \%$$

#### ✧ *Φιάλες από PET, PVC και HDPE*

Επειδή για τις φιάλες από PET, PVC και HDPE δεν υπάρχουν αναλυτικά στοιχεία, θεωρούμε ότι ισχύουν τα στοιχεία που αναφέρονται γενικά στις πλαστικές συσκευασίες (φιάλες και φιαλοειδή, δοχεία, σακκούλες, φιλμ κλπ). Για τον ίδιο λόγο, επίσης, θεωρούμε ότι τα στοιχεία αυτά είναι τα ίδια για κάθε είδος υλικού που εξετάζεται (PET, PVC και HDPE). Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, στην Ελλάδα παράγονται 162000 τόννοι πλαστικών συσκευασιών το χρόνο. Από το ποσό αυτό, οι 160500 τόννοι παράγονται από πρωτογενείς πρώτες ύλες και οι 1500 τόννοι από υλικό που προέρχεται από ανακύκλωση. Στις παραγόμενες στην Ελλάδα πλαστικές συσκευασίες προστίθενται οι εισαγόμενες οι οποίες ανέρχονται σε 15000 τόννους το χρόνο και οι οποίες εισάγονται πλήρεις. Έτσι, κάθε χρόνο εισέρχονται στην ελληνική αγορά 177000 τόννοι πλαστικών συσκευασιών από τις οποίες οι 175000 παραμένουν και καταναλώνονται σε αυτή ενώ οι υπόλοιποι 2000 τόννοι εξάγονται. Από την ποσότητα των συσκευασιών που καταναλώνονται στην Ελλάδα, οι 173500 τόννοι, αφού χρησιμοποιηθούν, καταλήγουν στα αστικά απορρίμματα ενώ οι υπόλοιποι 1500 τόννοι ανακυκλώνονται και χρησιμοποιούνται στην παραγωγή νέων συσκευασιών.

Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, τα μεγέθη  $a$ ,  $b$  και  $k$  για τις φιάλες από PET, PVC και HDPE της ελληνικής αγοράς είναι τα εξής :

- Ποσοστό ανακύκλωσης φιαλών από PET, PVC και HDPE (η ποσότητα των φιαλών που ανακυκλώνονται προς τη συνολική ποσότητα των απορριπτόμενων φιαλών) :

$$a = 1500 / 175000 = 0,86 \%$$

- Ποσοστό των ανακυκλούμενων φιαλών από PET, PVC και HDPE το οποίο χάνεται (η ποσότητα των φιαλών που ανακυκλώνονται μείον την ποσότητα των νέων φιαλών που παράγονται από ανακυκλούμενες φιάλες προς την ποσότητα των φιαλών που ανακυκλώνονται) :

$$b = (1500 - 1500) / 1500 = 0 \%$$

- Ποσοστό περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού στην παραγωγή νέων φιαλών από PET, PVC και HDPE (η ποσότητα των νέων φιαλών που παράγονται από ανακυκλούμενες φιάλες κλπ προς τη συνολική ποσότητα των παραγόμενων νέων φιαλών) :

$$k = 1500 / 85000 = 0,93 \%$$

Η κατανάλωση ενέργειας εξαιτίας της ανακύκλωσης των φιαλών νερού δίνεται στον επόμενο πίνακα 3.2.2.56. Στον πίνακα αυτό, τα στοιχεία της πρώτης περίπτωσης βασίζονται στο "πilotικό" πρόγραμμα ανακύκλωσης του Ενιαίου Σύνδεσμου Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής (ΕΣΔΚΝΑ) που εφαρμόζεται από το 1994 σε 14 δήμους της Αττικής αρχικά για χαρτί και στη συνέχεια για γυαλί, αλουμίνιο κλπ (στοιχεία σχετικά με τη συλλογή και μεταφορά των ανακυκλούμενων υλικών) [476], [535], καθώς και στο "πilotικό" πρόγραμμα ανακύκλωσης της Ελληνικής Εταιρείας Ανάκτησης και Ανακύκλωσης (ΕΕΑΑ) που εφαρμόζεται από το 1994 στους Δήμους Αμαρουσίου και Βριλησίων (στοιχεία σχετικά με την ανάκτηση των ανακυκλούμενων υλικών) [531].

**Πίνακας 3.2.2.56 : Κατανάλωση ενέργειας κατά την ανακύκλωση των φιαλών**

Υποσύστημα IB- Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/kg)							
Δραστηριότητα : Ανακύκλωση Φιαλών							
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE							
a/a	Ηλεκτρική Ενέργεια	Υγρά Καύσιμα (Πετρέλαιο κλπ)	Λοιπά Καύσιμα	Συνολική Ενέργεια	Χώρες Αναφοράς	Παρατηρήσεις	Πηγή
1	0,328	0,626	-	0,954	Ελλάς	ΦΙΑΛΕΣ ΓΕΝΙΚΑ	{479} {531}
2	0,11	0,31	0,02	0,44	Βρετανία	ΓΥΑΛΙ	{338}
3	0,07	11,36	0,15	11,58	Η.Π.Α.	ΓΥΑΛΙ	{338}

\* : Δεν αναλύεται / - : Αμελητέα ή μηδενική τιμή

Η παραγωγή αέριων αποβλήτων εξαιτίας της ανακύκλωσης των φιαλών δίνεται στον επόμενο πίνακα 3.2.2.57 οι τιμές του οποίου υπολογίζονται με βάση τους πίνακες 3.2.2.56 (περίπτωση 1), 3.2.1.3 (για πετρέλαιο καύσιμο ντήζελ) και 3.2.1.5.

**Πίνακας 3.2.2.57 : Παραγωγή αέριων αποβλήτων από την ανακύκλωση των φιαλών**

Υποσύστημα IB – Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr/kg)	
Δραστηριότητα : Ανακύκλωση Φιαλών	
Εξεταζόμενο Προϊόν : Φιάλες Νερού από ΓΥΑΛΙ, PET, PVC και HDPE	
Χώρα/ες Αναφοράς : Ελλάς – Πηγή : Υπολογισθείσες Τιμές	
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	0,01
Πτητικές Οργανικές Ενώσεις	0,005
Οξείδια του Αζώτου (NOx)	0,31
Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	0,58
Σωματίδια	0,08
Υδρογονάνθρακες	0,006
Αλδεύδες (HCHO)	0,004

### 3.2.3. Επεξεργασία στοιχείων – Εξαγωγή αποτελεσμάτων

Με βάση όσα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα σχετικά με την ανάλυση κύκλου ζωής (AKZ) των φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς, είναι πλέον εφικτός ο υπολογισμός τόσο της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στο σύστημα "ΕΣΥΝ" (με τη βοήθεια της σχέσης 3.1.3.3), όσο και της συνολικής κατανάλωσης πρώτων υλών καθώς και της συνολικής αποδέσμευσης αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων στο σύστημα "ΧΣΥΝ" (με τη βοήθεια της σχέσης 3.1.3.11). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας τις σχέσεις αυτές καθώς και τα στοιχεία που συλλέχθηκαν στην παρούσα παράγραφο, πραγματοποιείται η AKZ για τις εξής συσκευασίες της ελληνικής αγοράς : φιάλη από γυαλί 1 lt, φιάλη από PET 0,5 lt, 1,5 lt και 2 lt, φιάλη από PVC 0,5 lt, 0,75 lt, 1,5 lt και 2 lt και φιάλη από HDPE 1 lt. Τα αποτελέσματα αυτής της AKZ (τόσο σε μορφή πινάκων όσο και σε μορφή διαγραμμάτων) καθώς και ο τρόπος υπολογισμού τους (για την εξαγωγή τους αναπτύσσεται και εφαρμόζεται κατάλληλο υπολογιστικό υπόδειγμα Η/Υ) παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα Γ.

4

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- 4.1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ
- 4.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ
- 4.3. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΚΖ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ
- 4.4. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

## 4.1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναπτύχθηκε, όπως είδαμε, η ανάλυση κύκλου ζωής των φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς και στη συνέχεια, με βάση αυτή την ΑΚΖ, εκτιμήθηκε η περιβαλλοντική απόδοση των εξεταζόμενων φιαλών σε τομείς όπως η κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών καθώς και η αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτά (παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα Γ) προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα :

### ο Ενέργεια

Η κατανάλωση ενέργειας παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένη στην περίπτωση της γυάλινης φιάλης καθώς, σύμφωνα και με το διάγραμμα Γ.3.1, υπερβαίνει τα 35000 MJ/1000 lt, ενώ αντίθετα εκείνη των φιαλών από PET και κυρίως των φιαλών από PVC και από HDPE είναι σημαντικά μικρότερη και μάλιστα περιορίζεται κάτω από τα 20000 και 10000 MJ/1000 lt αντίστοιχα. Η μεγάλη αυτή διαφορά ενεργειακής κατανάλωσης μεταξύ της γυάλινης και των πλαστικών φιαλών εξηγείται, ως ένα βαθμό, από το γεγονός ότι η πρώτη είναι σημαντικά βαρύτερη σε σχέση με τις δεύτερες με συνέπεια να απαιτείται περισσότερη ενέργεια τόσο για τις μεταφορές όσο και για τις υπόλοιπες δραστηριότητες. Σε ό,τι αφορά στο μέγεθος των φιαλών παρατηρείται ότι μεγαλύτερη κατανάλωση έχουν οι μικρότερες φιάλες και ειδικότερα οι φιάλες εκείνες των οποίων η σχέση "βάρος προς όγκος" είναι μεγαλύτερη. Η εξήγηση και σε αυτή την περίπτωση είναι η ίδια με προηγουμένως.

### ο Πρώτες Ύλες

Από τις πρώτες ύλες εκείνη η οποία παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον και η οποία χρησιμοποιείται στην παραγωγική διαδικασία όλων των φιαλών που εξετάζονται είναι το νερό. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα Γ.3.2, την μεγαλύτερη κατανάλωση νερού εμφανίζει η γυάλινη φιάλη και ακολουθούν, με τη μισή περίπου κατανάλωση, οι φιάλες από σκληρό πολυαιθυλένιο. Λίγο πιο κάτω βρίσκονται οι φιάλες από πολυβινυλοχλωρίδιο ενώ οι φιάλες από τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο παρουσιάζουν τη μικρότερη κατανάλωση νερού η οποία μάλιστα κυμαίνεται σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα.

### ο Αέρια Απόβλητα

Σε ό,τι αφορά στην αποδέσμευση αέριων αποβλήτων εμφανίζεται η ακόλουθη κατάσταση :

- Σωματίδια (διάγραμμα Γ.3.3) : η παραγωγή σωματιδίων κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής των πλαστικών φιαλών (PET, PVC και HDPE) κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα και χωρίς να επηρεάζεται ιδιαίτερα από το είδος και το μέγεθος της φιάλης. Αντίθετα, η αποδέσμευση σωματιδίων της γυάλινης φιάλης εμφανίζεται πολύ υψηλή και συγκεκριμένα πάνω από πέντε φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των πλαστικών φιαλών.
- Μονοξείδιο του Άνθρακα (διάγραμμα Γ.3.4) : στην περίπτωση αυτή η μεγαλύτερη αποδέσμευση CO οφείλεται στις φιάλες από PET και κυρίως σε εκείνη των 0,5 lt. Η παραγωγή CO των υπολοίπων φιαλών βρίσκεται αρκετά χαμηλότερα και κυμαίνεται στα ίδια περίπου επίπεδα με λίγο υψηλότερη εκείνη της γυάλινης φιάλης.
- Υδρογονάνθρακες (διάγραμμα Γ.3.5) : ισχύει ότι και για το μονοξείδιο του άνθρακα, δηλαδή την μεγαλύτερη παραγωγή εμφανίζουν οι φιάλες από PET, με τη διαφορά ότι η παραγωγή υδρογονανθράκων των υπολοίπων φιαλών δεν είναι τόσο χαμηλή όσο προηγουμένως. Επίσης, στην περίπτωση αυτή η γυάλινη φιάλη μαζί με την φιάλη από PVC 1,5 lt έχουν την καλύτερη απόδοση αποδεσμεύοντας την μικρότερη ποσότητα υδρογονανθράκων.
- Οξείδια του Αζώτου (διάγραμμα Γ.3.6) : η παραγωγή NOx κυμαίνεται για όλες τις φιάλες σε υψηλά επίπεδα, άνω των 2000 gr/1000 lt, με υψηλότερη εκείνη της γυάλινης φιάλης η οποία μαζί με την φιάλη από PET 0,5 lt ξεπερνούν τα 2500 gr/1000 lt.
- Πρωτοξείδιο του Αζώτου (διάγραμμα Γ.3.7) : οι εκπομπές πρωτοξειδίου του αζώτου είναι γενικά χαμηλές και κυρίως οφείλονται στις φιάλες από PET (ιδιαίτερα εκείνη των 0,5 lt) και από PVC καθώς η γυάλινη φιάλη και περισσότερο εκείνη από HDPE παρουσιάζουν ακόμα χαμηλότερη παραγωγή N<sub>2</sub>O.
- Διοξείδιο του Θείου (διάγραμμα Γ.3.8) : η αποδέσμευση SO<sub>2</sub> είναι πολύ υψηλή αφού για όλες τις φιάλες ξεπερνά τα 4000 gr/1000 lt. Μάλιστα, η αποδέσμευση αυτή είναι ακόμα υψηλότερη στις φιάλες από PET 0,5 lt και από PVC 0,5 και 0,75 lt και κυρίως στη γυάλινη φιάλη όπου προσεγγίζει τα 5000 gr/1000 lt.
- Αλδεΐδες (διάγραμμα Γ.3.9) : η παραγωγή αλδεϊδών είναι χαμηλή και περίπου σταθερή για τις πλαστικές φιάλες ενώ για τη γυάλινη φιάλη είναι λίγο υψηλότερη.
- Οργανικές Ενώσεις (διάγραμμα Γ.3.10) : όπως και στην περίπτωση των αλδεϊδών, η παραγωγή και εκπομπή οργανικών ενώσεων είναι επίσης χαμηλή και οφείλεται κυρίως στις φιάλες από πολυβινυλοχλωρίδιο και σε μικρότερο βαθμό σε εκείνες από τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο. Οι οργανικές ενώσεις που οφείλονται στη γυάλινη φιάλη και στη φιάλη από σκληρό πολυαιθυλένιο είναι ακόμα πιο χαμηλές (ιδιαίτερα στην τελευταία).



- Αμμωνία (διάγραμμα Γ.3.11) : οι εκπομπές αμμωνίας είναι εξαιρετικά χαμηλές καθώς για μεν τη γυάλινη φιάλη είναι κάτω του 1 gr/1000 lt για δε τις πλαστικές της τάξης του 0,1 gr/1000 lt και λιγότερο.
- Υδροχλώριο (διάγραμμα Γ.3.12) : μικρές ποσότητες HCl παράγονται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της γυάλινης φιάλης και των φιαλών από PET. Αντίθετα, δεν υπάρχει αποδέσμευση HCl οφειλόμενη στις φιάλες από PVC και από HDPE.
- Υδροφθόριο και Φθοριούχες Ενώσεις (διάγραμμα Γ.3.13) : κάποια μικρή ποσότητα HF και λοιπών φθοριούχων ενώσεων αποδεσμεύεται από τη γυάλινη φιάλη ενώ οι αντίστοιχες ποσότητες που αποδεσμεύονται από τις υπόλοιπες φιάλες είναι για μεν εκείνες από PVC μηδενικές για δε εκείνες από PET και HDPE αμελητέες (όπως φαίνεται και στους πίνακες Γ.3.2 έως Γ.3.4 και Γ.3.9 είναι κάτω από 0,001 gr/1000 lt).
- Μόλυβδος (διάγραμμα Γ.3.14) : μικρές ποσότητες Pb παράγονται και αποδεσμεύονται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των γυάλινων φιαλών και μόνο.
- Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες (διάγραμμα Γ.3.15) : οι φιάλες από πολυβινυλοχλωρίδιο είναι οι μόνες που εμφανίζουν κάποιες χαμηλές εκπομπές χλωριωμένων υδρογονανθράκων.
- Οργανικές Πτητικές Ενώσεις (διάγραμμα Γ.3.16) : οι εκπεμπόμενες ποσότητες VOC χωρίς να είναι υψηλές είναι αξιοσημείωτες και ιδιαίτερα εκείνες που οφείλονται στη γυάλινη φιάλη (άνω των 90 gr/1000 lt) οι οποίες μάλιστα εμφανίζονται τουλάχιστον διπλάσιες σε σχέση με τις αντίστοιχες των πλαστικών φιαλών. Δεδομένου ότι οι οργανικές πτητικές ενώσεις παράγονται κυρίως από τα μέσα μεταφοράς και ότι οι γυάλινες φιάλες είναι σημαντικά βαρύτερες από τις πλαστικές, η διαφορά αυτή μεταξύ γυάλινων και πλαστικών φιαλών κρίνεται αναμενόμενη.

#### ο Υγρά Απόβλητα

Η παραγωγή και αποδέσμευση υγρών αποβλήτων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των εξεταζόμενων φιαλών παρουσιάζει την ακόλουθη κατάσταση :

- Αιωρούμενα Σωματίδια (διάγραμμα Γ.3.17) : μικρές ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων (2 - 3 gr/1000 lt) παράγονται από τις φιάλες από πολυβινυλοχλωρίδιο. Οι αντίστοιχες ποσότητες που παράγονται από τις υπόλοιπες φιάλες είναι από πολύ μικρές (γυαλί) έως αμελητέες (PET και HDPE).
- Διαλελυμένα Σωματίδια (διάγραμμα Γ.3.18) : σημαντικές είναι οι ποσότητες διαλελυμένων σωματιδίων που αποδεσμεύονται και προέρχονται κυρίως από τη φιάλη από PET 0,5 lt. Ακολουθούν οι

υπόλοιπες φιάλες από PET, οι φιάλες από PVC και HDPE ενώ η φιάλη από γυαλί αποδεσμεύει τις λιγότερες ποσότητες.

- BOD (διάγραμμα Γ.3.19) : η επιβάρυνση λόγω του BOD είναι σχετικά μικρή και περιορίζεται κυρίως στη γυάλινη φιάλη (κάτω από 3 gr/1000 lt) αφού στις πλαστικές φιάλες είναι ακόμα μικρότερη.

- COD (διάγραμμα Γ.3.20) : ανάλογη με προηγουμένως είναι η κατάσταση και για το COD με τη διαφορά ότι το επίπεδο εκπομπών είναι υψηλότερο κατά τρεις φορές περίπου.

- Έλαια (διάγραμμα Γ.3.21) : τις υψηλότερες εκπομπές ελαίων παρουσιάζουν οι φιάλες από τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο και ακολουθεί η φιάλη από σκληρό πολυαιθυλένιο. Λίγο πιο κάτω είναι η φιάλες από πολυβινυλοχλωρίδιο και από γυαλί.

- Φαινόλη (διάγραμμα Γ.3.22) : οι εκπομπές φαινόλης είναι γενικά χαμηλές και εμφανίζονται κυρίως στις φιάλες από PVC και από HDPE. Οι αντίστοιχες εκπομπές των φιαλών από PET είναι αισθητά μικρότερες ενώ εκείνες των γυάλινων φιαλών είναι μηδενικές.

- Φθοριούχες Ενώσεις (διάγραμμα Γ.3.23) : η παραγωγή φθοριούχων ενώσεων είναι επίσης χαμηλή (κάτω από 0,25 gr/1000 lt) και οφείλεται κυρίως στις πλαστικές φιάλες.

- Αμμωνία (διάγραμμα Γ.3.24) : ισχύει ότι και για τις φθοριούχες ενώσεις αλλά για χαμηλότερα επίπεδα εκπομπών (κάτω από 0,08 gr/1000 lt).

- Άλατα Θεικού Οξέος (διάγραμμα Γ.3.25) : οι εκπομπές αυτού του είδους είναι εξαιρετικά χαμηλές (κάτω από 0,035 gr/1000 lt) και προέρχονται κυρίως από τις πλαστικές φιάλες (PET, HDPE και PVC) εμφανίζοντας μάλιστα σημαντική ευαισθησία στο μέγεθος της φιάλης.

- Νιτρικά Άλατα (διάγραμμα Γ.3.26) : η εικόνα των παραγόμενων νιτρικών αλάτων είναι πανομοιότυπη τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά με εκείνη των αλάτων θεικού οξέος διαφέροντας μόνο στην ποσότητα που παράγεται από τη γυάλινη φιάλη η οποία σε αυτή την περίπτωση είναι περίπου διπλάσια από ότι προηγουμένως.

- Χλωριούχα Άλατα (διάγραμμα Γ.3.27) : οι εκπομπές χλωριούχων αλάτων παρουσιάζουν ανάλογη εικόνα με αυτή των δύο προηγούμενων περιπτώσεων με τη διαφορά ότι κυμαίνονται σε σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα (κάτω από 0,0025 gr/1000 lt).

- Ιόντα Νατρίου (διάγραμμα Γ.3.28) : η παραγωγή ιόντων νατρίου είναι ανάλογη με εκείνη των αλάτων θεικού οξέος δηλαδή είναι χαμηλή (κάτω από 0,025 gr/1000 lt), προέρχεται κυρίως από τις πλαστικές φιάλες και επηρεάζεται από το μέγεθος της φιάλης.

- Ιόντα Σιδήρου (διάγραμμα Γ.3.29) : για τα ιόντα σιδήρου γενικά ισχύει ότι αναφέρθηκε για τα ιόντα νατρίου και διαφέρουν από αυτά μόνο στην ποσότητα που παράγεται η οποία είναι πάρα πολύ χαμηλή (κάτω από 0,00035 gr/1000 lt).

ο Στερεά Απόβλητα

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα Γ.3.30, η παραγωγή στερεών αποβλήτων είναι σημαντικά μεγαλύτερη στην περίπτωση της γυάλινης φιάλης φτάνοντας τα 180 χιλιάδες  $\text{cm}^3/1000 \text{ lt}$  (180 lt/1000 lt) σε αντίθεση με εκείνη που προέρχεται από τις πλαστικές φιάλες η οποία είναι τουλάχιστον τρεις φορές μικρότερη (αρκετά κάτω από 60 χιλιάδες  $\text{cm}^3/1000 \text{ lt}$  ή 60 lt/1000 lt). Αυτό συμβαίνει διότι, αν και η ανά μονάδα μάζας παραγόμενου προϊόντος παραγωγή στερεών αποβλήτων είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση των πλαστικών φιαλών, οι γυάλινες φιάλες έχουν μεγαλύτερη μάζα σε σχέση με τις πλαστικές φιάλες ανάλογου όγκου με συνέπεια τελικά να παράγουν περισσότερα στερεά απόβλητα.

Ανακεφαλαιώνοντας, τα αποτελέσματα της παρούσας ΑΚΖ μπορούν να συνοψισθούν στα ακόλουθα :

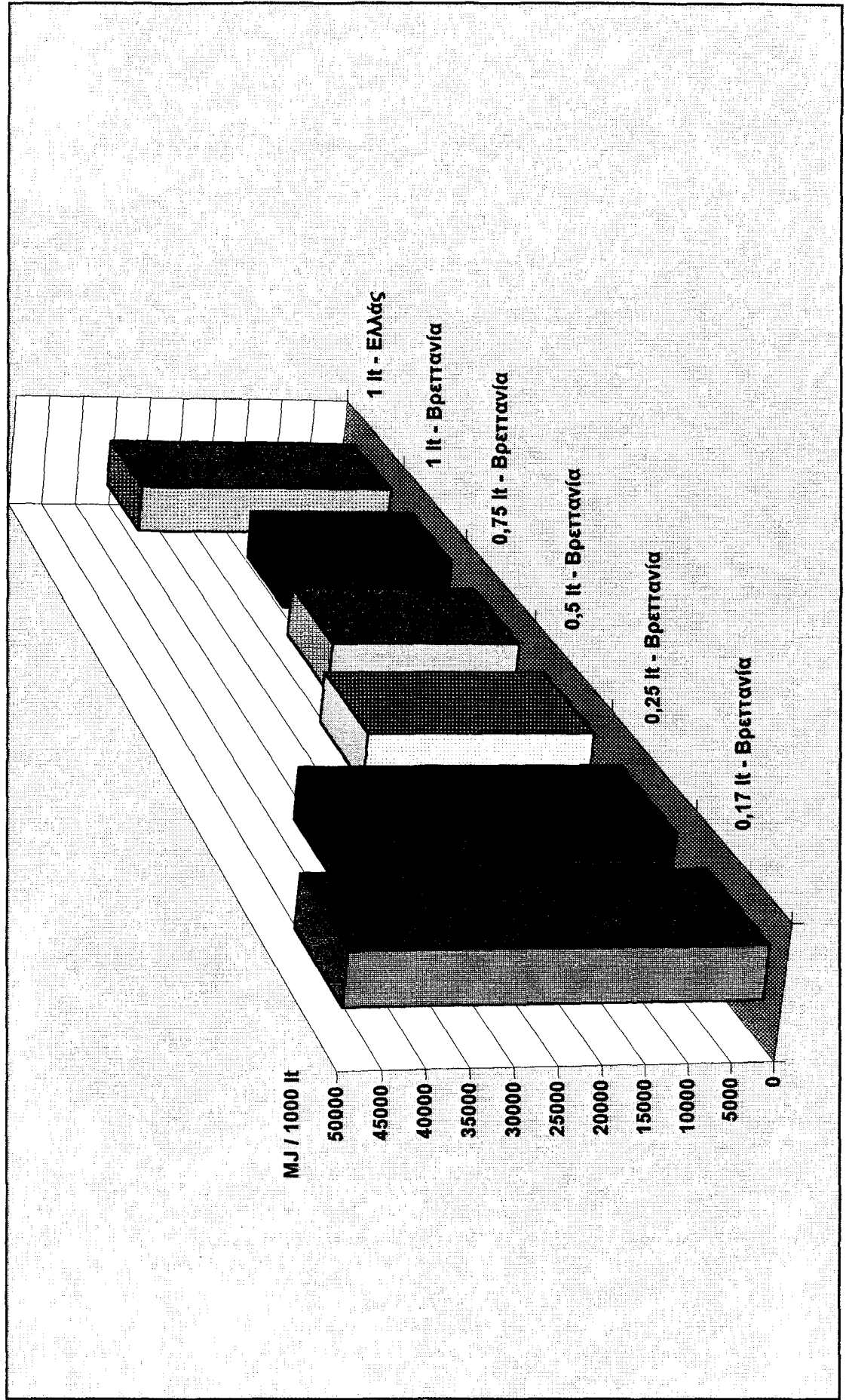
- *Γυάλινη φιάλη* : η γυάλινη φιάλη πλεονεκτεί έναντι των υπολοίπων εξεταζόμενων φιαλών έχοντας την καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση στις εκπομπές των περισσότερων από τα υγρά απόβλητα (διαλελυμένα σωματίδια, φαινόλη, φθοριούχες ενώσεις, αμμωνία, αλάτα θειικού οξέος, χλωριούχα αλάτα, ιόντα νατρίου και σιδήρου) καθώς και στις εκπομπές χλωριωμένων υδρογονανθράκων (μαζί με τις φιάλες από PET και HDPE). Αντίθετα σε τομείς όπως η κατανάλωση ενέργειας και νερού καθώς και η αποδέσμευση αέριων, κυρίως, αποβλήτων (σωματίδια, οξείδια του αζώτου, διοξείδιο του θείου, αλδεΐδες, αμμωνία, υδροχλώριο, υδροφθόριο και φθοριούχες ενώσεις, μόλυβδος, οργανικές πτητικές ενώσεις) αλλά και κάποιων υγρών (BOD, COD) όπως και των στερεών αποβλήτων υστερεί έναντι των υπολοίπων φιαλών αφού παρουσιάζει τη χειρότερη περιβαλλοντική απόδοση.
- *Φιάλες από τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο* : η φιάλη PET η οποία παρουσιάζει την καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση είναι εκείνη των 2 lt καθώς έχει, σε σχέση με τις όλες υπόλοιπες φιάλες, την μικρότερη κατανάλωση νερού και τις λιγότερες εκπομπές ορισμένων αέριων αποβλήτων όπως οι αλδεΐδες (μαζί με την φιάλη από HDPE), ο μόλυβδος, οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες και οι οργανικές πτητικές ενώσεις, υγρών αποβλήτων όπως τα αιωρούμενα σωματίδια (επίσης μαζί με την φιάλη από HDPE) καθώς και των στερεών αποβλήτων. Αντίθετα η φιάλη PET με τη χειρότερη περιβαλλοντική απόδοση είναι εκείνη του 0,5 lt η οποία έχει, σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες φιάλες που εξετάζονται, τις υψηλότερες εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, υδρογονανθράκων και πρωτοξειδίου του αζώτου από τα αέρια απόβλητα καθώς και ελαίων, αμμωνίας, αλάτων θειικού οξέος, νιτρικών

και χλωριούχων αλάτων και ιόντων νατρίου και σιδήρου από τα υγρά απόβλητα.

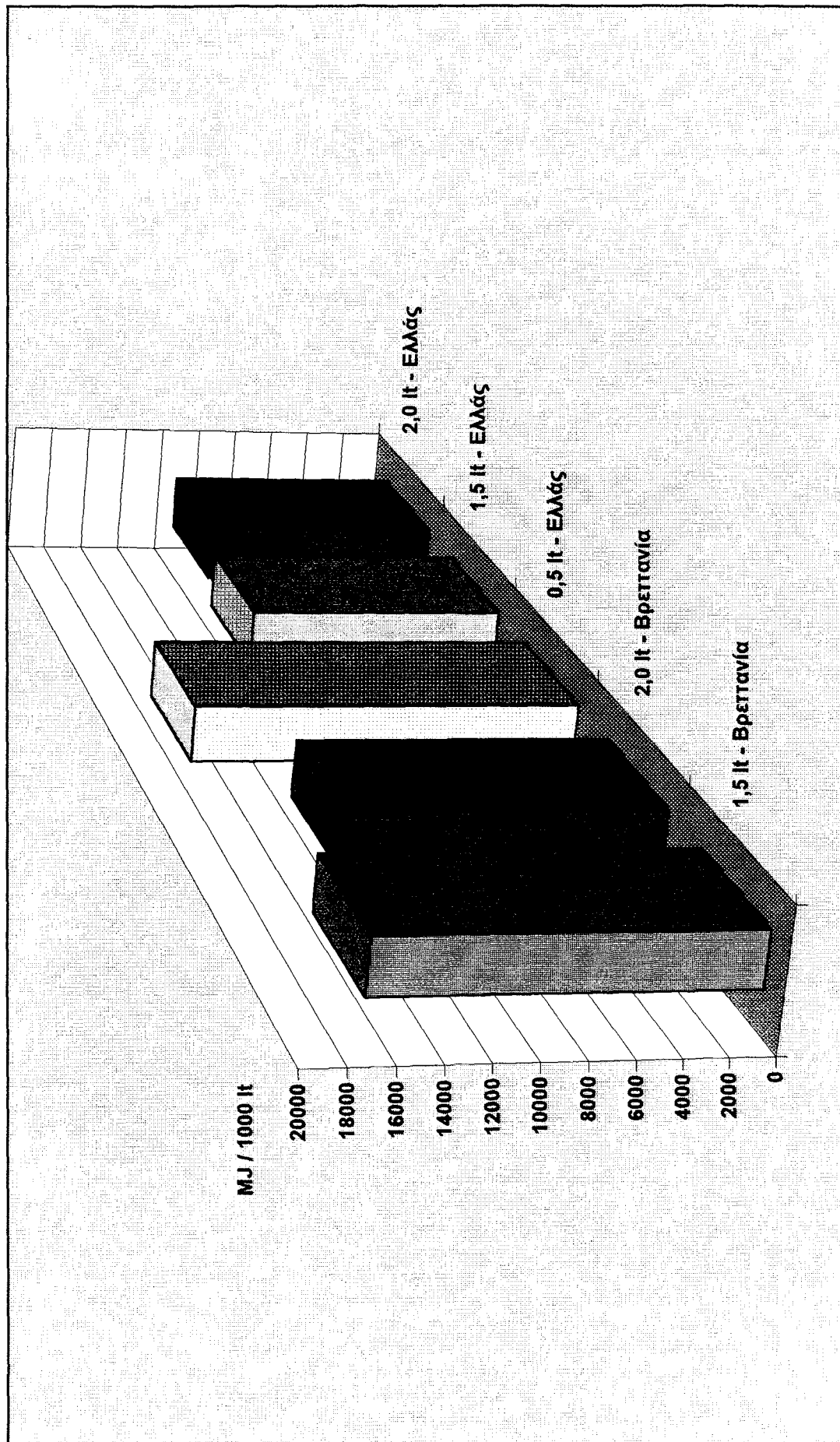
- *Φιάλες από πολυβινυλοχλωρίδιο* : η φιάλη PVC του 1,5 lt παρουσιάζει την καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση σε σχέση με τις υπόλοιπες εξεταζόμενες φιάλες. Συγκεκριμένα έχει την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας καθώς και τις λιγότερες εκπομπές ορισμένων αέριων αποβλήτων όπως το μονοξειδίο του άνθρακα, οι υδρογονάνθρακες, ο μόλυβδος, το υδροφθόριο και οι φθοριούχες ενώσεις αλλά και υγρών αποβλήτων όπως το BOD και τα έλαια. Η φιάλη PVC με τη χειρότερη περιβαλλοντική απόδοση είναι εκείνη του 0,75 lt η οποία παρουσιάζει τις υψηλότερες εκπομπές οργανικών ενώσεων, φαινόλης και χλωριωμένων υδρογονανθράκων από τα αέρια απόβλητα καθώς και αιωρούμενων σωματιδίων και φθοριούχων ενώσεων από τα υγρά απόβλητα.
- *Φιάλη από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας* : η φιάλη από HDPE έχει, σε σχέση με τις υπόλοιπες φιάλες, καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση στις εκπομπές αέριων, κυρίως, αποβλήτων και συγκεκριμένα σωματιδίων, οξειδίων του αζώτου, πρωτοξειδίου του αζώτου, διοξειδίου του θείου, αλδευδών, αμμωνίας, υδροχλωρίου, μολύβδου και χλωριωμένων υδρογονανθράκων ενώ από τα υγρά απόβλητα παρουσιάζει τις λιγότερες εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων και COD. Εκείνο, ωστόσο, που είναι αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι, σε σχέση με τις υπόλοιπες φιάλες που εξετάζονται στην παρούσα ΑΚΖ, η φιάλη από HDPE δεν έχει χειρότερη περιβαλλοντική απόδοση σε κανένα από τους εξεταζόμενους τομείς.

Στα διαγράμματα 4.11 έως 4.14 παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας όπως υπολογίστηκε στην παρούσα ΑΚΖ σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας αντίστοιχων περιπτώσεων από ανάλογες αναλύσεις που έγιναν στο παρελθόν στο εξωτερικό. Η σύγκριση επικεντρώνεται στην κατανάλωση ενέργειας λόγω έλλειψης λοιπών διαθέσιμων στοιχείων για σύγκριση καθώς οι περιπτώσεις εκείνες των ΑΚΖ που προσφέρονται για το σκοπό αυτό περιορίζονται στον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης. Άλλωστε, πολύ λίγες αναλύσεις αυτού του είδους, μέχρι σήμερα, είναι πλήρεις περιλαμβάνοντας κατανάλωση πρώτων υλών και παραγωγή αποβλήτων. Πρέπει, επίσης, να σημειωθεί ότι κύρια πρόθεση των διαγραμμάτων αυτών δεν είναι η λεπτομερής σύγκριση της κατανάλωσης ενέργειας των φιαλών νερού στην Ελλάδα σε σχέση με άλλες χώρες του κόσμου διότι, όπως έχει τονισθεί, η σύγκριση προϊόντων μέσω διαφορετικών ΑΚΖ μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα όταν οι επιμέρους παράμετροι των ΑΚΖ (χρόνος, ακρίβεια δεδομένων, ενεργειακό σύστημα, σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων, μονάδα σύγκρισης κλπ) είναι διαφορετικές μεταξύ τους. Αντίθετα, πρόθεση των διαγραμμάτων που ακολουθούν είναι η διερεύνηση κατά πόσο τα αποτελέσματα της παρούσας ΑΚΖ είναι φυσιολογικά, δηλαδή κυμαίνονται σε ανάλογα επίπεδα με αντίστοιχα αναλύσεων παρόμοιων περιπτώσεων σε άλλες χώρες, επιβεβαιώνοντας, έτσι, την ορθότητα τους.

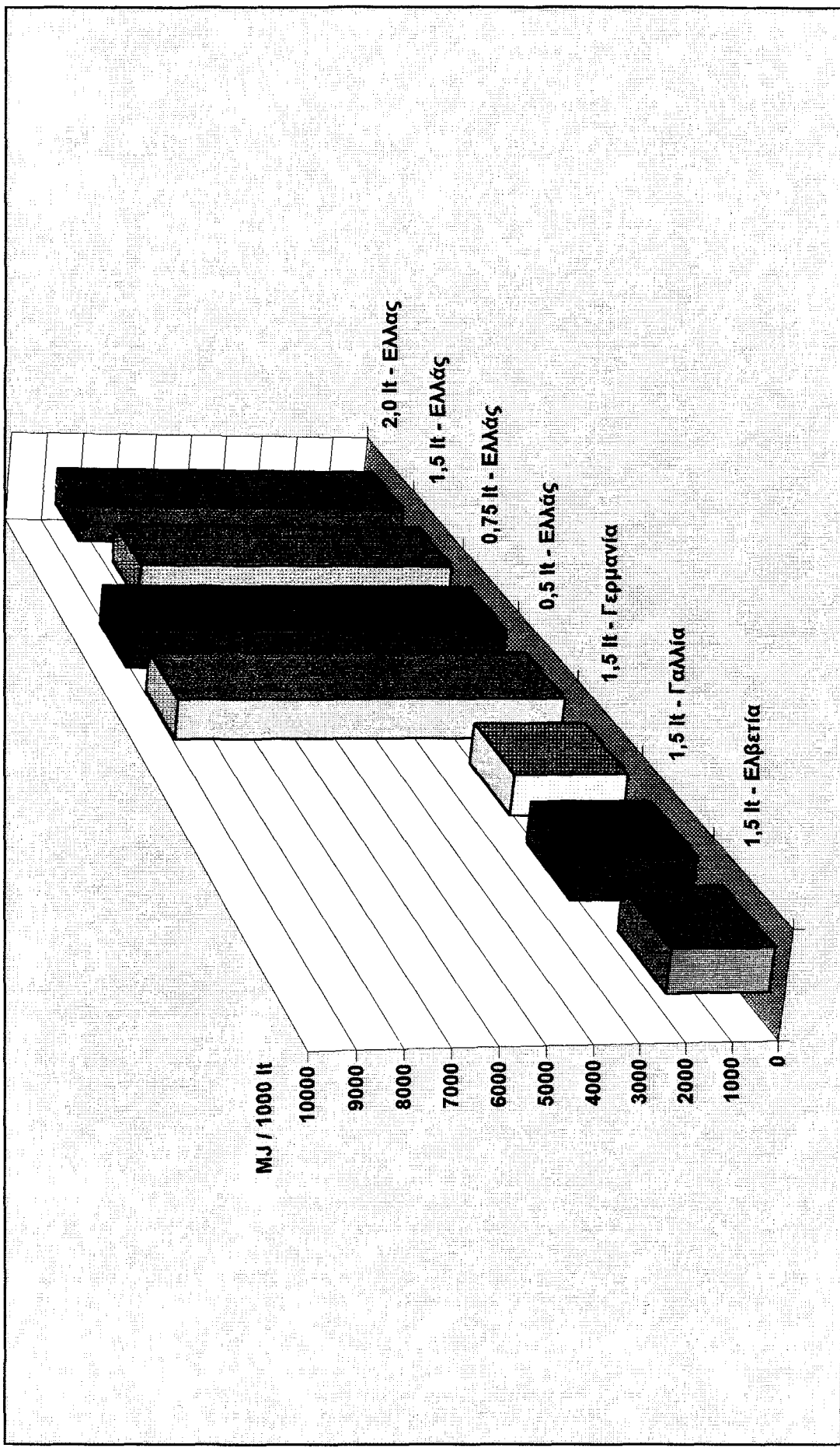
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1.1 : ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΥΑΛΙΝΩΝ ΦΙΑΛΩΝ



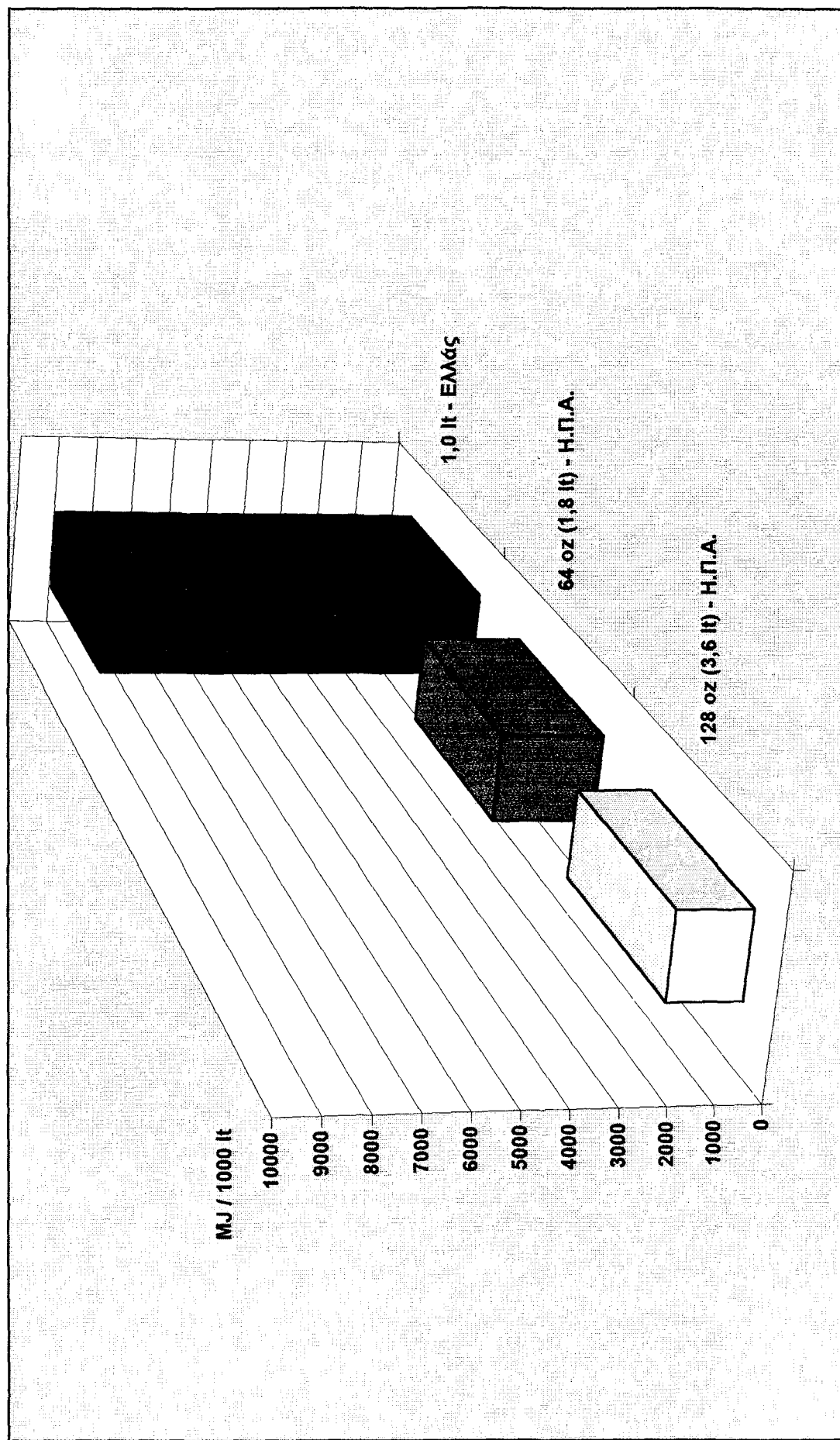
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1.2 : ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΦΙΑΛΩΝ PET



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1.3 : ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΦΙΑΛΩΝ PVC



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1.4 : ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΦΙΑΛΩΝ HDPE**





Στο διάγραμμα 4.1.1 συγκρίνεται η κατανάλωση ενέργειας της γυάλινης φιάλης 1 lt σε σχέση με εκείνη όμοιων φιαλών διαφόρων μεγεθών όπως υπολογίστηκε σε ΑΚΖ που πραγματοποιήθηκε από τους I. Boustead και G. F. Hancock στη Βρετανία [105]. Όπως διαπιστώνεται από το διάγραμμα αυτό, η ενέργεια που καταναλώνεται κατά τον κύκλο ζωής της φιάλης που παράγεται στην Ελλάδα είναι στα επίπεδα εκείνης που καταναλώνεται από τις φιάλες που παράγονται στη Βρετανία. Συγκεκριμένα, η ενέργεια που απαιτείται για την ελληνική γυάλινη φιάλη είναι μικρότερη από εκείνη των βρετανικών γυάλινων φιαλών 0,17 lt και 0,25 lt αλλά μεγαλύτερη από εκείνη των φιαλών 0,5 lt, 0,75 lt και 1 lt.

Στο διάγραμμα 4.1.2 συγκρίνεται η κατανάλωση ενέργειας των φιαλών από τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο μεγέθους 0,5 lt, 1,5 lt και 2,0 lt με την αντίστοιχη φιαλών μεγέθους 1,5 lt και 2,0 lt από το ίδιο υλικό όπως υπολογίστηκε στη Βρετανία επίσης από τους I. Boustead και G. F. Hancock [105]. Από το διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι, όπως και στην περίπτωση των γυάλινων φιαλών, η ενέργεια που καταναλώνεται από τις ελληνικές φιάλες PET κυμαίνεται σε ανάλογα επίπεδα με εκείνη των αντίστοιχων βρετανικών και μάλιστα διαπιστώνεται ότι, με εξαίρεση τη φιάλη 0,5 lt, οι ελληνικές φιάλες PET έχουν μικρότερη κατανάλωση ενέργειας από τις βρετανικές.

Στο διάγραμμα 4.1.3 παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας των φιαλών από πολυβινυλοχλωρίδιο μεγέθους 0,5 lt, 0,75 lt, 1,5 lt και 2,0 lt συγκριτικά με εκείνη φιαλών επίσης από πολυβινυλοχλωρίδιο μεγέθους 1,5 lt από την Ελβετία, τη Γαλλία και τη Γερμανία σύμφωνα με ΑΚΖ που πραγματοποιήθηκε από τον E. Bischoff στην Ελβετία [132]. Σύμφωνα με το διάγραμμα αυτό, η κατανάλωση ενέργειας των ελληνικών φιαλών PVC είναι σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με εκείνη των υπόλοιπων φιαλών. Το γεγονός αυτό, ωστόσο, είναι σε μεγάλο βαθμό δικαιολογημένο για τους εξής δύο λόγους :

- ❖ Οι ελληνικές φιάλες από PVC έχουν μεγαλύτερο βάρος από τις αντίστοιχες φιάλες από την Ελβετία, τη Γαλλία και τη Γερμανία. Συγκεκριμένα, οι τελευταίες έχουν ειδικό βάρος (\*) 28,7 gr/lt ενώ τα αντίστοιχα ειδικά βάρη για τις ελληνικές φιάλες είναι 50 gr/lt για τη φιάλη 0,5 lt, 52 gr/lt για τη φιάλη 0,75 lt, 32,7 gr/lt για τη φιάλη 1,5 lt και 41 gr/lt για τη φιάλη 2,0 lt [132].
- ❖ Στην Ελβετία, τη Γαλλία και τη Γερμανία εφαρμόζεται η μέθοδος της καύσης των απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας σε αντίθεση με την Ελλάδα όπου εφαρμόζεται μόνο η ταφή. Μάλιστα, οι τιμές στο

---

(\*) Το ειδικό βάρος μιας φιάλης ισούται με τον λόγο του βάρους προς τον όγκο της φιάλης αυτής, εκφράζεται σε gr/lt και δηλώνει το βάρος συσκευασίας ανά περιεχόμενο λίτρο. Έτσι, όσο χαμηλότερο είναι το ειδικό βάρος μιας φιάλης συγκεκριμένου όγκου, τόσο ελαφρύτερη είναι η συσκευασία προϊόντος αυτού του όγκου και αντιστρόφως.

διάγραμμα VI.13 προέκυψαν για καύση των απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας σε ποσοστό 64 % για την Ελβετία, 27 % για τη Γαλλία και 31 % για τη Γερμανία.

Στο διάγραμμα 4.14 συγκρίνεται η κατανάλωση ενέργειας της φιάλης 1 lt από σκληρό πολυαιθυλένιο σε σχέση με εκείνη φιαλών μεγέθους 1,8 lt και 3,6 lt από το ίδιο υλικό όπως υπολογίσθηκε σε ΑΚΖ των Franklin Associates που πραγματοποιήθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής [99]. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, η κατανάλωση ενέργειας της ελληνικής φιάλης HDPE είναι μεγαλύτερη σε σχέση με εκείνη των φιαλών από τις Η.Π.Α. γεγονός το οποίο οφείλεται στο ότι η ελληνική φιάλη έχει αρκετά μεγαλύτερο ειδικό βάρος από τις αντίστοιχες αμερικανικές φιάλες. Συγκεκριμένα, η ελληνική φιάλη ζυγίζει 36 gr/lt έναντι 17,8 gr/lt της αμερικανικής φιάλης 3,6 lt και 25 gr/lt της αμερικανικής φιάλης 1,6 lt. Οι διαφορές αυτές στα ειδικά βάρη των φιαλών οφείλονται στις διαφορές που συνήθως υπάρχουν στην ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται, στην τεχνολογία που εφαρμόζεται και γενικά στον τρόπο παραγωγής των φιαλών, στο διαφορετικό μέγεθος τους (συνήθως οι μικρότερες φιάλες είναι βαρύτερες) κλπ [99].

Συνοψίζοντας τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι, τουλάχιστον σε ότι αφορά στην κατανάλωση ενέργειας, τα αποτελέσματα της παρούσας ανάλυσης κύκλου ζωής κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα καθώς, συγκρίνοντας αυτά με αντίστοιχα αποτελέσματα άλλων ΑΚΖ, προκύπτουν διαφορές οι οποίες είτε δεν είναι σημαντικές, είτε δικαιολογούνται από συγκεκριμένες αιτίες (πέρα από τις δεδομένες και αναμενόμενες διαφορετικές συνθήκες και καταστάσεις που επικρατούν σε κάθε χώρα και σε κάθε ανάλυση). Δεδομένης, μάλιστα, της μικρής ηλικίας της μεθόδου η οποία συνεπάγεται τόσο προβλήματα στην τυποποίηση της όσο και γενικότερα ζητήματα που αναλύθηκαν λεπτομερώς στα πρώτα κεφάλαια, η παραπάνω σύγκριση ενισχύει ακόμα περισσότερο την ορθότητα των αποτελεσμάτων της παρούσας ΑΚΖ.

## 4.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Εκτός από τα συμπεράσματα που αναφέρθηκαν έως τώρα και τα οποία βασίζονται στην ΑΚΖ που προηγήθηκε, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η διερεύνηση της επίδρασης που έχουν κάποιες παράμετροι της ανάλυσης όπως το ποσοστό επαναχρησιμοποίησης "f", το ποσοστό ανακύκλωσης "α" κλπ στα αποτελέσματα. Η διερεύνηση αυτού του είδους είναι εξαιρετικά χρήσιμη καθώς επιτρέπει την ορθότερη, ακριβέστερη και αντικειμενικότερη αξιολόγηση εναλλακτικών προτάσεων, λύσεων και πολιτικών σχετικά με την καλύτερη διαχείριση του περιβάλλοντος. Όπως είδαμε, άλλωστε, η δυνατότητα αυτή είναι ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της ανάλυσης κύκλου ζωής αφού επιτρέπει, πέρα από την ακριβή και ολοκληρωμένη καταγραφή της πραγματικής κατάστασης, την εκτίμηση των συνεπειών διαφόρων προτεινόμενων αλλαγών ή ενδεχόμενων καταστάσεων με μεγάλη ακρίβεια και κυρίως συνολικά και όχι σε μεμονωμένους τομείς του εξεταζόμενου προβλήματος.

Με βάση τα παραπάνω, αξιολογούνται στη συνέχεια τα αποτελέσματα που προκύπτουν όταν ορισμένες από τις παραμέτρους και τα δεδομένα της παρούσας ΑΚΖ μεταβάλλονται. Εννοείται πως, κάθε φορά, οι υπόλοιπες παράμετροι που δεν αναφέρονται καθώς και οι λοιπές συνθήκες (μεθοδολογία, παραδοχές κλπ) παραμένουν σταθερές. Τα αποτελέσματα αυτά (πίνακες και διαγράμματα) παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα Δ.

Στον πίνακα Δ.1.1 εξετάζεται η επίδραση στα αποτελέσματα όταν μεταβάλλεται το ποσοστό επαναχρησιμοποίησης (επαναπλήρωσης) "f" το οποίο, όπως έχει αναφερθεί, συνδέεται με τον μέσο αριθμό πληρώσεων (διαδρομών) "t" με βάση τη σχέση 3.1.2.10 σύμφωνα με την οποία ισχύει :

$$t = 1 / (1 - f) \quad \text{ή} \quad f = 1 - (1 / t)$$

Υπενθυμίζεται ότι στην παραπάνω σχέση είναι  $0 \leq f \leq 1$  και  $t \geq 1$  (αφού πάντοτε πραγματοποιείται τουλάχιστον μία πλήρωση). Οι τομείς που εξετάζονται είναι η κατανάλωση ενέργειας και νερού, η αποδέσμευση ορισμένων αερίων και υγρών αποβλήτων καθώς και η αποδέσμευση στερεών αποβλήτων. Η διερεύνηση περιορίζεται στη γυάλινη φιάλη καθώς, μέχρι σήμερα στην Ελλάδα, η συστηματική και οργανωμένη επαναπλήρωση έχει εφαρμοστεί μόνο σε γυάλινες φιάλες ορισμένων προϊόντων.

Σύμφωνα με τον πίνακα αυτό, η επίδραση της επαναπλήρωσης των φιαλών στα αποτελέσματα της ΑΚΖ είναι θετική αφού μειώνεται τόσο η κατανάλωση ενέργειας και νερού όσο και η αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων. Συγκεκριμένα, με εξαίρεση κυρίως τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου και διοξειδίου του θείου, η μείωση των υπολοίπων μεγεθών είναι ιδιαίτερα σημαντική. Μάλιστα, εάν οι διαδρομές που κάνει μία φιάλη αυξηθούν μόλις από 1 σε 2, παρατηρούμε ότι επιτυγχάνεται μια μείωση στην κατανάλωση και την παραγωγή αποβλήτων που μπορεί να φτάσει μέχρι και 50 %. Γενικά, μία μικρή αύξηση των διαδρομών μιας φιάλης (5 - 10 διαδρομές) είναι αρκετή για να βελτιώσει σε σημαντικό βαθμό την περιβαλλοντική απόδοση. Αντιθέτως, περαιτέρω αύξηση των διαδρομών (> 10 διαδρομές) συνεχίζει μεν να βελτιώνει την κατάσταση αλλά (με εξαίρεση ίσως την αποδέσμευση στερεών αποβλήτων) σε μικρότερο βαθμό. Όπως φαίνεται και από τον πίνακα Δ.1.1 άλλωστε, από ένα σημείο και μετά (> 20 διαδρομές) η περιβαλλοντική απόδοση που επιτυγχάνεται είναι αρκετά κοντά στην ιδανική περίπτωση των άπειρων διαδρομών (100 % επαναπλήρωση φιαλών).

Στους πίνακες Δ.1.2 και Δ.1.3 εξετάζεται η επίδραση στα αποτελέσματα της ΑΚΖ όταν μεταβάλλονται τα ποσοστά ανακύκλωσης "α" και περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ" της γυάλινης φιάλης. Όπως φαίνεται από τον πίνακα Δ.1.2, η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης "α", δηλαδή του ποσοστού των απορριπτόμενων φιαλών από γυαλί το οποίο ανακυκλώνεται, έχει ως συνέπεια τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις στην περιβαλλοντική απόδοση. Συγκεκριμένα παρατηρείται ότι οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα και οργανικών πτητικών ενώσεων βελτιώνονται, η κατανάλωση νερού και οι εκπομπές υδροχλωρίου και υγρών αποβλήτων παραμένουν σταθερές ενώ η κατανάλωση ενέργειας και η αποδέσμευση σωματιδίων, οξειδίων του αζώτου, υδρογονανθράκων και διοξειδίου του θείου επιδεινώνεται. Ωστόσο, ενώ οι παραπάνω μεταβολές (τόσο οι θετικές όσο και οι αρνητικές) στην περιβαλλοντική απόδοση της γυάλινης φιάλης είναι, ακόμα και σε υψηλά ποσοστά ανακύκλωσης, μικρής έκτασης, δεν συμβαίνει το ίδιο για τα στερεά απόβλητα τα οποία παρουσιάζουν σημαντική μείωση η οποία, μάλιστα, γίνεται ακόμα μεγαλύτερη για ποσοστά ανακύκλωσης άνω του 75 %.

Ο λόγος για τον οποίο κάποια περιβαλλοντικά μεγέθη στην περίπτωση που εξετάζουμε χειροτερεύουν, σε αντίθεση με άλλα τα οποία βελτιώνονται ή παραμένουν σταθερά, είναι ο εξής : όπως φαίνεται και από τη σχέση 3.1.3.11, κατά την ανακύκλωση ενός ποσοστού "α" απορριμμάτων γυάλινων φιαλών έχουμε μια μείωση "Χ" της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος (π.χ. κατανάλωση ενέργειας, αποδέσμευση αποβλήτων κλπ) η οποία επιτυγχάνεται επειδή αυτό το ποσοστό "α" των απορριπτόμενων φιαλών τελικά αποφεύγει τα στάδια της συλλογής (υποσύστημα Η) και διαχείρισης των απορριμμάτων (υποσυστήματα Θ και Ι) αφού ανακυκλώνεται. Ταυτόχρονα, όμως, παρατηρείται μια αύξηση "Ψ" της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος η οποία οφείλεται στο γεγονός ότι

το ποσοστό "α" των φιαλών που απορρίπτονται, αποφεύγει μεν τα στάδια συλλογής και διαχείρισης απορριμμάτων, όμως, καθώς ανακυκλώνεται επιβαρύνει το αντίστοιχο στάδιο (υποσύστημα IB). Έτσι, ανάλογα με τη διαφορά "Χ - Ψ" μεταξύ της αντίστοιχης μείωσης και αύξησης της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, καθορίζεται κάθε φορά και η επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα.

Συμπερασματικά, αυτό το οποίο προκύπτει από τον πίνακα Δ.1.2 είναι ότι η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης "α" των γυάλινων φιαλών, όταν δεν συνοδεύεται από αντίστοιχη αύξηση του ποσού του ανακυκλούμενου υλικού που χρησιμοποιείται στην παραγωγή νέων φιαλών (μέγεθος "κ"), επιδρά μεν θετικά στη αποδέσμευση στερεών αποβλήτων μειώνοντας αυτά σε σημαντικό βαθμό, έχει όμως και κάποιο περιβαλλοντικό κόστος το οποίο εμφανίζεται ως αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης καθώς και των εκπομπών ορισμένων αερίων αποβλήτων.

Σε ότι αφορά στο ποσοστό του περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ", δηλαδή του ποσοστού του προερχόμενου από ανακύκλωση υλικού το οποίο χρησιμοποιείται στη παραγωγική διαδικασία στη θέση της πρωτογενούς πρώτης ύλης, παρατηρούμε τα εξής (πίνακας Δ.1.3) : αύξηση του ποσοστού αυτού έχει ως συνέπεια μία σχετική βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης των γυάλινων φιαλών η οποία για άλλα μεγέθη είναι περισσότερο έντονη (κατανάλωση νερού, εκπομπές σωματιδίων, υδρογονανθράκων, υδροχλωρίου και υγρών αποβλήτων) κυρίως για ποσοστά άνω του 75 %, ενώ για άλλα μεγέθη είναι λιγότερο έντονη (κατανάλωση ενέργειας, εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του αζώτου, διοξειδίου του θείου, οργανικών πτητικών ενώσεων και στερεών αποβλήτων). Από τα παραπάνω φαίνεται ότι αύξηση του ποσοστού "κ", όταν δεν συνοδεύεται από ταυτόχρονη αύξηση του ποσοστού "α", επιδρά μεν θετικά στα αποτελέσματα της ΑΚΖ χωρίς, ωστόσο, να επιτυγχάνονται εντυπωσιακές βελτιώσεις κυρίως σε ότι αφορά στην κατανάλωση ενέργειας και στην αποδέσμευση στερεών αποβλήτων.

Στο διάγραμμα Δ.1.1 δίνεται η μεταβολή της κατανάλωσης ενέργειας των γυάλινων φιαλών σε συνάρτηση με το ποσοστό επαναπλήρωσης - επαναχρησιμοποίησης "Γ", με το ποσοστό ανακύκλωσης "α" και με το ποσοστό περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ". Από το διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι η επαναπλήρωση γυάλινων φιαλών επιδρά θετικότερα στην ενεργειακή κατανάλωση μειώνοντας την εντυπωσιακά. Η χρησιμοποίηση ανακυκλούμενου υλικού στην παραγωγή έχει επίσης θετική επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας η οποία όμως είναι σχετικά μικρή ενώ αντίθετα η ανακύκλωση των απορριπτόμενων φιαλών φαίνεται ότι συνεπάγεται ενεργειακό κόστος παρά αντίστοιχο όφελος.

Στους πίνακες Δ.1.4 και Δ.1.5 εξετάζονται οι επιπτώσεις στα αποτελέσματα της ΑΚΖ φιαλών από τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο χωρητικότητας 1,5 lt όταν μεταβάλλεται το ποσοστό ανακύκλωσης "α" και το ποσοστό περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ" αντίστοιχα. Όπως

φαίνεται από τον πίνακα Δ.1.4, η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης "α" έχει ως συνέπεια αφενός μείωση των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα, οργανικών πτητικών ενώσεων και στερεών αποβλήτων και αφετέρου αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και της αποδέσμευσης σωματιδίων, οξειδίων του αζώτου, διοξειδίου του θείου και υδρογονανθράκων ενώ η κατανάλωση νερού και οι εκπομπές υδροχλωρίου και υγρών αποβλήτων παραμένουν σταθερές. Οι παραπάνω μεταβολές είναι γενικά μικρής έκτασης με εξαίρεση τη μείωση των στερεών αποβλήτων η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική. Οι αιτίες για τις οποίες κάποια περιβαλλοντικά μεγέθη (κατανάλωση ενέργειας, εκπομπές σωματιδίων, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, υδρογονανθράκων) επιδεινώνονται με την αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης "α" είναι οι ίδιες με εκείνες που αναφέρθηκαν παραπάνω στην αντίστοιχη περίπτωση της γυάλινης φιάλης. Οφείλονται, δηλαδή, στο γεγονός ότι η μείωση της τιμής των μεγεθών αυτών, η οποία επιτυγχάνεται εξαιτίας της ανακύκλωσης δεδομένου ότι δεν επιβαρύνεται το περιβάλλον από τις δραστηριότητες συλλογής και ταφής ή καύσης των ανακυκλούμενων απορριμμάτων, είναι μικρότερη από την αντίστοιχη αύξηση της τιμής των ίδιων μεγεθών λόγω της δραστηριότητας της ανακύκλωσης.

Σχετικά με το ποσοστό του περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ", διαπιστώνεται από τον πίνακα Δ.1.5 ότι αύξηση του μεγέθους αυτού έχει γενικά θετική επίδραση στην περιβαλλοντική απόδοση των φιαλών PET. Έτσι, η κατανάλωση νερού και οι εκπομπές υδροχλωρίου, υδρογονανθράκων, μονοξειδίου του άνθρακα, διαλελυμένων σωματιδίων και ελαίων μειώνονται και μάλιστα σημαντικά ενώ το ίδιο (αλλά σε μικρότερο βαθμό) συμβαίνει και με την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές σωματιδίων, οξειδίων του αζώτου, διοξειδίου του θείου, οργανικών πτητικών ενώσεων, COD και στερεών αποβλήτων. Η αποδέσμευση αιωρούμενων σωματιδίων και η τιμή του BOD, αντίθετα, δεν φαίνεται να μεταβάλλονται.

Στο διάγραμμα Δ.1.2 παρουσιάζεται η μεταβολή της κατανάλωσης ενέργειας στον κύκλο ζωής της φιάλης PET σε συνάρτηση με τα ποσοστά ανακύκλωσης "α" και περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ". Από το διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι, όπως και στην περίπτωση της γυάλινης φιάλης, η χρησιμοποίηση ανακυκλούμενου υλικού στην παραγωγή επιδρά θετικά στην κατανάλωση ενέργειας. Μάλιστα, στην περίπτωση της φιάλης PET μπορεί να επιτευχθεί σημαντικότερη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης η οποία, στην ιδανική περίπτωση κατά την οποία χρησιμοποιείται 100 % ανακυκλούμενη πρώτη ύλη, μπορεί να φτάσει μέχρι και 30 % περίπου. Αντίθετα, η ανακύκλωση των απορριπτόμενων φιαλών PET από μόνη της έχει ενεργειακό κόστος καθώς η κατανάλωση ενέργειας όχι μόνο δεν μειώνεται αλλά αυξάνεται ελαφρά.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν προηγουμένως από τους πίνακες Δ.1.4 και Δ.1.5 για τη φιάλη PET 1,5 lt σε σχέση με την επίδραση των ποσοστών ανακύκλωσης "α" και περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ" στα αποτελέσματα της ΑΚΖ ισχύουν σε γενικές γραμμές και για τις φιάλες

από πολυβινυλοχωρίδιο μεγέθους 1,5 lt και από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας μεγέθους 1 lt. Συγκεκριμένα από τους πίνακες Δ.1.6 για τη φιάλη από PVC και Δ.1.8 για τη φιάλη από HDPE διαπιστώνεται ότι η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης "α" συνεπάγεται ελαφρά μείωση των εκπομπών CO και οργανικών πτητικών ενώσεων, μεγάλη μείωση των στερεών αποβλήτων, μικρή αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και της αποδέσμευσης σωματιδίων, NOx, SO<sub>2</sub>, υδρογονανθράκων και αλδευδών ενώ η κατανάλωση νερού και οι εκπομπές υγρών αποβλήτων παραμένουν σταθερές. Επίσης, από τους πίνακες Δ.1.7 και Δ.1.9 προκύπτει για τη φιάλη από PVC και για τη φιάλη από HDPE αντίστοιχα ότι αύξηση του ποσοστού περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ" έχει ως συνέπεια σημαντική μείωση της κατανάλωσης νερού και των εκπομπών υδρογονανθράκων, ελαίων, διαλελυμένων και αιωρούμενων σωματιδίων και μικρότερη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO, NOx, SO<sub>2</sub>, σωματιδίων, οργανικών πτητικών ενώσεων, αλδευδών, COD και στερεών αποβλήτων (η τιμή του BOD δεν επηρεάζεται, όπως επίσης και εκείνες των αλδευδών, οργανικών πτητικών ενώσεων και COD στη φιάλη από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας).

Συνοψίζοντας όσα αναφέρθηκαν παραπάνω με βάση τους πίνακες Δ.1.4 έως Δ.1.9 σχετικά με την επίδραση των μεγεθών "α" και "κ" στα αποτελέσματα της ΑΚΖ των πλαστικών φιαλών (PET, PVC και HDPE), καταλήγουμε σε ανάλογα συμπεράσματα με εκείνα τα οποία προέκυψαν για τη γυάλινη φιάλη. Συγκεκριμένα διαπιστώνεται ότι η αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης "α" των πλαστικών φιαλών επιδρά θετικά στη αποδέσμευση στερεών αποβλήτων μειώνοντας τα σε σημαντικό βαθμό. Όταν, όμως, η ανακύκλωση αυτή δεν συνοδεύεται από αντίστοιχη αύξηση του ποσού του ανακυκλούμενου υλικού που χρησιμοποιείται στην παραγωγή νέων φιαλών (μέγεθος "κ") τότε η συνολική κατανάλωση ενέργειας καθώς και οι εκπομπές ορισμένων αέριων αποβλήτων αυξάνονται επιβαρύνοντας, έτσι, το περιβάλλον. Ομοίως, αύξηση του ποσοστού περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ" (χωρίς ταυτόχρονη αύξηση του ποσοστού "α") έχει θετική, γενικά, επίδραση στα αποτελέσματα της ΑΚΖ των πλαστικών φιαλών αν και, όπως και στην περίπτωση της γυάλινης φιάλης, οι βελτιώσεις που επιτυγχάνονται σε ορισμένους τομείς όπως η κατανάλωση ενέργειας και η αποδέσμευση στερεών αποβλήτων είναι περιορισμένη.

Στα διαγράμματα Δ.1.3 και Δ.1.4 παρουσιάζεται η μεταβολή της κατανάλωσης ενέργειας στον κύκλο ζωής της φιάλης από PVC 1,5 lt και από HDPE 1 lt αντίστοιχα σε συνάρτηση με τα ποσοστά ανακύκλωσης "α" και περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ". Όπως και στην περίπτωση των φιαλών από γυαλί (διάγραμμα Δ.1.1) και PET (διάγραμμα Δ.1.2), η χρησιμοποίηση ανακυκλούμενου υλικού στην παραγωγή των φιαλών από PVC και HDPE επιδρά θετικά στην κατανάλωση ενέργειας μειώνοντας την (στην ιδανική περίπτωση κατά την οποία χρησιμοποιείται 100 % ανακυκλούμενη πρώτη ύλη) μέχρι και 20 % (φιάλη από PVC) ή 26 % (φιάλη από HDPE) περίπου. Το αντίθετο συμβαίνει κατά την ανακύκλωση των

απορριπτόμενων φιαλών PVC και HDPE αφού, με την αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης "α", η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται ελαφρά.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα, η επίδραση της μεταβολής του ποσοστού ανακύκλωσης "α" στα αποτελέσματα της ανάλυσης κύκλου ζωής εξετάστηκε ανεξάρτητα από τη μεταβολή του ποσοστού περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ" καθώς το τελευταίο θεωρήθηκε σταθερό. Ακριβώς ανάλογη ήταν η εξέταση της επίδρασης του ποσοστού "κ" στα αποτελέσματα της ΑΚΖ, δηλαδή ανεξάρτητα από τη μεταβολή του ποσοστού "α" το οποίο επίσης θεωρήθηκε σταθερό. Αυτό συνέβει τόσο διότι στην πράξη τα δύο αυτά μεγέθη είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους (το ποσοστό "α" διαμορφώνεται σχεδόν αποκλειστικά με βάση την πολιτική που ακολουθούν στο θέμα της ανακύκλωσης οι διάφοροι - κρατικοί συνήθως - φορείς, ενώ το ποσοστό "κ" διαμορφώνεται με βάση τις επιλογές του κάθε παραγωγού) όσο και διότι έτσι είναι ευκολότερος και ακριβέστερος ο προσδιορισμός της επίδρασης του κάθε μεγέθους ξεχωριστά στην περιβαλλοντική απόδοση των εξεταζόμενων φιαλών.

Αν και στην πραγματικότητα, όπως αναφέρθηκε, τα ποσοστά "α" και "κ" είναι σχεδόν πάντα ανεξάρτητα μεταξύ τους (περίπτωση ανοικτού συστήματος), υπάρχει θεωρητικά και η περίπτωση τα μεγέθη αυτά να συσχετίζονται μεταξύ τους και μάλιστα να είναι κάθε φορά ίσα (περίπτωση κλειστού συστήματος). Η περίπτωση αυτή ( $a = k$ ) εξετάζεται στα διαγράμματα Δ.1.5 και Δ.1.6 όπου παρουσιάζεται η επίδραση των ποσοστών "α" και "κ" στην κατανάλωση ενέργειας και στην αποδέσμευση στερεών αποβλήτων αντίστοιχα των φιαλών από γυαλί 1 lt, από τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο 1,5 lt, από πολυβινυλοχλωρίδιο 1,5 lt και από σκληρό πολυαιθυλένιο 1 lt. Σύμφωνα με τα διαγράμματα αυτά, όταν το ποσοστό ανακύκλωσης είναι ίσο με το ποσοστό περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού επιτυγχάνεται σε όλες τις εξεταζόμενες φιάλες μείωση στην αποδέσμευση στερεών αποβλήτων με ταυτόχρονη μείωση και της κατανάλωσης ενέργειας. Συγκεκριμένα, η μείωση των στερεών αποβλήτων είναι σημαντικότερη στην περίπτωση της γυάλινης φιάλης (όπου άλλωστε το πρόβλημα είναι εντονότερο) φτάνοντας, για υψηλές τιμές ανακύκλωσης, τα επίπεδα στερεών αποβλήτων των πλαστικών φιαλών (διάγραμμα Δ.1.6). Πάντως, οι γυάλινες φιάλες αποδεσμεύουν μεγαλύτερες ποσότητες στερεών αποβλήτων από τις πλαστικές ακόμα και αν η ανακύκλωση των πλαστικών φιαλών είναι μηδενική ( $a = k = 0\%$ ) και εκείνη των γυάλινων φιαλών είναι της τάξης του 80% και παραπάνω (αναλόγως το είδος της πλαστικής φιάλης). Σε ότι αφορά στην κατανάλωση ενέργειας, η μείωση που επιτυγχάνεται δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη είναι όμως περίπου ανάλογη για όλες τις φιάλες που εξετάζονται (διάγραμμα Δ.1.5).

Δεδομένου ότι η μέθοδος διαχείρισης που επιλέγεται και ακολουθείται για τα απορρίμματα στην Ελλάδα είναι, σχεδόν αποκλειστικά, η ταφή, τα αποτελέσματα της παρούσας ανάλυσης κύκλου ζωής έχουν εξαχθεί για την περίπτωση αυτή. Προκειμένου, ωστόσο, να



αξιολογηθούν, τουλάχιστον ενεργειακά, και οι εναλλακτικές μέθοδοι διαχείρισης των απορριμμάτων και συγκεκριμένα η καύση χωρίς και με ανάκτηση ενέργειας, παρουσιάζονται τα διαγράμματα Δ.1.7 έως Δ.1.10. Στα διαγράμματα αυτά συγκρίνεται η κατανάλωση ενέργειας στη γυάλινη φιάλη 1 lt, στη φιάλη από τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο 1,5 lt, στη φιάλη από πολυβινυλοχλωρίδιο 1,5 lt και στη φιάλη από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας 1 lt αντίστοιχα για διάφορα ποσοστά ταφής και καύσης (με και χωρίς ανάκτηση ενέργειας) των απορριμμάτων. Συγκεκριμένα, σε κάθε διάγραμμα δίνεται η ενεργειακή κατανάλωση συναρτήσεως του ποσοστού "c" τόσο όταν οι εναλλακτικές μέθοδοι είναι η ταφή και η καύση χωρίς ανάκτηση ενέργειας όσο και όταν είναι η ταφή και η καύση με ανάκτηση ενέργειας. Θυμίζουμε ότι το μέγεθος "c" περιγράφει το ποσοστό των απορριμμάτων (των υπολοίπων από εκείνα που δεν ανακυκλώνονται ούτε επαναχρησιμοποιούνται αλλά οδηγούνται αποκλειστικά είτε σε ταφή είτε σε καύση) τα οποία καταλήγουν στην ταφή. Έτσι, αν για παράδειγμα είναι  $c = 40\%$  τότε το 40% των απορριμμάτων οδηγείται σε ταφή και το 60% σε καύση, αν είναι  $c = 100\%$  έχουμε μόνο ταφή ενώ αν είναι  $c = 0\%$  έχουμε μόνο καύση κ.ο.κ.

Το γενικό συμπέρασμα το οποίο προκύπτει από τα διαγράμματα αυτά και για τις τέσσερις φιάλες που εξετάζονται είναι ότι, από ενεργειακής άποψης, η ταφή είναι καλύτερη μέθοδος διαχείρισης των απορριμμάτων σε σχέση με την καύση χωρίς ανάκτηση ενέργειας αλλά είναι χειρότερη σε σχέση με την καύση με ανάκτηση ενέργειας. Συγκεκριμένα, η ενεργειακή σύγκριση ταφής - καύσης χωρίς ανάκτηση ενέργειας είναι σαφώς υπέρ της πρώτης μεθόδου στην περίπτωση της γυάλινης φιάλης ενώ στην περίπτωση των πλαστικών φιαλών ισχύει οριακά. Αντίθετα, η ενεργειακή σύγκριση ταφής - καύσης με ανάκτηση ενέργειας είναι με διαφορά υπέρ της δεύτερης μεθόδου τόσο στην περίπτωση των φιαλών από HDPE και από PET όσο και στην περίπτωση της φιάλης από PVC ενώ ισχύει και σε εκείνη της γυάλινης φιάλης αλλά σε μικρότερο βαθμό καθώς η καύση της φιάλης αυτής δεν συνοδεύεται από ανάκτηση ενέργειας.

### **4.3. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΚΖ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ**

Στην παρούσα παράγραφο θα επιχειρηθεί μια συνολική σύγκριση των αποτελεσμάτων της ΑΚΖ κατατάσσοντας τις 9 φιάλες νερού της ελληνικής αγοράς που εξετάστηκαν με κριτήριο τη συνολική περιβαλλοντική τους απόδοση. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί μία τέτοια σύγκριση είναι αναγκαίο να εκφραστεί η περιβαλλοντική απόδοση της κάθε φιάλης με ένα μόνο αριθμό. Όπως, όμως, αναφέρθηκε στο δεύτερο κεφάλαιο, ένα μειονέκτημα των αναλύσεων κύκλου ζωής είναι το γεγονός ότι τα αποτελέσματα που δίνουν είναι αφενός μεν πολλά και αφετέρου εκφράζονται με διαφορετικές μονάδες μέτρησης. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια η συγκέντρωση των αποτελεσμάτων σε λίγους και, κυρίως, σε ένα μόνο αριθμό να είναι ιδιαίτερα δύσκολη. Άλλωστε, ένα σημαντικό μέρος της προσπάθειας που καταβάλλεται σήμερα από τους ερευνητές σχετικά με τη βελτίωση της μεθοδολογίας της ανάλυσης κύκλου ζωής αναφέρεται, όπως είδαμε, στην ανάπτυξη και εξέλιξη ικανοποιητικών μεθόδων οι οποίες να επιτρέπουν τη συνολική και αντικειμενική σύγκριση των αποτελεσμάτων των αναλύσεων αυτού του είδους [40], [69].

Η συγκριτική κατάταξη των φιαλών της παρούσας ΑΚΖ θα βασιστεί στην απόδοση των εξής στοιχείων :

- κατανάλωση ενέργειας,
- κατανάλωση νερού,
- αποδέσμευση αέριων αποβλήτων,
- αποδέσμευση υγρών αποβλήτων, και
- αποδέσμευση στερεών αποβλήτων.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το νερό είναι το μόνο από τις πρώτες ύλες το οποίο κατανανώνεται από όλες τις φιάλες και άρα υπάρχει πεδίο σύγκρισης ενώ επιπλέον ανήκει στους φυσικούς πόρους εκείνους των οποίων η διαχείριση παρουσιάζει γενικότερο ενδιαφέρον. Επίσης, τα τρία από τα παραπάνω στοιχεία και συγκεκριμένα η κατανάλωση ενέργειας και νερού καθώς και η αποδέσμευση στερεών αποβλήτων εκφράζονται με μία μόνο περιβαλλοντική παράμετρο για κάθε φιάλη. Αντίθετα, τα υπόλοιπα δύο, δηλαδή η αποδέσμευση αέριων και υγρών αποβλήτων, εκφράζονται με αρκετές περιβαλλοντικές παραμέτρους για κάθε φιάλη. Για τη

συγκέντρωση αυτών των περιβαλλοντικών παραμέτρων, τόσο για τα αέρια όσο και για τα υγρά αποβλήτα, σε μία μόνο για κάθε φιάλη θα εφαρμοστεί η τεχνική η οποία προτείνεται σχετικά στις μεθόδους των ελβετικών φορέων EMPA [4] και BUWAL [43], [44] στο δεύτερο κεφάλαιο. Συγκεκριμένα, γίνεται χρήση των τυποποιημένων οριακών τιμών προκειμένου να υπολογισθούν οι αναγκαίοι όγκοι αέρα και νερού για τη διάλυση των αέριων και υγρών αποβλήτων σε ανεκτά επίπεδα. Έτσι, οι καταγεγραμμένες τιμές αέριων και υγρών ρυπαντών διαιρούνται με τις αντίστοιχες επιτρεπόμενες οριακές δίνοντας τις κρίσιμες μάζες ή όγκους αέρα και νερού.

Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητο να διευκρινισθούν τα εξής : ο όρος “περιβαλλοντική παράμετρος” που αναφέρθηκε παραπάνω, έχει την έννοια που του αποδίδεται στο δεύτερο κεφάλαιο σχετικά με τη συγκέντρωση των αποτελεσμάτων αναλύσεων κύκλου ζωής. Συνεπώς, δεν πρέπει να συγχέεται με τη γενικότερη έννοια του όρου της “παραμέτρου” με την οποία χρησιμοποιείται στην προηγούμενη παράγραφο του παρόντος κεφαλαίου προκειμένου να εκφράσει διάφορες μεταβλητές του προβλήματος (π.χ. α, f, k κλπ) κατά την εξέταση της επίδρασης στα αποτελέσματα από την μεταβολή τους.

Στους επόμενους πίνακες 4.3.1 και 4.3.2 δίνονται οι οριακές τιμές αέριων και υγρών αποβλήτων οι οποίες έχουν καθοριστεί από ελληνικούς και διεθνείς φορείς ([26], [62], [545], [547]) και οι οποίες χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τη συγκέντρωση των αντίστοιχων αποτελεσμάτων της AKZ σε μία περιβαλλοντική παράμετρο. Στην πρώτη περίπτωση η παράμετρος αυτή εκφράζει τον ελάχιστο όγκο αέρα που απαιτείται για τη διάλυση των συγκεκριμένων αέριων αποβλήτων σε ανεκτά επίπεδα ενώ στη δεύτερη περίπτωση τον ελάχιστο όγκο νερού που απαιτείται για τη διάλυση των συγκεκριμένων υγρών αποβλήτων σε ανεκτά επίπεδα. Προφανώς, όσο μεγαλύτεροι είναι οι όγκοι αυτοί τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Σχετικά με τις τιμές ορισμένων κατηγοριών αέριων αποβλήτων που αναφέρονται στον πίνακα 4.3.1 πρέπει να σημειωθούν τα εξής [62] : Για την ομάδα των σωματιδίων, στην οποία συνήθως περιλαμβάνονται η τέφρα, η σκόνη, η αιθάλη κλπ, λαμβάνεται η οριακή τιμή της σκόνης. Για την ομάδα των υδρογονανθράκων, στην οποία ανήκουν ενώσεις όπως το εξάνιο, το βουταδιένιο, το αιθυλένιο, το μεθάνιο, το βουτάνιο κλπ, λαμβάνεται η οριακή τιμή του βουταδιενίου 1,3. Για τα οξείδια του αζώτου λαμβάνεται η οριακή τιμή του NO<sub>2</sub> και για τις αλδεΐδες εκείνη της ακεταλδεΐδης. Για τις λοιπές οργανικές ενώσεις, στις οποίες περιλαμβάνονται ενώσεις όπως αλκοόλες, λαμβάνεται η οριακή τιμή της αιθυλικής αλκοόλης ενώ για τους χλωριωμένους υδρογονάνθρακες εκείνη του τριχλωροαιθυλενίου. Για τις οργανικές πτητικές ενώσεις, τέλος, λαμβάνεται η οριακή τιμή του βενζολίου. Η παραπάνω επιλογή έγινε με βάση τα διαθέσιμα σχετικά στοιχεία.

Πίνακας 4.3.1 : Οριακές τιμές αέριων αποβλήτων

Είδος Αέριου Απόβλητου	Οριακή Τιμή (mg/m <sup>3</sup> αέρα)
Σωματίδια	10
Μονοξείδιο του Άνθρακα	57
Υδρογονάνθρακες	22
Οξείδια του Αζώτου	5,6
Πρωτοξείδιο του Αζώτου	90
Διοξείδιο του Θείου	5,2
Αλδεΐδες	180
Οργανικές Ενώσεις	1880
Αμμωνία	17
Υδροχλώριο	7,5
Υδροφθόριο και Φθοριούχες Ενώσεις	2,6
Μόλυβδος	0,15
Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες	269
Οργανικές Πτητικές Ενώσεις	32

Πηγή {26}, {62}

Πίνακας 4.3.2 : Οριακές τιμές υγρών αποβλήτων

Είδος Υγρού Απόβλητου	Οριακή Τιμή (mg/lit νερού)
Αιωρούμενα Σωματίδια	30
Διαλελυμένα Σωματίδια	500
BOD	15
COD	45
Έλαια	7
Φαινόλη	0,001
Φθοριούχες Ενώσεις	1,5
Αμμωνία	0,5
Άλατα Θεικού Οξέος	250
Νιτρικά Άλατα	50
Χλωριούχα Άλατα	350
Ιόντα Νατρίου	500
Ιόντα Σιδήρου	0,1

Πηγή {62}, {545}, {547}

Με βάση τους πίνακες Γ.3.1 έως Γ.3.9 στους οποίους περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα της ΑΚΖ των φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς προκύπτει ο επόμενος πίνακας 4.3.3 στον οποίο οι τιμές των αέριων και των υγρών αποβλήτων έχουν συγκεντρωθεί αντίστοιχα σε μία μόνο περιβαλλοντική παράμετρο. Η κάθε μία από τις παραμέτρους αυτές προέκυψε διαιρώντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης κύκλου ζωής που αναφέρονται στα αέρια και τα υγρά απόβλητα

με τις αντίστοιχες οριακές τιμές που δίνονται στους πίνακες 4.3.1 και 4.3.2 και στη συνέχεια αθροίστηκαν μεταξύ τους. Με τον τρόπο αυτό, ο αριθμός των περιβαλλοντικών παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την περιβαλλοντική απόδοση της κάθε μίας από τις εξεταζόμενες φιάλες μειώθηκε σημαντικά σε σχέση με τα αντίστοιχα πλήρη αποτελέσματα που προκύπτουν από την ΑΚΖ, κάνοντας έτσι πιο εύκολη τη σύγκριση των αποδόσεων αυτών.

**Πίνακας 4.3.3 : Συγκεντρωμένα αποτελέσματα της ΑΚΖ φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς**

Είδος και Μέγεθος Φιάλης	Κατανάλωση Ενέργειας (MJ ανά 1000 lt)	Κατανάλωση Νερού (kg ανά 1000 lt)	Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων ( $10^3 \times m^3$ αέρα ανά 1000 lt)	Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (lt νερού ανά 1000 lt)	Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων ( $cm^3$ ανά 1000 lt)
<i>Γυαλί 1 lt</i>	36656,27	644,14	1745,40	2008,51	183011,40
<i>PET 0,5 lt</i>	18277,35	79,71	1461,29	61044,20	54011,09
<i>PET 1,5 lt</i>	12425,70	41,66	1304,08	35167,03	28205,79
<i>PET 2,0 lt</i>	11568,50	36,17	1281,53	24997,78	24505,03
<i>PVC 0,5 lt</i>	9424,01	284,83	1312,94	234650,89	53555,84
<i>PVC 0,75 lt</i>	9559,79	296,22	1287,14	244834,10	55698,07
<i>PVC 1,5 lt</i>	8249,58	186,28	1250,40	153035,20	35025,52
<i>PVC 2,0 lt</i>	8813,04	233,56	1280,39	193809,03	43915,79
<i>HDPE 1 lt</i>	9278,08	338,82	1233,08	143614,20	45960,17

Όπως είδαμε, με την συγκέντρωση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης κύκλου ζωής που προηγήθηκε και η οποία κατέληξε στον πίνακα 4.3.3, ο αριθμός των παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την περιβαλλοντική απόδοση των εξεταζόμενων φιαλών μειώθηκε σε πέντε αυξάνοντας σημαντικά την ευκολία σύγκρισης των αποδόσεων αυτών. Ωστόσο, αν και η δυνατότητα σύγκρισης βελτιώθηκε αρκετά, δεν έχει επιτευχθεί πλήρης εξάλειψη των σχετικών δυσκολιών. Έτσι, προκειμένου να προσδιοριστεί η καλύτερη, από περιβαλλοντικής άποψης, φιάλη, χρειάζεται να συνεκτιμηθούν ταυτοχρόνως πέντε διαφορετικές περιβαλλοντικές παράμετροι, γεγονός το οποίο, όπως είναι αναμενόμενο, συνεχίζει να παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες. Επιπλέον, οποιαδήποτε προσπάθεια για περαιτέρω συγκέντρωση των αποτελεσμάτων με στόχο να περιοριστούν

ακόμα περισσότερο οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν την περιβαλλοντική απόδοση των φιαλών, εκτός από τις αντικειμενικές δυσκολίες που υπάρχουν για αξιόπιστη πραγματοποίηση της και οι οποίες ενισχύονται από το γεγονός ότι το πεδίο αυτό είναι ακόμα στο στάδιο της εξέλιξης και ανάπτυξης, προσκρούει και στον υπαρκτό και ιδιαίτερα σημαντικό κίνδυνο απώλειας μέρους των περιβαλλοντικών πληροφοριών οι οποίες ενδεχομένως δεν θα συμπεριληφθούν στις τελικές ή την τελική περιβαλλοντική παράμετρο που θα προκύψει.

Προκειμένου να ξεπεραστούν και οι τελευταίες δυσκολίες στη σύγκριση της περιβαλλοντικής απόδοσης των φιαλών επιδιώκοντας ταυτόχρονα, όσο το δυνατόν μεγαλύτερο περιορισμό του κινδύνου απώλειας μέρους των περιβαλλοντικών πληροφοριών, προτείνεται η τεχνική που περιγράφεται στη συνέχεια. Σύμφωνα με την τεχνική αυτή, τα πέντε στοιχεία τα οποία, μετά τη συγκέντρωση των αποτελεσμάτων της ΑΚΖ, χαρακτηρίζουν την περιβαλλοντική απόδοση της κάθε φιάλης (δηλαδή η κατανάλωση ενέργειας και νερού καθώς και η αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων) αποτυπώνονται σε ακτινικό σύστημα πέντε αξόνων, ανεξάρτητων μεταξύ τους. Στο ακτινικό αυτό σύστημα η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ δύο διαδοχικών αξόνων είναι η ίδια για κάθε τέτοιο ζεύγος αξόνων, ενώ το κοινό σημείο τομής των πέντε αξόνων αντιστοιχεί στην τιμή "μηδέν". Δεδομένου ότι σε κάθε άξονα εκφράζονται διαφορετικά φυσικά μεγέθη, ο κάθε ένας από αυτούς έχει τα δικά του χαρακτηριστικά (κλίμακα και μονάδα μέτρησης) διαφορετικά από τους υπόλοιπους. Συγκεκριμένα, ο άξονας κατανάλωσης ενέργειας κυμαίνεται μεταξύ 0 και 40000 MJ/1000 lt, ο άξονας κατανάλωσης νερού μεταξύ 0 και 700000 gr/1000 lt, ο άξονας αποδέσμευσης αέριων αποβλήτων μεταξύ 0 και  $2 \times 10^6$  m<sup>3</sup> αέρα/1000 lt, ο άξονας αποδέσμευσης υγρών αποβλήτων μεταξύ 0 και 250000 lt νερού/1000 lt και τέλος ο άξονας αποδέσμευσης στερεών αποβλήτων μεταξύ 0 και 190000 cm<sup>3</sup>/1000 lt. Εννοείται πως το ακτινικό σύστημα αξόνων που περιγράφηκε παραπάνω είναι ακριβώς το ίδιο για όλες τις εξεταζόμενες φιάλες διότι διαφορετικά η σύγκριση θα οδηγούσε σε σφάλματα.

Η αποτύπωση της περιβαλλοντικής απόδοσης της κάθε φιάλης στο παραπάνω σύστημα είναι, πλέον, απλή υπόθεση. Συγκεκριμένα, σημειώνεται η τιμή του κάθε στοιχείου που χαρακτηρίζει την απόδοση αυτή (δηλαδή της κατανάλωσης ενέργειας και νερού καθώς και της αποδέσμευσης αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων) στον αντίστοιχο άξονα και στη συνέχεια ενώνονται τα σημεία μεταξύ διαδοχικών αξόνων, σχηματίζοντας ένα πολύγωνο (συγκεκριμένα πεντάγωνο). Η αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης της φιάλης γίνεται με βάση το εμβαδόν του πολυγώνου αυτού. Έτσι, όσο μεγαλύτερο είναι το εμβαδόν αυτό τόσο χειρότερη είναι η περιβαλλοντική απόδοση της φιάλης και αντίστροφα. Η ισχύς της πρότασης αυτής είναι προφανής ενώ μαθηματικά βασίζεται στο γεγονός ότι το εμβαδόν ενός πολυγώνου είναι ανάλογο του μήκους των αποστάσεων των κορυφών του από το κοινό κέντρο [546]. Το πολύγωνο αυτό θα μπορούσε να ονομαστεί **"πολύγωνο ΑΚΖ"**, ενώ η μέθοδος

αξιολόγησης της περιβαλλοντικής απόδοσης που βασίζεται σε αυτό **“AKZ με την μέθοδο του πολυγώνου”** αντίστοιχα.

Στο παράρτημα Δ δίνεται το πολύγωνο AKZ για κάθε μία από τις εννέα φιάλες νερού της ελληνικής αγοράς που εξετάζονται στην παρούσα AKZ. Με βάση το εμβαδόν των πολυγώνων αυτών αξιολογείται η περιβαλλοντική τους απόδοση και στη συνέχεια κατάτασσονται ανάλογα με την απόδοση αυτή. Δεδομένου ότι το εμβαδόν του πολυγώνου AKZ είναι ένα μέγεθος το οποίο χρησιμοποιείται μόνο ως μέσο σύγκρισης και συνεπώς δεν είναι απαραίτητο να έχει μονάδα μέτρησης η οποία, αντίθετα, εάν υπάρχει μπορεί να προκαλέσει και σύγχυση, ο υπολογισμός του επιλέγεται να γίνει σε σχέση με ένα σταθερό εμβαδόν αναφοράς. Συγκεκριμένα, το εμβαδόν του πολυγώνου AKZ υπολογίζεται ως ποσοστό του συνολικού εμβαδού του πολυγώνου (πενταγώνου) που σχηματίζεται από τους πέντε άξονες (κατανάλωση ενέργειας, κατανάλωση νερού, παραγωγή αερίων αποβλήτων, παραγωγή υγρών αποβλήτων και παραγωγή στερεών αποβλήτων) όπως επεξηγείται αναλυτικά επίσης στο παράρτημα Δ. Έτσι, εφαρμόζοντας όσα αναφέρονται στο παράρτημα αυτό για τα πολύγωνα των φιαλών νερού που εξετάζονται στην παρούσα AKZ, καταλήγουμε στον πίνακα 4.3.4 στον οποίο η κάθε φιάλη κατατάσσεται με βάση την περιβαλλοντική της απόδοση όπως αξιολογήθηκε με βάση την “AKZ με την μέθοδο του πολυγώνου”.

Από τον πίνακα 4.3.4 διαπιστώνεται ότι η φιάλη με την καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση είναι η φιάλη PET 2,0 lt με μικρή όμως διαφορά από τη δεύτερη που είναι η φιάλη PET 1,5 lt. Λίγο πιο κάτω είναι οι φιάλες PET 0,5 lt και PVC 1,5 lt αντίστοιχα και ακολουθούν οι φιάλες HDPE 1,0 lt και PVC 2,0 lt με την ίδια περίπου απόδοση. Πιο χαμηλά κατατάσσονται οι φιάλες PVC 0,5 lt και 0,75 lt ενώ στην τελευταία θέση και με μεγάλη διαφορά από τις υπόλοιπες είναι η γυάλινη φιάλη 1,0 lt.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα, ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της AKZ με την μέθοδο του πολυγώνου είναι ότι η σύγκριση μπορεί να πραγματοποιηθεί ταυτόχρονα σε δύο επίπεδα. Συγκεκριμένα, με τη μέθοδο αυτή αφενός δίνεται η δυνατότητα για μία γενική εκτίμηση της συνολικής περιβαλλοντικής απόδοσης του προϊόντος που εξετάζεται μέσω του εμβαδού του πολυγώνου ενώ αφετέρου επιτρέπεται ταυτόχρονη αξιολόγηση και σύγκριση συγκεκριμένων τομέων που, ενδεχομένως, είτε παρουσιάζουν ειδικό ενδιαφέρον, είτε εμφανίζουν διαφορετική συμπεριφορά. Για παράδειγμα, όπως φαίνεται από τα διαγράμματα Δ.2.1 έως Δ.2.9 η γυάλινη φιάλη έχει τη χειρότερη συνολική περιβαλλοντική απόδοση σε σχέση με τις υπόλοιπες φιάλες και μάλιστα με σημαντική διαφορά. Ωστόσο, η φιάλη αυτή παρουσιάζει εξαιρετική περιβαλλοντική απόδοση σε ότι αφορά στα υγρά απόβλητα, πολύ καλύτερη από την αντίστοιχη των υπολοίπων φιαλών, προσεγγίζοντας, μάλιστα, την ιδανική κατάσταση. Είναι προφανές ότι η διαπίστωση αυτή αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία στην περίπτωση που για κάποιους ειδικούς λόγους (π.χ. ιδιαίτερα υψηλή επιβάρυνση του υγρού περιβάλλοντος

σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία) το ποσό των υγρών αποβλήτων έχει ιδιαίτερη βαρύτητα στην ανάλυση.

**Πίνακας 4.3.4 : Κατάταξη των φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς με βάση την "ΑΚΖ με την μέθοδο του πολυγώνου"**

a/a	Είδος Φιάλης	Εμβαδόν Πολυγώνου ΑΚΖ (%)
1	Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο 2,0 lt	4,71
2	Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο 1,5 lt	5,79
3	Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο 0,5 lt	12,26
4	Πολυβινυλοχλωρίδιο 1,5 lt	13,37
5	Σκληρό Πολυαιθυλένιο 1,0 lt	17,80
6	Πολυβινυλοχλωρίδιο 2,0 lt	18,09
7	Πολυβινυλοχλωρίδιο 0,5 lt	23,86
8	Πολυβινυλοχλωρίδιο 0,75 lt	24,76
9	Γυαλί 1,0 lt	51,33

Εκτός, όμως, από το παραπάνω πλεονέκτημα, η ΑΚΖ με την μέθοδο του πολυγώνου έχει και άλλα θετικά χαρακτηριστικά όπως :

- είναι απλή και εφαρμόζεται εύκολα,
- δίνει μονοσήμαντα - αντικειμενικά αποτελέσματα τα οποία δεν επιτρέπουν υποκειμενικές ερμηνείες,
- δεν υπάρχει ουσιαστικός κίνδυνος απώλειας πληροφοριών,
- δεν αθροίζονται ανόμοια πράγματα μεταξύ τους,
- εκφράζεται αριθμητικά διευκολύνοντας τη σύγκριση,
- προσαρμόζεται εύκολα στις εκάστοτε ανάγκες της ανάλυσης ανάλογα με το είδος και τον αριθμό των αξόνων (πεντάγωνο, εξαγώνο, επτάγωνο κλπ), και
- μπορεί εύκολα να τυποποιηθεί, όπως αναφέρεται στο παράρτημα Δ.



Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι η προτεινόμενη ΑΚΖ με την μέθοδο του πολυγώνου συνδυάζει αρκετά θετικά στοιχεία ώστε με την κατάλληλη εξέλιξη και βελτίωση της να καταστεί σε ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια των ερευνητών σε μια προσπάθεια για μια γενική εκτίμηση της συνολικής περιβαλλοντικής απόδοσης.

#### **4.4. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ**

Αντικείμενο της διατριβής είναι η μελέτη των επιπτώσεων που προκαλούνται στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια της ζωής διαφόρων υλικών συσκευασίας και ιδιαίτερα κατά τη διαχείριση των αποβλήτων τους στην Ελλάδα. Για το σκοπό αυτό μελετάται και εφαρμόζεται η νέα επιστημονική μέθοδος της ανάλυσης κύκλου ζωής η οποία αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια προκειμένου να γίνει ευκολότερος ο ακριβής και επιστημονικά αντικειμενικός προσδιορισμός της περιβαλλοντικής απόδοσης προϊόντων, διεργασιών και γενικά δραστηριοτήτων. Αρχικά, δίνεται ο ορισμός της μεθόδου της ΑΚΖ και αναφέρονται ο σκοπός και οι αρχές που τη διέπουν. Στη συνέχεια, αφού γίνει μια συνοπτική αναφορά στην ιστορία της ανάλυσης κύκλου ζωής, περιγράφονται αναλυτικά η μεθοδολογία της και τα διάφορα στοιχεία από τα οποία αποτελείται (καθορισμός στόχων και περιορισμών, καταγραφή κύκλου ζωής, συγκέντρωση αποτελεσμάτων, ανάλυση επιπτώσεων και ανάλυση βελτιώσεων κύκλου ζωής). Η θεωρητική μελέτη της ανάλυσης κύκλου ζωής ολοκληρώνεται με την αναφορά στις προϋποθέσεις που πρέπει να τηρούνται κατά την ορθή εφαρμογή της μεθόδου (προσδιορισμός συστήματος, συλλογή και επεξεργασία στοιχείων κλπ) καθώς και στις διευρυμένες μορφές της ανάλυσης κύκλου ζωής.

Τη θεωρητική μελέτη της ανάλυσης κύκλου ζωής ακολουθεί η πρώτη εφαρμογή της μεθόδου στην Ελλάδα. Τα είδη συσκευασίας τα οποία επιλέγονται για να αναλυθούν και να συγκριθούν μεταξύ τους με την μέθοδο αυτή είναι φιάλες νερού της ελληνικής αγοράς φτιαγμένες από διάφορα υλικά (γυαλί, PET, PVC και HDPE) και σε διάφορα μεγέθη. Αρχικά γίνεται ανάλυση του προβλήματος η οποία περιλαμβάνει λεπτομερή περιγραφή του συστήματος και των υποσυστημάτων του καθορίζοντας επακριβώς τα όρια τους. Κατόπιν, με τη βοήθεια του ισοζυγίου μάζας του συστήματος, καταστρώνεται το μαθηματικό μοντέλο του προβλήματος. Με βάση το μαθηματικό αυτό μοντέλο αναπτύσσεται υπολογιστικό υπόδειγμα H/Y με τη βοήθεια του οποίου επιτυγχάνεται ο υπολογισμός των ζητούμενων μεγεθών της ανάλυσης (κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών και αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων). Προηγουμένως, βέβαια, έχει πραγματοποιηθεί ο εντοπισμός και συλλογή όλων των απαραίτητων για το σκοπό αυτό στοιχείων. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης, αφού αξιολογηθούν, συγκρίνονται μεταξύ τους αλλά και με αντίστοιχα αποτελέσματα άλλων χωρών προκειμένου να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα. Επίσης, προσδιορίζεται η επίδραση που έχει η μεταβολή ορισμένων από τις παραμέτρους του προβλήματος στα αποτελέσματα. Τέλος, αναπτύσσεται και προτείνεται μεθοδολογία για τη σύγκριση της συνολικής περιβαλλοντικής απόδοσης των προϊόντων. Έτσι,

χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία αυτή (η οποία ονομάστηκε “ΑΚΖ με την μέθοδο του πολυγώνου”) επιτυγχάνεται η κατάταξη των εξεταζόμενων φιαλών νερού με βάση τη συνολική επιβάρυνση που προκαλούν στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια της ζωής τους.

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι οι στόχοι που τέθηκαν στην αρχή της διατριβής προσεγγίστηκαν σε μεγάλο βαθμό. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν τα εξής :

- ο εκτιμήθηκε η επίπτωση που έχουν στο ελληνικό περιβάλλον τα υλικά συσκευασίας που εξετάστηκαν (φιάλες νερού),
- ο συγκρίθηκαν τα εξεταζόμενα υλικά συσκευασίας (φιάλες νερού) με βάση την περιβαλλοντική τους απόδοση,
- ο έγιναν συγκρίσεις με τα αποτελέσματα αντίστοιχων μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί στο εξωτερικό,
- ο έγιναν προτάσεις για τη βελτίωση της μεθόδου (ΑΚΖ με την μέθοδο του πολυγώνου), και
- ο εξετάστηκε η αξιοπιστία της μεθόδου και γενικά διαπιστώθηκε ο βαθμός δυσκολίας της εφαρμογής της στην Ελλάδα, τα προβλήματα που υπάρχουν και οι προσπάθειες που πρέπει ακόμα να γίνουν.

Σε ότι αφορά στον τελευταίο από τους παραπάνω στόχους και δεδομένων των σχετικών διαπιστώσεων και γενικά της εμπειρίας από την παρούσα διατριβή, κρίνεται αναγκαία *περαιτέρω ερευνητική προσπάθεια η οποία πρέπει, κατά τη γνώμη μας, να έχει ως στόχο τα εξής :*

- την πλήρη τυποποίηση της μεθοδολογίας της ανάλυσης κύκλου ζωής η οποία σε ορισμένα σημεία δεν είναι αρκετά σαφής (όπως έχει ήδη τονισθεί η ΑΚΖ βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της εξέλιξης) ώστε να μην υπάρχουν περιθώρια σφαλμάτων.

Ειδικότερα :

- την περιγραφή του στοιχείου της καταγραφής κύκλου ζωής καθώς και της συνδεδεμένης με το στοιχείο αυτό διαδικασίας συγκέντρωσης των αποτελεσμάτων με ένα ενιαίο και γενικό μαθηματικό μοντέλο το οποίο να μπορεί να εφαρμοστεί στην ΑΚΖ κάθε προϊόντος και διεργασίας ενώ θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως βάση για την ανάπτυξη αντίστοιχου λογισμικού,
- την ανάπτυξη αποδεκτών μεθοδολογιών για τα στοιχεία της ανάλυσης επιπτώσεων και ανάλυσης βελτιώσεων κύκλου ζωής τα οποία βρίσκονται ακόμα στα πρώτα στάδια της εξέλιξης,

- την βελτίωση και τυποποίηση της ΑΚΖ με την μέθοδο του πολυγώνου προκειμένου να είναι εφικτός ο αντικειμενικός και επιστημονικά ορθός χαρακτηρισμός όλων των προϊόντων με βάση την περιβαλλοντική τους απόδοση,
- τον καθορισμό και αποσαφήνιση μιας σειράς από ζητήματα τα οποία έχουν ήδη αναφερθεί όπως είναι οι κανόνες επιμερισμού και κατανομής των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, τα επίπεδα αποδεκτής ποιότητας των χρησιμοποιούμενων στοιχείων, η ενδεχόμενη ύπαρξη ενός συγκεκριμένου καταλόγου με πηγές αποβλήτων, οι κανόνες σύγκρισης των προϊόντων και των διεργασιών (αρχή της συμμετρίας), ο τρόπος με τον οποίο θα χρησιμοποιούνται ως δεδομένα οι μέσες τιμές της βιομηχανίας, η ενσωμάτωση της ανάλυσης ευαισθησίας στις μελέτες ΑΚΖ, η ορθή διαχείριση εισαγωγών και εξαγωγών κλπ, και γενικά
- την κωδικοποίηση των κανόνων και των αρχών της ανάλυσης κύκλου ζωής και την θεμελίωση της ομοιόμορφης χρήσης της.

Επίσης :

- τη συλλογή πρωτογενών και υψηλής ακρίβειας στοιχείων για την ανάπτυξη βάσεων δεδομένων από τις οποίες θα αντλούνται τα απαραίτητα δεδομένα για την πραγματοποίηση των αναλύσεων κύκλου ζωής στη χώρα μας (για παράδειγμα βάση δεδομένων για τη διαχείριση των απορριμμάτων στην Ελλάδα, για τις μεταφορές στην Ελλάδα κλπ),
- την ανάπτυξη αναλύσεων κύκλου ζωής συστημάτων συγκεκριμένων διεργασιών που πραγματοποιούνται στην Ελλάδα οι οποίες θα μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν ως υποσυστήματα στις ΑΚΖ άλλων ευρύτερων συστημάτων (π.χ. η ΑΚΖ παραγωγής μίας πρώτης ύλης η οποία θα μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί, ως υποσύστημα, στις ΑΚΖ παραγωγής όλων των προϊόντων που φτιάχνονται από αυτή την πρώτη ύλη), και
- την ανάπτυξη μελετών ΑΚΖ και για άλλα υλικά συσκευασίας και γενικά προϊόντα της ελληνικής αγοράς οι οποίες θα επιτρέψουν τόσο τον προσδιορισμό της πραγματικής περιβαλλοντικής απόδοσης των προϊόντων αυτών όσο και τη διερεύνηση των παραμέτρων που την επηρεάζουν.

Στόχος των παραπάνω προτάσεων είναι αφενός η βελτίωση της αξιοπιστίας και της αποτελεσματικότητας της μεθόδου και αφετέρου η δημιουργία κατάλληλης υποδομής για την ευκολότερη και ορθότερη εφαρμογή της στην Ελλάδα προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή αξιοποίηση της προς όφελος του περιβάλλοντος και όχι μόνο.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

### ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

A.1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ

A.2. ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ : ΕΙΔΗ – ΠΑΡΑΓΩΓΗ – ΧΡΗΣΕΙΣ

A.2.1. Γυαλί

A.2.2. Πλαστικά

A.2.3. Χαρτί – Χαρτόνι

A.2.4. Μέταλλα

A.3. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

A.4. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

A.4.1. Κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών

A.4.2. Δημιουργία αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων

A.4.3. Απόβλητες συσκευασίες

A.5. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

A.6. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

A.6.1. Γενικά

A.6.2. Αναλύσεις κύκλου ζωής προϊόντων συσκευασίας

A.6.3. Συγκριτικές αναλύσεις κύκλου ζωής προϊόντων συσκευασίας

A.6.4. Ανάλυση κύκλου ζωής προϊόντων συσκευασίας και νομοθεσία

## ***A.1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ***

Για τη συσκευασία έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς διάφοροι ορισμοί από τους οποίους οι πιο αντιπροσωπευτικοί είναι οι δύο που ακολουθούν {307}, {353} :

- Συσκευασία είναι η τέχνη, η επιστήμη και η τεχνολογία της προετοιμασίας των αγαθών για την μεταφορά και πώληση τους.
- Συσκευασία είναι το μέσο με το οποίο εξασφαλίζεται η ασφαλής παράδοση ενός προϊόντος στον τελικό καταναλωτή του, με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Από τους παραπάνω δύο ορισμούς ο πρώτος είναι γενικότερος καθώς μπορεί να περιλάβει ένα ευρύ πεδίο. Αντίθετα, ο δεύτερος ορισμός είναι πιο ειδικός κινδυνεύοντας, ωστόσο, να μην είναι πλήρης αφού η συσκευασία, εκτός από την προστασία του προϊόντος, χρησιμοποιείται, όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια, και σε μια σειρά από άλλες λειτουργίες όπως είναι η τυποποίηση, το μάρκετινγκ κλπ {353}.

Η καταγωγή της συσκευασίας εντοπίζεται στους προϊστορικούς χρόνους. Πιθανόν η πρώτη συσκευασία να ήταν τα φύλλα των δέντρων με τα οποία ο άνθρωπος της εποχής εκείνης τύλιγε την τροφή του για να την χρησιμοποιήσει στις μετακινήσεις του ή σε αντίξοες συνθήκες. Τα φύλλα των δέντρων, το δέρμα των ζώων, το καλάθι από λυγαριά, θα ακολουθήσουν το ύφασμα, ο πηλός, το χαρτί, το γυαλί και κατόπιν ο λευκοσίδηρος. Στις αρχές του εικοστού αιώνα κάνει την εμφάνιση του στην αγορά η αναγεννημένη κυτταρίνη (σελοφάν) {413}, {426}.

Από τότε και μέχρι το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο η συσκευασία αποτελούσε φαινόμενο στατικό, χωρίς ιδιαίτερη σημασία, καθώς η αποστολή της περιοριζόταν στη φυσική προστασία του προϊόντος κατά τη διακίνηση και διάθεση του. Επιπλέον, η τυποποίηση της, όπου αυτή εφαρμόζονταν, βασίζονταν σε εμπειρικούς κανόνες και διέφερε από χώρα σε χώρα. Το τέλος αυτής της περιόδου, αν και δεν είναι το ίδιο για όλες τις χώρες, συμπίπτει, για τις περισσότερες βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες, με την έναρξη του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου. Συγκεκριμένα, οι ανάγκες του πολέμου οδηγούν σε γενική αναθεώρηση στην πολιτική του εφοδιασμού σε παγκόσμιο επίπεδο. Έτσι, στη διάρκεια του πολέμου μπαίνουν οι βάσεις για το στρατηγικό σχεδιασμό της τυποποιημένης συσκευασίας ενώ επιχειρείται η αποσύνδεση της από το προϊόν που περιέχει καθώς και η διάκριση της σε δύο κατηγορίες : στη συσκευασία διακίνησης και στην τελική συσκευασία {398}.

Αποτέλεσμα των εξελίξεων αυτών είναι να ανατεθεί σταδιακά στη συσκευασία και το έργο της πληροφόρησης και αξιοποίησης του προϊόντος, ενώ παράλληλα αρχίζουν να θεσμοθετούνται κανόνες τυποποίησης της με ευρύτερη ισχύ σε περισσότερες χώρες. Έτσι, από την περίοδο αυτή και μετά, παρατηρείται ότι :

- η μορφή της συσκευασίας αλλάζει (τυποποιημένη συσκευασία),
- ο σκοπός της αρχίζει να διαφοροποιείται (προστασία προϊόντος – πληροφόρηση του χρήστη),
- η σημασία της αρχίζει σταδιακά να αναβαθμίζεται, και
- η εξέλιξη και ανάπτυξη της είναι ραγδαία.

Η πρόοδος όμως που παρατηρείται στην τυποποιημένη συσκευασία συνδέεται με ένα πλήθος από άλλα φαινόμενα, όπως :

- ✧ η τάση για πιο αντικειμενική αξιολόγηση της ποιότητας των προϊόντων και των υπηρεσιών, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την ευρύτερη τυποποίηση διαδικασιών παραγωγής και διακίνησης (ISO 9000 – 9004),
- ✧ η επιστημονική αντιμετώπιση μιας σειράς προβλημάτων όπως η δυνατότητα εκτίμησης των κινδύνων κατά την μεταφορά και τη διάθεση του προϊόντος, καθώς και η χρήση εργαστηριακών ελέγχων για τη δραστική μείωση τους, και
- ✧ η στροφή προς την εφαρμοσμένη έρευνα, που οδήγησε στην ανακάλυψη και χρήση νέων ειδών υλικών συσκευασίας και νέων μηχανικών μέσων επιτρέποντας τον εκσυγχρονισμό του συστήματος διανομής, όπως η προοδευτική εισαγωγή της μοναδοποίησης (παλέτας) στη διακίνηση των εμπορευμάτων, που βελτίωσαν την ποιότητα του έργου της διακίνησης και διάθεσης,
- ✧ η δημιουργία μεγάλων κέντρων λιανικής πώλησης,
- ✧ η συντόμευση κάλυψης των αποστάσεων σε παγκόσμιο επίπεδο, εξαιτίας της βελτίωσης των χερσαίων, θαλάσσιων και εναέριων μεταφορικών μέσων,
- ✧ ο στόχος των επιχειρήσεων για αύξηση των πωλήσεων τους,
- ✧ η ενοποίηση των αγορών σε παγκόσμιο επίπεδο,
- ✧ ο έντονος ανταγωνισμός των επιχειρήσεων, και
- ✧ η εμπορευματοποίηση ενός ολοένα μεγαλύτερου αριθμού υλικών αγαθών και υπηρεσιών [398].



Στις μέρες μας, η συσκευασία ενός αγαθού διακρίνεται σε *πρωτογενή, δευτερογενή και τριτογενή*. Η πρωτογενής συσκευασία, η οποία είναι το πρώτο και κύριο μέσο προστασίας του αγαθού, έρχεται σε άμεση επαφή με αυτό διαχωρίζοντας το από όλα τα βλαβερά και επικίνδυνα στοιχεία που υπάρχουν στο περιβάλλον. Τα υλικά από τα οποία προέρχεται η πρωτογενής συσκευασία είναι κυρίως τα μέταλλα (συνήθως αλουμίνιο και λευκοσίδηρος), το γυαλί, τα πλαστικά, το χαρτί και το χαρτόνι. Τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται είτε κάθε ένα ξεχωριστά είτε σε διάφορους συνδυασμούς τους (π.χ. γυάλινες φιάλες με μεταλλικό ή πλαστικό πώμα, δοχεία από στρώσεις χαρτιού, πλαστικού και αλουμινίου κλπ). Η δευτερογενής συσκευασία χρησιμοποιείται για αγαθά τα οποία είναι ήδη συσκευασμένα πρωτογενώς επιτρέποντας τόσο την ομαδοποίηση τους όσο και την ευκολότερη διαχείριση τους. Η δευτερογενής συσκευασία ακολουθεί το προϊόν συνήθως μέχρι τον λιανοπωλητή, αν και σε αρκετές περιπτώσεις μπορεί να φτάσει έως και τον τελικό καταναλωτή μαζί με αυτό. Συχνά, εκτός από την δευτερογενή χρειάζεται και τριτογενής συσκευασία προκειμένου να εξασφαλίζεται η αποτελεσματική και ασφαλής μεταφορά των προϊόντων από το σημείο παραγωγής τους έως το επόμενο σημείο στην αλυσίδα διανομής (π.χ. αποθήκη, κέντρο διανομής, λιανοπωλητής, τελικός καταναλωτής). Όταν η τριτογενής συσκευασία είναι σωστά σχεδιασμένη και επιλεγμένη μπορεί να συντελέσει στην μείωση τόσο του κόστους μεταφοράς όσο και της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που οφείλεται στη δραστηριότητα αυτή.

Η συσκευασία, εκτός από πρωτογενής, δευτερογενής και τριτογενής, διακρίνεται ακόμη σε *επαναχρησιμοποιήσιμη, ανακτήσιμη* ή τίποτα από τα δύο. Στην πρώτη περίπτωση η συσκευασία μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί περισσότερες από μία φορές χωρίς ιδιαίτερη κατεργασία εκτός από καθαρισμό και επαναπλήρωση. Στην δεύτερη περίπτωση η συσκευασία ανακυκλώνεται και ορισμένα από τα υλικά από τα οποία είναι φτιαγμένα ανακτώνται. Στη συνέχεια, τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή διαφόρων προϊόντων (όχι κατ' ανάγκη υλικών συσκευασίας) ή σε άλλες χρήσεις. Εάν η συσκευασία δεν είναι ούτε επαναχρησιμοποιήσιμη ούτε ανακτήσιμη τότε, αφού χρησιμοποιηθεί, καταλήγει στα απορρίμματα και οδηγείται μαζί με αυτά στους χώρους διάθεσης που υπάρχουν για το σκοπό αυτό όπως είναι οι χώροι υγειονομικής ταφής, οι μονάδες καύσης (με ή χωρίς ανάκτηση ενέργειας) κλπ [375].

Η μεγάλη διάδοση της συσκευασίας οφείλεται στο γεγονός ότι διευκολύνει τη χρήση των αγαθών, καλύπτοντας μια σειρά από ανάγκες οι σπουδαιότερες από τις οποίες είναι οι παρακάτω [301], [345] :

- ♦ καθιστά δυνατή τη διαχείριση, μεταφορά και χρήση ορισμένων αγαθών όπως είναι τα υγρά (λάδι, γάλα, χυμοί κλπ) και τα προϊόντα σε σκόνη ή σε κόκκους (καφές, ζάχαρι, όσπρια κλπ) τα οποία διαφορετικά θα ήταν εξαιρετικά δύσκολο να καταναλωθούν μακριά από το σημείο παραγωγής τους,

- ♦ επιτρέπει την ασφαλή και άνετη μεταφορά των αγαθών όλων των ειδών από το σημείο παραγωγής τους μέχρι το σημείο κατανάλωσης τους,
- ♦ προστατεύει τα προϊόντα από πάσης φύσεως βλάβες και αλλοιώσεις [423],
- ♦ συντελεί στην αύξηση της ζωής των προϊόντων επιτρέποντας την δημιουργία ελεγχόμενης ατμόσφαιρας εντός της συσκευασίας, κατάλληλα επιλεγμένης ώστε να ευνοείται η καλύτερη διατήρηση των αγαθών [464],
- ♦ παρέχει ευκολία στον τρόπο χρήσεως,
- ♦ επιτρέπει την ευκολότερη αναγνώριση των προϊόντων συντελώντας έτσι στην διαφοροποίηση και τυποποίηση τους, γεγονός το οποίο διευκολύνει τους καταναλωτές κατά την επιλογή τους αλλά και ενισχύει τον ανταγωνισμό αναγκάζοντας τους παραγωγούς να βελτιώνουν συνεχώς τα προϊόντα τους,
- ♦ καθιστά δυνατή την παροχή χρήσιμων πληροφοριών σχετικά με τη φύση, τις ιδιότητες, τη χρήση κλπ των προϊόντων,
- ♦ παρουσιάζει καλή εμφάνιση συντελώντας στην βελτίωση της εικόνας του προϊόντος,
- ♦ παρέχει τη δυνατότητα μείωσης του κόστους τόσο λόγω της βελτίωσης των συνθηκών διαχείρισης, μεταφοράς, εμπορίας και χρήσης των προϊόντων όσο και λόγω της επίτευξης οικονομιών κλίμακας (αφού διευκολύνει την μαζική παραγωγή και διάθεση των αγαθών), και
- ♦ συντελεί, εφόσον είναι σωστά σχεδιασμένη, στην μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης [301], [345].

Παρά το γεγονός ότι, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η συσκευασία επιδρά θετικά σε μια σειρά από παράγοντες σχετικά με τη διαχείριση και χρήση των αγαθών, εντούτοις η εικόνα της σε αρκετές περιπτώσεις στις μέρες μας δεν είναι τόσο καλή. Και αυτό γιατί πολλοί πιστεύουν ότι ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για αρκετά προβλήματα όπως [454] :

- ο κοστίζει και συνεισφέρει στην κατά πολύ αύξηση της τιμής του προϊόντος,
- ο αυξάνει την ποσότητα των απορριμμάτων,
- ο γίνεται αιτία υπερβολικής χρήσης ενέργειας,
- ο επιβαρύνει το περιβάλλον,

- ο δεν είναι εύκολη στη χρήση της,
- ο περιέχει ανεπιθύμητες ουσίες οι οποίες, υπό προϋποθέσεις, μεταφέρονται στο συσκευασμένο αγαθό {411}, {412}.

Όπως διαπιστώνεται από όσα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα, ορισμένα από τα πλεονεκτήματα και τις θετικές επιδράσεις της συσκευασίας στη σύγχρονη κοινωνία (όπως είναι η μείωση του κόστους των αγαθών, η μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης κλπ) περιλαμβάνονται και στις αρνητικές επιπτώσεις για τις οποίες η συσκευασία κατηγορείται από τους επικριτές της ότι έχει. Αν και κάτι τέτοιο φαινομενικά είναι παράδοξο, στην πραγματικότητα είναι αρκετές φορές δικαιολογημένο. Και αυτό γιατί, προκειμένου η συσκευασία να είναι επωφελής, πρέπει να είναι σωστά σχεδιασμένη υπακούοντας σε ορισμένους κανόνες, και να χρησιμοποιείται ορθολογικά. Αν αυτό δεν συμβαίνει, τότε, όχι μόνο δεν επιτυγχάνονται τα πλεονεκτήματα τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω αλλά πολύ συχνά δημιουργούνται μεγαλύτερα προβλήματα. Βέβαια, αυτό δεν σημαίνει ότι οι κατηγορίες κατά της συσκευασίας έχουν πάντα βάση. Αντίθετα, πολύ συχνά είναι τουλάχιστον υπερβολικές και αποτέλεσμα της εύκολης κριτικής η οποία γίνεται χωρίς να έχει προηγηθεί ενδελεχής και αντικειμενική ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης. Λύση στο πρόβλημα αυτό, δηλαδή της ορθής και έγκυρης αποτίμησης των επιπτώσεων της συσκευασίας, τουλάχιστον σε ότι αφορά στο περιβάλλον, επιχειρείται να δοθεί με τη χρήση της ανάλυσης κύκλου ζωής.

Με βάση όσα έχουν αναφερθεί σχετικά παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η συσκευασία είναι μία πολυσήμαντη έννοια η οποία στις μέρες μας μπορεί να σημαίνει κατά περίπτωση {398} :

- ☞ **Επιχειρηματική Δραστηριότητα** : Ένας εξαιρετικά μεγάλος αριθμός εργαστηρίων, βιοτεχνιών, βιομηχανιών, εμπορικών καταστημάτων κλπ σε όλο τον κόσμο παράγουν, επεξεργάζονται και εμπορεύονται υλικά συσκευασίας και βοηθητικές ύλες αυτών.
- ☞ **Τεχνολογία** : Ως τεχνολογία στον τομέα της συσκευασίας εννοούνται οι γνώσεις για την μετατροπή των πρώτων υλών σε υλικά και είδη συσκευασίας καθώς και για τις διαδικασίες ή τις μεθόδους που ακολουθούνται και εφαρμόζονται σχετικά.
- ☞ **Επιστήμη** : Τα τελευταία χρόνια αυξάνονται οι πανεπιστημιακές σχολές συσκευασίας που ιδρύονται και λειτουργούν στην Ευρώπη, την Αμερική και την Ιαπωνία και οι οποίες έχουν ως στόχο την επεξεργασία και θεωρητική συστηματοποίηση των σχετικών γνώσεων.
- ☞ **Τέχνη** : Όλο και πιο συχνά, στις μέρες μας, ο σχεδιασμός ενός νέου προϊόντος ξεκινάει από τη συσκευασία του η οποία πρέπει να είναι ικανή, δίνοντας την ταυτότητα του προϊόντος που περιέχει, να

επικοινωνεί άμεσα με τον καταναλωτή και να τον εκφράζει υπακούοντας, παράλληλα, στα διάφορα οικολογικά και άλλα προστάγματα [377].

- ☞ **Επικοινωνία** : Σήμερα η συσκευασία έχει ως έργο να πληροφορεί και να μην παραπλανά τον καταναλωτή.
- ☞ **Εμπορική Πολιτική** : Η συσκευασία είναι εργαλείο το οποίο μπορεί να συντελέσει στην χάραξη της στρατηγικής ανάπτυξης των επιχειρήσεων βοηθώντας, για παράδειγμα, στην αύξηση της εμβέλειας διάδοσης των προϊόντων, στη διεθνοποίηση τους κλπ. Επίσης συνδέεται άμεσα και με άλλες πολιτικές όπως αυτή της τυποποίησης, της προστασίας του περιβάλλοντος κλπ.
- ☞ **Προστασία του Περιβάλλοντος** : Συσκευασία φιλική προς το περιβάλλον αποτελεί σήμερα καθολικό αίτημα των λαών των βιομηχανικά ανεπτυγμένων χωρών [485].
- ☞ **Σιωπηλός Πωλητής** : Οι ραγδαίες εξελίξεις στο χώρο του διεθνούς εμπορίου όπου τα οργανωμένα δίκτυα διανομής και οι αλυσίδες των σούπερ μάρκετ και γενικά των υπεραγορών έχουν κυριαρχήσει, η σημασία της συσκευασίας έχει αναβαθμιστεί και έχει εξελιχθεί σε σιωπηλό πωλητή του προϊόντος, αποτελώντας μία σημαντική παράμετρο του μάρκετινγκ [360].
- ☞ **Παράδοση** : Η συσκευασία για ορισμένα παραδοσιακά προϊόντα αποτελεί μέρος της παράδοσης τους, δηλαδή πολιτιστική αξία που μεταδίδεται από γενεά σε γενεά [398]

Συμπερασματικά, διαπιστώνεται ότι ο ρόλος της συσκευασίας στη σύγχρονη κοινωνία είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Η συσκευασία έχει έκδηλη παρουσία σε όλες τις πτυχές της καθημερινής ζωής σε σημείο που την ευκολία και την προστασία που παρέχει να είναι δύσκολο να την απαρνηθεί κανείς. Προκειμένου, όμως, τα θετικά στοιχεία της συσκευασίας να μην δημιουργούν αρνητικές παρενέργειες, κυρίως στο περιβάλλον, πρέπει να υπάρχει σωστός σχεδιασμός και ορθολογική χρήση και εφαρμογή της, αναγκαία προϋπόθεση των οποίων είναι η ακριβής γνώση και η αντικειμενική αξιολόγηση της πραγματικής κατάστασης. Την ανάγκη αυτή καλύπτει η ανάλυση κύκλου ζωής.

## **A.2. ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ : ΕΙΔΗ - ΠΑΡΑΓΩΓΗ - ΧΡΗΣΕΙΣ**

Τα βασικά υλικά συσκευασίας είναι το γυαλί, τα πλαστικά, το χαρτί - χαρτόνι και τα μέταλλα (κυρίως λευκοσίδηρος και αλουμίνιο) μεταξύ των οποίων υπάρχει ένας έντονος ανταγωνισμός. Στον επόμενο πίνακα Α.2.1 δίνονται οι συνήθεις εφαρμογές του κάθε υλικού συσκευασίας.

**Πίνακας Α.2.1 : Διάφορα υλικά συσκευασίας και οι αντίστοιχες εφαρμογές τους**

<b>Εφαρμογή</b>	<b>Γυαλί</b>	<b>Μέταλλο</b>	<b>Πλαστικό</b>	<b>Χαρτί</b>	<b>Χαρτόνι</b>
Περιτυλίγματα		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Σάκκοι - Σακκούλες			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Σωληνάρια		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Αμπούλες	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
Φιάλες - Βάζα	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
Κουτιά - Κάνιστρα		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Πτυσσόμενα Κουτιά			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Κιβώτια - Βαρέλια		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Σκαφίδια - Κύπελλα		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Πώματα	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Παλλέτες		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Πηγή {426}

Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι για τους σάκκους και τις σακκούλες χρησιμοποιείται, εκτός από πλαστικό και χαρτί, και ύφασμα ενώ τα κιβώτια και τα βαρέλια καθώς και οι παλλέτες, εκτός από πλαστικό, μέταλλο και χαρτόνι, κατασκευάζονται και από ξύλο.

Όπως φαίνεται και από τον προηγούμενο πίνακα, όλα σχεδόν τα συστήματα συσκευασίας μπορούν να κατασκευασθούν από κάποιο τύπο πλαστικού. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα η κατανάλωση των πλαστικών να προβλέπεται ότι θα παρουσιάσει την μεγαλύτερη αύξηση τα επόμενα χρόνια και συγκεκριμένα να εκτιμάται ότι θα κυμαίνεται μεταξύ 5 και 6 % ανά έτος περίπου. Ακολουθεί το χαρτί με προβλεπόμενη μέση ετήσια αύξηση 3 – 4 %, το γυαλί με 2 % και τα μέταλλα με 1 % περίπου. Η μέση ετήσια αύξηση του συνόλου των υλικών συσκευασίας υπολογίζεται ότι θα είναι της τάξης του 3 – 4 %. Ο ρυθμός αυτός αναμένεται (εφόσον υπάρξουν οι προϋποθέσεις) ταχύτερος στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες όπου εκεί, συνήθως, τα περιθώρια ανάπτυξης είναι μεγαλύτερα [426].

## A.2.1. Γυαλί

Χημικώς, ως γυαλί ορίζεται η ένωση μη πτητικών ανόργανων οξειδίων που προέρχονται από την αποσύνθεση και σύντηξη αλκαλίων και αλκαλικών γαιών με άμμο και άλλα συστατικά του γυαλιού, και που καταλήγει σε προϊόν με τυχαία ατομική δομή. Φυσικώς, το γυαλί είναι ένα άκαμπτο υλικό το οποίο προέρχεται από ψύξη υγρού που δεν έχει καθορισμένο σημείο τήξεως και που διαθέτει υψηλό ιξώδες για να προλαμβάνει την κρυστάλλωση [354], [532].

Το γυαλί είναι ιδιαίτερα ελκυστικό ως υλικό συσκευασίας εξαιτίας των ιδιοτήτων του. Συγκεκριμένα, διαθέτει διαφάνεια, υψηλή αντοχή στα χημικά, έχει ικανότητα να διατηρεί το κενό και γενικά είναι απόλυτα στεγανό στα αέρια όπως το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα, δεν επιδρά στα προϊόντα που έρχονται σε επαφή μαζί του, δεν αλλοιώνεται με την πάροδο του χρόνου ενώ, επιπλέον, είναι διαπερατό στις εκπομπές μικροκυμάτων [340], [367].

Το γυαλί μπορεί να παραχθεί σε 800 περίπου διαφορετικές συνθέσεις επιτυγχάνοντας συγκεκριμένες ιδιότητες κάθε φορά. Οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται είναι η χαλαζιακή ή καθαρή άμμος σε μεγάλες ποσότητες μαζί με ανθρακική σόδα και ασβεστόλιθο ή ασβέστη. Επίσης, αναλόγως του τύπου του γυαλιού που παράγεται, καταναλώνεται οξειδίο του μολύβδου, ανθρακικό κάλιο (ποτάσσα), νιτρικό κάλιο, βόρακας, βορικό οξύ, άστριοι και φθορίτης μαζί με μεγάλη ποικιλία μεταλλικών οξειδίων, ανθρακικών αλάτων καθώς και άλλων αλάτων που απαιτούνται για τα χρωματιστά γυαλιά [105], [532]. Στον πίνακα A.2.1.1 δίνονται αναλυτικά οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ορισμένων γυαλινών αντικειμένων ενώ στον πίνακα A.2.1.2 δίνονται οι συνηθέστερες ενώσεις που πρέπει να προστεθούν ώστε να δοθεί η επιθυμητή απόχρωση στο γυαλί.

Πίνακας Α.2.1.1 : Πρώτες ύλες για την παρασκευή ορισμένων γυάλινων αντικειμένων

Πρώτες Ύλες (%)	Συνήθης Γαλος Σόδας (γυάλινα είδη συσκευασίας, φιάλες κλπ)	Γαλοπίνακες Ασβεστίου	Βοριοπυριτική Γαλος (μαγειρικά και χημικά σκεύη)	Κρυστάλλινα Είδη
Άμμος	60,0	60,0	72,0	56,6
Ασβεστόλιθος	14,5	1,4	-	-
Δολομίτης	-	14,2	-	-
Ανθρακική Σόδα	19,5	20,1	-	-
Ανθρακικό Κάλιο	-	-	-	8,0
Μίνιο (ένωση μολύβδου)	-	-	-	36,4
Συνενίτης	6,0	-	6,9	-
Άστριοι	-	4,3	-	-
Βόρακας Άνυδρος	-	-	12,6	-
Βορικό Οξύ	-	-	8,5	-

Πηγή {258}, {420}

Πίνακας Α.2.1.2 : Πρόσθετες ενώσεις για τη δημιουργία των διαφόρων χρωμάτων του γυαλιού

Πρόσθετη Ένωση	Χρώμα Γυαλιού
Οξείδιο Χρωμίου	Πράσινο
Οξείδιο Κοβαλτίου	Κυανό
Οξείδιο Νικελίου	Τεφρό
Οξείδιο Σιδήρου	Καστανό
Διοξείδιο Μαγγανίου	Πορφυρό
Σελήνιο	Ροζ

Πηγή {258}

Οι διαδικασίες παραγωγής του γυαλιού χωρίζονται στις εξής τέσσερις κύριες φάσεις {466}, {532} :

**(1) Τήξη :** Προκειμένου να παραχθούν τα διάφορα αντικείμενα από γυαλί (υαλοπίνακες, σκεύη, είδη συσκευασίας κλπ) οι πρώτες ύλες (άμμος, ανθρακική σόδα, θειικό νάτριο υαλουργίας, κονιοποιημένος άνθρακας, ασβέστης, κομμάτια γυαλιού και λοιπές βοηθητικές ύλες) αφού παραληφθούν, ζυγιστούν και ομογενοποιηθούν σε ειδικούς αναμικτήρες, μεταφέρονται στις εστίες τήξεως. Εκεί, το μίγμα, σχετικά γρήγορα, θερμαίνεται στους 600 – 700 °C οπότε αρχίζει αντίδραση των οξειδίων των αλκαλίων με την άμμο. Στη συνέχεια και αφού απελευθερωθούν σημαντικά ποσά αερίων τα οποία οφείλονται στο διοξείδιο του άνθρακα που δημιουργείται από τη διάσπαση της ανθρακικής σόδας, η θερμοκρασία ανέρχεται στους 1500 °C. Ακολουθώντας, απελευθερώνονται και τα υπόλοιπα αέρια και το τήγμα εξέρχεται από την εστία απαλλαγμένο από αυτά.

**(2) Μορφοποίηση :** Η μορφοποίηση του γυαλιού σήμερα γίνεται, σχεδόν αποκλειστικά, με μηχανικούς τρόπους. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί ειδικές μηχανές οι οποίες επιτυγχάνουν την μορφοποίηση του γυαλιού μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα, εντός των οποίων το γυαλί, από ιξώδες υγρό, μετατρέπεται σε διάφανο στερεό. Οι μέθοδοι μορφοποίησης που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μηχανοποιημένων αντικειμένων γυαλιού εξαρτώνται από το είδος του αντικειμένου που πρόκειται να παραχθεί κάθε φορά. Έτσι, για την παραγωγή υαλοπινάκων χρησιμοποιείται η λεγόμενη μέθοδος Fourcault, για την παραγωγή πλακών γυαλιού (κρυστάλλων) χρησιμοποιείται η μέθοδος που αναπτύχθηκε από του αδελφούς Pilkington στην Αγγλία και βελτιώθηκε από τις βιομηχανίες PPG των Η.Π.Α. κλπ. Η μέθοδος παραγωγής υλικών συσκευασίας βασίζεται στην, γνωστή από τα αρχαία χρόνια, εμφύσηση του γυαλιού. Η μηχανή που παράγει γυάλινες φιάλες χρησιμοποιεί πεπιεσμένο αέρα για να αναγκάσει το γυαλί να κατευθυνθεί προς τα τοιχώματα του καλουπιού, δημιουργώντας έτσι την κοιλότητα. Μερικοί εξελιγμένοι τύποι αυτόματων μηχανών γυάλινων φιαλών παράγουν "φύσιγγες", δηλαδή μερικώς μορφοποιημένες ή ασχημάτιστες φιάλες, οι οποίες στη συνέχεια, αφού προθερμανθούν, εμφυσώνται με αέρα για την τελική μορφοποίηση.

**(3) Ανόπτηση :** Η φάση αυτή της παραγωγικής διαδικασίας είναι απαραίτητη προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα παραμορφώσεων. Η ανόπτηση περιλαμβάνει δύο στάδια : (α) τη διατήρηση της μάζας του γυαλιού πάνω από ορισμένη κρίσιμη θερμοκρασία για χρονικό διάστημα ικανό ώστε να μειωθεί η εσωτερική τάση (που οφείλεται στην πλαστική ροή) κάτω από μία προκαθορισμένη μέγιστη τιμή, και (β) τη ψύξη της μάζας σε θερμοκρασία δωματίου αρκετά αργά, ώστε να κρατείται η παραμόρφωση κάτω από τη μέγιστη αυτή τιμή. Ο κλίβανος ανοπτήσεως είναι ένας ειδικά σχεδιασμένος θάλαμος ο οποίος επιτρέπει τον έλεγχο του ρυθμού της ψύξης ώστε να καλύπτονται οι συγκεκριμένες, κάθε φορά, απαιτήσεις.

**(4) Τελειοποίηση (φινίρισμα) :** Η φάση αυτή, αν και απλή, είναι απαραίτητη για όλους τους τύπους γυαλιού που πέρασαν από το στάδιο



της ανόπτησης. Οι συνηθέστερες λειτουργίες που περιλαμβάνονται στην τελειοποίηση, και οι οποίες κατά περίπτωση εφαρμόζονται, είναι το καθάρισμα, η λείανση, η στίλβωση, η κοπή, η διαβάθμιση κλπ [466], [532].

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι διαφορετικές συνθέσεις γυαλιού που μπορούν να παραχθούν είναι περίπου 800. Ωστόσο, οι συνηθέστεροι τύποι γυαλιών που συναντώνται στην πράξη ανήκουν σε μία από τις παρακάτω κατηγορίες :

- ✧ *Γυαλί οξειδίου του νατρίου και οξειδίου του ασβεστίου* : αποτελεί το 95 % όλων των γυαλιών που παράγονται. Χρησιμοποιείται για φιάλες όλων των ειδών, για τζάμια παραθύρων, για παράθυρα αυτοκινήτων, για οικιακά σκεύη κλπ. Η τυπική σύνθεση αυτής της κατηγορίας γυαλιού είναι 70 – 74 % οξείδιο του πυριτίου, 8 – 13 % οξείδιο του ασβεστίου και 13 – 18 % οξείδιο του νατρίου. Προϊόντα αυτών των σχέσεων λιώνουν σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες.
- ✧ *Γυαλί οξειδίου του πυριτίου* : παράγεται από πυρόλυση σε υψηλή θερμοκρασία του τετραχλωριούχου πυριτίου ή με τήξη της χαλαζιακής ή καθαρής άμμου.
- ✧ *Γυαλί πυριτικών αλκαλίων* : είναι το μόνο γυαλί εμπορίου δύο συστατικών. Καθαρή άμμος και ανθρακική σόδα λιώνουν μαζί και δημιουργούνται προϊόντα συνθέσεως που περιέχουν οξείδια του νατρίου και του πυριτίου σε διάφορες αναλογίες.
- ✧ *Γυαλί μολύβδου* : με υποκατάσταση στο τήγμα του γυαλιού του οξειδίου του ασβεστίου από οξείδιο του μολύβδου λαμβάνεται γυαλί αυτού του τύπου το οποίο είναι πολύ σπυδαίο στην παραγωγή διαφόρων οπτικών προϊόντων λόγω του υψηλού δείκτη διαθλάσεως που το χαρακτηρίζει. Μεγάλες ποσότητες τέτοιου γυαλιού χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικών λαμπτήρων, σωλήνων φωτεινών επιγραφών, ηλεκτρονικών συσκευών, ενώ προστατεύει και από την πυρηνική ακτινοβολία.
- ✧ *Γυαλί βορίου* : το γυαλί αυτό, το οποίο περιέχει συνήθως 10 – 20 % οξείδιο του βορίου, έχει χαμηλό συντελεστή διαστολής, μεγάλη ανθεκτικότητα στα κτυπήματα, πολύ καλή χημική σταθερότητα και υψηλή ηλεκτρική αντίσταση. Από το γυαλί αυτού του είδους κατασκευάζονται σκεύη εργαστηρίων καθώς και ειδικά μαγειρικά σκεύη, μονωτές υψηλής τάσεως, φακοί τηλεσκοπίων κλπ.
- ✧ *Ειδικά γυαλιά* : πρόκειται για γυαλιά σε διάφορα χρώματα, επικαλυμμένα ή αδιαφανή, γυαλιά ασφαλείας, φωτοχρωμικά, κεραμικά και γενικά γυαλιά ειδικής συνθέσεως προκειμένου να διαθέτουν συγκεκριμένες ιδιότητες.
- ✧ *Ίνες γυαλιού* : παράγονται από ειδικές συνθέσεις γυαλιού που είναι ανθεκτικές στις αλλαγές του καιρού. Το γυαλί αυτό έχει χαμηλό ποσοστό πυριτίου (της τάξης του 55 %) και χαμηλό ποσοστό οξειδίου

του νατρίου, ενώ συνυπάρχουν οξείδια του βορίου, του αργιλίου, του ασβεστίου και του μαγνησίου [532]

Στη σημερινή κοινωνία το γυαλί έχει πάρα πολλές εφαρμογές και χρήσεις οι σπουδαιότερες από τις οποίες είναι στην παραγωγή των παρακάτω προϊόντων :

- υλικά συσκευασίας (φιάλες, αμπούλες, βάζα κλπ),
- αυτοκίνητα και λοιπά μεταφορικά μέσα,
- οικοδομές (παράθυρα, υαλότουβλα κλπ),
- συσκευές χημικών εργαστηρίων και βιομηχανιών,
- λαμπτήρες πυρακτώσεως και λαμπτήρες φθορισμού,
- σωληνώσεις φωτεινών επιγραφών,
- οθόνες τηλεοράσεων, ηλεκτρονικών υπολογιστών κλπ,
- ίνες γυαλιού, υαλοϋφάσματα,
- οικιακά και μαγειρικά σκεύη,
- οπτικές συσκευές, φακοί, καθρέφτες,
- μονωτικά ηλεκτρισμού,
- οπτικές ίνες,
- γυάλινα σφαιρίδια και φυλλίδια για ειδικές κατασκευές κλπ [532].

Από τη συνολική παραγωγή γυαλιού, το μεγαλύτερο ποσοστό κατέχουν τα υλικά συσκευασίας και ακολουθούν οι υαλοπίνακες, τα οικιακά και λοιπά σκεύη και οι ίνες γυαλιού [480], [481]. Ειδικά για την Ευρωπαϊκή Ένωση, η συνολική παραγωγή το 1990 ανήλθε σε 24,5 εκατ. τόννους προϊόντων γυαλιού (η αντίστοιχη παραγωγή για την Ελλάδα ήταν 100 χιλ. τόννοι το 1992 [532]), η οποία κατανέμεται ως εξής [483] :

- Υλικά συσκευασίας : 14 290 000 τόννοι,
- Υαλοπίνακες κάθε χρήσεως : 5 648 000 τόννοι,
- Οικιακά και λοιπά σκεύη : 977 000 τόννοι,
- Μονωτικές ίνες γυαλιού : 460 000 τόννοι,
- Ενισχυτικές ίνες γυαλιού : 370 000 τόννοι, και

➤ Διάφορα (ειδικά προϊόντα κλπ) : 751 000 τόννοι.

Πρέπει να σημειωθεί, πάντως, πως τόσο η τάση για επαναχρησιμοποίηση των γυάλινων φιαλών όσο και η υποκατάσταση τους από πλαστικές (για παράδειγμα από φιάλες τύπου PET) και από κουτιά αλουμινίου, μειώνουν συνεχώς τη χρήση των φιαλών αυτών.

## A.2.2. Πλαστικά

Γενικά, με τον όρο πλαστικά χαρακτηρίζονται υλικά τα οποία περιέχουν ως κύριο συστατικό τους κάποια πολυμερισμένη οργανική ουσία μεγάλου μοριακού βάρους και τα οποία, ενώ σε κάποιο στάδιο της παραγωγής ή επεξεργασίας τους επιδέχονται μορφοποίηση, στην τελική τους κατάσταση είναι στερεά [258], [370].

Τα κοινά ονόματα των πλαστικών είναι συχνά και εμπορικές ονομασίες ή αναφέρονται με συντμήσεις. Στον πίνακα A.2.2.1 δίνονται οι διεθνείς συντμήσεις μερικών από τα πιο γνωστά είδη πλαστικού. Σε ότι αφορά στις ιδιότητες των πλαστικών, πρέπει να σημειωθεί ότι πρόκειται για υλικά τα οποία δεν αλληλοεναλλάσσονται εύκολα στις διάφορες εφαρμογές τους αφού το καθένα έχει τις δικές του συγκεκριμένες ιδιότητες που το κάνουν χρήσιμο για ορισμένες εφαρμογές. Άλλωστε, υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι ιδιότητες των πλαστικών τροποποιούνται για να καλύψουν συγκεκριμένες ανάγκες όπως, για παράδειγμα, όταν ενισχύονται με διάφορα υλικά (συνήθως με ίνες γυαλιού, άνθρακα κλπ) δίνοντας ενισχυμένα πλαστικά [436], [532]. Οι κυριώτεροι λόγοι, πάντως, που κάνουν τα πλαστικά να χρησιμοποιούνται ως υλικά συσκευασίας είναι διότι χαρακτηρίζονται από υψηλή αντοχή στις καταπονήσεις, μορφοποιούνται εύκολα, μπορούν να λάβουν μεγάλη ποικιλία χρωμάτων ενώ δεν επηρεάζονται από την οξείδωση και τη διάβρωση. Επίσης, είναι πολύ ελαφρύτερα από άλλα υλικά συσκευασίας, όπως το γυαλί, γεγονός το οποίο συνεπάγεται πολλά πλεονεκτήματα τόσο κατά τη μεταφορά και διανομή τους όσο και κατά τη χρήση του προϊόντος, ενώ είναι και ανακυκλώσιμα [310], [327].

Οι βασικές πρώτες ύλες από τις οποίες παράγονται τα πλαστικά είναι το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο (πετροχημικά), οι γαιάνθρακες, το ξύλο, το βαμβάκι, ο αέρας το νερό και το αλάτι. Άλλες βοηθητικές ύλες που χρησιμοποιούνται είναι διάφορα φυσικά προϊόντα (π.χ. κυτταρίνη), πλαστικοποιητές καθώς και γεμιστικά και ενισχυτικά υλικά. Οι πλαστικοποιητές είναι οργανικές ενώσεις οι οποίες προστιθέμενες στα πλαστικά προσδίδουν ιδιότητες που δεν υπάρχουν στην αρχική ρυτίνη ενώ παράλληλα μειώνουν το ιξώδες βελτιώνοντας, έτσι, τις συνθήκες

μορφοποίησης. Τα γεμιστικά και ενισχυτικά είναι υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται προκειμένου να αυξήσουν την αντοχή των πλαστικών, να βελτιώσουν τη θερμική τους αγωγιμότητα, να επιτύχουν μεγαλύτερη αντίσταση στην παραμόρφωση με θερμότητα και γενικά να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά τους [532], [548].

**Πίνακας Α.2.2.1 : Διεθνείς συντμήσεις ορισμένων πλαστικών**

Όνομασία Πλαστικού	Σύντμηση
Οξείκη Κυτταρίνη	CA
Ρητίνη Μελαμίνης – Φορμαλδεΰδης	MF
Πολυακριλονιτρίλιο	PAN
Πολυαιθυλένιο	PE
Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο	PET
Ρητίνη Φαινόλης – Φορμαλδεΰδης	PF
Πολυισοβουτυλένιο	PIB
Πολυμεθακρυλικό Μεθύλιο	PMMA
Πολυπροπυλένιο	PP
Πολυστυρένιο	PS
Πολυτετραφθοροαιθυλένιο	PTFE
Οξείκό Πολυβινύλιο	PVA <sub>C</sub>
Πολυβινυλική Αλκοόλη	PVA <sub>I</sub>
Πολυβινυλοχλωρίδιο	PVC
Πολυβινυλιδενοχλωρίδιο	PVDC
Πολυβινυλοπυρρολιδόνη	PVP
Ρητίνη Ουρίας – Φορμαλδεΰδης	UF

Πηγή [532]

Η παραγωγή διαφόρων προϊόντων, όπως υλικών συσκευασίας κλπ, από πλαστικό γίνεται σε τρία στάδια [258] :

- (1) παραγωγή των μονομερών,
- (2) πολυμερισμός των μονομερών προς πολυμερή, και
- (3) μορφοποίηση του πολυμερούς στα τελικά προϊόντα.

Σε ορισμένες περιπτώσεις τα παραπάνω τρία στάδια συγχωνεύονται σε δύο με ενοποίηση των δύο πρώτων.

**(1) Παραγωγή Μονομερών :** Η παραγωγή των μονομερών γίνεται, συνήθως, από τις βιομηχανίες πετροχημικών αφού σαν κύρια πρώτη ύλη των πιο σημαντικών από τα πλαστικά είναι το πετρέλαιο (νάφθα, αερίλαια) και το φυσικό αέριο (μεθάνιο, αιθάνιο, προπάνιο). Τα κυριότερα πετροχημικά της πρώτης γενιάς είναι το αιθυλένιο, το προπυλένιο, το βουταδιένιο, τα βουτυλένια, το βενζόλιο, το τολουόλιο και τα ξυλόλια. Οι

διεργασίες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή των πετροχημικών είναι η πυρόλυση με την οποία παράγονται ολεφίνες, διολεφίνες και αρωματικές ενώσεις, η αλκυλίωση και απαλκυλίωση η οποία πραγματοποιείται με την προσθήκη ή την αφαίρεση, αντίστοιχα, αλκυλίου, η αφυδάτωση, η εστεροποίηση η οποία είναι αντίδραση αλκοολών με ανόργανα ή οργανικά οξέα, η αλογόνωση και υδραλογόνωση, η προσθήκη νερού και υδρόλυση, η υδρογόνωση και αφυδρογόνωση, η νίτρωση η οποία επιτυγχάνεται επιδρώντας με οξειδωτικό νιτρικό οξύ σε ορισμένους αδρανείς κορεσμένους υδρογονάνθρακες καθιστώντας τους έτσι ενεργούς, η αμίνωση δηλαδή η αντίδραση με αμμωνία, η οξείδωση, η υδροφορμυλίωση με την οποία οι α-ολεφίνες μετατρέπονται σε αλδεύδες ή αλκοόλες με την προσθήκη ενός ατόμου άνθρακα καθώς και διάφορες άλλες διεργασίες. Άλλα μονομερή και χημικά ενδιάμεσα από τα οποία προέρχονται τα διάφορα πολυμερή είναι η φαινόλη η οποία παράγεται κυρίως από την υπεροξείδωση του κυμολίου με συμπαραγωγή ακετόνης, η φορμαλδεύδη η οποία παράγεται από την μεθανόλη κατά την εξώθερμη οξείδωση της ή κατά την ενδοθερμική αφυδρογόνωση της, το μονομερές χλωριούχο βινύλιο (VCM) το οποίο συνήθως παράγεται από οξυχλωρίωση και αφυδροχλωρίωση του αιθυλενίου, το οξεικό βινύλιο (VAM) το οποίο παράγεται από ακετυλένιο και οξεικό οξύ ή από αιθυλένιο, οξεικό οξύ και οξυγόνο, ο φθαλικός ανυδρίτης του οποίου η παραγωγή στηρίζεται στην ελεγχόμενη οξείδωση του ο-ξυλολίου ή της ναφθαλίνης και το ακρυλικό και μεθακρυλικό μεθύλιο τα οποία προέρχονται από αιθυλένιο, μονοοξείδιο του άνθρακα και μεθυλική αλκοόλη [532].

**(2) Πολυμερισμός :** Το επόμενο στάδιο στην παραγωγή των πλαστικών είναι ο, υπο ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας, πίεσης και παρουσίας καταλυτών και διαλυτικών μέσων, πολυμερισμός των μονομερών ώστε να σχηματισθεί το πολυμερές με τις επιθυμητές ιδιότητες. Οι μέθοδοι πολυμερισμού είναι συνήθως τέσσερις :

- (α) Πολυμερισμός με αυτούσια τη μάζα του μονομερούς : σύμφωνα με την μέθοδο αυτή τα μονομερή και οι καταλύτες αναμιγνύονται σε αντιδραστήρα και θερμαίνονται ή ψύχονται ανάλογα. Το πολυμερές που προκύπτει μπορεί είτε να είναι διαλυτό στο υγρό οπότε αυξάνεται το ιξώδες του διαλύματος είτε να μην είναι διαλυτό οπότε καταβυθίζεται όταν αρχίσει να δημιουργείται έστω και μία μικρή ποσότητα από αυτό.
- (β) Πολυμερισμός σε διάλυμα : το μονομερές και ο καταλύτης διαλύονται σε διαλύτη που δεν αντιδρά μαζί τους και που εξυπηρετεί για να επιβραδύνει την αντίδραση μετριάζοντας, έτσι, την εκλυόμενη θερμοκρασία (η οποία, πάντως, μπορεί να ρυθμιστεί με επαναρροή του διαλύτη). Με τη μέθοδο αυτή παράγονται πολυμερή χαμηλού μοριακού βάρους.

- (γ) Πολυμερισμός σε αιώρημα : στην περίπτωση αυτή το μονομερές αιωρείται σε νερό με ανάδευση που προλαβαίνει τη συσσωμάτωση του πολυμερούς με την προσθήκη σταθεροποιητών. Το μονομερές καθώς πολυμερίζεται δίνει σφαιρίδια πολυμερούς υψηλού μοριακού βάρους. Καμιά φορά, λόγω της μερικής διαλυτότητας του μονομερούς στο νερό, συμβαίνει δευτερεύων πολυμερισμός στην υδατική φάση ο οποίος δίνει χαμηλού μοριακού βάρους πολυμερές.
- (δ) Πολυμερισμός σε γαλάκτωμα : είναι όμοιος με την προηγούμενη περίπτωση με τη διαφορά ότι το μονομερές μετατρέπεται σε σταγονίδια που σχηματίζουν συσσωματώματα τα λεγόμενα "μγκύλλα". Το μονομερές βρίσκεται στο εσωτερικό των μγκύλλων (τα οποία σταθεροποιούνται με τη βοήθεια γαλακτωματοποιητή) και αρχίζει να πολυμερίζεται όταν ο καταλύτης, ο οποίος αρχικά βρίσκεται στην υδατική φάση, αρχίσει να διαχέεται μέσα σε αυτά. Ο πολυμερισμός αυτός είναι ταχύς και μπορεί να εκτελείται σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες. Με τη μέθοδο αυτή παράγονται πλαστικά πολύ υψηλού μοριακού βάρους.

Τα πλαστικά διακρίνονται σε αυτά που προέρχονται από πολυμερισμό συμπυκνώσεως και σε εκείνα που προέρχονται από πολυμερισμό προσθήκης, ανάλογα με την αντίδραση πολυμερισμού από την οποία προέκυψαν. Οι δύο αυτές αντιδράσεις πολυμερισμού είναι θεμελιακά διαφορετικές. Ο πολυμερισμός προσθήκης δίνει πολυμερή που έχουν μία επαναλαμβανόμενη δομική μονάδα ανάλογη με εκείνη των μονομερών από τα οποία προέρχονται ενώ ο πολυμερισμός συμπυκνώσεως δίνει πολυμερή των οποίων οι επαναλαμβανόμενες μονάδες χάνουν ορισμένα άτομα που υπήρχαν στο αρχικό μονομερές. Η αντίδραση γίνεται με συνδυασμό δύο ή περισσότερων μονάδων και με αποβολή κάποιου μικρού μορίου όπως το νερό, το υδροχλώριο κλπ. Στην περίπτωση αυτή, οι μακρές αλυσίδες του πολυμερούς μπορούν να αντιδρούν η μία με την άλλη για να σχηματίσουν ένα υλικό διακλαδισμένης αλυσίδας το οποίο συνήθως είναι σκληρότερο και ανθεκτικότερο από τα πολυμερή ευθείας αλυσίδας. Με τη μέθοδο συμπυκνώσεως παράγονται οι φαινολικές, οι αμινικές, οι πολυεστερικές, οι αλκυδικές, οι εποξειδικές και οι πολυανθρακικές ρητίνες, τα πολυιμίδια κλπ ενώ με τη μέθοδο της προσθήκης παράγονται οι πολυολεφίνες όπως είναι το πολυαιθυλένιο υψηλής και χαμηλής πυκνότητας (HDPE και LDPE αντίστοιχα) και το πολυπροπυλένιο, οι βινυλικές ρυτίνες όπως είναι το χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) και το οξεικό πολυβινύλιο (PVA<sub>c</sub>), οι ρητίνες στυρενίου όπως είναι το πολυστυρένιο διαφόρων τύπων (γενικής χρήσης GPPS, υψηλής αντοχής HIPS και διογκώσιμο EPS), καθώς και οι ακρυλικές ρητίνες [532].

Εκτός από τους δύο παραπάνω τρόπους πολυμερισμού, υπάρχουν οι περιπτώσεις σύγχρονου πολυμερισμού δύο ή περισσότερων τύπων μονομερών οι οποίες μπορούν να δώσουν τελικά προϊόντα με ελεγχόμενες ιδιότητες. Ανάλογα με τις συνθήκες, μπορούν να σχηματίζονται οι τρεις τύποι συμπολυμερών που ακολουθούν :

- ο τυχαία συμπολυμερή,
- ο εναλλασσόμενα συμπολυμερή, και
- ο συμπολυμερή κατά ομάδες.

**(3) Μορφοποίηση :** Η μορφοποίηση των πλαστικών επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους ανάλογα με το είδος τόσο του πολυμερούς όσο και του τελικού προϊόντος. Οι κυριότερες είναι οι παρακάτω :

**(α) Μορφοποίηση με έγχυση :** η μέθοδος αυτή είναι η παλαιότερη και από τις πιο διαδεδομένες για θερμοπλαστικά πολυμερή. Το πολυμερές υπό μορφή σφαιριδίων εισέρχεται μέσω του τροφοδοτικού συστήματος της μηχανής στον κύλινδρο συμπίεσης και προωθείται προς τα εμπρός. Η περιστροφή ενός προωστικού κοχλίου αναγκάζει τα σφαιρίδια να συμπιεστούν ισχυρά πάνω στα θερμαινόμενα τοιχώματα του κυλίνδρου και να μαλακώσουν. Όταν σχηματισθεί ικανή ποσότητα ρευστού πλαστικού, ολόκληρος ο κοχλίας προωθείται με υδραυλική μέθοδο προς τα εμπρός και το ρευστό πλαστικό που έχει συσσωρευθεί αναγκάζεται να εγχυθεί και να συμπιεσθεί στο κοίλωμα του εκμαγείου. Η πίεση διατηρείται λίγο, ώστε να ψυχθεί το πλαστικό, και στη συνέχεια αναστέλλεται με επαναφορά του κοχλίου στην αρχική του θέση.

**(β) Συνεχής μέθοδος μορφοποίησης :** η διαμόρφωση στην περίπτωση αυτή επιτυγχάνεται με συνεχή συμπίεση με τη βοήθεια ενός κοχλιωτού συμπιεστή. Το θερμοπλαστικό πολυμερές διαβιβάζεται μέσα σε θερμαινόμενο κύλινδρο και αφού γίνει μαλακό, συμπιέζεται συνεχώς από τον περιστρεφόμενο κοχλίο μέσα από ένα στενό άνοιγμα προς το εκμαγείο ώστε να εξέρχονται συνεχώς καθορισμένου σχήματος αντικείμενα. Με την μέθοδο αυτή μπορούν να παραχθούν ράβδοι, σωλήνες, δοκοί, φύλλα, μεμβράνες κλπ από πλαστικό διαφόρων σχημάτων και διαστάσεων. Ανάλογη είναι η μέθοδος συνεχούς συμπίεσης με ταυτόχρονη εμφύσηση πεπιεσμένου αέρα, ο οποίος συμπιέζει το πολυμερές πάνω στο εκμαγείο. Με τον τρόπο αυτό παράγονται φιάλες και άλλα αντικείμενα με λεπτά τοιχώματα.

**(γ) Διαμόρφωση με απλή συμπίεση :** σύμφωνα με την μέθοδο αυτή, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά, προϋπολογισμένη ποσότητα ρητίνης τοποθετείται μέσα στο εκμαγείο. Η ρητίνη θερμαίνεται και μορφοποιείται με συμπίεση. Με τη μέθοδο αυτή μορφοποιούνται κυρίως φαινολικές και αλκυδικές ρητίνες [258], [370].

Τα πλαστικά τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως στη συσκευασία είναι το πολυαιθυλένιο, το χλωριούχο πολυβινύλιο (ή πολυβινυλοχλωρίδιο όπως είναι ευρύτερα γνωστό), το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο, το πολυστυρένιο και το πολυπροπυλένιο [452], [549].

➤ *Πολυαιθυλένιο (PE)*

Το πολυαιθυλένιο είναι το μεγαλύτερο σε παραγωγή πολυολεφινικό πλαστικό καθώς συνδυάζει καλές ιδιότητες και χαμηλή, σχετικά, τιμή. Το πολυαιθυλένιο παράγεται σε δύο μορφές που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την πυκνότητα : το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) με πυκνότητα μεγαλύτερη από  $0,960 \text{ gr/cm}^3$  και το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE) με πυκνότητα μεταξύ  $0,910$  και  $0,940 \text{ gr/cm}^3$ . Η παραγωγή των δύο ποιοτήτων εξαρτάται από τις συνθήκες πολυμερισμού που ακολουθούνται. Έτσι, το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας λαμβάνεται με πολυμερισμό υπό πίεση  $1 - 7 \text{ atm}$  και σε θερμοκρασία  $75 \text{ }^\circ\text{C}$  ενώ το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας λαμβάνεται με πολυμερισμό υπό υψηλή πίεση ( $1500 \text{ atm}$ ) και σε θερμοκρασία  $180 \text{ }^\circ\text{C}$ . Και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιούνται καταλύτες [258], [322]. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι παραγωγής πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας με πολύ χαμηλότερες πιέσεις. Τα νέα αυτά πολυμερή έχουν μικρά ποσοστά α-ολεφινών ως συμμονομερή και ονομάζονται γραμμικά πολυαιθυλένια χαμηλής πυκνότητας (LLDPE). Η πυκνότητα τους κυμαίνεται, συνήθως, μεταξύ  $0,918$  και  $0,940 \text{ gr/cm}^3$  και ως συμμονομερές χρησιμοποιείται βουτένιο (Union Carbide), οκτένιο (Dow και DuPont) ή εξένιο (Phillips). Το γραμμικό πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας περιέχει μικρές πλευρικές αλυσίδες που κατανέμονται ομοιογενώς και περιοδικώς στην αλυσίδα του κορμού του πολυμερούς [333], [532].

Το 65 %, περίπου, του πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας (LDPE και LLDPE) παγκοσμίως, χρησιμοποιείται στις μέρες μας με τη μορφή μεμβρανών (φίλμ) για τη συσκευασία τροφίμων, ενδυμάτων, εντύπων και άλλων προϊόντων, για την παραγωγή σάκκων και σακκουλών κάθε είδους (τροφίμων, απορριμμάτων, ταχυδρομείου κλπ) καθώς και σε μια σειρά από άλλες εφαρμογές. Το γεγονός ότι το υλικό αυτό συνδυάζει αφενός χαμηλό κόστος και αφετέρου ιδιότητες όπως ευπλαστικότητα και ευλυγισία, ανθεκτικότητα, αντοχή στα χημικά και στεγανότητα στην υγρασία, έχει ως αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα ελκυστικό ως υλικό συσκευασίας. Στον επόμενο πίνακα A.2.2.2 δίνονται μερικές περιπτώσεις εφαρμογών πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας [322], [442].

Πολύ διαδεδομένο ως υλικό συσκευασίας είναι και το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας όπως αποδεικνύεται από τις πάρα πολλές χρήσεις που έχει. Ενδεικτικά, μερικά υλικά συσκευασίας από HDPE είναι τα εξής : βαρέλια για καύσιμα, δοχεία για βιομηχανικά και οικιακά χημικά και απορρυπαντικά, κύπελλα για παγωτά, γιαούρτια, βούτυρα κλπ, φιάλες για γάλα, νερό, χυμούς, έλαια, φιαλίδια για φάρμακα και καλλυντικά, πώματα, συσκευασίες για κατεψυγμένα προϊόντα και για ιατρικά σκευάσματα, σακκούλες για καταστήματα τροφίμων και για εμπορικά καταστήματα κλπ [333], [347].



Πίνακας Α.2.2.2 : Παραδείγματα εφαρμογών πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας

Είδος Συμμονομερούς	Πυκνότητα (gr/cm <sup>3</sup> )	Κυριότερη Ιδιότητα	Συχνότερη Εφαρμογή
<i>Πολυαιθυλένιο Χαμηλής Πυκνότητας (LDPE)</i>			
κανένα	0,919 - 0,923	πολύ υψηλή ανθεκτικότητα	σάκκοι υψηλής αντοχής
κανένα	0,922 - 0,925	μεγάλη διαύγεια	συσσκευασία τροφίμων
κανένα	0,918 - 0,924	υψηλή ανθεκτικότητα	συσσκευασία γενικής χρήσης
<i>Γραμμικό Πολυαιθυλένιο Χαμηλής Πυκνότητας (LLDPE)</i>			
βουτένιο	0,917 - 0,922	υψηλή ανθεκτικότητα	συσσκευασία γενικής χρήσης
εξένιο οκτένιο	0,928 - 0,935	στεγανότητα στην υγρασία	συσσκευασία ειδών αρτοποιίας
εξένιο οκτένιο	0,917 - 0,923	αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες	σακκούλες κατεψυγμένων ειδών

Πηγή {333}

➤ *Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)*

Το πολυβινυλοχλωρίδιο ανήκει στην ομάδα των πολυβινυλικών ρητινών οι οποίες είναι συνθετικά υλικά παραγόμενα από ενώσεις που περιέχουν τη ρίζα του βινυλίου (CH<sub>2</sub>=CH-) στο μόριο τους. Το PVC προέρχεται από τον πολυμερισμό του μονομερούς χλωριούχου βινυλίου (CH<sub>2</sub>=CHCl) το οποίο σε υγρή κατάσταση αναδεύεται ζωηρά μέσα σε νερό σχηματίζοντας λεπτά συσσωματώματα. Το νερό περιέχει ουσίες που υποβοηθούν την αιώρηση αυτών συσσωματωμάτων. Εκτός από νερό και υγρό μονομερές χλωριούχο βινύλιο (VCM), χρησιμοποιείται ακόμα υπερθειικός καταλύτης καθώς και κάποιος γαλακτωματοποιητής (συνήθως ανιονικός). Μετά από παραμονή των παραπάνω για 72 ώρες περίπου σε αυτόκλειστο στους 40-50 °C αποδίδεται στερεό πολυμερές σε μορφή κόκκων μεγέθους 0,1 - 1 μm. Η ανάκτηση των σωματιδίων αυτών επιτυγχάνεται με ξήρανση δια ψεκασμού ή με συσσωμάτωση με προσθήκη οξέος. Επίσης, με τη χρήση διαφόρων σταθεροποιητών (όπως άλατα ασβετίου-ψευδαργύρου), λιπαντικών (συνήθως παραφινικά κεριά), γεμιστικών (ανθρακικό ασβέστιο), χρωστικών, πλαστικοποιητών κλπ παράγονται διάφορα μίγματα (compounds) τα οποία έχουν βελτιωμένα χαρακτηριστικά και συγκεκριμένες, επιθυμητές ιδιότητες {336}, {532}.

Η μεγάλη διάδοση του πολυβινυλοχλωριδίου οφείλεται στις εξαιρετικές φυσικές του ιδιότητες, στην ικανότητα του να σχηματίζει μίγματα για ευρεία περιοχή εφαρμογών, στην εύκολη κατεργασία του και στο σχετικά χαμηλό κόστος του. Από τις διάφορες εφαρμογές, η παραγωγή υλικών συσκευασίας είναι ιδιαίτερα σημαντική αφού απορροφά ένα αρκετά μεγάλο μέρος της συνολικής παραγωγής πολυβινυλοχλωριδίου. Οι κυριότερες χρήσεις των ειδών συσκευασίας από PVC είναι οι παρακάτω {432} :

- ✧ συσκευασίες για τρόφιμα : φιάλες, σκαφίδια και μεμβράνες για γάλα, παγωτά, κρέμες, βούτυρο, κρέας νωπό και κατεψυγμένο, ψάρι, έτοιμα φαγητά, μεταλλικό νερό, μη αλκοολούχα ποτά, χυμοί, λάδι κλπ.
- ✧ συσκευασίες για ιατρικά και παραϊατρικά σκευάσματα : φιαλίδια για φάρμακα και είδη προσωπικής υγιεινής, φιάλες αιμοδοσίας κλπ, και
- ✧ λοιπές συσκευασίες : δοχεία και φιαλοειδή για καλλυντικά, οικιακά χημικά, απορρυπαντικά κλπ.

Επίσης, το PVC χρησιμοποιείται για την παραγωγή μιας σειράς από άλλα προϊόντα όπως σωλήνες (σκληροί και εύκαμπτοι), είδη υγιεινής, οικοδομικά υλικά, επικαλυπτικά καλωδίων και δαπέδων, κόλλες, πάνες μωρών, πλαίσια και σκίαστρα παραθύρων, παιχνίδια, σόλες παπουτσιών, πιστωτικές κάρτες κλπ {336}, {443}.

#### ➤ *Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο (PET)*

Το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο αναπτύχθηκε για πρώτη φορά το 1941 σε έρευνες της βιομηχανίας συνθετικών ινών στη Βρετανία. Η χρήση του ως υλικό συσκευασίας άρχισε στις αρχές της δεκαετίας του 1970 στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής σημειώνοντας μεγάλη επιτυχία. Το PET παράγεται κατά τον πολυμερισμό του τερεφθαλικού διμεθυλεστέρα (DMT) με αιθυλενογλυκόλη. Ο τερεφθαλικός διμεθυλεστέρας παράγεται κατά την οξείδωση του π-ξυλολίου και την εστεροποίηση του προκύπτοντος τερεφθαλικού οξέος με μεθανόλη ενώ η αιθυλενογλυκόλη προέρχεται από αιθυλενοξείδιο το οποίο προήλθε από οξείδωση του αιθυλενίου. Τόσο το αιθυλένιο και η μεθανόλη, όσο και το π-ξυλόλιο παράγονται από πυρόλυση νάφθας {321}, {532}.

Τα μεγάλα πλεονεκτήματα του τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου είναι η καθαρότητα του υλικού και η μηδενική μετανάστευση ουσιών από τον περιέκτη στο περιεχόμενο προϊόν. Επίσης, η κατασκευή υλικών συσκευασίας από PET δίνει προϊόντα εξαιρετικής διαύγειας, καλαίσθητης μορφής και μεγάλης αντοχής. Από αυτό κατασκευάζονται, συνήθως, σκαφίδια για έτοιμα φαγητά και κυρίως φιάλες για λάδι, αναψυκτικά, μεταλλικό νερό, χυμούς και πολλά άλλα προϊόντα {105}, {426}.

➤ *Πολυστυρένιο (PS)*

Το πολυστυρένιο (ή πολυστερίνη όπως, επίσης, είναι γνωστό) είναι ένα υλικό συσκευασίας με πάρα πολλές χρήσεις και εφαρμογές. Το πολυστυρένιο προέρχεται από το μονομερές στυρένιο το οποίο παράγεται από το αιθυλένιο και το βενζόλιο με αφυδρογόνωση του παραγόμενου αιθυλοβενζολίου. Αιθυλένιο και βενζόλιο λαμβάνονται κατά την πυρόλυση της νάφθας. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον πολυμερισμό του μονομερούς στυρενίου είναι η θερμοκρασία και η καθαρότητα του στυρενίου. Συγκεκριμένα, όταν στυρένιο καθαρότητας 99,5 % θερμαίνεται σε 80 έως 85 °C μέσα σε ανοξείδωτο κλίβανο, πολυμερίζεται σε ποσοστό γύρω στο 40 % εντός 40 - 60 ωρών. Το ιξώδες διάλυμα διέρχεται από πύργο με ζώνες αυξανόμενης θερμοκρασίας (μέχρι 200 °C) προκειμένου το υπόλοιπο ελεύθερο μονομερές να μετατραπεί και αυτό σε πολυμερές. Το πολυμερές, το οποίο βρίσκεται σε τηγμένη κατάσταση, συγκεντρώνεται, και αφού αναμιχθεί με διάφορα επιθυμητά υλικά, κοκκοποιείται σε εξολκείς συνεχούς συμπίεσεως και κατόπιν ξηραίνεται. Το πολυστυρένιο παράγεται στους εξής τρεις τύπους [532], [551] :

- ◆ πολυστυρένιο γενικής χρήσεως (GPPS),
- ◆ πολυστυρένιο υψηλής αντοχής (HIPS), και
- ◆ διογκώσιμο πολυστυρένιο (EPS).

Το πολυστυρένιο στις διάφορες μορφές του χρησιμοποιείται για την παραγωγή σωλήνων, μονώσεων, εξαρτημάτων αυτοκινήτων, ελαστικών, ηλεκτρικών συσκευών και εξαρτημάτων, ελαφριών κατασκευών, αφρωδών υλικών, παιχνιδιών καθώς και διαφόρων υλικών συσκευασίας όπως κύπελλα και σκαφίδια για τρόφιμα, θήκες για αυγά και έτοιμα φαγητά, πώματα και καπάκια για φιάλες και φιαλοειδή, δοχεία με λεπτά τοιχώματα, συσκευασίες για παιχνίδια και άλλα προϊόντα κλπ [431], [443].

➤ *Πολυπροπυλένιο (PP)*

Το πολυπροπυλένιο είναι ένα από τα σημαντικότερα υλικά συσκευασίας και αυτό διότι, λόγω των ιδιοτήτων που το χαρακτηρίζουν, μπορεί να ικανοποιήσει πολλές διαφορετικές απαιτήσεις και ανάγκες. Το πολυπροπυλένιο παράγεται με διάφορες μεθόδους. Σύμφωνα με μία από αυτές, δεν απαιτείται άλλος υδρογονάνθρακας πέρα από το μονομερές προπυλένιο για την παραγωγή του πολυμερούς. Το πολυμερές παράγεται υπό μορφή σκόνης που διέρχεται από εξολκεία συνεχούς συμπίεσεως και μετατρέπεται σε κόκκους. Το προπυλένιο που προκύπτει με αυτή τη μέθοδο ονομάζεται ομοπολυμερές. Σύμφωνα με μία άλλη μέθοδο, το μονομερές προπυλένιο συμπολυμερίζεται με μικρό ποσοστό αιθυλενίου δίνοντας συμπολυμερές πολυπροπυλένιο με αιθυλένιο το οποίο

παρουσιάζει καλύτερες ιδιότητες από το αντίστοιχο ομοπολυμερές [532], [550].

Οι κυριότερες εφαρμογές του πολυπροπυλενίου ως υλικό συσκευασίας είναι σκαφίδια για γιαούρτι και μαργαρίνη, διαφανή δοχεία για έτοιμα φαγητά (κατάλληλα για χρήση σε φούρνους μικροκυμάτων), πώματα φιαλών, φιλμς για συσκευασία μπισκότων και σνακς, συσκευασίες ιατρικών σκευασμάτων (μπορούν να αποστειρώνονται), επικαλυπτικά φιλμς συσκευασίας, φιάλες σάκκοι κλπ. Άλλες εφαρμογές του πολυπροπυλενίου είναι οικιακά σκεύη, ηλεκτρικές συσκευές, παιχνίδια, ηλεκτρονικά εξαρτήματα, σωλήνες, ίνες, μορφοποιημένα εξαρτήματα αυτοκινήτων, επικαλυπτικά καλωδίων και συρμάτων, πλάκες εκτυπώσεως, εργαστηριακά υλικά, ενισχυμένα πλαστικά, συνθετικό χαρτί, σχοινιά κλπ [443], [452].

Η κατανάλωση πλαστικών ποικίλει σημαντικά από χώρα σε χώρα χωρίς να υπάρχει ισχυρή συσχέτιση με το επίπεδο αναπτύξεως. Ο παγκόσμιος μέσος όρος της κατά κεφαλή κατανάλωσης είναι 20 κιλά το χρόνο (1993), δηλαδή αρκετά χαμηλός. Από τους μεγαλύτερους καταναλωτές παγκοσμίως είναι το Βέλγιο και η Γερμανία ενώ η κατανάλωση πλαστικών στην Ελλάδα ανέρχεται σε 35 κιλά περίπου το χρόνο κατά κεφαλή. Στον επόμενο πίνακα Α.2.2.3 δίνεται η κατανάλωση πλαστικών στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τις Η.Π.Α. και την Ιαπωνία [445].

**Πίνακας Α.2.2.3 : Κατανάλωση πλαστικών στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τις Η.Π.Α. και την Ιαπωνία το 1991**

Χώρα	Κατανάλωση (χιλ. τόνοι)
Ευρωπαϊκή Ένωση (των 12)	25561
- Βέλγιο	1503
- Γερμανία	8509
- Ελλάς	350
- Δανία	513
- Γαλλία	3732
- Βρετανία	3374
- Ιταλία	4230
- Ολλανδία	1188
- Πορτογαλία	382
- Ισπανία	2130
Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	26539
Ιαπωνία	11637

Πηγή [445], [532]

Σε ότι αφορά στα ποσοστά χρησιμοποίησες των πλαστικών κατά κλάδο αγοράς, αυτά δίνονται, ενδεικτικά, στον επόμενο πίνακα Α.2.2.4 για τη Δυτική Ευρώπη {427}, {440} :

**Πίνακας Α.2.2.4 : Ποσοστά χρησιμοποίησης πλαστικών κατά κλάδο αγοράς στη Δυτική Ευρώπη**

Κλάδος Αγοράς	Ποσοστό Χρήσης (%)
Συσκευασία	33 - 38
Υλικά Οικοδομών	20 - 25
Κατασκευή Οχημάτων	7 - 10
Αγροτικές Εφαρμογές	4 - 5
Ηλεκτρικά και Ηλεκτρονικά	7 - 10
Διάφορα	22 - 25

Πηγή {427}, {440}

Η συνολική παγκόσμια παραγωγή πλαστικών είναι περίπου 90 εκατομμύρια τόνοι το χρόνο (στοιχεία 1993). Η παραγωγή αυτή είναι συγκεντρωμένη στις ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες και συγκεκριμένα κατανέμεται ως εξής :

- ☛ Βόρειος Αμερική : 32 %
- ☛ Δυτική Ευρώπη : 31 %
- ☛ Ανατολική Ευρώπη : 12 %
- ☛ Ιαπωνία : 11 %
- ☛ Υπόλοιπος Κόσμος : 14 %

Στην Ελλάδα, τέλος, οι μόνες μονάδες πολυμερισμού που υπάρχουν είναι για τη παραγωγή πολυβινυλοχλωριδίου (ΕΚΟ - Θεσσαλονίκη), πολυστυρενίου GPPS, HIPS και EPS (DOW - Λαύριο), κορεσμένων πολυεστέρων (ΠΟΛΥΕΤΜΑ - Αθήνα), ακόρεστων πολυεστέρων (διάφορες επιχειρήσεις - κυρίως Αττική), αλκυδικών ρητινών (διάφορες επιχειρήσεις - κυρίως Αττική), ρητίνης U - F (ΧΑΤΖΗΛΟΥΚΑΣ - Χαλκίδα) καθώς και ρητινών πολυουρεθάνης (διάφορες επιχειρήσεις) {532}.

### A.2.3. Χαρτί – Χαρτόνι

Με τον όρο *χαρτί* εννοούνται όλα τα είδη περιπλεγμένων και συμπιεσμένων ινών, φυτικής συνήθως προέλευσης (χωρίς, ωστόσο, να αποκλείονται και οι ορυκτές, ζωικές ή συνθετικές ίνες), οι οποίες μορφοποιούνται πάνω σε λεπτό συρμάτινο πλέγμα από υδατικό τους αιώρημα. Το πάχος του χαρτιού δεν ξεπερνά τις 0,006 in ενώ όσα ινώδη φύλλα υπερβαίνουν τις 0,012 in θεωρούνται *χαρτόνια*. Στη ζώνη μεταξύ χαρτιού και χαρτονιού τα περισσότερα θεωρούνται χαρτιά [354], [532].

Η παραγωγή του χαρτιού μπορεί να θεωρηθεί ότι πραγματοποιείται σε δύο κύρια στάδια : (α) στην παραγωγή της πρώτης ύλης, δηλαδή την πολτοποίηση του ξύλου (βιομηχανία *πολτού ξύλου, χαρτοπολτού ή χαρτομάζας*), και (β) την μορφοποίηση του χαρτοπολτού σε χαρτί (*χαρτοποιία*). Θα πρέπει να τονιστεί, πάντως, ότι η βιομηχανία χαρτοπολτού βαθμιαία αναπτύχθηκε σε ξεχωριστή βιομηχανία εξυπηρετώντας, εκτός από τη χαρτοποιία στην οποία παρέχει την πρώτη ύλη, και άλλες βιομηχανίες όπως είναι οι μονάδες παραγωγής ραιγιόν, οξεικής κυτταρίνης, νιτρικής κυτταρίνης τόσο για παραγωγή ινών όσο και για παραγωγή πλαστικών και εκρηκτικών [258], [532].

#### ♦ Παραγωγή Χαρτοπολτού

Προκειμένου από το ξύλο να παραχθεί χαρτί, πρέπει οι ίνες της κυτταρίνης να ελευθερωθούν από την μήτρα της λιγνίνης που τις κρατάει κολλημένες. Η απελευθέρωση των ινών μπορεί να γίνει τόσο με μηχανικούς όσο και με χημικούς τρόπους. Όμως, γενικά, ο χαρτοπολτός που παράγεται με τους μηχανικούς τρόπους είναι κατώτερης ποιότητας συγκριτικά με εκείνον που παράγεται με τους αντίστοιχους χημικούς. Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του χαρτοπολτού σήμερα είναι τόσο τα σκληρά όσο και τα μαλακά ξύλα έχοντας αντικαταστήσει το βαμβάκι και το λινάρι που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν. Γενικά προτιμώνται τα μαλακά ξύλα, τα οποία προέρχονται από τα κωνοφόρα δέντρα, διότι οι ίνες τους είναι μακρύτερες. Αρχικά απομακρύνεται ο φλοιός του δέντρου ο οποίος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί δεδομένου ότι είναι πολύ ινώδης αλλά και επειδή είναι δύσκολο να λευκανθεί. Η αποφλοιώση αυτή συνήθως επιτυγχάνεται με έναν από τους δύο παρακάτω τρόπους [232] :

- (1) ο κορμός των δέντρων τρίβεται σε ειδικό περιστρεφόμενο κύλινδρο και στη συνέχεια με ροή νερού απομακρύνεται ο φλοιός ο οποίος, αφού στραγγιστεί, συνήθως καίγεται, και
- (2) ρεύμα νερού με υψηλή πίεση κατευθύνεται υπό γωνία στον κορμό του δέντρου και τον ξεφλουδίζει σπάζοντας τον σε διάφορα τεμάχια ή

λωρίδες τα οποία, αφού συμπιεστούν για να φύγει όσο το δυνατόν περισσότερη από την υγρασία που περιέχουν, επίσης καίγονται.

Αφού απομακρυνθεί ο φλοιός από το ξύλο με έναν από τους παραπάνω δύο τρόπους, το τελευταίο πολτοποιείται. Για την παραγωγή πολτού από ξύλο έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι από τις οποίες αυτές που συνήθως εφαρμόζονται είναι οι ακόλουθες :

- θειική μέθοδος ή μέθοδος kraft,
- μηχανική και θερμομηχανική μέθοδος,
- ημιχημική μέθοδος, και
- θειώδης μέθοδος.

Από τις παραπάνω μεθόδους εκείνες που κυρίως χρησιμοποιούνται σήμερα είναι η μέθοδος kraft και η μηχανική και θερμομηχανική μέθοδος σε ποσοστό 80 % και 10 % αντίστοιχα ενώ η ημιχημική και η θειώδης μέθοδος χρησιμοποιούνται λιγότερο και συγκεκριμένα σε ποσοστό 8% και 2 % αντίστοιχα [372], [532].

Μέθοδος kraft : Πρόκειται για μία αλκαλική χημική μέθοδο η οποία στην αρχή χρησιμοποιήθηκε για την πολτοποίηση σκληρών ξύλων. Κατά την μέθοδο αυτή το ξύλο, αφού αποφλοιωθεί, τεμαχίζεται σε μικρά τεμάχια ώστε να είναι εύκολη η κατεργασία του. Τα τεμάχια αυτά κοσκινίζονται προκειμένου να είναι ίδιου μεγέθους και, αφού προθερμανθούν σε αυτόκλειστο, εισέρχονται σε δοχείο όπου υπάρχει το υγρό κατεργασίας με τα διάφορα χημικά (θειικό νάτριο, ασβέστης, ανθρακική σόδα). Στο δοχείο αυτό εφαρμόζεται θερμοκρασία 170 °C μέσω ατμού πίεσης 6 – 8 atm για 1,5 ώρες περίπου. Στη συνέχεια, η χημική αντίδραση σταματά με ψύξη και το προϊόν πλένεται με άφθονο νερό. Ο πλυμένος πολτός, αφού περάσει από πλέγματα και άλλα φίλτρα για την απομάκρυνση ανεπιθύμητων αντικειμένων (π.χ. σβώλοι, ακατέργαστα τεμάχια ξύλου κλπ) και για την αύξηση της πυκνότητάς του, λευκαίνεται με χλώριο και υποχλωριώδες νάτριο, ή με διοξείδιο του χλωρίου (το οποίο είναι λιγότερο βλαβερό για το περιβάλλον) ή ακόμα και με αναγωγικά μέσα. Μετά την λεύκανση ο χαρτοπολτός πλένεται και πάλι και είτε συμπιέζεται σε φύλλα κατάλληλα για μεταφορά, είτε χαρτοποιείται επιτόπου. Δεδομένου ότι τα χημικά που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο kraft δεν είναι τόσο καταστρεπτικά για τις ίνες, τα τελικά προϊόντα που προκύπτουν είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά. Χαρτοπολτός αυτού του είδους χρησιμοποιείται για την παραγωγή χαρτιών περιτυλίγματος, σάκκων, χαρτονιών κλπ ενώ αναμιγνυόμενος με άλλους πολτούς δίνει ανθεκτικά χαρτιά διαφόρων ειδών [232], [532].

Μηχανική και Θερμομηχανική μέθοδος : Με την μηχανική μέθοδο παράγεται χαρτοπολτός χαμηλής ποιότητας ο οποίος, για τον λόγο αυτό, σπάνια χρησιμοποιείται μόνος. Κατά την μέθοδο αυτή η απελευθέρωση των ινών από τα αποφλοιωμένα (μαλακά συνήθως) ξύλα γίνεται με τη βοήθεια

περιστρεφόμενης πέτρας και την έγχυση νερού για την απαγωγή της θερμότητας που σχηματίζεται λόγω της τριβής αλλά και την απομάκρυνση των παραγόμενων ινών. Ο διαχωρισμός των κατάλληλων ινών γίνεται σε ειδικά συρμάτινα κόσκινα. Ο μηχανικός πολτός, ο οποίος μπορεί να λευκανθεί, χρησιμοποιείται συνήθως για την παραγωγή χαρτιών εφημερίδων και περιτυλίξεως, χαρτοπετσετών κλπ. Η θερμομηχανική μέθοδος γίνεται σε υψηλότερη θερμοκρασία (το ξύλο θερμαίνεται με ατμό υψηλής πίεσης) γεγονός που διευκολύνει την πολτοποίηση καθώς η λιγνίνη γίνεται πιο μαλακή και έτσι οι ίνες απομακρύνονται ευκολότερα. Πάντως, τα χαρτιά που παράγονται με την μέθοδο αυτή δεν είναι καλής ποιότητας αντίθετα με τα χαρτόνια τα οποία είναι καλά [258], [372].

Ημιχημική μέθοδος : Στην μέθοδο αυτή γίνεται χρήση τόσο της μηχανικής όσο και της χημικής επεξεργασίας σε ηπιότερες όμως συνθήκες (η χρήση χημικών είναι περιορισμένη συγκριτικά με τις χημικές μεθόδους) αποσκοπώντας στην μερική μόνο απομάκρυνση της λιγνίνης. Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι από μία δεδομένη ποσότητα ξύλου παράγεται μεγαλύτερη ποσότητα πολτού, χαμηλότερης όμως ποιότητας. Χαρτοπολτός αυτής της μεθόδου χρησιμοποιείται για την παραγωγή χαρτονιών και κυματοειδούς χαρτιού [232], [258].

Θειώδης μέθοδος : Στην μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται υδατικά διαλύματα διοξειδίου του θείου και αλάτων του. Παλαιότερα χρησιμοποιείτο άσβεστος η οποία, όμως, δεν ανακυκλωνόταν μετά το τέλος της επεξεργασίας. Σήμερα χρησιμοποιούνται καυστικό νάτριο, ή οξειδίο του μαγγανίου, ή αμμωνία τα οποία είναι δυνατόν να ανακυκλωθούν. Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται σαν όξινη γιατί σχηματίζονται όξινα άλατα όπως το όξινο θειώδες ασβέστιο ή μαγνήσιο. Με την μέθοδο αυτή παράγεται χαρτί πολύ καλής ποιότητας το οποίο προορίζεται κυρίως για την παραγωγή χαρτιού γραφής καθώς και για έντυπα και βιβλία [232], [258].

Εκτός από τις παραπάνω μεθόδους παραγωγής χαρτοπολτού υπάρχει και η δευτερογενής παραγωγή η οποία προέρχεται από την πολτοποίηση του ανακυκλωμένου χαρτιού. Το συλλεγόμενο χαρτί αναπολτοποιείται σε νερό, πλένεται από ανεπιθύμητες ουσίες, αποχωρίζεται από τα μελάνια με καυστική σόδα, ανθρακική σόδα και πυριτικό νάτριο, πλένεται ξανά, θερμαίνεται ελαφρά με αραιή καυστική σόδα, λευκαίνεται, διέρχεται από πλέγμα και στη συνέχεια ακολουθεί ανάλογη πορεία με τους υπόλοιπους χαρτοπολτούς. Χαρτοπολτός, τέλος, μπορεί να παραχθεί και από άχυρα τα οποία, όμως, συγκριτικά με το ξύλο περιέχουν μικρότερο ποσοστό κυτταρίνης. Με πρώτη ύλη τα άχυρα και με βάση τη μέθοδο kraft παράγεται χαρτί συσκευασίας και γραφής [372], [532].



♦ *Μετατροπή του Χαρτοπολτού σε Χαρτί*

Η διαδικασία παραγωγής χαρτιού από χαρτοπολτό περιλαμβάνει τα εξής τρία κύρια στάδια [258] :

- (α) την μηχανική επεξεργασία με την οποία επέρχεται βελτίωση της ποιότητας του χαρτοπολτού,
- (β) την ανάμιξη διαφόρων προσθέτων όπως το θειικό αργίλιο κλπ και την ομογενοποίηση αυτών με το χαρτοπολτό, και
- (γ) την μορφοποίηση και ξήρανση στις ειδικές μηχανές παραγωγής χαρτιού.

Κατά το στάδιο της βελτίωσης της ποιότητας του χαρτοπολτού επιδιώκεται η βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του χαρτιού, η οποία επιτυγχάνεται μεταβάλλοντας το μήκος των ινών της κυτταρίνης και δημιουργώντας νέους δεσμούς μεταξύ αυτών, ενώ συγχρόνως προσδίδεται και καλύτερη υφή και λείανση της επιφάνειας του χαρτιού. Για το σκοπό αυτό συνήθως χρησιμοποιούνται κωνικού τύπου μηχανήματα τα οποία διαθέτουν κωνικό σύστημα που περιστρέφεται μέσα σε σταθερή κωνική βάση. Στα μηχανήματα αυτά (τα οποία είναι γνωστά και ως μηχανές Jordan) τόσο ο κινητός κώνος όσο και το σταθερό κωνικό περίβλημα φέρουν είδος οδόντωσης ώστε οι ίνες της κυτταρίνης να υφίστανται θραύση εξαιτίας της περιστροφικής ενέργειας (η οποία ρυθμίζεται από την ταχύτητα περιστροφής) αλλά και της πίεσης που εξασκείται πάνω σε αυτές (η οποία ρυθμίζεται από το διάκενο μεταξύ κώνου και σταθερής επιφάνειας). Επίσης, για τον ίδιο σκοπό έχουν αναπτυχθεί και συχνά χρησιμοποιούνται κατάλληλοι μύλοι με δίσκους (συσκευές Hollander) καθώς και διάφορες άλλες παρόμοιες διατάξεις. Γενικά, η μηχανική επεξεργασία που εφαρμόζεται στο στάδιο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι από αυτήν εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η ποιότητα του τελικού προϊόντος [232].

Η προσθήκη διαφόρων χημικών στο χαρτοπολτό, η οποία πραγματοποιείται στο επόμενο στάδιο, έχει σαν σκοπό να προσδώσει σε αυτόν επιθυμητές ιδιότητες. Το είδος όπως και το ποσοστό των διαφόρων προσθέτων εξαρτάται από τον τελικό προορισμό του χαρτιού. Έτσι, για παράδειγμα, αν πρόκειται για χαρτί εκτυπώσεως εφημερίδων χρησιμοποιείται μίγμα μηχανικού πολτού σε ποσοστό 80 έως 85 % και μη λευκασμένου όξινου πολτού σε ποσοστό 15 έως 20 % είτε χωρίς άλλα πρόσθετα είτε με την προσθήκη ανόργανων πληρωτικών ουσιών (συνήθως καολίνη) σε ποσοστό έως 2 % περίπου. Στην περίπτωση των χαρτοσάκκων συσκευασίας χρησιμοποιείται μη λευκασμένο χαρτί kraft το οποίο έχει κολλαρισθεί με κολοφώνιο σε ποσοστό 4 % περίπου και με θειικό αργίλιο ώστε να αντέχει στην υγρασία [258], [372].

Το τελευταίο στάδιο στην παραγωγή του χαρτιού, δηλαδή η μορφοποίηση του, πραγματοποιείται είτε με την μέθοδο Fourdrinier είτε με

την μέθοδο της κυλινδρικής μηχανής. Στην πρώτη περίπτωση ο χαρτοπολτός, αφού αραιωθεί με νερό ώστε να προκύψει διάλυμα με 97,5 – 99,5 % νερό και 0,5 – 2,5 % ίνες, τροφοδοτείται συνεχώς σε μηχανή που διαθέτει ατέρμονη ταινία λεπτού πλέγματος. Το πλέγμα αυτό αναταράσσει τον αραιωμένο πολτό επιτυγχάνοντας την καλύτερη αναδιάταξη των ινών ώστε το τελικό προϊόν να έχει βελτιωμένα χαρακτηριστικά αντοχής και ποιότητας. Καθώς οι διατεταγμένες ίνες του πολτού κινούνται κατά μήκος του πλέγματος, το νερό απομακρύνεται από τον πολτό (σε ποσοστό μέχρι και 83 % περίπου) σε ειδικά δοχεία. Το υπόλοιπο υλικό διέρχεται από διάφορες συσκευές όπως περιστροφικά και κυλινδρικά πιεστήρια, ξηραντήρια, αντίθετα περιστρεφόμενοι και θερμαινόμενοι κύλινδροι κλπ ανάλογα με τον τύπο χαρτιού που επιδιώκεται να παραχθεί. Με την μέθοδο της κυλινδρικής μηχανής το δίκτυο των ινών του χαρτιού σχηματίζεται σε κυλίνδρους που περιστρέφονται αντίθετα. Ο χαρτοπολτός ρίχνεται στο σημείο επαφής των κυλίνδρων και το νερό ρέει δια μέσου των κυλίνδρων. Μια μεταφορική ταινία μεταφέρει το στερεό υπόλειμμα στις πρέσες και τα ξηραντήρια [232], [532]. Στον πίνακα Α.2.3.1 δίνονται τα κυριότερα χαρτιά συσκευασίας, οι ιδιότητες και οι συνήθειες χρήσεις τους [352], [553].

#### ♦ Παραγωγή Χαρτονιού

Η παραγωγή χαρτονιού από χαρτοπολτό είναι ίδια με αυτήν που ακολουθείται για την παραγωγή χαρτιού. Έτσι, αρχικά ο χαρτοπολτός επεξεργάζεται μηχανικά προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα του και στη συνέχεια, αφού προστεθούν διάφορα χημικά, μορφοποιείται και ξηραίνεται σε ανάλογες μηχανές με αυτές παραγωγής του χαρτιού (μηχανές τύπου Fourdrinier, κυλινδρικές μηχανές κλπ) οι οποίες είναι κατάλληλα διαμορφωμένες ώστε να μπορούν να παράγουν και χαρτόνια με περισσότερες από μία επιστρώσεις [318]. Στον πίνακα Α.2.3.2 αναφέρονται τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά (τρόπος παραγωγής, βασικές ιδιότητες, συνήθειες χρήσεις) των κυριότερων χαρτονιών συσκευασίας [426], [554].

Από τα πιο διαδεδομένα χάρτινα είδη συσκευασίας είναι οι *συσκευασίες από κυματοειδές χαρτόνι* και η *σύνθετη χάρτινη συσκευασία*. Το κυματοειδές χαρτόνι αποτελείται εσωτερικά από ένα ή περισσότερα στρώματα κυματοειδούς χαρτιού πάνω στα οποία επικολλούνται, και στις δύο πλευρές, επίπεδα χαρτόνια. Το εσωτερικό κυματοειδές χαρτί (fluting medium) είναι χαμηλής ποιότητας ενώ, αντίθετα, τα εξωτερικά στρώματα είναι ανώτερης ποιότητας. Οι κυματώσεις προσδίδουν στο χαρτόνι αντοχή και αντικραδασμικές ιδιότητες. Υπάρχουν τρεις τύποι κυματοειδούς χαρτονιού : το τρίφυλλο, το οποίο αποτελείται από τρία στρώματα (το ενδιάμεσο κυματοειδές χαρτί και τα δύο εξωτερικά τοιχώματα), το πεντάφυλλο, το οποίο αποτελείται από πέντε στρώματα (δύο κυματοειδή χαρτιά και τρία επίπεδα χαρτόνια) και το επτάφυλλο. Από κυματοειδές χαρτόνι (κυρίως τρίφυλλο) παράγονται συνήθως κιβώτια ενώ το επτάφυλλο χαρτόνι χρησιμοποιείται για τη συσκευασία μεγάλων αντικειμένων [348], [552].

**Πίνακας Α.2.3.1 : Ο τρόπος παραγωγής, οι βασικές ιδιότητες και οι συνήθειες χρήσεις των κυριότερων χαρτιών συσκευασίας**

Είδος Χαρτιού	Τρόπος Παραγωγής	Βασικές Ιδιότητες	Κυριότερες Χρήσεις
Χαρτί Kraft	από θειικό πολτό μαλακών ξύλων (κωνοφόρων δέντρων)	χαρτί υψηλής αντοχής, επιδέχεται λεύκανση και χρωματισμό	σακκούλες και σάκκοι, επένδυση σε χαρτόνια, είδη συσκευασίας τροφίμων
Θειώδες Χαρτί	από θειώδη πολτό μαλακών και σκληρών ξύλων, συνήθως λευκασμένο	γυαλιστερό χαρτί υψηλής ποιότητας, κατάλληλο για εκτύπωση, γραφή κλπ	μικρές θήκες και σακκούλες, φάκελλοι, ετικέττες, επένδυση φύλλων αλουμινίου
Αδιάβροχο Χαρτί (Λαδόχαρτο)	από πολτό που έχει υποστεί έντονη μηχανική επεξεργασία	χαρτί αδιαπέραστο από τα έλαια και τις λιπαρές ουσίες	είδη συσκευασίας για λιπαρά τρόφιμα και έτοιμα φαγητά, για αντικείμενα με γράσσο
Χαρτί "Γλασσέ"	από πολτό που έχει υποστεί έντονη μηχανική επεξεργασία και έχει υπερλειανθεί	χαρτί αδιαπέραστο από τα λίπη και τα έλαια, καλής ποιότητας	κουτιά, θήκες και άλλα είδη συσκευασίας για σαπούνια, καλλυντικά κλπ
Χαρτί Περγαμηνής	από χαρτί το οποίο έχει κατεργαστεί με θειικό οξύ και αμμωνία	Μη τοξικό χαρτί ανθεκτικό στο νερό, αδιαπέραστο στα λίπη και τα έλαια	είδη συσκευασίας για υγρά και λιπαρά προϊόντα (βούτυρο, λίπη, κρέας κλπ)
Τσιγαρόχαρτο	από ελαφρύ χαρτί προερχόμενο από τα περισσότερα είδη πολτού	ελαφρύ και μαλακό χαρτί, όχι ιδιαίτερα ανθεκτικό	χαρτί περιτυλίγματος για κοσμηματοπωλεία, ανθοπωλεία, εμπορικά καταστήματα

Πηγή [352], [553]

**Πίνακας Α.2.3.2 : Ο τρόπος παραγωγής, οι βασικές ιδιότητες και οι συνήθεις χρήσεις των κυριότερων χαρτονιών συσκευασίας**

Είδος Χαρτονιού	Τρόπος Παραγωγής	Βασικές Ιδιότητες	Κυριότερες Χρήσεις
Γκρι Χαρτόνι	σχεδόν αποκλειστικά από πολύ ανακυκλωμένου χαρτιού	χαμηλής ποιότητας και κόστους χαρτόνι, μη εκτυπώσιμο	χαρτοκιβώτια, βοηθητικά μέρη συσκευασίας (διαχωριστικά κλπ)
Χαρτόνι Απλής Επίχρισης (σκούρο)	γκρι χαρτόνι με επίχριση από κάθε είδους μηχανικό και χημικό πολτό	χαρτόνι εκτυπώσιμο και διπλούμενο, χαμηλού κόστους	φθηνά πτυσσόμενα κουτά και είδη συσκευασίας
Χαρτόνι Απλής Επίχρισης (λευκό)	γκρι χαρτόνι με επίχριση από πρωτογενή χημικό, κυρίως, χαρτοπολτό	απαλής επιφάνειας λευκό χαρτόνι, εκτυπώσιμο και διπλούμενο	είδη συσκευασίας για απορρυπαντικά κλπ
Χαρτόνι Διπλής Επίχρισης	χαρτόνι με επίχριση και στα δύο μέρη, από πρωτογενή χαρτοπολτό	απαλό και λευκό χαρτόνι καλής ποιότητας, εκτυπώσιμο και διπλούμενο	είδη συσκευασίας γενικής χρήσης, εξωτερικό κυματοειδούς χαρτονιού
Χαρτόνι τύπου Fluting Medium	από πολύ ανακυκλωμένου χαρτιού ή από ημιχημικό πολτό	χαρτόνι υψηλής αντοχής στην σύνθλιψη	εσωτερικό κυματοειδούς χαρτονιού

Πηγή [318], [352]

Στην περίπτωση της σύνθετης χάρτινης συσκευασίας ανήκουν χαρτόκουτα διαφόρων μεγεθών και σχημάτων που παρασκευάζονται από ειδικό "σύνθετο" ή "επικαλυμμένο", όπως λέγεται, χαρτί. Το "επικαλυμμένο χαρτί" αποτελείται από λεπτό χαρτόνι υψηλής ποιότητας και από φύλλα αλουμινίου και πλαστικού (συνήθως πολυαιθυλενίου) κολλημένα μεταξύ τους με ειδικές συγκολλητικές ουσίες υπό ισχυρή πίεση κυλίνδρων. Το νέο υλικό που προκύπτει από τη σύνθεση αυτή συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των επιμέρους υλικών από τα οποία προήλθε. Έτσι, το πλαστικό δίνει τη δυνατότητα να κατασκευαστεί ένας περιέκτης αδιάβροχος, κατάλληλος για υγρά τρόφιμα, το χαρτί δίνει στο κουτί σταθερό σχήμα καθώς και πολύ μεγάλες δυνατότητες εκτύπωσης για την καλαίσθητη εξωτερική εμφάνιση του προϊόντος και το φύλλο αλουμινίου που προστίθεται δίνει μεγαλύτερη αντοχή ενώ κρατά έξω από το κουτί τις ακτίνες του φωτός συντελώντας στην αύξηση του χρόνου ζωής των προϊόντων. Με βάση τη

δομή αυτή, έχουν παρουσιαστεί διάφοροι συνδυασμοί των κύριων συστατικών (χαρτόνι, αλουμίνιο και πλαστικό) σύμφωνα με τους οποίους, μεταβάλλοντας κάθε φορά τον αριθμό και την σειρά των επιστρώσεων, το είδος του κάθε υλικού, το πάχος του κλπ, επιτυγχάνονται συγκεκριμένες ιδιότητες προσαρμοσμένες στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και ανάγκες του εκάστοτε προϊόντος. Το μοναδικό, ίσως, μειονέκτημα της συσκευασίας αυτής είναι το γεγονός ότι, εξαιτίας της δομής της (αποτελείται από τρία διαφορετικά υλικά), είναι εξαιρετικά δύσκολο να ανακυκλωθεί. Μπορεί, ωστόσο, να αποτεφρωθεί έχοντας υψηλή θερμική απόδοση και περιορισμένα στερεά κατάλοιπα [329], [376].

Η παγκόσμια παραγωγή χαρτιού ανέρχεται γύρω στους 140 εκατομμύρια τόννους το χρόνο, από την οποία ένα μεγάλο μέρος χρησιμοποιείται στη συσκευασία. Στην Ελλάδα η συνολική παραγωγή χαρτιού και χαρτονιού έφθασε το 1992 τους 345 χιλιάδες τόννους. Εκτιμάται ότι το 30 - 35 % της συνολικής παραγωγής χαρτιού στην Ελλάδα προορίζεται για χρήσεις συσκευασίας ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για το χαρτόνι είναι 45 - 50 %. Υπάρχουν περί τις πέντε σημαντικές χαρτοποιίες στην Ελλάδα, δύο από τις οποίες παράγουν και χαρτοπολτό. Οι υπόλοιπες μονάδες εισάγουν τη απαιτούμενη χαρτομάζα την οποία, αφού επεξεργαστούν κατάλληλα, την μορφοποιούν στο τελικό προϊόν. Επίσης, γίνονται και αρκετές εισαγωγές έτοιμου χαρτιού ένα μέρος από το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή υλικών συσκευασίας [251], [532].

#### **A.2.4. Μέταλλα**

Τα μέταλλα τα οποία χρησιμοποιούνται στην μεταλλική συσκευασία είναι το αλουμίνιο (καθαρό ή κράματα του) και ο κατάλληλα επεξεργασμένος χάλυβας (κυρίως επικασιτερωμένος ή σπανιότερα επιχρωμιωμένος) [359], [363].

#### **Αλουμίνιο**

Το αλουμίνιο είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα μέταλλα του πλανήτη μας καθώς αποτελεί το 8 % περίπου του στερεού μέρους του φλοιού της γης. Πάντως, αν και οι περισσότερες χώρες διαθέτουν μεγάλα αποθέματα ορυκτών που περιέχουν αλουμίνιο (ή αργίλιο, όπως είναι η χημική του ονομασία), σε λίγες μόνο συμφέρει οικονομικώς η εκμετάλλευση τους [460], [532]. Τα πρώτα τεμάχια αλουμινίου παράχθηκαν το 1825 από τον Oersted. Το 1854 οι Deville και Bunsen ανέπτυξαν πιο αποτελεσματικές μεθόδους παραγωγής αλουμινίου που μείωσαν το κόστος του, το οποίο πάντως παρέμενε σε αρκετά υψηλά επίπεδα. Το 1886, οι Heroult και Hall ανακάλυψαν τη σύγχρονη ηλεκτρολυτική μέθοδο παραγωγής αλουμινίου από αλουμίνα ενώ το 1888 ο

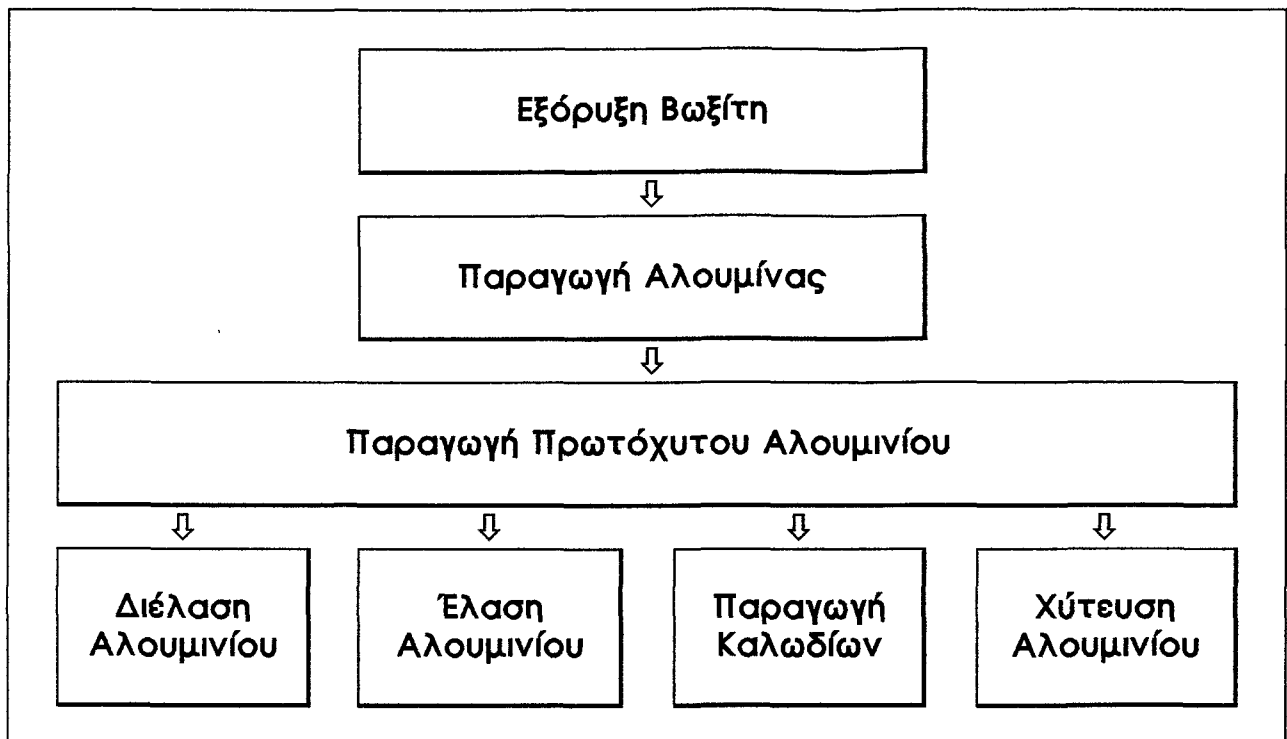
Bayer ανέπτυξε μία οικονομικότερη μέθοδο για την παραγωγή αλουμίνας από κοιτάσματα βωξίτη. Οι τελευταίες ανακαλύψεις μείωσαν ακόμα περισσότερο την τιμή του αλουμινίου, γεγονός το οποίο, σε συνδυασμό με τα σημαντικά πλεονεκτήματα του μετάλλου αυτού, βοήθησε στην εξάπλωση της χρήσης του [232], [354].

Ο βωξίτης είναι το σημαντικότερο, από βιομηχανικής πλευράς, ορυκτό του αλουμινίου καθώς περιέχει οξείδιο του αργιλίου σε ποσοστό 55 % περίπου και το μικρότερο δυνατό ποσοστό πυριτικών παραγώγων (2 - 3 % διοξείδιο του πυριτίου) τα οποία μειώνουν την οικονομική εκμετάλλευση του. Οι άλλες προσμίξεις του βωξίτη είναι περίπου 20 % οξείδιο του σιδήρου και 12 - 15 % νερό. Τα σύγχρονα ορυχεία βωξίτη είναι συνήθως ανοικτής τάφρου ενώ τα κυριότερα κοιτάσματα βρίσκονται στην Τζαμάικα, Γουιάνα, Ν. Αφρική, Ινδία, Μαλαισία και Αυστραλία. Σημαντικά κοιτάσματα διαθέτει και η Ελλάδα η οποία είναι η μεγαλύτερη παραγωγός χώρα βωξίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση με 2 εκατομμύρια τόννους το χρόνο περίπου [391], [532].

Στο διάγραμμα Α.2.4.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι κυριότερες φάσεις παραγωγής και μεταποίησης του αλουμινίου. Αρχικά εξορύσσεται ο βωξίτης από τον οποίο παράγεται αλουμίνα. Στη συνέχεια η αλουμίνα μετατρέπεται σε αλουμίνιο το οποίο, ανάλογα με το είδος των τελικών προϊόντων που παράγονται, οδηγείται για περαιτέρω επεξεργασία σε μονάδες διέλασης, έλασης, παραγωγής ηλεκτρικών αγωγών και καλωδίων καθώς και σε χυτήρια αλουμινίου [105], [401].

Ο βωξίτης, προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα του και να μειωθεί το κόστος μεταφοράς του, θραύεται, εκπλύνεται, ξηραίνεται και αλέθεται. Στη συνέχεια, αντιδρά χημικά με καυστική σόδα, η οποία διαλύει το οξείδιο του αργιλίου που περιέχει, σχηματίζοντας αργιλικό νάτριο. Το αργιλικό νάτριο (το οποίο κοινώς ονομάζεται "πράσινο υγρό") είναι διαλυτό στο νερό. Η διαδικασία αυτή αφήνει ένα υπόλειμμα το οποίο λέγεται "κόκκινη λάσπη" και το οποίο περιέχει οξείδια του σιδήρου, του πυριτίου και σπανιότερα του τιτανίου. Το αργιλικό νάτριο εισέρχεται σε ένα αυτόκλειστο όπου προστίθεται μικρή ποσότητα ένυδρου οξειδίου του αργιλίου ξεκινώντας τη διαδικασία μετατροπής του αργιλικού νατρίου σε υδροξείδιο του αργιλίου (τριυδρικό αργίλιο). Το μίγμα αναδεύεται με πεπιεσμένο αέρα και ψύχεται. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας το αργιλικό νάτριο μετατρέπεται σε υδροξείδιο του αργιλίου και σε καυστική σόδα η οποία ανακτάται. Το υδροξείδιο του αργιλίου καθώς ψύχεται καθιζάνει ως στερεό, οπότε απομακρύνεται σε περιστροφικό κλίβανο για να ξηραθεί. Κατά τη ξήρανση αφαιρείται το νερό αφήνοντας καθαρό οξείδιο του αργιλίου, δηλαδή αλουμίνα, με τη μορφή άσπρης σκόνης. Η μετατροπή της αλουμίνας σε αλουμίνιο γίνεται σε μεγάλα ηλεκτρολυτικά στοιχεία από άνθρακα. Τα στοιχεία πληρούνται μερικώς με ηλεκτρολύτη για την διευκόλυνση της διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται λυωμένο μίγμα φθοριούχου αργιλίου και φθοριούχου νατρίου σε θερμοκρασία 900 °C περίπου, μέσα στο οποίο διαλύεται, κατά κάποιο τρόπο, και η αλουμίνα. Από το τήγμα διέρχονται μεγάλες

ποσότητες ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο προκαλεί τη διάσπαση της αλουμίνας σε αργίλιο (αλουμίνιο) και οξυγόνο. Μικρές ποσότητες υδροφθορίου και άλλων πτητικών φθοριούχων ενώσεων δεσμεύονται και ανακτώνται. Το αλουμίνιο κατακάθεται στον πυθμένα του στοιχείου από όπου συλλέγεται, καθαρίζεται και χύνεται σε ειδικά τεμάχια που ονομάζονται "χελώνες". Οι χελώνες είναι το υλικό που οδηγείται στα επόμενα στάδια (διέλαση, έλαση, καλώδια και χύτευση) και μορφοποιείται κατάλληλα σε διάφορα προϊόντα από αλουμίνιο [232], [532].



**Διάγραμμα A.2.4.1 : Κύριες φάσεις παραγωγής και μεταποίησης αλουμινίου**

Στις μονάδες διέλασης παράγονται προϊόντα αλουμινίου σε μορφή σωλήνων ή βεργών διαφόρων μεγεθών και διατομών (γνωστά και ως "προφίλ αλουμινίου") τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως σε οικοδομικές δραστηριότητες [556]. Στα χυτήρια παράγονται χυτά εξαρτήματα και αντικείμενα από αλουμίνιο διαφόρων σχημάτων και μεγεθών τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως στη βιομηχανία (αυτοκινητοβιομηχανία, αεροναυπηγική κλπ) και γενικά σε ποικίλες ηλεκτρολογικές, ηλεκτρονικές και μηχανολογικές κατασκευές [558]. Στις μονάδες παραγωγής καλωδίων παράγονται ηλεκτρικοί αγωγοί από αλουμίνιο διαφόρων χρήσεων (καλώδια τηλεπικοινωνιών, σύρματα περιελίξεων, εναέριοι αγωγοί και καλώδια, καλώδια υπόγειων δικτύων και εγκαταστάσεων κλπ) τα οποία είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστικά δεδομένου ότι το αλουμίνιο αφενός είναι, μετά το χαλκό, το βιομηχανικό μέταλλο με τη μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα και αφετέρου έχει μικρότερο ειδικό βάρος και φθηνότερη τιμή από αυτό [559].

Στις μονάδες έλασης, τέλος, παράγονται επίπεδα προϊόντα αλουμινίου (γνωστά και ως "πλατέα") τα οποία χρησιμοποιούνται, στη συνέχεια, για την παραγωγή διαφόρων τελικών προϊόντων μεταξύ των οποίων και υλικών συσκευασίας κάθε είδους. Η έλαση μπορεί να είναι είτε θερμή (σε θερμοκρασία 500 °C περίπου) είτε ψυχρή και πραγματοποιείται σε ειδικές μηχανές που ονομάζονται έλαστρα. Οι μηχανές αυτές είναι εξοπλισμένες με δύο μεγάλους κυλίνδρους (τα ράουλα) που η διάμετρος τους μπορεί να ξεπερνά το 1 μέτρο και το βάρος τους τους 50 τόννους. Ανάμεσα στα δύο ράουλα περνάει το φύλλο του αλουμινίου, το πάχος του οποίου μειώνεται σε κάθε πέρασμα. Οι κύλινδροι αυτοί κινούνται από κινητήρες συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος ισχύος 1500 έως 5000 ίππων [402].

Ο εξαιρετικός συνδυασμός του ελαφρού βάρους και της αντοχής κάνει το αλουμίνιο εφαρμόσιμο σε πάρα πολλές χρήσεις που δεν μπορούν να καλύψουν άλλα μέταλλα. Το αλουμίνιο διαθέτει υψηλή ολκιμότητα ενώ έχει την ιδιότητα να κάνει κράματα με άλλα μέταλλα όπως ο χαλκός, το μαγνήσιο, ο ψευδάργυρος, το χρώμιο και το μαγγάνιο και έτσι η χρησιμότητα του να αυξάνεται. Κατάλληλα χρησιμοποιούμενο, το αλουμίνιο αντέχει πολύ καλά στη διάβρωση ενώ η αντοχή και η ελατότητα του αυξάνονται σε θερμοκρασίες υπό το μηδέν, αντίθετα δηλαδή με ότι συμβαίνει με το σίδηρο και το χάλυβα. Το αλουμίνιο μπορεί επίσης να επικαλύπτεται και να βάφεται ηλεκτρολυτικά οπότε αποκτά νέες ιδιότητες [532]. Οι σημαντικότερες εφαρμογές και χρήσεις του αλουμινίου είναι στη βιομηχανία μεταφορικών μέσων, στις οικοδομές, στη συσκευασία, στην κατασκευή ηλεκτρολογικού και μηχανολογικού υλικού, στον οικιακό τομέα κλπ [393], [394]. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται αναλυτικά η ποσοστιαία κατανομή τόσο των συνολικών παραγόμενων προϊόντων αλουμινίου όσο και εκείνων που παρήχθησαν σε μονάδες έλασης, στην Ευρώπη [303], [391].

**Πίνακας Α.2.4.1 : Ποσοστιαία κατανομή παραγόμενων προϊόντων αλουμινίου στην Ευρώπη**

Είδος	Προϊόντα Έλασης (%)	Σύνολο Προϊόντων (%)
Μεταφορές	19	29
Οικοδομικός Τομέας	13	22
Υλικά Συσκευασίας	44	12
Ηλεκτρολογικά Υλικά	2	8
Γενικά Υλικά	7	8
Οικιακός Εξοπλισμός	5	6
Λοιπά Προϊόντα	10	15

Πηγή [303], [391]



Η εδραίωση του αλουμινίου ως ένα από τα σημαντικότερα υλικά συσκευασίας, κυρίως στην κονσερβοποιία, οφείλεται στο γεγονός ότι συνδυάζει τις εξής ιδιότητες [325], [426] :

- ο είναι ελαφρό συντελώντας στην εξοικονόμηση ενέργειας κατά την μεταφορά – διανομή των προϊόντων,
- ο είναι εύκαμπτο επιτρέποντας την εύκολη κατεργασία του,
- ο είναι στεγανό και αδιαπέραστο από την υγρασία, το φως και τους μικροοργανισμούς προστατεύοντας έτσι το περιεχόμενο προϊόν,
- ο δεν επηρεάζει το άρωμα και τα χαρακτηριστικά του περιεχόμενου προϊόντος,
- ο είναι ανθεκτικό στην ατμοσφαιρική διάβρωση και στις συνήθεις θερμοκρασιακές αλλαγές,
- ο προσδίδει καλή εικόνα στο προϊόν ενώ επιδέχεται εύκολα την απαραίτητη εξωτερική επεξεργασία για λόγους πληροφόρησης – μάρκετινγκ,
- ο είναι εύχρηστο, και
- ο ανακυκλώνεται εύκολα [349], [461].

Τα κυριότερα υλικά συσκευασίας που κατασκευάζονται από αλουμίνιο είναι τα δοχεία τροφίμων και ποτών. Μάλιστα, για την κατασκευή τους, αντί καθαρού αλουμινίου, συνήθως χρησιμοποιούνται διάφορα κράματα αλουμινίου (κυρίως κράμα αλουμινίου – μαγνησίου). Εκτός από τα κουτιά και τις κονσέρβες, το αλουμίνιο χρησιμοποιείται για την παραγωγή λεπτών φύλλων που χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία τροφίμων (καφές, μπισκότα κλπ) και για το κλείσιμο πλαστικών σκαφιδίων τροφίμων (κάλυμμα κύπελλων γιαουρτιού κλπ), για σωληνάρια διαφόρων ημίρευστων προϊόντων (οδοντόκρεμες κλπ), για καπάκια και πώματα φιαλών και δοχείων, στη σύνθετη χάρτινη συσκευασία μαζί με χαρτί και πλαστικό κλπ [402], [557].

Η παγκόσμια παραγωγή αλουμινίου ανέρχεται σε 18 εκατομμύρια τόννους το χρόνο περίπου. Η αντίστοιχη παραγωγή αλουμίνας είναι 40 εκατομμύρια τόννοι το χρόνο ενώ η ετήσια παγκόσμια παραγωγή βωξίτη είναι 85 εκατομμύρια τόννοι περίπου. Τα αποθέματα βωξίτη στην Ελλάδα ανέρχονται σε 100 εκατομμύρια τόννους. Από την ετήσια παραγωγή βωξίτη της Ελλάδας, η μισή περίπου ποσότητα εξάγεται και η υπόλοιπη χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία “Αλουμίνιο της Ελλάδος” που βρίσκεται στη Βοιωτία. Η μονάδα αυτή μπορεί να επεξεργάζεται 1,3 εκατομμύρια τόννους το χρόνο βωξίτη παράγοντας 620 χιλιάδες τόννους περίπου αλουμίνας. Από την ποσότητα αυτή, ένα μέρος εξάγεται (περίπου 250 χιλιάδες τόννοι) και το υπόλοιπο μετατρέπεται σε χελώνες αλουμινίου οι

οποίες είτε μορφοποιούνται σε εγχώριες βιομηχανίες είτε εξάγονται. Γενικά, οι προοπτικές της βιομηχανίας αλουμινίου σε παγκόσμιο επίπεδο είναι καλές και οι τομείς που αναμένεται να έχουν τις μεγαλύτερες αυξήσεις είναι η βιομηχανία υλικών συσκευασίας (κυρίως στην Ευρώπη και στην Ιαπωνία) καθώς και η αυτοκινητοβιομηχανία [391], [532].

## Χάλυβας

Η πιο διαδεδομένη μορφή χαλύβδινης συσκευασίας είναι ο *λευκοσίδηρος*, δηλαδή ο επικασσιτερωμένος χάλυβας. Ο λευκοσίδηρος αν και είναι ένα από τα παλαιότερα υλικά συσκευασίας, εξακολουθεί να κατέχει μέχρι σήμερα εξέχουσα θέση στο χώρο αυτό εξαιτίας των πολλών προτερημάτων που συγκεντρώνει. Η σημαντικότερη και σχεδόν αποκλειστική εφαρμογή του λευκοσίδηρου ως υλικό συσκευασίας είναι στην κατασκευή δοχείων, κουτιών και γενικά περιεκτών κάθε είδους και μεγέθους τόσο για τη συσκευασία τροφίμων όσο και για τη συσκευασία άλλων προϊόντων. Μάλιστα, είναι τόσο ευρεία η χρήση του υλικού αυτού ώστε σε ορισμένες χώρες όπως στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής το ποσοστό των δοχείων τροφίμων που είναι φτιαγμένα από λευκοσίδηρο ξεπερνά το 90 % των συνολικών διακινούμενων μεταλλικών δοχείων [363], [555].

Τα λευκοσιδηρά δοχεία υπάρχουν στην αγορά περισσότερο από 150 χρόνια. Η ιστορία αυτού του υλικού συσκευασίας ξεκινά το 1809 όταν ο N. Appert επινόησε στη Γαλλία τη συντήρηση τροφίμων σε δοχείο από γυαλί κλεισμένο καλά με πώμα και με θερμική επεξεργασία. Το 1810 αναπτύχθηκε από τον P. Duran το λευκοσιδηρό δοχείο η κατασκευή του οποίου αρχικά γινόταν στο χέρι με πολύ μικρό ρυθμό παραγωγής. Τα δύο άκρα συγκολλούνται στον κορμό των δοχείων με κράμα μολύβδου και το δοχείο γεμιζόταν από μία οπή που βρισκόταν στο ένα από τα δύο αυτά άκρα. Κατόπιν, ένας μικρός δίσκος επίσης από λευκοσίδηρο συγκολλάτο στην οπή και το δοχείο έκλεινε. Στις αρχές του εικοστού αιώνα επινοήθηκε η διπλή ραφή, τεχνολογία η οποία εφαρμόζεται μέχρι και σήμερα. Το 1960 η ελβετική εταιρεία Soudronis εισάγει το ηλεκτροσυγκολλητό δοχείο χάρη στο οποίο ο μολύβδος αποτελεί οριστικά παρελθόν για τα λευκοσιδηρά δοχεία. Στη δεκαετία του 1970, τέλος, κατασκευάζονται τα λευκοσιδηρά δοχεία δύο τεμαχίων με εξέλαση. Σήμερα, η ζήτηση των δοχείων αυτών βρίσκεται σε ένα επίπεδο της τάξης των 13,5 εκατομμυρίων τόννων λευκοσιδήρου το χρόνο περίπου [414], [472].

Η δομή του λευκοσίδηρου είναι στρωματική. Αποτελείται κυρίως από ένα λεπτό έλασμα χάλυβα, επικαλυμμένου στις δύο όψεις του με ένα στρώμα κασσίτερου. Μεταξύ του χαλύβδινου ελάσματος και της στρώσης κασσίτερου, σχηματίζεται ένα πολύ λεπτό στρώμα κράματος σιδήρου – κασσίτερου ενώ στην ελεύθερη επιφάνεια του κασσίτερου υπάρχει ένα εξαιρετικά λεπτό φιλμ το οποίο ονομάζεται "φιλμ παθητικοποίησης". Ο σκοπός αυτού του φιλμ είναι να προσδώσει στον λευκοσίδηρο ορισμένες επιθυμητές ιδιότητες. Για κάθε μία από τις στρώσεις αυτές του λευκοσίδηρου ισχύουν, περιληπτικά, τα παρακάτω [351], [384] :

Χάλυβας : Ο χάλυβας με το πάχος του και τη σκληρότητα του προσδιορίζει κυρίως τις μηχανικές ιδιότητες του λευκοσίδηρου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, με την κατάλληλη χημική του σύνθεση και τον τρόπο κατασκευής του, μπορεί να βελτιώσει την αντίσταση του λευκοσίδηρου στην οξείδωση. Υπάρχουν τρεις τύποι χάλυβα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή λευκοσίδηρου, οι τύποι L, MR και MC. Ο τύπος L, λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας του σε μεταλλοειδή και μεταλλικά ιχνοστοιχεία, είναι κατάλληλος για τη συσκευασία προϊόντων έντονα οξειδωτικών. Ο τύπος MR είναι κατάλληλος όταν το συσκευασμένο προϊόν είναι μέτρια ή λίγο οξειδωτικό. Στον τύπο MR τα όρια σχετικά με την περιεκτικότητα σε φώσφορο και χαλκό είναι λιγότερο αυστηρά σε σχέση με τον τύπο L ενώ δεν υπάρχουν όρια για τα ιχνοστοιχεία. Ο τύπος χάλυβα MC είναι κατάλληλος όταν επιζητείται μία συσκευασία με μεγάλη σκληρότητα, αλλά μόνο για την περίπτωση προϊόντων με χαμηλή δραστικότητα.

Κράμα σιδήρου - κασσίτερου : Το κράμα αυτό σχηματίζεται μεταξύ του χαλύβδινου ελάσματος και της στρώσης κασσίτερου κατά τη φάση στίλβωσης του ηλεκτρολυτικού λευκοσίδηρου και προέρχεται από τη διάχυση του κασσίτερου μέσα στο σίδηρο του ελάσματος. Όσο περισσότερο συνεχής είναι η στρώση του κράματος, τόσο περισσότερο ο λευκοσίδηρος είναι ανθεκτικός στη γαλβανική οξείδωση σε περιβάλλον όξινο. Δεδομένου ότι όξινο περιβάλλον σχηματίζεται από ορισμένα προϊόντα (π.χ. χυμοί φρούτων και λαχανικών), εάν ο λευκοσίδηρος έχει εντελώς συνεχή στρώση κράματος, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή αβερνίκωτων δοχείων συσκευασίας των προϊόντων αυτών.

Κασσίτερος : Το κύριο χαρακτηριστικό της στρώσης του κασσίτερου είναι το πάχος της καθώς αποτελεί μία κύρια προδιαγραφή για την επιλογή ενός λευκοσίδηρου. Επιπλέον, το πάχος αυτό είναι καθοριστικός παράγοντας για τη διάρκεια ζωής ενός αβερνίκωτου δοχείου. Έτσι, οι κατασκευαστές, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές δραστικότητας των συσκευαζόμενων προϊόντων, προσφέρουν τον ηλεκτρολυτικό λευκοσίδηρο σε διάφορες, ως προς τον βαθμό επικασσιτέρωσης, ποιότητες. Ο βαθμός αυτός, ο οποίος μπορεί να είναι ίδιος ή διαφορετικός σε κάθε όψη, συνήθως κυμαίνεται από 2,8 έως 11,2 gr/m<sup>2</sup>.

Φιλμ παθητικοποίησης : Το φιλμ παθητικοποίησης, αν και είναι εξαιρετικά λεπτό (μερικά νανόμετρα), έχει μια δομή πολυσύνθετη ανάλογα με τον τύπο επεξεργασίας που εφαρμόζεται στην έξοδο της γραμμής επικασσιτέρωσης. Το φιλμ αυτό, που μπορεί να προκύψει με χημικές ή ηλεκτροχημικές μεθόδους, προσδίδει στο λευκοσίδηρο τις ακόλουθες ιδιότητες :

- αντίσταση στην ατμοσφαιρική οξείδωση,
- αντίσταση στη θείωση, και

- βελτίωση στην πρόσφυση των οργανικών επιχρισμάτων όπως είναι τα βερνίκια και τα μελάνια.

Επίσης, ο λευκοσίδηρος λιπαίνεται με μία στρώση λαδιού μονομοριακού γενικά πάχους. Σκοπός της στρώσης αυτής είναι να μειώσει τις βλάβες που προέρχονται από τις τριβές και να διευκολύνει το χειρισμό του λευκοσίδηρου κατά την κατασκευή δοχείων [384], [389].

Για την εσωτερική προστασία των λευκοσιδηρών δοχείων γενικεύεται όλο και περισσότερο η χρήση βερνικιών. Το εσωτερικό βερνίκωμα του δοχείου το καθιστά χημικά ουδέτερο. Έτσι, η χρήση των βερνικιών έκανε δυνατή την κονσερβοποίηση αρκετών προϊόντων σε λευκοσιδηρά δοχεία λύνοντας τα προβλήματα της ταχείας αποκασιτέρωσης τους. Τα διάφορα βερνίκια που χρησιμοποιούνται ανήκουν συνήθως στα ελαιορητινώδη, φαινολικά, εποξυφαινολικά, βινυλικά και ακρυλικά, με τις τρεις πρώτες οικογένειες να χρησιμοποιούνται περισσότερο. Η χρήση του βερνικιού έχει σαν αποστολή να παρεμβάλει ένα ουδέτερο στρώμα μεταξύ της συσκευασίας και του περιεχόμενου προϊόντος. Το στρώμα αυτό πρέπει να είναι εύκαμπτο, αρκετά σκληρό, να έχει καλή πρόσφυση, να αντέχει στην αποστείρωση και στην οξύτητα, να μην έχει γεύση και οσμή κλπ [384], [446].

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι δοχείων είναι οι εξής :

- *Δοχεία γυμνού σώματος και βερνικωμένων άκρων* : τα δοχεία αυτά προορίζονται συνήθως για προϊόντα χαμηλής δραστηριότητας, για τα οποία η παρουσία του κασσίτερου έχει κάποιο ωφέλιμο ρόλο στη διατήρηση του χρώματος τους. Τέτοια προϊόντα είναι, για παράδειγμα, τα ωμά μανιτάρια, οι χυμοί λαχανικών, ορισμένα φρούτα κλπ.
- *Δοχεία βερνικωμένου σώματος και άκρων* : τα δοχεία αυτά χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για λαχανικά, κρέατα, μεγειρεμένα φαγητά και γενικά για όλα τα προϊόντα χαμηλής δραστηριότητας των οποίων διατηρούν καλύτερα την όψη.
- *Δοχεία αναβερνικωμένα ή με αναβερνικωμένη εσωτερικά την πλάγια ραφή* : τα δοχεία αυτά προορίζονται για όξινα δραστικά προϊόντα. Κατασκευάζονται από λευκοσίδηρο που υπέστη το πρώτο βερνίκωμα όταν είχε την μορφή επίπεδου φύλλου. Η τεχνική του αναβερνικώματος, είτε αυτή είναι ολική για τον εσωτερικό χώρο του δοχείου είτε είναι μόνο για την πλάγια ραφή, στόχο έχει να απαλείψει κάθε γυμνή μεταλλική επιφάνεια. Το δοχείο ονομάζεται "αναβερνικωμένο" όταν το εσωτερικό δεύτερο βερνίκωμα εφαρμόζεται με ψεκασμό σε όλη την εσωτερική του επιφάνεια [384].

Τα λευκοσιδηρά δοχεία ταξινομούνται ανάλογα με τον αριθμό των τεμαχίων από τα οποία αποτελούνται. Έτσι, διακρίνουμε τα δοχεία τριών τεμαχίων και εκείνα των δύο τεμαχίων. Τα δοχεία τριών τεμαχίων

αποτελούνται από ένα κυλινδρικό κορμό και δύο άκρα κατάλληλα προσαρμοσμένα σε αυτόν. Τα δοχεία δύο τεμαχίων αποτελούνται από ένα ειδικά μορφοποιημένο ενιαίο κορμό – άκρο και ένα ξεχωριστό άκρο προσαρμοσμένο στο πρώτο τεμάχιο [350], [414]. Η συγκόλληση της ραφής των δοχείων, όπως ήδη αναφέρθηκε, γίνεται σήμερα με ηλεκτροσυγκόλληση ενώ παλαιότερα γινόταν με κασιτεροκόλληση (κράμα κασιτέρου – μολύβδου). Η ηλεκτροσυγκόλληση παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την κασιτεροκόλληση τα κυριότερα από τα οποία είναι [426] :

- (α) δεν υπάρχει ο κίνδυνος της επιμόλυνσης του συσκευασμένου προϊόντος με μόλυβδο (ο οποίος είναι τοξικός), ενώ και ο χώρος παραγωγής των δοχείων είναι πιο υγιεινός,
- (β) επιτυγχάνεται εξοικονόμηση μετάλλου, και
- (γ) το δοχείο παρουσιάζει καλύτερη εμφάνιση ενώ είναι και πιο ασφαλές.

Οι λόγοι για τους οποίους ο λευκοσίδηρος καθιερώθηκε ως ένα από τα πιο διαδεδομένα υλικά συσκευασίας στην κονσερβοποιία, οφείλεται στο γεγονός ότι χαρακτηρίζεται από [426], [446] :

- ✧ αυξημένη σκληρότητα και υψηλή αντοχή,
- ✧ ικανοποιητική εμφάνιση,
- ✧ θερμική αγωγιμότητα,
- ✧ ευκολία μορφοποίησης και συγκόλλησης, και
- ✧ χαμηλό κόστος.

Τα κυριότερα είδη συσκευασίας από λευκοσίδηρο είναι τα δοχεία για ποτά και αναψυκτικά, οι κονσέρβες για τρόφιμα, τα κουτιά για γάλα εβαπορέ, οι φιάλες για προϊόντα υπό πίεση (αεροζόλ κλπ), οι κονσέρβες για τροφές ζώων, τα πώματα και τα καπάκια καθώς και τα δοχεία γενικής χρήσης. Τα τρόφιμα συσκευάζονται συνήθως σε δοχεία τριών τεμαχίων ενώ οι μπίρες, τα αναψυκτικά και οι χυμοί φρούτων σε δοχεία δύο τεμαχίων. Τα δοχεία γενικής χρήσης, αν και έχουν κοινές κατασκευαστικές τεχνικές με τα δοχεία τριών τεμαχίων, διαφέρουν από αυτά αφενός διότι δεν είναι αποστειρωμένα και αφετέρου επειδή είναι δοχεία πολλαπλής χρήσης. Το περιεχόμενο τους, δηλαδή, είναι δυνατόν να καταναλωθεί τμηματικά αφαιρώντας και εναποθέτωντας το κάλυμμα. Στα δοχεία γενικής χρήσης συσκευάζονται συνήθως προϊόντα όπως ελαιόλαδο, βούτυρο, τυριά, χρώματα, διαλυτικά κλπ [435], [455].

Στην Ελλάδα παράγονται αρκετά υλικά συσκευασίας από λευκοσίδηρο. Τα κυριότερα από αυτά είναι κουτιά μπίρας, αναψυκτικών και χυμών, κουτιά βερνικιών και χρωμάτων, κουτιά κονσερβών καθώς και

κουτιά και δοχεία για άλλα προϊόντα. Επίσης παράγονται πώματα και καπάκια, καθώς και διάφορα σωληνάρια και φιαλίδια. Ωστόσο, η ελληνική παραγωγή των λευκοσιδηρών υλικών συσκευασίας, με εξαίρεση τα κουτιά κονσερβών, παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια μια μείωση η οποία, σε μεγάλο βαθμό, οφείλεται στο γεγονός ότι τα είδη αυτά σταδιακά αντικαθίστανται από αντίστοιχα τους τα οποία είναι φτιαγμένα κυρίως από αλουμίνιο αλλά και από πλαστικό [251].

Μία άλλη μορφή χαλύβδινης συσκευασίας, λιγότερο διαδεδομένη από τον λευκοσίδηρο, είναι ο *επιχρωμιωμένος χάλυβας* (ή χάλυβας χωρίς κασσίτερο – TFS). Οι λόγοι που οδήγησαν στην ανάπτυξη του υλικού αυτού ήταν η συνεχώς αυξανόμενη τιμή του κασσίτερου. Η επιχρωμίωση γίνεται ηλεκτρολυτικά σε διαλύματα χρωμίου. Κατά την ηλεκτροαπόθεση σχηματίζονται στρώματα χρωμίου και οξειδίων του χρωμίου πάνω στην επιφάνεια του χαλύβδινου φύλλου. Το πάχος της χρωμίωσης είναι λεπτότερο ακόμα και από τις λεπτότερες επικασσιτερώσεις. Ο επιχρωμιωμένος χάλυβας έχει παρόμοιες ιδιότητες με τον λευκοσίδηρο, αλλά παρουσιάζει πιο θαμπή εμφάνιση και δεν συγκολλάται με επικασσιτεροκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση. Το TFS χρησιμοποιείται για την κατασκευή άκρων ή δοχείων, δύο τεμαχίων που όμως, αν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στην κονσερβοποιία πρέπει προηγουμένως να λακκαριστούν. Στην περίπτωση αυτή, ωστόσο, το κόστος τους ανέρχεται σημαντικά ξεπερνώντας ακόμα και το αντίστοιχο του λευκοσίδηρου. Έτσι, ο επιχρωμιωμένος χάλυβας χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά σε περιπτώσεις όπου η εφαρμογή βερνικιού στο δοχείο δεν είναι απαραίτητη [359], [363].

### **A.3. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ**

Η συσκευασία αποτελεί, στις μέρες μας, μία ιδιαίτερα σημαντική οικονομική δραστηριότητα, η σημασία της οποίας στην αλυσίδα παραγωγής, διανομής και διάθεσης όλων σχεδόν των βιομηχανικών και καταναλωτικών αγαθών είναι καθοριστική. Στη δραστηριότητα αυτή εμπλέκονται άμεσα αφενός οι παραγωγοί υλικών συσκευασίας οι οποίοι τροφοδοτούν την αγορά καλύπτοντας τη σχετική ζήτηση, και αφετέρου οι χρήστες των υλικών συσκευασίας (δηλαδή οι παραγωγοί των προϊόντων που πρόκειται να συσκευασθούν) οι οποίοι, προκειμένου να καλύψουν μια σειρά αναγκών τους που σχετίζονται με την ασφαλή και εμπορικά επιτυχημένη διάθεση των προϊόντων τους, δημιουργούν τη ζήτηση των υλικών αυτών. Επιπλέον, υπάρχουν και οι σχετικές εταιρείες συμβούλων οι οποίες παρέχουν, τόσο στους παραγωγούς όσο και στους χρήστες των υλικών συσκευασίας, την απαραίτητη πληροφόρηση για σχεδιαστικά, τεχνικά, κοστολογικά, περιβαλλοντικά και λοιπά θέματα, λύνοντας τα προβλήματα που προκύπτουν και δίνοντας ιδέες και συμβουλές για καλύτερη αξιοποίηση της συσκευασίας. Ειδικά για τη συσκευασία καταναλωτικών προϊόντων, δεν πρέπει να αγνοηθεί ο ιδιαίτερα σημαντικός ρόλος και όσων διακινούν (μεταφορείς, αποθήκες κλπ), διαθέτουν (χονδρέμποροι, σούπερ – μάρκετ κλπ) και καταναλώνουν τα προϊόντα αυτά, καθώς πολύ συχνά με τη στάση τους και τις απαιτήσεις τους επηρεάζουν και κατευθύνουν τις τάσεις στη συσκευασία [364], [375].

Η μελέτη της συσκευασίας ως οικονομική δραστηριότητα της οποίας τα προϊόντα είναι οικονομικά αγαθά μπορεί να πραγματοποιηθεί εξετάζοντας δύο κύριες παραμέτρους. Οι δύο αυτές παράμετροι είναι οι εξής [462] :

- (α) συσκευασία και κόστος προϊόντος, και
- (β) συσκευασία και εθνική οικονομία.

Η πρώτη από τις παραπάνω παραμέτρους αφορά στο κόστος των χρησιμοποιούμενων υλικών συσκευασίας σε σχέση με το κόστος του προϊόντος που συσκευάζεται. Η παράμετρος αυτή επηρεάζεται κυρίως από όσους ασχολούνται με τον σχεδιασμό και την παραγωγή των υλικών συσκευασίας και του απαραίτητου σχετικού εξοπλισμού (μηχανές συσκευασίας κλπ) αλλά και από εκείνους που έχουν την ευθύνη για την επιλογή της κατάλληλης, κάθε φορά, συσκευασίας με βάση τις συγκεκριμένες συνθήκες που επικρατούν (είδος προϊόντος, τρόπος διανομής και διάθεσης, υπάρχουσα νομοθεσία, ανταγωνισμός, τεχνικοί και περιβαλλοντικοί περιορισμοί κλπ). Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα οι

τιμές της παραμέτρου αυτής να εξαρτώνται άμεσα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εκάστοτε περίπτωσης ξεχωριστά. Γενικά, πάντως, το κόστος της συσκευασίας για τα καταναλωτικά προϊόντα κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 3 και 10 % της αξίας του συσκευαζόμενου προϊόντος χωρίς ωστόσο να είναι λίγες οι περιπτώσεις κατά τις οποίες το κόστος αυτό είναι είτε μικρότερο από 3 % είτε μεγαλύτερο από 10 %. Στον πίνακα Α.3.1 που ακολουθεί δίνεται μια ενδεικτική ποσοστιαία διακύμανση του κόστους συσκευασίας διαφόρων προϊόντων σε σχέση με το κόστος παραγωγής τους. Από τον πίνακα αυτό φαίνεται ότι, για παράδειγμα, το κόστος συσκευασίας της ζάχαρης δεν ξεπερνά ποτέ το 3 % του κόστους παραγωγής της, ενώ το αντίστοιχο κόστος των τσιγάρων είναι πάντα μεγαλύτερο από το 10 % του κόστους παραγωγής του. Αντίθετα, το κόστος συσκευασίας των απορρυπαντικών λαμβάνει διάφορες τιμές, ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος αυτού [364], [473] :

**Πίνακας Α.3.1 : Ενδεικτική διακύμανση του κόστους συσκευασίας διαφόρων καταναλωτικών προϊόντων ως ποσοστό του κόστους παραγωγής τους**

Συσκευαζόμενο Προϊόν	< 3 %	3 - 5 %	5 - 10 %	> 10 %
Ζάχαρη	100	-	-	-
Μαργαρίνη	-	-	100	-
Απορρυπαντικά	4	27	38	31
Καπνός	17	-	50	33
Τσιγάρα	-	-	-	100
Βούτυρο	38	13	12	37
Ηλεκτρικοί Λαμπτήρες	23	37	3	37
Σαπούνι	18	12	29	41
Αλεύρι	-	50	-	50
Τσάι	33	-	17	50
Είδη Ζαχαροπλαστικής	-	25	25	50
Κακάο	-	17	33	50
Μπισκότα	-	-	50	50
Σοκολάτα	33	-	-	67
Λοιπά Είδη Παντοπωλείου	-	-	33	67

Πηγή [364]

Γενικά, το κόστος συσκευασίας μπορεί να αναλυθεί σε τρεις επιμέρους συνιστώσες οι οποίες επιγραμματικά είναι οι εξής [364], [462] :

- κόστος των υλικών συσκευασίας,
- κόστος των άμεσων εργατικών, και
- γενικά έξοδα (κόστος έρευνας και ανάπτυξης, αποσβέσεις μηχανών συσκευασίας και λοιπού εξοπλισμού, ηλεκτρική ενέργεια κλπ).



Εκτός, όμως, από τις τρεις παραπάνω συνιστώσες του κόστους συσκευασίας, υπάρχει και μία τέταρτη η οποία, ωστόσο, τις περισσότερες φορές μέχρι σήμερα αγνοείται. Η τέταρτη αυτή συνιστώσα, η οποία αντιπροσωπεύει το κόστος από την επιβάρυνση του περιβάλλοντος εξαιτίας της συσκευασίας, ονομάζεται **περιβαλλοντικό κόστος συσκευασίας**. Ένας από τους κύριους λόγους για τους οποίους η συνιστώσα αυτή δεν λαμβάνεται μέχρι σήμερα υπόψη στο συνολικό κόστος συσκευασίας, είναι το γεγονός ότι ο ακριβής και αντικειμενικός προσδιορισμός της είναι πολύ δύσκολος. Ωστόσο, με τη συστηματική χρήση της ανάλυσης κύκλου ζωής, ο προσδιορισμός της θα γίνει πιο εύκολος και θα μπορέσει, έτσι, να ενσωματωθεί στο συνολικό κόστος της συσκευασίας και γενικά των προϊόντων [56].

Η δεύτερη παράμετρος της συσκευασίας ως οικονομικής δραστηριότητας σχετίζεται με την συμβολή της στην εθνική οικονομία. Συγκεκριμένα, η συσκευασία συνεισφέρει στην αύξηση του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος (ΑΕΠ) καθώς αποτελεί το βασικό αντικείμενο ενός πολύ μεγάλου αριθμού βιομηχανικών και εμπορικών επιχειρήσεων σε ολόκληρο τον κόσμο, συντελώντας έτσι στη δημιουργία θέσεων εργασίας και γενικά στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη [462]. Είναι χαρακτηριστικό ότι στην Ευρωπαϊκή Ένωση η αγορά συσκευασίας ανήλθε το 1990 σε 80 δισεκατομμύρια δολάρια Η.Π.Α. περίπου. Οι ευρωπαϊκές χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή και κατανάλωση υλικών συσκευασίας είναι η Γερμανία, η Γαλλία, η Ιταλία, η Βρετανία και η Ισπανία οι οποίες, όπως φαίνεται και στον πίνακα Α.3.2 που ακολουθεί, αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 78 % της συνολικής αγοράς της Ευρωπαϊκής Ένωσης του 1991. Οι επιχειρήσεις με αντικείμενο τη συσκευασία στην Ευρώπη το 1991 ανέρχονταν σε 20 χιλιάδες περίπου και απασχολούσαν 600 χιλιάδες εργαζόμενους. Η δομή της αγοράς αυτής δεν παρουσιάζεται ενιαία καθώς, για μεν τα υλικά συσκευασίας από χαρτί - χαρτόνι, από γυαλί και από μέταλλο οι επιχειρήσεις είναι κυρίως μεγάλου μεγέθους και συχνά πολυεθνικές, για δε τα υλικά συσκευασίας από πλαστικό, εκτός από τις μεγάλες πολυεθνικές εταιρείες που επίσης είναι εγκατεστημένες, υπάρχει και ένας ιδιαίτερα μεγάλος αριθμός μικρομεσαίων επιχειρήσεων οι οποίες ασχολούνται κυρίως με την μεταποίηση και την εμπορία των προϊόντων αυτών. Οι μεγαλύτερες ευρωπαϊκές επιχειρήσεις ειδών συσκευασίας είναι οι γερμανικές Europa Carton, Viag, Gerresheimer, Oberland Glas και PWA, οι γαλλικές B.S.N., Pechiney και Saint - Gobain, οι βρετανικές Bowater, Linpac και Rockware, οι ολλανδικές Buehrmann Tetterode και Van Leer, η ιρλανδική Jefferson Smurfit καθώς και η βρεττανογαλλική Carnaud Metalbox. Από τα διάφορα υλικά συσκευασίας, την μεγαλύτερη κατανάλωση στην Ευρώπη έχει το χαρτί - χαρτόνι το οποίο καλύπτει το 40 % της αγοράς, ακολουθεί το γυαλί με 30 %, τα πλαστικά και τα μέταλλα με 20 % περίπου, ενώ η υπόλοιπη αγορά καλύπτεται από άλλα υλικά (ξύλο, ύφασμα κλπ) [403].

**Πίνακας Α.3.2 : Παραγωγή και κατανάλωση προϊόντων συσκευασίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση**

Χώρα	Παραγωγή		Κατανάλωση		
	1989	1990	1989	1990	1991
<b>Προϊόντα Συσκευασίας (1000 ton)</b>					
Ευρωπαϊκή Ένωση	39230	40500	41520	43000	43340
<b>Ποσοστό Συμμετοχής κάθε Χώρας (%)</b>					
Γερμανία	24,7	25,5	23,2	24,2	25,2
Γαλλία	19,4	19,3	19,1	18,7	18,6
Ιταλία	16,6	16,3	17,6	17,2	16,9
Βρετανία	16,6	15,9	16,0	15,5	15,1
Ισπανία	10,3	10,2	9,1	9,1	9,0
Ολλανδία	4,2	4,2	5,2	5,3	5,3
Βέλγιο	2,6	2,8	4,0	4,1	4,0
Δανία	1,8	1,8	2,2	2,1	2,1
Πορτογαλία	2,4	2,6	1,7	1,8	1,8
Ελλάς	0,9	0,9	1,2	1,3	1,3
Ιρλανδία	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7

Πηγή [403]

Ειδικότερα, για κάθε ένα από τα κυριότερα υλικά συσκευασίας της ευρωπαϊκής αγοράς ισχύουν συνοπτικά τα παρακάτω [39], [403] :

Χαρτί - Χαρτόνι : Η παραγωγή υλικών συσκευασίας από χαρτί στην Ευρωπαϊκή Ένωση ανήλθε το 1990 σε 14,5 εκατομμύρια τόννους παρουσιάζοντας συνολική αύξηση μεγαλύτερη από 20 % σε σχέση με την προηγούμενη πενταετία. Η μισή περίπου από την παραγωγή αυτή καταναλώνεται στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών (είδη συσκευασίας για γάλα, χυμούς κλπ).

Πλαστικά : Η ευρωπαϊκή παραγωγή υλικών συσκευασίας από πλαστικό παρουσίασε σημαντική αύξηση φτάνοντας το 1990 σε 8,1 εκατομμύρια τόννους. Τα υλικά τα οποία κυρίως χρησιμοποιούνται είναι το πολυαιθυλένιο χαμηλής και υψηλής πυκνότητας, το τереφθαλικό πολυαιθυλένιο, το πολυβινυλοχλωρίδιο και το πολυστυρένιο. Την μεγαλύτερη εξέλιξη παρουσιάζει ο τομέας των πλαστικών φιαλών όπου παρατηρείται μια αυξανόμενη αντικατάσταση των γυάλινων φιαλών, κυρίως των αναψυκτικών και του εμφιαλωμένου νερού [445].

Γυαλί: Η βιομηχανία γυάλινων υλικών συσκευασίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης καταλαμβάνει την πρώτη θέση στον κόσμο κατέχοντας το 65 % περίπου της παγκόσμιας αγοράς. Η παραγωγή το 1990 ξεπέρασε τα 14,2 εκατομμύρια τόννους παρουσιάζοντας σε σχέση με τα πέντε προηγούμενα χρόνια αύξηση της τάξης περίπου του 24 %. Τα προϊόντα με τη μεγαλύτερη κατανάλωση είναι οι γυάλινες φιάλες για κρασί και μπύρα και, ειδικά για τη Βρετανία, οι επιστρεφόμενες γυάλινες φιάλες γάλακτος [480], [483].

Μέταλλα: Η ευρωπαϊκή παραγωγή υλικών συσκευασίας από μέταλλο παρουσίασε μεν αύξηση τα τελευταία χρόνια αλλά σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά συσκευασίας. Η περιορισμένη αυτή αύξηση της παραγωγής οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι επιτεύχθηκε σταδιακά μείωση του βάρους των παραγόμενων προϊόντων. Τα μέταλλα τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται είναι ο λευκοσίδηρος και το αλουμίνιο και τα κυριότερα προϊόντα που παράγονται είναι κουτιά για κονσέρβες και αναψυκτικά, φιάλες για αεροζόλ κλπ [391], [403].

Όπως γίνεται φανερό από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η σημασία της συσκευασίας για την οικονομία της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι ιδιαίτερα σημαντική. Εξίσου σημαντική, όμως, είναι η σημασία της συσκευασίας και για την ελληνική οικονομία. Η παραγωγή των υλικών συσκευασίας από χαρτί, χαρτόνι, πλαστικό, γυαλί, λευκοσίδηρο και αλουμίνιο αποτελεί μία από τις βασικές δραστηριότητες της ελληνικής μεταποιητικής βιομηχανίας. Μάλιστα, ορισμένοι κλάδοι της βιομηχανίας οι οποίοι παράγουν υλικά συσκευασίας, παρουσιάζουν τα τελευταία χρόνια εμφανή άνοδο της οικονομικής τους δραστηριότητας παρά το γεγονός ότι σε αρκετούς κλάδους της μεταποίησης, ο δείκτης της βιομηχανικής παραγωγής σημειώνει αισθητή πτώση. Επιπλέον, διάφορα προϊόντα όπως γάλα, λάδι, σπορέλαια, χυμοί, τοματοπολτός κλπ, οφείλουν την εντυπωσιακή αύξηση της παραγωγής και κατανάλωσης τους στην ανάπτυξη και εξέλιξη της συσκευασίας. Αξιοπρόσεκτη είναι η συμμετοχή της συσκευασίας και στον τριτογενή τομέα της οικονομίας, δηλαδή στον τομέα των υπηρεσιών. Η δραστηριότητα αυτή είναι εντονότερη κυρίως στον τομέα των μηχανών συσκευασίας καθώς στη χώρα μας, εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων, δεν παράγονται τέτοιες μηχανές, αλλά και σε εκείνο των εταιρειών συμβούλων οι οποίες υποστηρίζουν τη βιομηχανία σε εξειδικευμένα θέματα συσκευασίας. Σε ότι αφορά στο γενικό δείκτη τιμών χονδρικής πώλησης τελικών προϊόντων, παρατηρείται ότι είναι γενικά χαμηλότερος από τον μέσο δείκτη τιμών χονδρικής του συνόλου της ελληνικής μεταποιητικής βιομηχανίας. Το φαινόμενο αυτό, πάντως, οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι αρκετά υλικά συσκευασίας παράγονται από ανακυκλωμένες πρώτες ύλες, των οποίων το κόστος είναι χαμηλότερο [383].

Στον κλάδο της συσκευασίας δραστηριοποιούνται σήμερα στην Ελλάδα περισσότερες από 200 επιχειρήσεις και απασχολούνται 15600 περίπου εργαζόμενοι. Κατά τη δεκαετία 1980 - 1990 τα ποσοστά συμμετοχής των επί μέρους υλικών συσκευασίας στη συνολική τους

παραγωγή δεν παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις, εκτός από τα ποσοστά συμμετοχής του χαρτιού, του λευκοσίδηρου και του αλουμίνιου, τα οποία σημείωσαν σχετική μεταβολή. Συγκεκριμένα, ενώ το ποσοστό συμμετοχής της χάρτινης συσκευασίας στη συνολική παραγωγή υλικών συσκευασίας από 40,7 % αυξήθηκε σε 43,9 %, της συσκευασίας από λευκοσίδηρο από 25 % μειώθηκε σε 19 % και της συσκευασίας από αλουμίνιο αυξήθηκε από 0,5 % σε 4,7 %, τα ποσοστά συμμετοχής των υλικών συσκευασίας από γυαλί και από πλαστικό παρέμειναν στα ίδια περίπου επίπεδα (14,4 % και 18 % αντίστοιχα) [383], [403]. Στους επόμενους πίνακες A.3.3 έως A.3.7 δίνονται περισσότερα στοιχεία σχετικά με την παραγωγή, τις εισαγωγές και τις εξαγωγές των υλικών συσκευασίας στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια [251], [560].

**Πίνακας A.3.3 : Εξέλιξη της παραγωγής υλικών συσκευασίας από χαρτί και χαρτόνι στην Ελλάδα**

Είδος Προϊόντος (τόννοι)	1988	1989	1990	1991	1992
<b>Χαρτί και Χαρτόνι Συσκευασίας</b>					
Χαρτί για κυματοειδές χαρτόνι	22288	18149	25539	20685	14048
Χαρτί kraft για σάκκου	3591	2540	645	854	664
Χαρτί αδιαπέραστο στα λιπαρά	3566	2647	2960	3076	2964
Λοιπα χαρτιά συσκευασίας	2015	1615	687	536	341
Χαρτόνια για συσκευασία	13072	12349	12530	11567	15015
<b>Είδη Συσκευασίας Χάρτινα</b>					
Χαρτοκιβώτια	98013	101892	122710	105210	125728
Χαρτοκιβώτια τετραπάκ	430	476	*	*	1850
Χαρτόκουτα	51419	65672	67779	69910	158718
Χαρτόσακκοι	27640	22290	24396	21460	21701
Χαρτοσακκούλες	21659	21820	22986	22288	26289
Χαρτόνι κυματοειδές	48126	49904	41491	46917	53481

Πηγή [251], [560] / \*: Δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία

**Πίνακας Α.3.4 : Εξέλιξη της παραγωγής υλικών συσκευασίας από γυαλί και πλαστικό στην Ελλάδα**

Είδος Προϊόντος (τόνοι)	1988	1989	1990	1991	1992
<b>Είδη Συσκευασίας από Γυαλί</b>					
Φιαλοειδή διάφορα	48820	62102	69127	71147	85520
<b>Είδη Συσκευασίας από Πλαστικό</b>					
Βαρέλια και μπιτόνια	7770	9234	10224	10427	9056
Βυτία και ντεπόζιτα	320	343	799	851	216
Κύπελα και βάζα συσκευασίας	6094	6614	6033	5681	7992
Σακκούλες για ψώνια κλπ	37767	41151	41787	39816	39639
Καφάσια και τε- λάρα φρούτων	7650	8469	10430	9079	7656
Φιαλοειδή διάφορα	30592	30930	31804	33371	28295
Φιλμς και φύλλα από PE, PS κλπ	25346	30171	32154	32861	32345
Λοιπά είδη συσκευασίας	17628	19739	17380	12861	8958

Πηγή {25}, {56}

Η βιομηχανία υλικών συσκευασίας από χαρτί και χαρτόνι στην Ελλάδα αποτελείται από 39 επιχειρήσεις οι οποίες απασχολούν 5500 εργαζόμενους περίπου. Αν και πολλές από τις επιχειρήσεις αυτές δεν διαθέτουν σύγχρονο εξοπλισμό, εντούτοις η ποικιλία των προϊόντων που παράγουν κρίνεται εξαιρετικά σημαντική, ιδιαίτερα αν ληφθεί υπόψη και το μέγεθος της ελληνικής αγοράς.

Η ελληνική βιομηχανία γυάλινων υλικών συσκευασίας αποτελείται από 6 επιχειρήσεις οι οποίες απασχολούν 700 εργαζόμενους περίπου. Στην Ελλάδα, το γυαλί εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ευρέως ως υλικό συσκευασίας, κυρίως στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών. Ωστόσο η ελληνική βιομηχανία έχει να αντιμετωπίσει τον ανταγωνισμό αφενός από τις βιομηχανίες άλλων χωρών (κυρίως της κεντρικής και ανατολικής Ευρώπης οι οποίες συνήθως προσφέρουν χαμηλότερες τιμές) και αφετέρου από άλλα υλικά συσκευασίας τα οποία αντικαθιστούν το γυαλί σε διάφορες εφαρμογές (πλαστικό, σύνθετη χάρτινη συσκευασία κλπ) {383}, {403}.

**Πίνακας Α.3.5 : Εξέλιξη της παραγωγής υλικών συσκευασίας από μέταλλο στην Ελλάδα**

Είδος Προϊόντος (χιλ. τεμάχια)	1988	1989	1990	1991	1992
<b>Είδη Συσκευασίας από Λευκοσίδηρο</b>					
Κουτιά μπίρας και αναψυκτικών	27615	28559	8301	-	-
Κουτιά βερνικιών και χρωμάτων	45355	41309	35110	31194	35354
Κουτιά κονσερβών	689471	611169	634212	501000	565023
Λοιπά κουτιά και δοχεία	55073	57074	57312	60354	65686
Πώματα τύπου κράου	1620612	1600715	1506736	1624824	1914143
Λοιπά πώματα (βιδωτά κλπ)	614003	453591	486877	421475	625752
Σωληνάρια και φιαλίδια	2400	2514	3713	6530	6462
<b>Είδη Συσκευασίας από Αλουμίνιο</b>					
Κουτιά μπίρας και αναψυκτικών	731867	572184	848601	815606	982084
Πώματα διάφορα (βιδωτά κλπ)	745692	796407	893851	844374	922406
Σωληνάρια και φιαλίδια	24306	23180	23886	22890	20715

Πηγή {251}, {560}

**Πίνακας Α.3.6 : Εξέλιξη των ελληνικών εισαγωγών υλικών συσκευασίας**

Αξία Εισαγωγών σε χιλιάδες δολάρια Η.Π.Α.	1989	1990	1991
Είδη συσκευασίας από Χαρτί - Χαρτόνι	27886	36274	41240
Είδη Συσκευασίας από Πλαστικό	24785	36691	34020
Είδη Συσκευασίας από Γυαλί	26312	23986	23399
Είδη συσκευασίας από Μέταλλο (Αλουμίνιο και Λευκοσίδηρος)	29227	56300	52713

Πηγή {403}

**Πίνακας Α.3.7 : Εξέλιξη των ελληνικών εξαγωγών υλικών συσκευασίας**

<b>Αξία Εξαγωγών σε χιλιάδες δολάρια Η.Π.Α.</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>
Είδη συσκευασίας από Χαρτί - Χαρτόνι	4616	7327	6048
Είδη Συσκευασίας από Πλαστικό	4743	4711	4755
Είδη Συσκευασίας από Γυαλί	2510	1709	2261
Είδη συσκευασίας από Μέταλλο (Αλουμίνιο και Λευκοσίδηρος)	21001	20428	32328

Πηγή {403}

Ο κλάδος υλικών συσκευασίας από λευκοσίδηρο στην Ελλάδα αριθμεί 23 περίπου επιχειρήσεις με 3200 εργαζόμενους. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής του κλάδου αυτού χρησιμοποιείται για τη συσκευασία τροφίμων (κονσέρβες για έτοιμα φαγητά, κομπόστες, τοματοπολτούς κλπ) {383}, {403}.

Η βιομηχανία υλικών συσκευασίας από αλουμίνιο στην Ελλάδα αποτελείται από 11 επιχειρήσεις στις οποίες απασχολούνται 1400 εργαζόμενοι συνολικά. Η χρήση του αλουμινίου ως υλικό συσκευασίας είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στη χώρα μας καθώς το 34,9 % του συνολικά χρησιμοποιούμενου αλουμινίου καταναλώνεται για το σκοπό αυτό (το αντίστοιχο ποσοστό για την Ευρώπη είναι 26,6 % κατά μέσο όρο). Άλλωστε, η Ελλάδα αποτελεί μία βωξίτοπαραγωγό χώρα με παραγωγή που αντιστοιχεί στο 60 % της συνολικής παραγωγής των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μεταξύ των οποίων κατέχει την πρώτη θέση, και στο 32 % της συνολικής ευρωπαϊκής. Η κυριότερη χρήση του αλουμινίου είναι για την παραγωγή κουτιών για μπίρες και αναψυκτικά {404}, {410}.

Η ελληνική βιομηχανία υλικών συσκευασίας από πλαστικό περιλαμβάνει 127 επιχειρήσεις με συνολικό προσωπικό 4500 εργαζόμενους περίπου. Αν και όλες σχεδόν οι πρώτες ύλες της βιομηχανίας αυτής είναι εισαγόμενες (με εξαίρεση κάποιες μικρές ποσότητες πολυβινυλοχλωριδίου και πολυστυρενίου που παράγονται στην Ελλάδα), ο κλάδος παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη και εμφανίζεται ιδιαίτερα ανταγωνιστικός και δυναμικός στη διεθνή αγορά. Τα κυριότερα προϊόντα είναι φιάλες και φιαλοειδή, σακκούλες και φιλμς {373}, {386}.

Η ιδιαίτερη σημασία που έχει η συσκευασία για την εθνική οικονομία της χώρας μας, εκτός από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, φαίνεται και από το γεγονός ότι ο Οργανισμός Προώθησης Εξαγωγών (ΟΠΕ) αποφάσισε τη δημιουργία ενός Ινστιτούτου Συσκευασίας. Οι κύριοι στόχοι και επιδιώξεις του Ινστιτούτου αυτού είναι συνοπτικά οι εξής {398} :

- να χρησιμεύσει ως σημείο επαφής μεταξύ κατασκευαστών και χρηστών των συσκευασιών στην Ελλάδα, καθώς και με άλλους φορείς που ενδιαφέρονται για τη συσκευασία, οργανώνοντας συμπόσια, εκθέσεις, συσκέψεις κλάδων κλπ,
- να διατηρεί μια πλήρη υπηρεσία πληροφοριών και τεκμηρίωσης στον τομέα της συσκευασίας και να έχει συνεργασία με άλλα κέντρα,
- να διεξάγει τεχνικοοικονομικές έρευνες και έρευνες αγοράς, σχετικά με τις διεθνείς απαιτήσεις και τάσεις στην εξαγωγική συσκευασία για τα ελληνικά προϊόντα,
- να βοηθά στην ανάπτυξη προτύπων συσκευασίας και προδιαγραφών για τα ελληνικά εξαγώγιμα προϊόντα,
- να διενεργεί σε συνεργασία με τους αρμόδιους φορείς και τις επιχειρήσεις, ποιοτικό έλεγχο των εγχώριων και εισαγόμενων υλικών συσκευασίας,
- να βοηθήσει στην τεχνική βελτίωση των λειτουργιών σχετικά με τη συσκευασία, προσφέροντας υπηρεσίες τεχνικού συμβούλου, και
- να σχεδιάζει και να εφαρμόζει βραχυχρόνια και μακροχρόνια εκπαιδευτικά προγράμματα κατάρτισης σε εθνική κλίμακα για την τεχνολογία και την προώθηση της συσκευασίας στη χώρα μας.

Η δημιουργία του Ινστιτούτου Συσκευασίας από τον ΟΠΕ προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι παραπάνω στόχοι, αποτελεί χωρίς αμφιβολία μία ακόμη αναγνώριση της ιδιαίτερης σημασίας που έχει η συσκευασία για την οικονομία και την οικονομική και κοινωνική ζωή γενικότερα. Σημασία η οποία, όπως αναφέρθηκε αναλυτικά παραπάνω, είναι αποτέλεσμα του γεγονότος ότι, η συσκευασία στα βιομηχανικά ανεπτυγμένα κράτη βρίσκεται στις μέρες μας στο επίκεντρο της δημιουργικής και οικονομικής δραστηριότητας, ενώ ειδικότερα στη χώρα μας η παραγωγή υλικών συσκευασίας από χαρτί, χαρτόνι, πλαστικό, γυαλί, λευκοσίδηρο, αλουμίνιο κλπ αποτελεί μία από τις βασικές δραστηριότητες της ελληνικής μεταποιητικής βιομηχανίας [398].



#### **A.4. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Το συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον της κοινής γνώμης για τα περιβαλλοντικά θέματα και ειδικότερα η ευαισθητοποίηση η οποία παρατηρείται τα τελευταία χρόνια σε Ευρώπη και Αμερική σχετικά με τη ρύπανση που προκαλείται στο περιβάλλον από την έντονη βιομηχανική δραστηριότητα και γενικά το σύγχρονο τρόπο ζωής, έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σημαντικών πιέσεων για συστηματική και αντικειμενική διερεύνηση και καταγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των διαφόρων δραστηριοτήτων. Η συσκευασία αποτελεί έναν από τους τομείς οι οποίοι δέχονται τις περισσότερες πιέσεις αυτού του είδους καθώς κατηγορείται για μια σειρά από αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον όπως, για παράδειγμα, για το γεγονός ότι καταναλώνει μεγάλα ποσά ενέργειας και πρώτων υλών, ότι αποτελεί πηγή αέριων και υγρών αποβλήτων, ότι συχνά είναι υπερβολική καθώς πολλά προϊόντα είναι περισσότερο από όσο χρειάζεται συσκευασμένα κλπ. Ωστόσο, η σημαντικότερη και συχνότερη από τις κατηγορίες αυτές αφορά στη δημιουργία στερεών αποβλήτων καθώς, όπως υποστηρίζεται από πολλούς, συνεισφέρει σημαντικά στην αύξηση τόσο των αστικών απορριμμάτων όσο και των διάσπαρτων σκουπιδιών [311], [561]. Το γεγονός αυτό είχε ως συνέπεια την λήψη μέτρων και συγκεκριμένα τη θέσπιση ειδικών κανονισμών, διατάξεων και νόμων, τόσο σε επίπεδο μεμονωμένων κρατών όσο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής [335], [399].

Αν και πολύ συχνά κατηγορίες όπως οι παραπάνω οι οποίες στρέφονται εναντίον των υλικών συσκευασίας είναι υπερβολικές και ελάχιστα αντικειμενικές, εντούτοις κανένα υλικό συσκευασίας δεν μπορεί να διεκδικήσει το χαρακτηρισμό ότι δεν επιδρά στο περιβάλλον. Βέβαια, η αξιολόγηση αυτής της επίδρασης είναι αρκετά δύσκολη διαδικασία καθώς εξαρτάται από πολλά κριτήρια. Μάλιστα, αρχικά απαιτείται η γενικότερη αξιολόγηση της συσκευασίας η οποία συνοπτικά περιλαμβάνει τα εξής στάδια [307], [396] :

- ο τεχνική αξιολόγηση της συσκευασίας (μέθοδοι παραγωγής, ευκολία διαχείρισης κλπ),
- ο ποιοτική αξιολόγηση της συσκευασίας (αποτελεσματικότητα, ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν τους καταναλωτές κλπ),
- ο οικονομική αξιολόγηση της συσκευασίας (απαραραίτητες επενδύσεις, διάθεση στην αγορά κλπ), και
- ο περιβαλλοντική αξιολόγηση της συσκευασίας.

Ειδικότερα, τα κυριότερα κριτήρια αξιολόγησης μιας συσκευασίας από οικολογικής απόψεως, πρέπει να αφορούν και να περιλαμβάνουν τις παρακάτω παραμέτρους {426} :

- ◆ το είδος και την ποσότητα των πρώτων υλών που απαιτούνται για την παραγωγή της συσκευασίας,
- ◆ το ποσοστό χρήσης δευτερογενούς (ανακυκλωμένου) υλικού,
- ◆ τη συνολική κατανάλωση ενέργειας,
- ◆ τη συνολική αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων, και
- ◆ την μέθοδο διαχείρισης της απόβλητης συσκευασίας (ποσοστό ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης κλπ).

Η αξιολόγηση με βάση τα παραπάνω κριτήρια πρέπει να λαμβάνει υπόψη το συνολικό κύκλο ζωής του υλικού συσκευασίας και να εξετάζει κατά πόσο επιτυγχάνονται οι παρακάτω γενικοί στόχοι {313} :

- ✧ ελαχιστοποίηση της χρήσης φυσικών πόρων,
- ✧ ελαχιστοποίηση της εκπομπής βλαβερών ουσιών,
- ✧ μεγιστοποίηση του χρόνου ζωής του προϊόντος, και
- ✧ μεγιστοποίηση του ποσοστού επαναχρησιμοποίησης των υλικών.

Ανεξάρτητα πάντως των παραπάνω, οι βασικές αρχές οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη από όλους όσους εμπλέκονται με τη συσκευασία (σχεδιαστές, παραγωγούς, χρήστες εμπόρους, τελικούς καταναλωτές κλπ) προκειμένου να επιτυγχάνεται η ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση του περιβάλλοντος, είναι κατά σειρά προτίμησης οι εξής :

Απουσία Συσκευασίας : εφόσον, για κανένα ιδιαίτερο λόγο, η συσκευασία ενός προϊόντος δεν κρίνεται απαραίτητη, τότε μπορεί να παραλείπεται.

Ελάχιστη Συσκευασία : εφόσον η συσκευασία ενός προϊόντος θεωρείται απαραίτητη για συγκεκριμένους λόγους, τότε πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια ώστε να είναι η ελάχιστη δυνατή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε επιλέγοντας κατάλληλο υλικό συσκευασίας είτε σχεδιάζοντας κατάλληλα το συσκευαζόμενο προϊόν (π.χ. προϊόντα όπως χυμοί, απορρυπαντικά κλπ σε συμπυκνωμένη μορφή).

Αναλώσιμη ή Επαναχρησιμοποιήσιμη Συσκευασία : η συσκευασία μπορεί να είναι αναλώσιμη και να καταναλώνεται ή απλώς να εξαλείφεται μαζί με το προϊόν (π.χ. υδατοδιαλυτή συσκευασία απορρυπαντικών) ή να είναι επαναχρησιμοποιήσιμη οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για να

συσκευασθεί το ίδιο προϊόν (π.χ. επαναπληρώσιμες φιάλες) είτε σε άλλες εφαρμογές (π.χ. βάζα συσκευασίας τροφίμων που κατόπιν χρησιμοποιούνται ως ποτήρια κλπ).

Ανακυκλώσιμη Συσκευασία και Συσκευασία από Ανακυκλωμένα Υλικά : εφόσον το υλικό συσκευασίας δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί όπως είναι, τότε πρέπει να μπορεί να ανακυκλωθεί ώστε να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή άλλων αντικειμένων, ενώ επίσης πρέπει και το ίδιο να έχει παραχθεί με βάση ανακυκλωμένα υλικά [356], [448].

Βέβαια, τα παραπάνω αποτελούν βασικές αρχές και συνεπώς ο ακριβής και αντικειμενικός προσδιορισμός της περιβαλλοντικής ή μη υπεροχής ενός συγκεκριμένου υλικού συσκευασίας επιτυγχάνεται μόνο με τη χρήση κατάλληλων μεθοδολογιών όπως η ανάλυση κύκλου ζωής. Στη συνέχεια δίνονται περισσότερα στοιχεία σχετικά με τις βασικές περιβαλλοντικές παραμέτρους των κυριότερων υλικών συσκευασίας.

#### **A.4.1. Κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών**

Για την παραγωγή των υλικών συσκευασίας, όπως και κάθε άλλου προϊόντος, είναι αναγκαία η κατανάλωση ενέργειας. Η ενέργεια αυτή, η οποία είναι απαραίτητη για την πραγματοποίηση των διαφόρων φυσικών, χημικών και άλλων διεργασιών που περιλαμβάνονται σε κάθε παραγωγική διαδικασία, καταναλώνεται σε διάφορες μορφές και σε διαφορετικά στάδια αυτής της διαδικασίας. Προκειμένου η κατανάλωση ενέργειας να καταγραφεί και στη συνέχεια να αναλυθεί και να συγκριθεί με ανάλογες περιπτώσεις, απαιτείται λεπτομερής ανάλυση η οποία προϋποθέτει την εξέταση μιας σειράς από σχετικές παραμέτρους. Μερικές από τις παραμέτρους αυτές είναι ο καθορισμός των ορίων του συστήματος και των υποσυστημάτων του, ο προσδιορισμός των χρησιμοποιούμενων μορφών ενέργειας, η επιλογή της αντιπροσωπευτικότερης στο σύστημα τεχνολογίας, ο προσδιορισμός της έμμεσης κατανάλωσης ενέργειας (όπως είναι εκείνη που απαιτείται για την παραγωγή του αναγκαίου μηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού) κλπ [314], [457].

Εκτός, όμως, από ενέργεια, η παραγωγή υλικών συσκευασίας απαιτεί, όπως είναι φυσικό, και την κατανάλωση πρώτων και βοηθητικών υλών. Η αντιμετώπιση που απαιτείται και σε αυτή την περίπτωση είναι ανάλογη με εκείνη της ενέργειας καθώς η χρήση των διαφόρων υλικών εξαρτάται από αντίστοιχες παραμέτρους. Επιπλέον πρέπει, λόγω της ιδιαίτερης σημασίας τους, να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη και ορισμένοι άλλοι παράγοντες όπως είναι το βάρος του υλικού συσκευασίας (είναι χαρακτηριστικό ότι τα τελευταία χρόνια έχει επιτευχθεί σημαντική μείωση του βάρους των περισσοτέρων υλικών συσκευασίας), το ποσοστό

χρησιμοποίησης ανακυκλωμένων υλικών στη θέση πρωτογενών κλπ. Γενικά, οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν σημαντικά τόσο την κατανάλωση των πρώτων υλών όσο και εκείνη της ενέργειας [330], [459]. Στη συνέχεια παρουσιάζεται συνοπτικά η κατάσταση που επικρατεί στις μέρες μας σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών των κυριότερων υλικών που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία.

#### ↳ Γυαλί

Όπως αναφέρθηκε ήδη, το γυαλί παράγεται κυρίως από χαλαζιακή άμμο, ανθρακική σόδα και ασβεστόλιθο. Η σύντηξη των υλικών αυτών, μαζί με τεμάχια ανακυκλωμένου γυαλιού (εφόσον χρησιμοποιούνται), κονιοποιημένο άνθρακα και διάφορες βοηθητικές ύλες (θειικό ασβέστιο, αλουμίνα, ανθρακικό κάλιο, ενώσεις του σεληνίου, ανθρακικά άλατα κλπ), γίνεται σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες οι οποίες επιτυγχάνονται με την καύση διαφόρων καυσίμων, συνήθως πετρελαιοειδών. Εκτός από τα παραπάνω υλικά, στην παραγωγή του γυαλιού χρησιμοποιούνται επίσης και σημαντικές ποσότητες νερού. Γενικά, η τυπική σύνθεση των χρησιμοποιούμενων πρώτων υλών είναι η εξής [420], [532]:

- χαλαζιακή άμμος : 0,59 – 0,76 kg ανά kg παραγόμενου γυαλιού,
- ανθρακική σόδα : 0,04 – 0,25 kg ανά kg παραγόμενου γυαλιού,
- ασβεστόλιθος : 0,15 – 0,25 kg ανά kg παραγόμενου γυαλιού,
- βοηθητικές ύλες : 0,07 – 0,20 kg ανά kg παραγόμενου γυαλιού, και
- νερό : 2,35 kg περίπου ανά kg παραγόμενου γυαλιού.

Σε ότι αφορά στην ενέργεια που καταναλώνεται, αυτή εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους όπως είναι η εφαρμοζόμενη τεχνολογία, το ποσοστό χρήσης ανακυκλωμένου γυαλιού, η σύνθεση και η αναλογία των πρώτων και βοηθητικών υλών που χρησιμοποιούνται κλπ. Συνήθως, η απαιτούμενη αυτή ενέργεια κυμαίνεται μεταξύ 4 και 17 MJ περίπου ανά παραγόμενο χιλιόγραμμο γυαλιού, ανάλογα από τον τόπο, το χρόνο και τις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν, την μεθοδολογία μέτρησης που εφαρμόζεται, την ακρίβεια που επιτυγχάνεται κλπ. Στην ενέργεια αυτή πρέπει να προστίθεται κάθε φορά και η ενέργεια που καταναλώνεται για την μορφοποίηση του γυαλιού στο εκάστοτε υλικό συσκευασίας (π.χ. φιάλη, βάζο, αμπούλα κλπ) [104], [307]. Στον επόμενο πίνακα Α.4.1.1 παρουσιάζεται η ενέργεια η οποία, σύμφωνα με μετρήσεις που έγιναν στη Βρετανία, απαιτείται για την παραγωγή ενός χιλιόγραμμου γυαλιού με προορισμό τη συσκευασία. Στον πίνακα αυτό, σημειώνεται επιπλέον η συνεισφορά της κάθε πρώτης ύλης στη διαμόρφωση της ενεργειακής κατανάλωσης καθώς και οι κυριότερες μορφές ενέργειας (ηλεκτρική ενέργεια, υγρά καύσιμα κλπ) που χρησιμοποιούνται [105].

**Πίνακας Α.4.1.1 : Κατανάλωση ενέργειας ανά υλικό για την παραγωγή ενός χιλιόγραμμου γυαλιού συσκευασίας (Βρετανία)**

Πρώτη Ύλη	Ηλεκτρική Ενέργεια (MJ)	Υγρό Καύσιμα (MJ)	Λοιπά Καύσιμα (MJ)	Συνολική Ενέργεια (MJ)
Χαλαζιακή Άμμος	0,12	0,21	-	0,33
Ασβεστόλιθος	0,03	0,04	-	0,07
Ανθρακική Σόδα	0,07	2,21	0,93	3,21
Βοηθητικές Ύλες	0,08	0,26	0,08	0,42
Νερό	0,02	-	-	0,02
<i>Σύνολο</i>	<i>0,32</i>	<i>2,72</i>	<i>1,01</i>	<i>4,05</i>

Πηγή [105], [307]

#### ☞ *Πλαστικά*

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, τα πλαστικά προέρχονται από τη βιομηχανία πετροχημικών στην οποία οι κυριότερες πρώτες ύλες είναι το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Αρχικά παράγονται διάφορα χημικά ενδιάμεσα και μονομερή από τα οποία, με τη βοήθεια διαφόρων καταλυτών και άλλων βοηθητικών υλικών (γεμιστικά και ενισχυτικά, πλαστικοποιητές κλπ), παράγονται τα τελικά πολυμερή. Τα σημαντικότερα από τα χημικά ενδιάμεσα και μονομερή είναι το αιθυλένιο, το προπυλένιο, το βουτυλένιο, το βουταδιένιο, η φαινόλη, η φορμαλδεΰδη, το μονομερές χλωριούχο βινύλιο, το οξεικό βινύλιο, ο φθαλικός ανυδρίτης, το ακρυλικό και μεθακρυλικό μεθύλιο κλπ, ενώ ως γεμιστικά και ενισχυτικά συνήθως χρησιμοποιούνται κυτταρινικά υλικά (ξυλάλευρο, βαμβάκι, χαρτοπολτός), φυτικές ίνες (σιζάλ), ανθρακικά υλικά (ίνες γραφίτη και αιθάλη), συνθετικά υλικά (ίνες Κevlar), ορυκτά γεμιστικά (ανθρακικό ασβέστιο, χαλαζίας, καολίνης, τάλκης, οξειδία μετάλλων, πυριτικά άλατα), κονιοποιημένα μέταλλα (σίδηρος, χαλκός, αλουμίνιο, μόλυβδος και ψευδάργυρος) καθώς και διάφορες ανόργανες ίνες (ίνες γυαλιού, οξειδία του αργιλίου, βασάλτης). Επίσης, ανάλογα με το είδος του πλαστικού που παράγεται μπορεί να απαιτείται και η χρήση άλλων υλικών ενώ καταναλώνονται και σημαντικές ποσότητες νερού [429], [532].

Σε ότι αφορά στην ενέργεια παραγωγής των πλαστικών, αυτή περιλαμβάνει και εκείνη που περιέχεται στα υλικά (πετρέλαιο, φυσικό αέριο κλπ) τα οποία χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες. Όπως και στην περίπτωση του γυαλιού, η ενέργεια αυτή εξαρτάται από τον τόπο, το χρόνο και τις άλλες συνθήκες που επικρατούν σε κάθε μέτρηση και συνήθως κυμαίνεται από 50 έως 60 MJ/kg για το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), από 85 έως 155 MJ/kg για το τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET), από

71 έως 80 MJ/kg για το πολυπροπυλένιο (PP), από 67 έως 114 MJ/kg για το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE), από 68 έως 89 MJ/kg για το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE), και από 77 έως 105 MJ/kg για το πολυστυρένιο υψηλής αντοχής (HI-PS). Οι παραπάνω καταναλώσεις ενέργειας προσαυξάνονται με εκείνες που απαιτούνται κάθε φορά για την μορφοποίηση των πλαστικών στα διάφορα υλικά συσκευασίας [104], [173]. Στον επόμενο πίνακα A.4.1.2 δίνεται η ενέργεια παραγωγής των σημαντικότερων για τη βιομηχανία υλικών συσκευασίας πλαστικών, όπως μετρήθηκε σε χώρες της Δυτικής Ευρώπης, όπου μάλιστα σημειώνονται και οι κυριότερες μορφές ενέργειας (ηλεκτρική ενέργεια, υγρά καύσιμα, φυσικό αέριο κλπ) που χρησιμοποιούνται, ενώ στον πίνακα A.4.1.3 δίνεται η τυπική κατανάλωση νερού.

**Πίνακας A.4.1.2 : Κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή των κυριότερων πλαστικών που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία**

Είδος Πλαστικού	Ηλεκτρική Ενέργεια (MJ/kg)	Υγρά Καύσιμα (MJ/kg)	Λοιπά Καύσιμα (MJ/kg)	Συνολική Ενέργεια (MJ/kg)
Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	39,58	19,27	-	58,85
Πολυαιθυλένιο Υψηλής Πυκνότητας (HDPE)	3,88	36,09	41,02	80,99
Πολυαιθυλένιο Χαμηλής Πυκνότητας (LDPE)	2,23	22,39	58,36	82,98
Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο (PET)	21,56	132,32	-	153,88
Πολυπροπυλένιο (PP)	3,48	54,78	21,78	80,04
Πολυστυρένιο Γενικής Χρήσης (GPPS)	2,38	40,78	58,23	101,39
Πολυστυρένιο Υψηλής Αντοχής (HI-PS)	2,79	44,53	57,78	105,1
Διογκώσιμο Πολυστυρένιο (EPS)	3,29	48,46	44,48	96,23

Πηγή [102], [103], [105], [142]

#### ↳ Χαρτί - Χαρτόνι

Η βιομηχανία χαρτιού - χαρτονιού είναι κλάδος έντασης πρώτων υλών. Ως κύρια πρώτη ύλη χρησιμοποιείται συνήθως το ξύλο και λιγότερο συχνά τα άχυρα, το βαμβάκι και το λινάρι. Επίσης, απαιτούνται ιδιαίτερα μεγάλες ποσότητες νερού ενώ καταναλώνονται και διάφορα χημικά τα οποία χρησιμοποιούνται σε όλα σχεδόν τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας (πρόσθετα, βελτιωτικά, επιφανειοδραστικά, αντιδραστήρια, πολυμερή κλπ) [355], [361]. Στον πίνακα A.4.1.4 που ακολουθεί δίνονται οι πρώτες και άλλες ύλες που απαιτούνται για την παραγωγή ενός τόννου χαρτιού μέσου τύπου.

**Πίνακας Α.4.1.3 : Κατανάλωση νερού κατά την παραγωγή των κυριότερων πλαστικών που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία**

Είδος Πλαστικού	Κατανάλωση Νερού (kg/kg)
Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	5,8
Πολυαιθυλένιο Υψηλής Πυκνότητας (HDPE)	9,5
Πολυαιθυλένιο Χαμηλής Πυκνότητας (LDPE)	4,1
Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο (PET)	1,5
Πολυπροπυλένιο (PP)	3,1
Πολυστυρένιο Γενικής Χρήσης (GPPS)	5,0
Πολυστυρένιο Υψηλής Αντοχής (HI-PS)	15,0
Διογκώσιμο Πολυστυρένιο (EPS)	9,8

Πηγή {102}, {103}, {105}, {142}

**Πίνακας Α.4.1.4 : Κατανάλωση πρώτων και βοηθητικών υλών κατά την παραγωγή χαρτιού μέσου τύπου**

Υλικό	Κατανάλωση (kg/ton)
Νερό	133000
Θείο	15,5 - 16
Υδροξείδιο του μαγνησίου	20
Οξειδίο του ασβεστίου	176,5 - 177
Θειικό νάτριο	33
Καυστική σόδα	29 - 30
Χλώριο	54
Άμυλο	53 - 54
Συνθετικά γεμιστικά	10 - 10,5
Τάλκης	28 - 30
Θειικό αργίλιο	14 - 15
Καολίνης	66
Κολοφώνιο	6
Βαφές και Χρωστικές	8

Πηγή {94}, {232}, {532}

Για την παραγωγή ενός τόννου χαρτοπολτού καταναλώνεται ποσότητα ξύλου που κυμαίνεται μεταξύ 1500 και 2700 kg, ανάλογα με τη μέθοδο πολτοποιήσεως που εφαρμόζεται ενώ ακόμα χρειάζονται 250 kg οξειδίου του ασβεστίου, 125 kg ανθρακικής σόδας και 6500 kg ατμού. Επίσης απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια 900 MJ περίπου. Για την παραγωγή ενός τόννου χαρτιού μέσου τύπου (αντιπροσωπευτικός ποικιλίας τύπων) απαιτούνται 4752 MJ ηλεκτρικής ενέργειας καθώς επίσης και 686 λίτρα υγρών καυσίμων (πετρέλαιο κλπ) ή 1000 kg στερεών καυσίμων (κωκ, άνθρακας κλπ) {307}, {532}.

## ☞ *Μέταλλα*

Η παραγωγή του αλουμινίου πραγματοποιείται, όπως είδαμε, σε δύο στάδια : στο πρώτο στάδιο παράγεται αλουμίνα από βωξίτη και στο δεύτερο η αλουμίνα μετατρέπεται σε αλουμίνιο. Ο βαθμός απόδοσης της διαδικασίας παραγωγής αλουμινίου από βωξίτη είναι 25 % περίπου, ανάλογα με την περιεκτικότητα του βωξίτη σε οξείδιο του αργιλίου. Αυτό σημαίνει ότι από δύο τόννους βωξίτη λαμβάνεται περίπου ένας τόννος αλουμίνης από τον οποίο στη συνέχεια παράγεται μισός τόννος αλουμινίου. Όπως επίσης αναφέρθηκε, η μετατροπή της αλουμίνης σε αλουμίνιο γίνεται με ηλεκτρόλυση η οποία πραγματοποιείται μέσα σε μεγάλα ηλεκτρολυτικά στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά είναι επενδεδυμένα με άνθρακα (ο οποίος αποτελεί την κάθοδο) ενώ το ηλεκτρόδιο της ανόδου είναι κατασκευασμένο από ειδικό κωκ το οποίο προέρχεται από επεξεργασία πετρελαίου και πίσσας. Ως ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται λυωμένο μίγμα φθοριούχου αργιλίου και φθοριούχου νατρίου (που ονομάζεται κρούλιθος). Για κάθε τόννο αλουμινίου που παράγεται απαιτείται μισός τόννος άνθρακα υψηλής καθαρότητας (επειδή δεν πρέπει να αφήνει τέφρα κατά την καύση του με το οξυγόνο) ενώ χρειάζονται και 50 kg περίπου κρούλιθου. Ο κρούλιθος βρίσκεται έτοιμος ως ορυκτό αλλά μπορεί να παραχθεί και συνθετικά από υδροφθόριο, αλουμίνα της μονάδας αλουμινίου και καυστική σόδα. Για την παραγωγή ενός τόννου κρούλιθου απαιτούνται 638 kg υδροφθόριου, 400 kg αλουμίνης και 800 kg καυστικής σόδας. Επειδή η θερμότητα σχηματισμού της αλουμίνης είναι πολύ υψηλή (360 kcal/gr), για τη διάσπαση της και απελευθέρωση του αλουμινίου απαιτούνται αντίστοιχα πολύ υψηλά ποσά ενέργειας, κυρίως ηλεκτρικής. Συγκεκριμένα για την παραγωγή ενός τόννου αλουμινίου απαιτούνται τουλάχιστον 13000 kWh. Η τάση του συνεχούς ρεύματος είναι 4,1 - 6,5 V και η ένταση του ρεύματος που διέρχεται κάθε στοιχείο κυμαίνεται από 10000 έως 100000 A [303], [532]. Στον πίνακα A.4.1.5 που ακολουθεί παρουσιάζεται η συνολική ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή ενός κιλού αλουμινίου όπως μετρήθηκε στη Βρετανία. Στον ίδιο πίνακα επιπλέον σημειώνεται η συνεισφορά τόσο συγκεκριμένων δραστηριοτήτων της παραγωγικής διαδικασίας (π.χ. παραγωγή αλουμίνης από βωξίτη, ηλεκτρόλυσης αλουμίνης κλπ), όσο και της ενέργειας παραγωγής ορισμένων από τα χρησιμοποιούμενα υλικά (π.χ. ενέργεια παραγωγής φθοριούχου αργιλίου, κρούλιθου κλπ) στη διαμόρφωση αυτής της ενεργειακής κατανάλωσης, καθώς επίσης και οι κυριότερες μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται [105], [325].

Στον επόμενο πίνακα A.4.1.6 δίνεται η ενέργεια παραγωγής του λευκοσίδηρου στην οποία διακρίνονται δύο στάδια : στο πρώτο στάδιο παράγεται χάλυβας σε μορφή ρολλών ή φύλλων (συνήθως αφού υποστεί κατεργασία εν θερμώ) και στο δεύτερο στάδιο ο χάλυβας αυτός μετατρέπεται σε λευκοσίδηρο με επικασσιτέρωση. Σε ότι αφορά στην απόδοση αυτής της διεργασίας, για κάθε 1 kg λευκοσίδηρου που παράγεται, απαιτείται 1,295 kg χάλυβα [105]. Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τόσο στην περίπτωση του αλουμινίου όσο και σε αυτή του λευκοσίδηρου, οι ενέργειες που δίνονται στους πίνακες A.4.1.5 και A.4.1.6



αντίστοιχα, προσauξάνονται με εκείνες που καταναλώνονται κάθε φορά για την μορφοποίηση τους στα διάφορα υλικά συσκευασίας.

**Πίνακας Α.4.1.5 : Κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή ενός κιλού αλουμίνιου για συσκευασία**

Δραστηριότητα	Ηλεκτρική Ενέργεια (MJ)	Υγρό Καύσιμα (MJ)	Λοιπά Καύσιμα (MJ)	Συνολική Ενέργεια (MJ)
Παραγωγή αλουμίνιας	2,61	34,66	13,31	50,58
Παραγωγή φθορ. αργιλίου	0,12	0,49	0,17	0,78
Παραγωγή κρυόλιθου	0,35	0,20	-	0,55
Παραγωγή κωκ	0,56	41,46	-	42,02
Παραγωγή πίσσας	-	7,16	-	7,16
Ενέργεια ηλεκτρόλυσης	183,87	5,06	1,14	190,07
Σύνολο	187,51	89,03	14,62	291,16

Πηγή {105}

**Πίνακας Α.4.1.6 : Κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή ενός κιλού λευκοσίδηρου για συσκευασία**

Στάδιο Παραγωγής	Ηλεκτρική Ενέργεια (MJ)	Υγρό Καύσιμα (MJ)	Λοιπά Καύσιμα (MJ)	Συνολική Ενέργεια (MJ)
Παραγωγή (εν θερμώ) χάλυβα σε μορφή ρολλού	3,64	6,82	20,21	30,67
Παραγωγή λευκοσίδηρου από ρολλούς χάλυβα	4,25	3,36	2,37	9,98
Σύνολο	8,96	12,19	28,55	49,70

Πηγή {105}

#### A.4.2. Δημιουργία αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων

Εκτός από την κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών, κατά την παραγωγή υλικών συσκευασίας δημιουργούνται και διάφορα απόβλητα. Τα απόβλητα αυτά, τα οποία είναι σε αέρια, υγρή και στερεά μορφή, ελευθερώνονται στο περιβάλλον και συντελούν, έτσι, στην επιβάρυνση του. Η κατάσταση που επικρατεί στις μέρες μας σχετικά με τα απόβλητα αυτά, παρουσιάζεται συνοπτικά στη συνέχεια.

##### ↳ Γυαλί

Κατά την παραγωγή του γυαλιού, η ρύπανση του περιβάλλοντος προέρχεται κυρίως από τα καυσαέρια τα οποία δημιουργούνται κατά την τήξη των πρώτων υλών και του ανακυκλωμένου γυαλιού. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η θερμοκρασία που απαιτείται για την τήξη όλων αυτών των υλικών είναι αρκετά υψηλή (1500 °C περίπου) και επιτυγχάνεται με την καύση διαφόρων καυσίμων (κυρίως πετρελαιοειδών αλλά και φυσικού αερίου) τα οποία εκπέμπουν καυσαέρια που περιέχουν διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου, αιθάλη, οξείδια του θείου, υδροφθόριο, υδροχλώριο κλπ [532]. Τα οξείδια του θείου βρίσκονται συνήθως υπό μορφή SO<sub>2</sub> και SO<sub>3</sub> και προέρχονται από το περιεχόμενο θείο του καυσίμου. Αν το καύσιμο που χρησιμοποιείται περιέχει 1,5 έως 2,0 % θείο, τότε η εκπομπή των οξειδίων του θείου κυμαίνεται από 2,0 έως 4,0 gr/Nm<sup>3</sup>. Άλλη πηγή των οξειδίων του θείου είναι τα θειικά άλατα που περιέχονται στις πρώτες ύλες και τα οποία υφίστανται θερμική διάσπαση. Οι εκπομπές υδροχλωρίου και το υδροφθορίου προέρχονται τόσο από τις πρώτες ύλες όσο και από τα κομμάτια ανακυκλωμένου γυαλιού που χρησιμοποιούνται και συνήθως κυμαίνονται από 40 έως 180 mg/Nm<sup>3</sup> και από 5 έως 30 mg/Nm<sup>3</sup> αντίστοιχα. Τα οξείδια του αζώτου σχηματίζονται κυρίως κατά την αντίδραση αζώτου και οξυγόνου η οποία λαμβάνει χώρα στις υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στον κλίβανο, ενώ κάποιες ποσότητες προέρχονται και από τη θερμική διάσπαση των νιτρικών αλάτων. Οι εκπομπές NO<sub>x</sub> κυμαίνονται συνήθως από 1,0 έως 4,0 gr/Nm<sup>3</sup> [426]. Οι αέριοι όξινοι ρυπαντές SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HF και HCl μπορούν να εξουδετερωθούν με κάποια βάση (π.χ. καυστική σόδα, υδροξείδιο του ασβεστίου κλπ) ενώ τα οξείδια του άνθρακα, του θείου και κυρίως του αζώτου περιορίζονται με μετατροπή της πηγής ενέργειας σε φυσικό αέριο ή με τη χρήση καθαρού οξυγόνου αντί αέρα ως οξειδωτικού της καύσης [409], [532].

Εκτός από τα αέρια απόβλητα που περιέχονται στα καυσαέρια του κλιβάνου τήξης, ρύπανση του περιβάλλοντος μπορεί να προέλθει και από τα σωματίδια που εκπέμπονται σε μορφή σκόνης κατά τις πρώτες φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας. Η τυπική εκπομπή της σκόνης αυτής κυμαίνεται από 50 έως 1000 mg/Nm<sup>3</sup> ενώ το μέγεθος των σωματιδίων είναι εξαιρετικά λεπτό καθώς η μέση τιμή του δεν ξεπερνά τα 0,05 μm. Σε

αυτή τη σκόνη, μάλιστα, μπορεί να περιέχονται και τοξικά σωματίδια όπως αρσενικό, κάδμιο, σελήνιο και μόλυβδος ανάλογα με τη σύσταση και το είδος του παραγόμενου γυαλιού. Σε ότι αφορά, τέλος, στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος που οφείλεται στα υγρά και στερεά απόβλητα τα οποία δημιουργούνται κατά την παραγωγή του γυαλιού, αυτή είναι γενικά περιορισμένη καθώς τα μεν υγρά απόβλητα παράγονται σε αμελητέες ποσότητες τα δε στερεά είναι κυρίως σκάρτα προϊόντα τα οποία ανακυκλώνονται επί τόπου [426].

#### ☞ *Πλαστικά*

Η σημαντικότερη διεργασία κατά την παραγωγή των πλαστικών είναι, όπως είδαμε, ο πολυμερισμός του μονομερούς ή των μονομερών σε πολυμερές. Η διεργασία αυτή πραγματοποιείται μέσα σε κλειστά συστήματα από τα οποία δεν είναι εύκολη η διαφυγή αέριων, υγρών ή στερεών υλικών. Η διαδικασία ανακύκλωσης αέριων ή υγρών αλλά και στερεών είναι πολύ διαδεδομένη εσωτερική διαδικασία σε τέτοιες μονάδες. Εξάλλου, υπάρχουν ιδιαίτερα αυστηρές διατάξεις για εκπομπές μονομερών (όπως για παράδειγμα του μονομερούς βινυλοχλωριδίου στις μονάδες παραγωγής PVC) αλλά και κανόνες ασφαλείας λόγω του γεγονότος ότι τα μονομερή και γενικά τα υλικά που μετέχουν στον πολυμερισμό είναι συνήθως εύφλεκτα και τοξικά. Πάντως, εκτός των συνήθων καυσαερίων παραγωγής ενέργειας και μικρών σχετικά ποσοτήτων φορέων καταλυτών με ορισμένες μικροποσότητες καταλυτών, οι βιομηχανίες πολυμερισμού δεν κατατάσσονται στις μονάδες που προκαλούν σημαντική αέρια ρύπανση του περιβάλλοντος. Σε ότι αφορά στο στάδιο της μορφοποίησης, τα πλαστικά θερμαίνονται και τήκονται χωρίς ιδιαίτερες εκπομπές βλαβερών ουσιών. Βέβαια, υπάρχουν και οι περιπτώσεις όπου μπορεί να υπάρξει διαρροή σχετικά βλαβερών για το περιβάλλον υλικών, τα περισσότερα πλαστικά, ωστόσο, είναι εντελώς αδρανή υλικά. [532].

Ανάλογη με τα αέρια απόβλητα κατάσταση επικρατεί και για τα υγρά και στερεά, καθώς οι εγκαταστάσεις παραγωγής πλαστικών δεν χαρακτηρίζονται από υψηλό όγκο τέτοιων αποβλήτων, ούτε ιδιαίτερα ρυπογόνων σε σύγκριση τουλάχιστον με τις υπόλοιπες χημικές βιομηχανίες. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα στερεά απόβλητα, τα οποία προέρχονται κυρίως από τα σκάρτα της παραγωγής (αποκόμματα και ελαττωματικά προϊόντα), ανακυκλώνονται από την ίδια την παραγωγική μονάδα. Τα υγρά απόβλητα παράγονται κυρίως στο στάδιο παραγωγής των πρώτων υλών και συνήθως έχουν αυξημένες περιεκτικότητες σε χημικά συστατικά όπως έλαια, φθοριούχες ενώσεις, αμμωνία, φαινόλη, διάφορα άλατα (κυρίως νιτρικά και χλωριούχα), αλδεΐδες κλπ ενώ και τα διαλελυμένα σωματίδια είναι συνήθως αυξημένα. Ο όγκος των ρυπαντικών φορτίων των αποβλήτων αυτών είναι συνάρτηση του είδους της βιομηχανίας και των συγκεκριμένων παραγωγικών διεργασιών ενώ ο περιορισμός τους μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή διαφόρων φυσικοχημικών μεθόδων [392], [426].

## ↳ *Χαρτί - Χαρτόνι*

Τα βασικά στάδια της διαδικασίας παραγωγής στη βιομηχανία χαρτοπολτού και χαρτιού είναι η παραγωγή της χαρτομάζας (είτε από πρωτογενή πρώτη ύλη είτε από ανακυκλωμένο χαρτί) και η παραγωγή χαρτιού και χαρτονιού. Το πρώτο στάδιο πραγματοποιείται, όπως έχει ήδη αναφερθεί, με μηχανικό και χημικό διαχωρισμό των ινών της κυτταρίνης από μικρά τεμάχια ξύλου, από πριονίδια ή από κορμούς δέντρων (η παραγωγή χαρτομάζας από ανακυκλωμένο χαρτί θα παρουσιαστεί σε επόμενη παράγραφο) ενώ το δεύτερο στάδιο γίνεται στις χαρτοποιητικές μηχανές με μια διαδικασία η οποία περιλαμβάνει αραίωση με νερό, ανάμειξη ινών, προσθήκη διαφόρων βελτιωτικών και μετατροπή σε φύλλα χαρτιού μέσω ειδικών κυλίνδρων. Στους πίνακες A.4.2.1 και A.4.2.2 που ακολουθούν παρουσιάζονται συνοπτικά τα αέρια, υγρά και στερεά απόβλητα που παράγονται σε κάθε βήμα των δύο αυτών σταδίων αντίστοιχα [371], [532].

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα A.4.2.1, τα υγρά απόβλητα από τις λειτουργίες παραγωγής χαρτοπολτού αποτελούν ένα αρκετά σημαντικό πρόβλημα της βιομηχανίας αυτής. Τα κυριότερα συστατικά των αποβλήτων αυτών προέρχονται από ουσίες του ξύλου, από τα υποπροϊόντα των αντιδράσεων και από τα χημικά πρόσθετα τα οποία χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή του χαρτοπολτού. Ο όγκος των λυμάτων είναι ιδιαίτερα μεγάλος αφού, όπως είδαμε και σε προηγούμενη παράγραφο, μεγάλος είναι και ο όγκος του νερού που χρησιμοποιείται [458], [475]. Τα κυριότερα συστατικά των υγρών αποβλήτων είναι τα παρακάτω :

- εκχυλίσματα ξύλου και κυρίως τα ρητινικά και λιπαρά οξέα του ξύλου (ιδιαίτερα του μαλακού) που έχουν κάποια τοξικότητα,
- οργανικές πτητικές ενώσεις (VOC) όπως το νέφτι που περιέχεται στο ξύλο καθώς και πτητικά προϊόντα αντιδράσεων όπως η μεθανόλη και οι οργανικές θειούχες ενώσεις που είναι έντονα τοξικές, και
- υπόλοιπα διαλυμένα εκχυλίσματα του ξύλου που δίνουν χρώμα, απαιτούν χημικό και βιοχημικό οξυγόνο (COD και BOD αντίστοιχα) και αντιδρούν με το χλώριο κατά τη διαδικασία λεύκανσης δίνοντας τοξικές ενώσεις όπως οι διοξίνες [532].

Στις σύγχρονες βιομηχανίες παραγωγής χαρτοπολτού τα μόνα στερεά που απορρίπτονται είναι διάφορα χρώματα, πέτρες και γενικά σώματα τα οποία είναι ξένα προς το ξύλο. Τα υπόλοιπα υφίστανται επεξεργασία προκειμένου να ανακυκλωθούν, να επαναχρησιμοποιηθούν ή να αδρανοποιηθούν. Τέλος, εκτός από υγρά και στερεά απόβλητα αποδεσμεύονται και αέρια όπως σκόνη, πτητικές οργανικές ενώσεις, θειούχες ενώσεις, οξειδία αζώτου, καυσαέρια κλπ. Τα απόβλητα αυτά μπορεί να περιοριστούν με τη βοήθεια αποτελεσματικών συμπυκνωτών στους κλιβάνους και γενικά με λοιπό κατάλληλο εξοπλισμό [298], [532].

**Πίνακας Α.4.2.1 : Τυπική αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή χαρτοπολτού από ξύλα**

<b>Διεργασία</b>	<b>Αέρια Απόβλητα</b>	<b>Υγρά Απόβλητα</b>	<b>Στερεά Απόβλητα</b>
<i>Βήμα 1: Προετοιμασία</i>			
Απόφλοιωση, τεμαχισμός, αποθήκευση	Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC), σκόνη	Απόνερα από αποφλοιωση, οξέα του ξύλου, εκχυλίσματα	Σκόνη, θραύσματα, κλαδιά για κάψιμο
<i>Βήμα 2: Πολτοποίηση</i>			
Κατεργασία, αποίνωση, έκπλυση, διαβάθμιση	Οργανικό και ανόργανο θείο, πτητικές οργανικές ενώσεις, μη συμπυκνούμενα αέρια και οσμές	Διαλυμένο ξύλο, εκχυλίσματα, πτητικά από ξύλο και προϊόντα αντιδράσεως, οργανικό και ανόργανο θείο, pH και θερμότητα	Ρόζοι και άλλα ανεπιθύμητα, απώλεια ινών
<i>Βήμα 3: Λεύκανση</i>			
Απολίγνωση, στίλβωση, καθάρισμα	Προϊόντα αντιδράσεως από λεύκανση, χημικά λευκάνσεως	Προϊόντα αντιδράσεως από διαλυμένο ξύλο μερικώς χλωριωμένα, απόβλητα από χημική λεύκανση, και pH	Υλικά που απομακρύνονται με το καθάρισμα, απώλειες ινών
<i>Βήμα 4: Ξήρανση Χαρτοπολτού</i>			
Μορφοποίηση και συμπίεση, ξήρανση	Υπολείμματα από τα βήματα 1 - 3, θερμότητα	Υπολείμματα από τα βήματα 1 - 3, θερμότητα	Απώλειες ινών
<i>Βήμα 5: Ανάκτηση Χημικών</i>			
Εξάτμιση, καύση, χημική αναγέννηση	Οσμή, οξειδία αζώτου και θείου, συμπυκνούμενα αέρια, οργανικές ενώσεις, αιωρούμενα σωματίδια	Διαρροή χημικών, pH, σάπωνες, διαρροές υγρού κατεργασίας	Ιζήματα, άμμος, λάσπη, καθαλατώσεις και αδρανή υλικά, υπολείμματα φίλτρων
<i>Βήμα 6: Υπηρεσίες</i>			
Τροφοδοσία νερού, λύματα, διαδικασία ψύξης, ενέργεια	Οσμή από πτητικές οργανικές ενώσεις, καυσαέρια	Αιωρούμενα σωματίδια, BOD, COD, οργανικά αλογονούχα, χρώμα, τοξικότητα, θερμότητα	Υπολείμματα κατεργασίας νερού και λυμάτων

Πηγή [532]

**Πίνακας Α.4.2.2 : Τυπική αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων κατά την παραγωγή χαρτιού και χαρτονιών**

Διεργασία	Αέρια Απόβλητα	Υγρά Απόβλητα	Στερεά Απόβλητα
<i>Βήμα 1: Προετοιμασία του Υλικού</i>			
Καθάρισμα, κοσκίνισμα, πρόσθετα		Διαλυμένες ίνες, πρόσθετα, σπασμένες ίνες	Άχρηστα ξένα υλικά
<i>Βήμα 2: Μορφοποίηση και Συμπύεση</i>			
Κατεργασία νερού, μορφοποίηση, συμπύεση, αντλίες κενού	Ατμοί, οργανικές πτητικές ενώσεις	Διαλυμένες ίνες, πρόσθετα, σπασμένες ίνες	Θραύσματα ινών
<i>Βήμα 3: Ξήρανση</i>			
Ξήρανση με ατμό, ξήρανση με αέρια, πρέσες κολλαρίσματος	Σκόνη, οργανικές πτητικές ενώσεις, θερμότητα	Θερμότητα με τα απόνερα	Θραύσματα ινών
<i>Βήμα 4: Επικάλυψη και κοσκίνισμα</i>			
Προετοιμασία για επικάλυψη, εφαρμογή επικαλυπτικών, ξήρανση σε ειδική μηχανή	Οργανικές πτητικές ενώσεις, σκόνη	Υπολείμματα επικαλυπτικού	Θραύσματα ινών, επικαλυπτικό υλικό
<i>Βήμα 5: Φινίρισμα και Συσκευασία</i>			
Περιτύλιξη σε ρολλούς ή κοπή, συσκευασία	Σκόνη		
<i>Βήμα 6: Κατεργασία Αποβλήτων</i>			
Κατεργασία των αποβλήτων	Οργανικές πτητικές ενώσεις, οσμές	BOD, COD, οργανικές πτητικές ενώσεις, γεμιστικά, πρόσθετα	Λάσπη, συνολικά αιωρούμενα σωματίδια

Πηγή [532]

Σε ότι αφορά στα αέρια, υγρά και στερεά απόβλητα που παράγονται κατά το δεύτερο στάδιο, δηλαδή κατά την παραγωγή του χαρτιού και του χαρτονιού από το χαρτοπολτό, φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα ότι είναι γενικά περιορισμένα τόσο σε ποιότητα όσο και σε ποσότητα και συνεπώς δεν απαιτούν ιδιαίτερη αντιμετώπιση παρά μόνο σε ειδικές περιπτώσεις. Πάντως, ειδικά για τα αέρια απόβλητα θα πρέπει να σημειωθεί ότι, εκτός εκείνων που αναφέρονται στον πίνακα Α.4.2.2, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και τα καυσαέρια από την καύση διαφόρων καυσίμων για παραγωγή θερμότητας [532].

## ↳ *Μέταλλα*

Η παραγωγή υλικών συσκευασίας από αλουμίνιο περιλαμβάνει, εκτός από τα δύο στάδια παραγωγής του αλουμινίου (δηλαδή αρχικά την παραγωγή αλουμίνας από ορυκτό βωξίτη και στη συνέχεια την παραλαβή του αλουμινίου με ηλεκτρόλυση της αλουμίνας), και ένα τρίτο στάδιο, αυτό της μορφοποίησης του αλουμινίου στα τελικά προϊόντα. Στο πρώτο στάδιο, η κατεργασία του βωξίτη γίνεται με καυστική σόδα στους 145 – 250 °C (σύμφωνα με τη μέθοδο Bayer) οπότε, κατά το διαχωρισμό του προκύπτοντος υλικού, λαμβάνεται ένας πολτός πλούσιος σε οξειδία του σιδήρου ο οποίος, όπως είδαμε, ονομάζεται “κόκκινη λάσπη”. Ο πολτός αυτός είναι πολύ αλκαλικός και αδιάλυτος και αποτελεί το βασικό απόβλητο των μονάδων που εφαρμόζουν την μέθοδο Bayer. Μάλιστα, για κάθε 1 τόννο αλουμινίου που παράγεται αντιστοιχεί 1,06 τόννος κόκκινης λάσπης. Αν και οι δυνατότητες για δραστική μείωση του απόβλητου αυτού θεωρούνται προς το παρόν περιορισμένες, ένας τρόπος αντιμετώπισης του είναι η διάθεση του σε χαλυβουργίες, εφόσον η περιεκτικότητά του σε οξειδία του σιδήρου και γενικά η ποιότητα του είναι συμφέρουσες. Διαφορετικά, η λάσπη αυτή θα πρέπει να απορρίπτεται αφού όμως προηγουμένως έχει υποστεί κατάλληλη εξουδετέρωση και αδρανοποίηση [426], [532].

Η ηλεκτρόλυση της αλουμίνας πραγματοποιείται σε σειρές στοιχείων. Κάθε στοιχείο είναι ένα κοίλο, ορθογώνιο, χαλύβδινο δοχείο το οποίο είναι επενδυμένο εσωτερικά με στιβάδα θερμικά και ηλεκτρικά ανθεκτικού μονωτικού στο εσωτερικό του οποίου τοποθετείται και στιβάδα πλακών άνθρακα που δρα ως η κάθοδος του στοιχείου. Μετά από ορισμένο χρόνο λειτουργίας αυτή η επένδυση (μονωτικού και άνθρακα) πρέπει να αντικαθίσταται. Θεωρείται όμως επικίνδυνο απόβλητο και πρέπει να αποτίθεται υπό έλεγχο. Ο ρυθμός παραγωγής του απόβλητου αυτού υπολογίζεται σε 30 – 50 κιλά ανά τόννο παραγόμενου αλουμινίου, ενώ οι συγκεντρώσεις των διαφόρων συστατικών του συνήθως είναι οι εξής : άνθρακας : 18 – 59 %, φθοριούχα 11 – 16 %, αλουμίνιο 3 – 15 %, νάτριο 3 – 14 %, ασβέστιο 1 – 2 %, κυανιούχα 0,08 – 0,3 %, θείο 0,1 – 0,25 %, πυρίτιο 1 – 2,5 %, σίδηρος 0,4 – 1 % και pH (σε πολτό με νερό) 10,5 – 12,0. Επίσης, κατά την ηλεκτρόλυση της αλουμίνας εκπέμπονται διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα καθώς και μικρά ποσά υδροφθορικού οξέος, διοξειδίου του θείου και βαρέων οργανικών ενώσεων ως αέρια, ενώ χρησιμοποιείται και νερό για ψύξη. Τα απόβλητα από τη δραστηριότητα αυτή περιέχουν συνήθως λάδια και αιωρούμενα σωματίδια. Τέλος, η μορφοποίηση του αλουμινίου στα διάφορα υλικά συσκευασίας περιλαμβάνει λειτουργίες στις οποίες χρησιμοποιούνται, κυρίως ως λιπαντικά, αρκετά είδη ελαίων και γαλακτωμάτων καθώς επίσης και διάφορα επιφανειοδραστικά και παρόμοια υλικά τα οποία διαρρέουν συχνά από τις πρέσες. Οι λειτουργίες αυτές παράγουν ομάδες αποβλήτων όπως λάδια, μέταλλα (κυρίως αλουμίνιο και νικέλιο ως οξεικό άλας), χρωμικά άλατα, καυστικά υγρά κλπ [303], [532].

Κατά την παραγωγή του επικασσιτερωμένου χάλυβα, δηλαδή του λευκοσίδηρου, ο κασσίτερος τίθεται στο χάλυβα σχεδόν πάντα με την ηλεκτρολυτική μέθοδο. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή, ο χάλυβας αρχικά περνάει από το τμήμα καθαρισμού προκειμένου να απολιπανθεί. Εκεί, χρησιμοποιείται κυρίως διάλυμα NaOH, το οποίο ανανεώνεται περιοδικά, οπότε θα πρέπει να υπάρχει εγκατάσταση εξουδετέρωσης. Επίσης, σε άλλο τμήμα χρησιμοποιείται διάλυμα H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> για την αποξείδωση του χάλυβα που και αυτό μετά από κάποια χρήση ανανεώνεται και συνεπώς πρέπει επίσης να εξουδετερώνεται όταν απορρίπτεται. Τέλος, δεδομένου ότι στο τμήμα παθητικοποίησης χρησιμοποιείται διχρωμικό νάτριο, τα νερά έκπλυσης του λευκοσίδηρου χρειάζεται, πριν αποχετευθούν, να υποστούν κατάλληλη επεξεργασία για τη δέσμευση των διχρωμικών ιόντων. Η επεξεργασία αυτή είναι απαραίτητη και στην περίπτωση αλλαγής του διαλύματος των διχρωμικών. Σε ότι αφορά στα στερεά απόβλητα, αυτά συνήθως περιέχουν Sn(OH)<sub>2</sub> το οποίο μετατρέπεται εύκολα και γρήγορα σε SnO<sub>2</sub> ή SnO που και αυτό τελικά μετατρέπεται (ανάλογα με το είδος ηλεκτρολυτικής επικασσιτέρωσης που εφαρμόζεται) σε οξείδια του σιδήρου, CaSO<sub>4</sub>, CaF<sub>2</sub>, Cr(OH)<sub>3</sub> κλπ. Συνεπώς, η εναπόθεση των στερεών αποβλήτων πρέπει να πραγματοποιείται υπό έλεγχο [426].

#### A.4.3. Απόβλητες συσκευασίες

Εκτός από την επιβάρυνση του περιβάλλοντος η οποία, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, προκαλείται κατά την παραγωγή των υλικών συσκευασίας, ένα από τα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα για το οποίο επίσης κατηγορείται η συσκευασία είναι η συμμετοχή της, ως απόβλητο, στα οικιακά – δημοτικά απορρίμματα. Όπως φαίνεται και στον επόμενο πίνακα A.4.3.1, η αντίληψη αυτή βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι το ποσοστό των αποβλήτων συσκευασιών στα απορρίμματα είναι στις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες ιδιαίτερα υψηλό [357], [468]. Δεδομένου ότι η πρακτική που εφαρμόζεται μέχρι σήμερα για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης εστιάζεται κυρίως στην ανακύκλωση και στην αποτέφρωση των αποβλήτων συσκευασιών, παρουσιάζονται στη συνέχεια περισσότερα στοιχεία σχετικά [34].

##### ❖ Ανακύκλωση Αποβλήτων Συσκευασιών

Όπως αναφέρεται και στο παράρτημα Β όπου δίνονται περισσότερα στοιχεία σχετικά με την ανακύκλωση, η εφαρμογή της στη διαχείριση των αποβλήτων συσκευασιών έχει ως στόχο την μείωση του όγκου των απορριμμάτων με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας και πρώτων υλών. Αν και οι στόχοι αυτοί συνήθως πραγματοποιούνται, εντούτοις υπάρχουν και αρκετές περιπτώσεις με περιορισμένη επιτυχία. Ο εντοπισμός των περιπτώσεων αυτών, ώστε είτε να διορθώνονται είτε να



αποφεύγονται, θα μπορούσε να είναι κάθε φορά εφικτός με τη χρήση της ανάλυσης κύκλου ζωής [326], [451].

**Πίνακας Α.4.3.1 : Απόβλητες συσκευασίες που απορρίπτονται ετησίως στις ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες**

Χώρα	Απόβλητες Συσκευασίες (εκατομμύρια τόννοι)	Απόβλητες Συσκευασίες (kg ανά κάτοικο)
Ολλανδία	2,3	156
Βέλγιο	0,9	87
Βρετανία	7,7	134
Γαλλία	10,0	181
Γερμανία	10,0	125
Ελλάς	1,0	100
Καναδάς	5,7	220
Η.Π.Α.	56,8	210
Αυστραλία	1,7	100
Ιαπωνία	20,0	163

Πηγή [294], [357], [454]

Η ανακύκλωση των υλικών συσκευασίας από γυαλί και τα προγράμματα που σχετίζονται με αυτήν εφαρμόζονται στη δυτική Ευρώπη από τη δεκαετία του 1960 και προωθήθηκαν από την ίδια την υαλοβιομηχανία εξαιτίας της μεγάλης διείσδυσης των πλαστικών και του ιδιαίτερα έντονου ανταγωνισμού που δημιουργήθηκε. Συγκεκριμένα, καθώς η υαλοβιομηχανία αντιμετώπισε σημαντική μείωση των αγορών της, προσπάθησε να ρίξει το κόστος και την τιμή των προϊόντων της με τη χρήση ανακυκλωμένου γυαλιού ενώ ταυτόχρονα προώθησε την εικόνα του γυαλιού ως φιλικού προς το περιβάλλον υλικού σε αντίθεση με τα πλαστικά, με στόχο να στρέψει την κοινή γνώμη εναντίον τους. Το οικονομικό όφελος από τη χρησιμοποίηση του ανακυκλωμένου γυαλιού ως πρώτης ύλης δεν έγκειται τόσο στο κόστος του υλικού, δεδομένου ότι το κόστος του υαλοθραύσματος (ανάλογα και με τις συνθήκες συλλογής του) είναι συνήθως συγκρίσιμο με το κόστος των πρώτων υλών. Τα οφέλη προέρχονται από το χαμηλότερο ενεργειακό κόστος καθώς η ανάτηξη του υαλοθραύσματος απαιτεί χαμηλότερη ενέργεια από εκείνη που απαιτείται για την τήξη των πρώτων υλών. Επιπλέον, με τη χρήση ανακυκλωμένου γυαλιού αυξάνεται και η διάρκεια ζωής του κλιβάνου. Πάντως, με την ανακύκλωση του γυαλιού, εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας, έχουμε και εξοικονόμηση πρώτων υλών αφού για κάθε ένα τόννο ανακυκλούμενου γυαλιού που χρησιμοποιείται στην παραγωγική διαδικασία, εξοικονομούνται περίπου 1,2 τόννοι πρώτων υλών [380], [415].

Οι σημαντικότεροι περιορισμοί στην αύξηση της χρήσης του ανακυκλωμένου γυαλιού είναι η χημική σύσταση, ο διαχωρισμός του και τα έξοδα μεταφοράς. Συγκεκριμένα, αναμεμιγμένα κομμάτια εάν δεν διαχωρισθούν έχουν περιορισμένη αγορά, ενώ αν καταστεί πρακτικά δυνατός ο διαχωρισμός τους κατά χρώμα, τότε η δυνατότητα εμπορίας

αυξάνεται σημαντικά. Κομμάτια με διάφορα χρώματα περιορίζονται σε τελικές χρήσεις μόνο για παραγωγή πράσινου γυαλιού, η χρήση του οποίου είναι διαδεδομένη μόνο στην Ευρώπη. Μία μέθοδος μηχανικού διαχωρισμού είναι η ηλεκτροοπτική η οποία όμως είναι πολύ ακριβή και όχι τόσο αποδοτική. Τέλος, ένας άλλος περιορισμός στη χρήση ανακυκλωμένου γυαλιού είναι το γεγονός ότι η ποιότητα του δεν είναι σταθερή, ούτε μπορεί να ελεγχθεί εύκολα σε αντίθεση βέβαια με εκείνη των πρώτων υλών [391], [426].

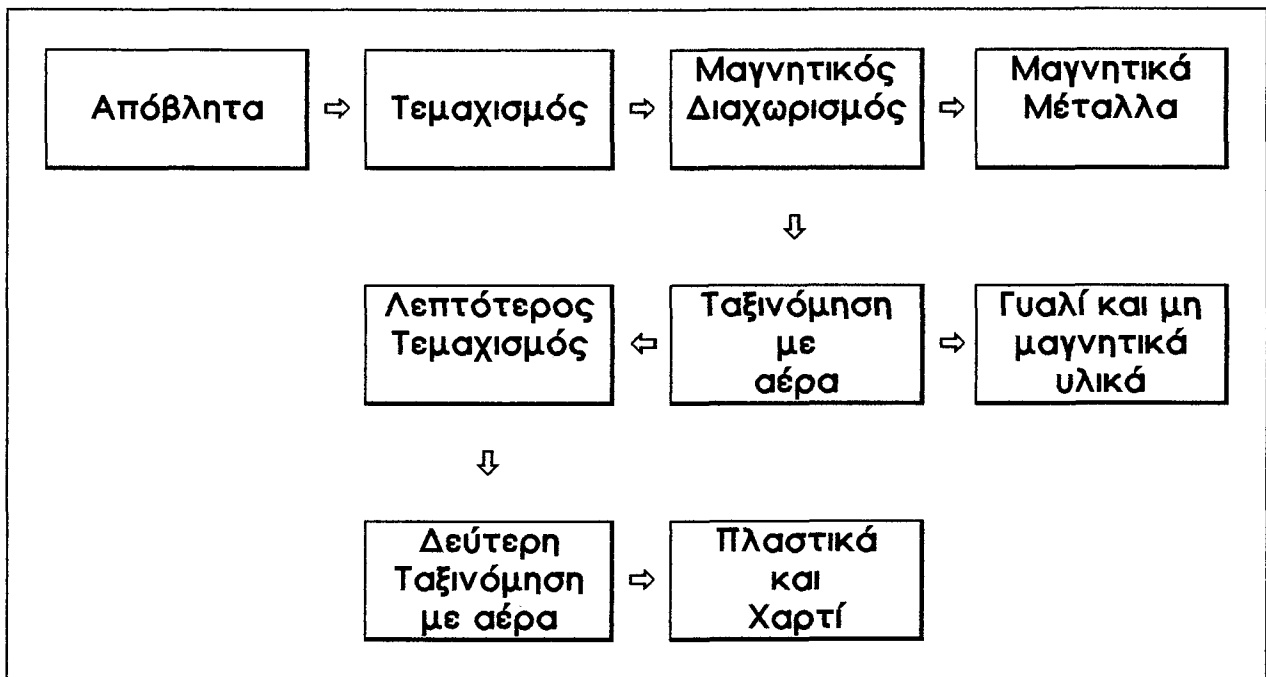
Τα πλαστικά, εσφαλμένα θεωρούνται ως μη ανακυκλώσιμα. Βέβαια η ανακύκλωση των πλαστικών είναι γενικά πολυπλοκότερη διαδικασία σε σχέση με την εκείνη των άλλων υλικών συσκευασίας με αποτέλεσμα τα ποσοστά ανακύκλωσης τους να είναι ακόμα χαμηλά (στις βιομηχανικές χώρες δεν υπερβαίνουν συνολικά το 2%) ιδιαίτερα αν ληφθεί υπόψη ο μεγάλος όγκος τους και η ευρύτητα των εφαρμογών τους [424], [430]. Οι λόγοι για τα μικρά αυτά ποσοστά είναι αρκετοί οι κυριότεροι από τους οποίους είναι οι εξής :

- (α) τα πλαστικά χωρίζονται σε πάρα πολλά είδη και υποκατηγορίες κάθε μία από τις οποίες αποτελεί ιδιαίτερη περίπτωση και πρέπει να ανακυκλωθεί με διαφορετικό τρόπο για να προκύπτει ένα προϊόν οικονομικά εκμεταλλεύσιμο,
- (β) η χαμηλή αξία των περισσότερων πλαστικών απορριμμάτων καθώς και η μεγάλη δυσκολία διαχωρισμού τους από τα υπόλοιπα απόρριμματα κάνει συχνά την ανακύκλωση τους οικονομικά ασύμφορη ή τεχνικά αδύνατη,
- (γ) σε ορισμένες περιπτώσεις δεν έχουν αναπτυχθεί επαρκώς κατάλληλα προϊόντα για την παραγωγή των οποίων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το ανακυκλωμένο υλικό, και
- (δ) η προσπάθεια προώθησης της ανακύκλωσης από τις οργανώσεις και τους φορείς της βιομηχανίας πλαστικών ξεκίνησε καθυστερημένα και σε ορισμένες περιπτώσεις όχι ιδιαίτερα οργανωμένα [306], [380].

Ο διαχωρισμός των πλαστικών από τα υπόλοιπα απορρίμματα εκτελείται είτε με χαμηλή τεχνολογία (διαλογή με τα χέρια), είτε με αυτοποιημένη διαδικασία. Μία τυπική μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων με στόχο την ανακύκλωση φαίνεται στο διάγραμμα Α.4.3.1. Ήδη έχουν αναπτυχθεί κατάλληλες τεχνολογίες για την όσο το δυνατόν καλύτερη και οικονομικότερη ανακύκλωση των κυριότερων πλαστικών όπως είναι το μαλακό πολυαιθυλένιο (LDPE) με χαρακτηριστική εφαρμογή τις σακούλες των παντοπωλείων, το σκληρό πολυαιθυλένιο (HDPE) με τυπική εφαρμογή τις φιάλες επίσης για προϊόντα παντοπωλείου, το τереφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET) για φιάλες νερού και αναψυκτικών, το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) με χαρακτηριστική εφαρμογή τις φιάλες νερού, λαδιών, απορρυπαντικών κλπ καθώς και το πολυστυρένιο (PS) και το

πολυπροπυλένιο (PP) με πιο συχνή εφαρμογή τους διάφορους περιέκτες τροφίμων [428], [532].

Προκειμένου η ανακύκλωση να είναι οικονομικά επιτυχής πρέπει να έχει εξασφαλιστεί αφενός οικονομική συλλογή και διαλογή των αποβλήτων πλαστικών και αφετέρου ευρεία αγορά και καλές τιμές για τα υλικά από ανακύκλωση. Στην περίπτωση αυτή, αν υπολογιστεί η αποφυγή του κόστους της διαχείρισης των αποβλήτων (π.χ. καύση, ταφή κλπ) καθώς και τα έσοδα από την πώληση των ανακυκλωμένων υλικών αλλά και το κόστος της ανακύκλωσης, τότε το αλγεβρικό άθροισμα μπορεί να είναι θετικό [437], [532].



**Διάγραμμα Α.4.3.1 : Τυπική μονάδα διαχωρισμού αποβλήτων**

Η ανακύκλωση των υλικών συσκευασίας από χαρτί είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη τόσο στην Ευρώπη όσο στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής όπου υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μονάδων που επεξεργάζονται παλαιόχαρτα. Η περισυλλογή των παλαιόχαρτων γίνεται συνήθως μαζικά σε χώρους απόρριψης όπως εργοστάσια, γραφεία, εμπορικά κέντρα κλπ, καθώς και μέσω οργανωμένων δικτύων συγκέντρωσης στις αστικές περιοχές [285], [465]. Το παλαιόχαρτο γενικά διακρίνεται σε διάφορα είδη ανάλογα με την προέλευση του και τις ανεπιθύμητες ύλες που περιέχει. Τα κυριότερα από τα είδη αυτά είναι τα παρακάτω :

- ♦ ανάμικτο παλαιόχαρτο (οι ανεπιθύμητες ύλες κυμαίνονται συνήθως από 2 έως 10 %),
- ♦ χρησιμοποιούμενα χαρτοκιβώτια (80 % παλαιά χαρτοκιβώτια και από 1 έως 5 % ανεπιθύμητες ύλες),

- ♦ χαρτί προς απομελάνωση (χαρτί εκτύπωσης, αποκόματα και 0,25 % περίπου ανεπιθύμητες ύλες), και
- ♦ κατηγορία εφημερίδων [339], [365].

Με την ανακύκλωση του χαρτιού επιτυγχάνεται μείωση του όγκου των απορριμμάτων η οποία συνήθως συνοδεύεται από εξοικονόμηση ενέργειας (ανάλογα με την περίπτωση η εξοικονόμηση αυτή κυμαίνεται από 130 έως 170 κιλά πετρελαίου ανά τόννο ανακυκλωμένου χαρτιού), καθώς και από μείωση ορισμένων αποβλήτων [366], [425]. Στον επόμενο πίνακα Α.4.3.2 περιγράφεται η διαδικασία ανακύκλωσης κυτταρινικών ινών (περιλαμβάνοντας την απομελάνωση) και κατατάσσονται τα κυριότερα αέρια, υγρά και στερεά απόβλητα που παράγονται [532].

Αν και τα υλικά συσκευασίας από αλουμίνιο αναπτύχθηκαν και διαδόθηκαν τις τελευταίες κυρίως δεκαετίες, η ανακύκλωση τους παγκοσμίως βρίσκεται σε πολύ υψηλά επίπεδα. Υπολογίζεται, για παράδειγμα, ότι στη Δυτική Ευρώπη ανακυκλώνεται το 35 - 40 % των αλουμινένιων κουτιών μπίρας και αναψυκτικών, ενώ στις Η.Π.Α. τα ποσοστά είναι ακόμα υψηλότερα [380]. Οι βασικοί λόγοι για την επιτυχία αυτή είναι τόσο οικονομικοί, δεδομένου ότι η αξία του "σκραπ" αλουμινίου είναι ιδιαίτερα υψηλή, όσο και περιβαλλοντικοί καθώς η ανακύκλωση συνοδεύεται από εξοικονόμηση ενέργειας και πρώτων υλών ενώ ταυτοχρόνως επιτυγχάνεται μείωση των αέριων εκπομπών (διοξείδιο του θείου, διοξείδιο του άνθρακα, σωματίδια κλπ), των στερεών αποβλήτων (λιγότερα απορρίμματα) κλπ [303], [317]. Η ανακύκλωση των υλικών συσκευασίας από αλουμίνιο είναι σχετικά απλή διαδικασία. Αρχικά, οι απόβλητες συσκευασίες συμπιέζονται σε ειδικές πρέσσες και διαχτεύονται στις μονάδες δευτερογενούς χύτευσης. Εκεί, το μέταλλο καθαρίζεται από τα χρώματα κλπ μέσα σε περιστροφικό φούρνο με ελεγχόμενη οξειδωτική ατμόσφαιρα σε 350 έως 400 °C χωρίς να λιώσει. Στη συνέχεια, το αλουμίνιο λιώνει σε ειδικό επαγωγικό φούρνο χαμηλής συχνότητας, ο οποίος αναδύει το λιωμένο μέταλλο χωρίς να υπάρχει φλόγα. Το λιωμένο, πλέον, αλουμίνιο εμπλουτίζεται με τις αναγκαίες προσμίξεις προκειμένου να λάβει τα κατάλληλα χαρακτηριστικά για την μετατροπή του εκ νέου σε υλικό συσκευασίας [323], [426].

Η ανακύκλωση των κουτιών από λευκοσίδηρο έχει αρχίσει από τη δεκαετία του 1960 ενώ μόνο το 1991 υπολογίζεται ότι ανακυκλώθηκαν 1,2 δισεκατομμύρια κουτιά περίπου. Οι χώρες με τα μεγαλύτερα ποσοστά ανακύκλωσης είναι η Γερμανία, η οποία έχει τη βιομηχανική υποδομή για τον διαχωρισμό των κουτιών από τα οικιακά απορρίμματα, η Ολλανδία, η Αυστρία και η Ελβετία. Σε όλες αυτές τις χώρες η περισυλλογή γίνεται μαζικά με βιομηχανικές μεθόδους από τα οικιακά απορρίμματα [286], [380]. Γενικά, όπου είναι δυνατός ο μαγνητικός διαχωρισμός των αποβλήτων λευκοσιδηρών συσκευασιών από τα υπόλοιπα απορρίμματα, είναι δυνατό να επιτευχθούν πολύ υψηλά ποσοστά ανακύκλωσης που φτάνουν μέχρι και 80 %. Στην Ευρώπη σήμερα, το ένα τρίτο της ετήσιας ποσότητας λευκοσιδηρού που απαιτείται για την κατασκευή των κουτιών

για κονσέρβες (900 χιλιάδες τόνοι περίπου) προέρχεται από ανακύκλωση [433], [439].

**Πίνακας Α.4.3.2 : Τυπική αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων κατά την ανακύκλωση κυτταρινικών ινών**

Διεργασία	Αέρια Απόβλητα	Υγρά Απόβλητα	Στερεά Απόβλητα
<i>Βήμα 1 : Παραλαβή</i>			
Αποθήκευση, Μετακίνηση	Σκόνη		Χαρτιά, Σύρματα
<i>Βήμα 2 : Πολτοποίηση</i>			
Πρώτο κοσκίνισμα και καθάρισμα	Οσμή, σκόνη, πτητικές οργανικές ενώσεις	Σπασμένες και διαλυμένες ίνες, άμυλα, γεμιστικά	Χώματα, σχοινιά, πλαστικά, διάφορα μέταλλα,
<i>Βήμα 3 : Απομελάνωση</i>			
Επίπλευση ή έκπλυση	Οσμή, οργανικές πτητικές ενώσεις	Σπασμένες και διαλυμένες ίνες, άμυλα, γεμιστικά, μελάνια, διαλύτες	Ίζημα απομελάνωσης, ίνες, γεμιστικά, επικαλυπτικά
<i>Βήμα 4 : Καθάρισμα και Κοσκίνισμα</i>			
Κανονικά καθαριστήρια, λεπτά κόσκινα, καθαριστήρια ανάστροφα		Σπασμένες και διαλυμένες ίνες, άμυλα, γεμιστικά, μελάνια, διαλύτες	Ξένες ουσίες, πλαστικά
<i>Βήμα 5 : Έκπλυση</i>			
Έκπλυση	Οσμή, οργανικές πτητικές ενώσεις	Ότι και στο προηγούμενο βήμα	Απώλειες ινών
<i>Βήμα 6 : Λεύκανση</i>			
Πύργος λεύκανσης, εκχυλιστήρια και πλυντήρια	Προϊόντα αντιδράσεων λεύκανσης, οσμή, πτητικές οργανικές ενώσεις	Σπασμένες και διαλυμένες ίνες, άμυλα, γεμιστικά, μελάνια, διαλύτες	Απώλειες ινών
<i>Βήμα 7 : Αποθήκευση ή Συμπύεση και Αποστολή</i>			
Αποθήκευση, Αποστολή			Απώλειες ινών
<i>Βήμα 8 : Επεξεργασία Λυμάτων και Αέριων Εκπομπών</i>			
Επεξεργασία αποβλήτων	Οσμή, οργανικές πτητικές ενώσεις	BOD, COD, οσμή, λάσπη, αιωρούμενα σωματίδια	Λάσπη

Πηγή [532]

❖ *Αποτέφρωση Αποβλήτων Συσκευασιών*

Η οργανωμένη αποτέφρωση των αποβλήτων συσκευασιών και γενικά των στερεών αποβλήτων με ταυτόχρονη ανάκτηση ενέργειας εμφανίστηκε για πρώτη φορά στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής το 1905 και στην Ευρώπη το 1928. Από τις απόβλητες συσκευασίες, εκείνες οι οποίες χρησιμοποιούνται στην περίπτωση αυτή, είναι οι χάρτινες και οι πλαστικές οι οποίες καίγονται. Αντίθετα, οι συσκευασίες από γυαλί και μέταλλο είναι άκαυστες και συνεπώς η ανάκτηση ενέργειας από τα απόβλητά τους, με αυτή τη διαδικασία, δεν είναι δυνατή [331], [341]. Γενικά, το είδος και το ποσοστό των περιεχόμενων υλικών συσκευασίας χαρακτηρίζει σε μεγάλο βαθμό τα στερεά απόβλητα που πρόκειται να αποτεφρωθούν, δεδομένου ότι αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το ύψος της ενέργειας που μπορεί να ανακτηθεί. Έτσι, τα στερεά απόβλητα διακρίνονται στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες, κάθε μία από τις οποίες αποδίδει διαφορετικά ποσά ενέργειας (στην παρένθεση σημειώνονται οι τυπικές τιμές των λαμβανόμενων ποσών ενέργειας) [447], [474]:

- ο στερεά απόβλητα τα οποία δεν έχουν υποστεί καμμία επεξεργασία (10 MJ/kg),
- ο στερεά απόβλητα από τα οποία έχουν απομακρυνθεί τα άκαυστα στοιχεία όπως είναι τα μέταλλα, τα γυαλιά κλπ (15 – 17 MJ/kg),
- ο καύσιμες απόβλητες συσκευασίες οι οποίες αποτελούνται κυρίως από χαρτί και πλαστικό (20 MJ/kg), και
- ο πλαστικές απόβλητες συσκευασίες (30 – 40 MJ/kg).

Από τις πλαστικές συσκευασίες, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν το πολυαιθυλένιο και το πολυστυρένιο αφενός διότι από τα υλικά αυτά μπορούν να ανακτηθούν σημαντικές ποσότητες ενέργειας (αντίστοιχα 43 και 40 MJ/kg περίπου) και αφετέρου επειδή αποτελούν μεγάλο τμήμα του συνόλου των αποβλήτων συσκευασίας από πλαστικό. Σημαντικά ποσά ενέργειας λαμβάνονται και κατά την αποτέφρωση συσκευασιών από τереφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET), ενώ η αποτέφρωση αποβλήτων συσκευασιών από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), πέρα από το γεγονός ότι δίνει λιγότερη ενέργεια, κατηγορείται και για τη δημιουργία έντονων προβλημάτων στο περιβάλλον (εκπομπές διοξινών, υδροχλωρικού οξέος κλπ) [450], [562].

## **A.5. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ**

Ένα μεγάλο μέρος της σχετικής με τη συσκευασία νομοθεσίας στις μέρες μας, αναφέρεται στις επιπτώσεις που προκαλούνται εξαιτίας της στο περιβάλλον [302]. Έτσι, εκτός από τους νόμους, τις οδηγίες και τους κανόνες που έχουν θεσπιστεί σχετικά με θέματα που αφορούν στις επιδράσεις των διαφόρων υλικών συσκευασίας στα συσκευαζόμενα προϊόντα (κυρίως στα τρόφιμα) καθώς και με θέματα τυποποίησης των υλικών αυτών, το υπόλοιπο νομοθετικό έργο είναι, σε μεγάλο βαθμό, προσανατολισμένο στα περιβαλλοντικά ζητήματα και προβλήματα [344], [41]. Βέβαια, από το σύνολο των περιβαλλοντικών προβλημάτων, αυτό το οποίο κυριαρχεί είναι εκείνο των αποβλήτων συσκευασιών. Άλλωστε, η διαχείριση των απορριμμάτων και γενικά των στερεών αποβλήτων (σημαντικό μέρος των οποίων είναι και οι απόβλητες συσκευασίες) αποτελεί έναν από τους βασικούς άξονες της περιβαλλοντικής πολιτικής όλων σχεδόν των ανεπτυγμένων βιομηχανικά χωρών. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να έχει προωθηθεί προς αυτή την κατεύθυνση, μέχρι σήμερα, ένας ιδιαίτερα σημαντικός αριθμός νομοθετημάτων τόσο στην Ευρώπη (κυρίως στην Ευρωπαϊκή Ένωση με μια σειρά από οδηγίες, αποφάσεις και ψηφίσματα των οργάνων της [417], [419] αλλά και με τις αντίστοιχες εθνικές νομοθεσίες των επιμέρους κρατών – μέλων) όσο και στην Αμερική (κυρίως στις Η.Π.Α.) [378], [379].

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, πάντως, ενδιαφέρθηκε για τις επιπτώσεις που έχουν οι συσκευασίες στο περιβάλλον από το 1975 οπότε άρχισαν οι διαπραγματεύσεις για μία οδηγία που κατέληξε να θεσπιστεί από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο δέκα χρόνια αργότερα. Η οδηγία αυτή (85/339) αφορούσε τις κενές συσκευασίες των υγρών τροφίμων [378], [422]. Ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε το συγκεκριμένο είδος συσκευασίας ως αντικείμενο της οδηγίας, ήταν ότι οι συσκευασίες μιας χρήσεως στην αγορά ποτών συνέβαλλαν σε δραματική αύξηση των αντίστοιχων αποβλήτων [332], [342]. Η εφαρμογή της οδηγίας αυτής, ωστόσο, ήταν απογοητευτική και αυτό κυρίως διότι ήταν ασαφής, ιδιαίτερα ως προς το βαθμό προστασίας του περιβάλλοντος που έτεινε να επιβάλει. Η ασάφεια αυτή είχε ως συνέπεια τα κράτη μέλη να υιοθετήσουν μια πληθώρα διαφορετικών προσεγγίσεων οι οποίες, όχι μόνο δεν απέφεραν ικανοποιητική προστασία του περιβάλλοντος, αλλά αποτέλεσαν πηγή εμποδίων για την ελεύθερη κυκλοφορία των αγαθών στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Το αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης ήταν να χρειαστεί σε πολλές περιπτώσεις η γνώμη και η κρίση του Ευρωπαϊκού Δικαστηρίου. Όλα αυτά είχαν σαν συνέπεια την επανεξέταση της οδηγίας. Μάλιστα, το σχέδιο πρότασης για την τροποποίηση της περιελάμβανε ένα σύνολο δράσεων στον τομέα της παραγωγής, της εμπορίας, της χρήσης, της ανακύκλωσης και της επαναπλήρωσης των συσκευασιών, καθώς και στον

τομέα της διάθεσης των αποβλήτων συσκευασιών ώστε να περιορισθεί η κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών και γενικά οι επιπτώσεις των συσκευασιών και των αποβλήτων συσκευασιών στο περιβάλλον [342], [482].

Στη συνέχεια, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θέλοντας να διευρύνει το αντικείμενο της οδηγίας αυτής, ώστε να συμπεριληφθούν και άλλες συσκευασίες, πρότεινε νέα οδηγία το Ιούλιο του 1992 η οποία εγκρίθηκε το Δεκέμβριο του 1994. Τόσο η οδηγία αυτή με τις τροποποιήσεις της, όσο και εκείνες που ακολούθησαν καθορίζουν τους αριθμητικούς στόχους και τις βασικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν οι συσκευασίες και προβλέπουν μέτρα για την πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων από συσκευασίες καθώς και για την προώθηση των διαδικασιών επιστροφής, επαναχρησιμοποίησης και ανάκτησης των αποβλήτων συσκευασιών, ώστε να διασφαλίζεται η δημόσια υγεία και η προστασία του περιβάλλοντος. Επίσης, όπως αναφέρεται αναλυτικά και σε επόμενη παράγραφο, στα κείμενα αυτά σημειώνεται ότι οι στόχοι των προτεινόμενων διαδικασιών (ανακύκλωση, ανάκτηση κλπ) μπορούν να τροποποιηθούν εφόσον κάτι τέτοιο αποδειχθεί από την επιστημονική έρευνα ή από οποιαδήποτε άλλη τεχνική αξιολόγηση. Και ως τέτοια τεχνική αναφέρεται η ανάλυση κύκλου ζωής για την μεθοδολογία της οποίας, μάλιστα, προωθείται η κατάρτιση ευρωπαϊκών προτύπων (ISO 14010 – 14015) [299], [319].

Σε ότι αφορά στην ελληνική πραγματικότητα, τα σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποβλήτων συσκευασιών ζητήματα εμπíπτουν στο δίκαιο που αναφέρεται γενικά στα στερεά απόβλητα και στη διαχείριση των απορριμμάτων. Στο δίκαιο αυτό περιλαμβάνεται ο νόμος 1650/1986 για την προστασία του περιβάλλοντος, στο σχετικό άρθρο του οποίου γίνεται αναφορά στους τρόπους διαχείρισης και την ποιότητα των στερεών αποβλήτων, προσδιορίζονται οι υπόχρεοι φορείς, καθορίζονται όροι και προϋποθέσεις κλπ [418], [484]. Εκτός, όμως, από τα παραπάνω νομοθετήματα υπάρχουν και εκείνα τα οποία αναφέρονται αποκλειστικά στη συσκευασία. Τα τελευταία περιορίζονται σε πράξεις εναρμόνισης με τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς αποτελούνται από υπουργικές αποφάσεις, προεδρικά διατάγματα κλπ με τα οποία η ελληνική νομοθεσία συμμορφώνεται με αντίστοιχες ευρωπαϊκές οδηγίες [395], [514]. Βέβαια, οι πράξεις αυτές γίνονται με σημαντική καθυστέρηση από την αντίστοιχη οδηγία. Για παράδειγμα, η υιοθέτηση της οδηγίας 85/339 για τις απόβλητες συσκευασίες, έγινε από την Ελλάδα με την υπουργική απόφαση 31784/954/90 η οποία εκδόθηκε το 1990, δηλαδή με πέντε χρόνια καθυστέρηση [426].

Η θεσμοθέτηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση των σχετικών με τη συσκευασία οδηγιών που αναφέρθηκαν προηγουμένως, είχε ως άμεσο αποτέλεσμα την απαρχή ενός διαλόγου σχετικά με αυτές [304], [324]. Στο διάλογο αυτό περιλαμβάνονται συζητήσεις, εκτιμήσεις, αντιδράσεις και διαπραγματεύσεις που αφορούν στα καίρια και ουσιώδη σημεία του περιεχομένου της κάθε οδηγίας και συμμετέχουν τόσο διάφοροι φορείς και όργανα της ίδιας της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των κρατών – μελών



της όσο και εκπρόσωποι των οργανωμένων ενώσεων της ευρωπαϊκής βιομηχανίας συσκευασίας {315}, {316} και {441}. Η ύπαρξη τέτοιων αντιδράσεων είναι σε μεγάλο βαθμό αναμενόμενη, καθώς οι οδηγίες αυτές, όπως άλλωστε και τα περισσότερα νομοθετήματα, μπορεί ενδεχομένως να προκαλέσουν (άλλες λιγότερο και άλλες περισσότερο) μεταβολές, περιορισμούς και επιπτώσεις στην κάθε φορά υφιστάμενη κατάσταση {308}, {320}. Στην περίπτωση των παραπάνω οδηγιών για τη συσκευασία, οι κυριότερες επιπτώσεις οι οποίες, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, ενδέχεται να προκληθούν αφορούν στο διεθνές εμπόριο των συσκευασμένων προϊόντων. Μερικά παραδείγματα τέτοιων επιπτώσεων είναι τα παρακάτω {346}, {390} :

- απαίτηση για παραγωγή διαφορετικών ειδών συσκευασιών για κάθε χώρα προκειμένου να υπάρχει συμβατότητα με τα αναγκαία τοπικά πιστοποιητικά, σύμβολα κλπ,
- αλλαγή στον τύπο ή τη σύσταση των συσκευασιών εφόσον υπάρχουν απαγορεύσεις και περιορισμοί για συγκεκριμένα υλικά,
- απαίτηση για συμμόρφωση με συγκεκριμένα κριτήρια ανακύκλωσης στην περίπτωση που δεν είναι σύμφωνα με τα αντίστοιχα των προγραμμάτων που εφαρμόζονται,
- επιβολή φόρων - τελών στο προϊόν εφόσον κάτι τέτοιο προβλέπεται από τη νομοθεσία της χώρας για ορισμένα είδη συσκευασίας κλπ.

Το κυριότερο πρόβλημα που προκύπτει από τις επιπτώσεις αυτές, είναι η εύνοια υπέρ των εγχώριων εμπορικών συμφερόντων. Προκειμένου κάτι τέτοιο να αποφευχθεί, είναι αναγκαίο να υιοθετηθούν διεθνώς εναρμονισμένοι τρόποι αντίληψης σχετικά με τη φιλική προς το περιβάλλον συσκευασία καθώς επίσης και ομοιόμορφη προσέγγιση των μεθόδων διαχείρισης των αποβλήτων συσκευασιών. Και σε αυτή την προσπάθεια, ο ρόλος της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής αναμένεται καθοριστικός και η βοήθεια της απαραίτητη.

## **A.6. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ**

### **A.6.1. Γενικά**

Η ύπαρξη μιας σειράς διαφορετικών μεθοδολογιών για την εκπόνηση μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής, η οποία αναφέρθηκε στο δεύτερο κεφάλαιο, είχε ως αποτέλεσμα να παρουσιάζεται το φαινόμενο το 60 % περίπου των σχετικών με την ΑΚΖ εργασιών που έχουν ανακοινωθεί έως σήμερα να καταπιάνονται με ζητήματα μεθοδολογίας και συναφή θέματα και μόνο το υπόλοιπο 40 % να είναι μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής συγκεκριμένων προϊόντων. Ωστόσο, είναι πιθανό, το ποσοστό των μελετών ΑΚΖ προϊόντων να είναι μεγαλύτερο καθώς, εκτός από τις δημοσιευμένες μελέτες και τις μελέτες που αν και δεν έχουν δημοσιευθεί υπάρχουν τρόποι πρόσβασης σε αυτές ("grey" literature), υπάρχει και ένας αριθμός μελετών οι οποίες είναι απόρρητες και δεν έχουν δει μέχρι σήμερα το φως της δημοσιότητας [40].

Ένα από τα προσφιλή θέματα των μελετητών της ανάλυσης κύκλου ζωής είναι τα υλικά συσκευασίας και γενικότερα η συσκευασία. Βέβαια, αυτό το γεγονός δεν πρέπει να μας εκπλήσσει αφού, τα τελευταία κυρίως χρόνια, παρατηρείται το φαινόμενο να επικεντρώνεται όλο και περισσότερο η προσοχή διάφορων φορέων (περιβαλλοντολόγοι, οικολογικές οργανώσεις, επιχειρήσεις, νομοθετικά όργανα κ.α.) στην συσκευασία [59], [121], [150]. Γενικά, το ενδιαφέρον αυτό για ορισμένους κλάδους της βιομηχανικής δραστηριότητας όπως είναι η συσκευασία, είναι το αποτέλεσμα της πίεσης που δέχονται ορισμένοι τομείς της βιομηχανίας προκειμένου να αποδείξουν ότι τα προϊόντα τους δεν ευθύνονται για την οικολογική υποβάθμιση που παρατηρείται και η οποία απασχολεί όλο και περισσότερο την κοινή γνώμη [109].

Ένας από τους πολλούς τρόπους με τους οποίους εκδηλώνεται η οικολογική υποβάθμιση είναι, χωρίς αμφιβολία, το πρόβλημα των στερεών απορριμμάτων. Όπως ήδη αναφέρθηκε, τα υλικά συσκευασίας καταλαμβάνουν ένα μεγάλο μέρος των αστικών απορριμμάτων τόσο κατά βάρος όσο και κατ' όγκο και μάλιστα το ποσοστό συμμετοχής τους σε αυτά σε πολλές χώρες (π.χ. Γαλλία) χρόνο με το χρόνο αυξάνεται [170], [171]. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι στις περισσότερες από τις αναπτυγμένες οικονομικά χώρες του κόσμου παρατηρείται τόσο μια μείωση της δυναμικότητας ταφής των αστικών απορριμμάτων στους ήδη καθορισμένους για τον σκοπό αυτό χώρους όσο και σημαντική δυσκολία στην ανεύρεση νέων τέτοιων χώρων [165], ενισχύει τις πιέσεις που δέχεται η βιομηχανία συσκευασίας και άρα την ανάγκη για μελέτες ΑΚΖ που να αντιμετωπίζουν τις πιέσεις αυτές [27], [96].

Άλλωστε η συσκευασία, σε αντίθεση με άλλα καταναλωτικά προϊόντα όπως τα αυτοκίνητα, οι οικιακές συσκευές κλπ, είναι ένα αντικείμενο που προσφέρεται για συγκρίσεις. Και τούτο διότι κατασκευάζεται συνήθως από περιορισμένο αριθμό διαφορετικών πρώτων υλών ενώ ο κύκλος ζωής του είναι συγκεκριμένος και σε μεγάλο βαθμό επαναλαμβανόμενος. Έτσι, ευνοεί την ανάπτυξη σχετικών μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής [10].

Εκτός από αυτό, και δεδομένου ότι η συσκευασία πέρα από την θετική της επίπτωση στο περιβάλλον η οποία συντελείται κυρίως προστατεύοντας τρόφιμα και αγαθά κατά την αποθήκευση και διανομή τους, έχει και τις αρνητικές επιπτώσεις της όπως είναι η κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας και η δημιουργία ρύπανσης, έχει αναπτυχθεί νομοθεσία η οποία απαιτεί τα υλικά συσκευασίας να υποβάλλονται καθημερινά σε όλο και αυστηρότερους εξειδικευμένους ελέγχους και να υπόκεινται σε διάφορα οικονομικά μέτρα όπως απαγορεύσεις και φόροι. Έτσι, προτού ληφθεί η οποιαδήποτε απόφαση σχετικά με αυτά τα υλικά, καλό είναι να γίνεται εκτίμηση όλων των, σχετικών με το περιβάλλον, παραμέτρων. Απαίτηση η οποία ικανοποιείται με την βοήθεια των μελετών ανάλυσης κύκλου ζωής [10], [27], [206].

Μαζί με τα παραπάνω, εμφανίστηκε στο παρελθόν το φαινόμενο ο διάλογος μεταξύ των αρμοδίων φορέων για θέματα σχετικά με την συσκευασία να βασίζεται, όχι στην γνώση της πραγματικής κατάστασης και της αντικειμενικής αλήθειας, αλλά σε υποκειμενικές κρίσεις και παρορμητικές απόψεις. Έτσι, η ανάγκη για επιστημονική αξιολόγηση των ζητημάτων που σχετίζονται με την συσκευασία οδήγησε στην ανάλυση κύκλου ζωής [34].

Δύο ειδών τύποι επιχειρήσεων είναι πρωτόποροι στην ανάπτυξη της ανάλυσης κύκλου ζωής. Οι χημικές βιομηχανίες (είτε άμεσα είτε έμμεσα ως προμηθευτές των βιομηχανιών συσκευασίας) και οι επιχειρήσεις συμβούλων οι οποίες ασχολούνται με την περιβαλλοντική έρευνα και την ανάπτυξη σχετικών μεθοδολογιών. Η περίπτωση των χημικών βιομηχανιών είναι, ως ένα βαθμό, αναμενόμενη δεδομένου ότι η κοινή γνώμη είναι αρκετά καχύποπτη απέναντι της σε ότι αφορά στα περιβαλλοντικά ζητήματα. Στην δεύτερη περίπτωση, η ανάλυση κύκλου ζωής χρησιμοποιείται για μια σειρά "επιθετικών σκοπών" όπως η οικολογική αριστοποίηση προϊόντων, η ανάπτυξη οικολογικών στρατηγικών, η αξιολόγηση περιβαλλοντικών νομοθετημάτων κλπ.

Πολύ συχνή είναι επίσης και η περίπτωση των μελετών ΑΚΖ οι οποίες είναι το αποτέλεσμα της συνεργασίας ιδιωτικών επιχειρήσεων ή φορέων από την μία και ανεξάρτητων ερευνητών από την άλλη. Έτσι, ερευνητές αναπτύσσουν με την οικονομική ή άλλη υποστήριξη επιχειρήσεων και φορέων μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής για λογαριασμό τους οι οποίες συνήθως σκοπό έχουν να θεμελιώσουν την επιχειρηματολογία των επιχειρήσεων και των φορέων αυτών. Οι μελέτες αυτές είναι γενικά αξιόπιστες κυρίως όταν εκπονούνται από

αναγνωρισμένα γραφεία συμβούλων ή από μέλη της ακαδημαϊκής κοινότητας (καθηγητές, ερευνητές κ.α.) καθώς παρουσιάζουν επιστημονική πληρότητα και αντικειμενικότητα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτής της περίπτωσης είναι οι μελέτες του W. R. Thalmann σχετικά με το PVC και άλλα υλικά συσκευασίας της γερμανικής αγοράς [84] – [90], του I. Boustead σχετικά με τα θερμοπλαστικά οι οποίες εκπονήθηκαν για λογαριασμό του European Centre for Plastics in the Environment [100] – [103], [116], του E. Bischoff σχετικά με τη συσκευασία ρευστών προϊόντων που πραγματοποιήθηκαν για λογαριασμό του European Vinyls Corporation (EVC) και της Solvay S.A. [132], [140] κα.

Στις παραγράφους που θα ακολουθήσουν θα γίνει μια σύντομη αναφορά σε κάποιες προσπάθειες ανάλυσης του κύκλου ζωής προϊόντων συσκευασίας που πραγματοποιήθηκαν στο παρελθόν σε διάφορες χώρες του κόσμου, προκειμένου :

- Να γίνει μια σύντομη επισκόπηση της κατάστασης που υπάρχει.
- Να παρουσιαστούν οι μεθοδολογίες που εφαρμόζονται στην πράξη.
- Να συγκριθούν αποτελέσματα με άλλα αντίστοιχα που θα αναπτυχθούν στα πλαίσια αυτής της διατριβής (εφόσον θα υπάρξει πεδίο σύγκρισης).
- Να φανούν προβλήματα που εμφανίζονται στη πράξη κατά την εκπόνηση των μελετών ΑΚΖ καθώς και οι τρόποι αντιμετώπισης τους.
- Να χρησιμοποιηθούν, ενδεχομένως, στην παρούσα διατριβή δεδομένα των οποίων η συλλογή είναι πρακτικά αδύνατη προς το παρόν στην Ελλάδα. Αυτή η πρακτική εφαρμόζεται συχνά στις μελέτες αυτές λόγω έλλειψης αντίστοιχων στοιχείων. Για παράδειγμα στην Γαλλία όπου οι μελέτες ΑΚΖ είναι ακόμα στο ξεκίνημα τους, χρησιμοποιείται στις αναλύσεις κύκλου ζωής το ελβετικό ενεργειακό μοντέλο όπως παρουσιάζεται στις μελέτες του BUWAL [40].

Το γεγονός, πάντως, ότι τα αποτελέσματα κάθε μελέτης ανάλυσης κύκλου ζωής είναι, σε απόλυτες τιμές, αρνητικά δεδομένου ότι απεικονίζονται σε αυτήν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, έχει οδηγήσει στην χρήση των μελετών ΑΚΖ κυρίως για σύγκριση προϊόντων και υλικών. Μάλιστα πολλοί πιστεύουν ότι έτσι αξιοποιείται καλύτερα η μέθοδος αρκεί, βέβαια, να συγκρίνονται απολύτως ισοδύναμα πράγματα με αντικειμενικότητα και δίχως σκοπιμότητες. Ωστόσο, εκτός από τις πολυάριθμες συγκριτικές αναλύσεις κύκλου ζωής υπάρχουν και κάποιες απλές μελέτες ΑΚΖ οι οποίες εξετάζουν ένα συγκεκριμένο προϊόν με στόχο την αριστοποίηση της περιβαλλοντικής του απόδοσης.

## A.6.2. Αναλύσεις κύκλου ζωής προϊόντων συσκευασίας

Οι πιο απλές μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής είναι αυτές οι οποίες καταπιάνονται με συγκεκριμένα υλικά συσκευασίας αναλύοντας τις επιπτώσεις που έχουν στο περιβάλλον. Οι μελέτες αυτές δεν είναι πολυάριθμες δεδομένου ότι συνήθως προτιμώνται οι συγκριτικές μελέτες ΑΚΖ οι οποίες συγκρίνουν μεταξύ τους ομοειδή προϊόντα.

- ♦ Ανάλυση της ανακύκλωσης πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας (LDPE) [32], [33].

Η έρευνα αυτή έγινε από την Nottingham University Consultants Ltd με σκοπό να εξετάσει το σύστημα ανακύκλωσης της βρετανικής εταιρείας Alida Recycling Ltd. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει την συλλογή, την μεταφορά και την επεξεργασία αποβλήτων συσκευασιών από LDPE. Η επεξεργασία αυτή πραγματοποιείται με την χρήση της τεχνολογίας SOREMA η οποία επιτρέπει την μετατροπή του χρησιμοποιημένου πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας (το οποίο συλλέγεται από συνεργαζόμενα καταστήματα τροφίμων) σε πρώτη ύλη η οποία μαζί με πρωτογενές LDPE χρησιμοποιείται για την παραγωγή σάκκων για τα καταστήματα αυτά. Η έρευνα περιλαμβάνει την διερεύνηση της κατανάλωσης πρώτων υλών και ενέργειας καθώς και της ρύπανσης του αέρα των υδάτων και του εδάφους.

Το σύστημα το οποίο επιλέχθηκε προκειμένου να προσδιοριστούν οι εισροές και οι εκροές δια μέσου των ορίων του, περιλαμβάνει τα εξής στάδια :

### *Πρωτογενές LDPE*

- Άντληση πετρελαίου ή/και φυσικού αερίου για την παραγωγή του LDPE.
- Μεταφορά τους από το σημείο άντλησης στο διυλιστήριο.
- Παραγωγή πρωτογενούς LDPE από πετρέλαιο ή φυσικό αέριο.
- Μεταφορά του πρωτογενούς LDPE από το εργοστάσιο παραγωγής στην μονάδα μορφοποίησης (Alida).
- Παραγωγή από την Alida σάκκων από πρωτογενές LDPE

### *Ανακυκλωμένο LDPE*

- Συλλογή στα καταστήματα χρησιμοποιημένων σάκκων από LDPE.
- Μεταφορά των χρησιμοποιημένων σάκκων από LDPE στην Alida.
- Κατεργασία των χρησιμοποιημένων σάκκων από LDPE από την Alida.
- Παραγωγή από την Alida σάκκων από ανακυκλωμένο LDPE.

Για τα παραπάνω στάδια, μόνο τα στοιχεία τα οποία αφορούσαν στην παραγωγή των σάκκων καθώς και τα σχετικά με την ανακύκλωση

συλλέχθηκαν από την πηγή τους (τα πρώτα από την μονάδα παραγωγής της Alida και τα δεύτερα από τα καταστήματα που χρησιμοποίησαν τους σάκκους). Αντίθετα, για το στάδιο της παραγωγής του πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας καθώς και εκείνο της μεταφοράς και διανομής του, χρησιμοποιήθηκε από την βιβλιογραφία η τιμή της ενέργειας των 110 GJ ανά τόνο η οποία περιλαμβάνει και την ενέργεια που περικλείεται στο LDPE ως υλικό.

Τα αποτελέσματα της έρευνας, τα οποία επικεντρώνονται στην κατανάλωση ενέργειας και νερού και την αποδέσμευση SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>, φαίνονται συνοπτικά στον πίνακα Α.6.2.1 που ακολουθεί.

**Πίνακας Α.6.2.1 : Αποτελέσματα έρευνας για ανακύκλωση LDPE**

AKZ	Ανακυκλωμένο LDPE	Πρωτογενές LDPE
Συνολική ενέργεια GJ/τόνο	35,33	110,57
Κατανάλωση νερού m <sup>3</sup> /τόνο	16,84	143,85
Παραγωγή SO <sub>2</sub> kg/τόνο	18,00	60,7
Παραγωγή CO <sub>2</sub> kg/τόνο	1773,0	4304,0
Παραγωγή NO <sub>x</sub> kg/τόνο	9,00	21,23

Πηγή {32}, {34}

Από τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνουμε ότι το πρωτογενές πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας σε σχέση με το ανακυκλωμένο απαιτεί περίπου 3 φορές περισσότερη ενέργεια, καταναλώνει 8 φορές περισσότερο νερό ενώ παράλληλα παράγει 2,5 φορές περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα, 3 φορές περισσότερο διοξείδιο του θείου και τουλάχιστον 2 φορές περισσότερα οξείδια του αζώτου. Συνεπώς συνάγεται μια σαφής υπεροχή του ανακυκλωμένου πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας σε σχέση με το πρωτογενές.

- ♦ Οικολογική Εικόνα διαφόρων θερμοπλαστικών {100}, {101}, {102}, {103}.

Η έρευνα αυτή σχεδιάστηκε και προωθήθηκε από το Σύνδεσμο της Ευρωπαϊκής Βιομηχανίας Πλαστικών προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανάγκες για ακριβή πληροφόρηση σχετικά με τις επιπτώσεις των πλαστικών στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα εκπονήθηκε από ερευνητική ομάδα, ειδική στην ανάλυση κύκλου ζωής, για λογαριασμό του APME (Association of Plastics Manufacturers in Europe) και αποτελείται μέχρι στιγμής από τα εξής τέσσερα μέρη :

- Μεθοδολογία Οικολογικού Ισοζυγίου για Θερμοπλαστικά.

- Οικολογική Εικόνα Ολεφινών (ακόρεστων υδρογονανθράκων με ένα διπλό δεσμό).
- Οικολογική Εικόνα Πολυαιθυλενίου και Πολυπροπυλενίου (πολυμερών).
- Οικολογική Εικόνα Πολυστυρενίου (ή πολυστερίνης).

Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται ο όρος οικολογική εικόνα αντί για ανάλυση κύκλου ζωής είναι επειδή η ανάλυση περιλαμβάνει τα στάδια της ζωής των προϊόντων από την απόκτηση των πρώτων υλών μέχρι το σημείο που τα πολυμερή είναι έτοιμα για να χρησιμοποιηθούν από τους μεταποιητές ως πρώτη ύλη για την παραγωγή προϊόντων από πλαστικό. Έτσι, στην ανάλυση δεν περιλαμβάνεται ούτε αυτό το στάδιο αλλά ούτε και τα επόμενα, δηλαδή η χρήση και η τελική απόρριψη των προϊόντων αυτών. Με άλλα λόγια, η έρευνα αυτή αποτελεί τμήμα μελέτης ανάλυσης κύκλου ζωής όπου εξετάζεται η κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας και η αποδέσμευση στερεών, υγρών και αέριων ρυπαντών.

Οι βασικότεροι λόγοι για τους οποίους ο ΑΡΜΕ υποστήριξε την εκπόνηση αυτών των αναλύσεων είναι οι εξής :

- ο Για να γίνουν γνωστές σε όλες τις βιομηχανίες – μέλη της κάποιες περιοχές της παραγωγικής διαδικασίας όπου υπάρχει η δυνατότητα για περιβαλλοντικές βελτιώσεις.
- ο Για να αποκτήσουν οι βιομηχανίες που μεταποιούν πρώτες ύλες πλαστικών (π.χ. βιομηχανίες ειδών συσκευασίας κλπ) τα απαραίτητα στοιχεία ώστε να μπορέσουν να εκπονήσουν μελέτες ΑΚΖ για τα δικά τους προϊόντα.

Ένα από τα αξιοσημείωτα των μελετών αυτών είναι το εξής : Λόγω έλλειψης επαρκών σχετικών στοιχείων κατά την ανάλυση του προβλήματος, χρειάστηκε να γίνει μία σημαντική παραδοχή η οποία αφορά σε ένα παραπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας. Το παραπροϊόν αυτό (το οποίο λαμβάνεται υπόψη μαζί με τα κύρια προϊόντα στην κατανομή εισροών και εκροών) είναι ένας υδρογονάνθρακας, με ασταθή και άγνωστη χημική σύνθεση, ο οποίος χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε άλλο σημείο της διεργασίας. Συνεπώς, είναι απαραίτητη η γνώση της θερμογόνου δύναμης του η οποία, ωστόσο, είναι άγνωστη δεδομένου ότι είναι άγνωστος και ο χημικός τύπος του. Στη συγκεκριμένη ανάλυση, η θερμογόνος δύναμη του υδρογονάνθρακα αυτού καθορίστηκε (αυθαίρετα) σε 40 MJ/kg. Βέβαια, η τιμή αυτή ελέγχθηκε με τη βοήθεια ανάλυσης ευαισθησίας η οποία έδειξε ότι απόκλιση της μέχρι 20 % συνεπάγεται μεταβολή των αποτελεσμάτων κατά 2 % το πολύ.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα σημαντικότερα αποτελέσματα της έρευνας.

Πίνακας Α.6.2.2 : Οικολογική εικόνα αιθυλενίου (ολεφίνης)

Παραγωγή 1 kg Αιθυλενίου			
Κατηγορία	Είδος	Μονάδα	Μέση Τιμή
ΚΑΥΣΙΜΑ (για ενέργεια και α΄ ύλες)	Άνθρακας	MJ	0,95
	Πετρέλαιο	MJ	33,20
	Φυσικό Αέριο	MJ	34,88
	Υδρηνλεκτρική Ενέργεια	MJ	0,12
	Πυρηνική Ενέργεια	MJ	0,32
	Λοιπά Καύσιμα	MJ	<0,01
Σύνολο Καυσίμων		MJ	69,47
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ (και καταλύτες κ.λ.π.)	Σιδηρομετάλλευμα	mg	200
	Ασβεστόλιθος	mg	100
	Νερό	mg	1900000
	Βωξίτης	mg	300
	Χλωριούχο Νάτριο	mg	5400
	Άργιλος	mg	20
	Σιδηρομαγγάνιο	mg	<1
ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	Σκόνη	mg	1000
	CO	mg	600
	CO <sub>2</sub>	mg	529000
	SO <sub>x</sub>	mg	4000
	NO <sub>x</sub>	mg	6000
	Υδρόθειο	mg	10
	Υδροχλώριο	mg	20
	Υδρογονάνθρακες	mg	7000
	Μέταλλα	mg	1
ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	COD	mg	200
	BOD	mg	40
	Οξύ ως H <sup>+</sup>	mg	60
	Μέταλλα	mg	300
	Ιόντια Χλωρίου	mg	50
	Διαλ. Οργανικές Ενώσεις	mg	20
	Διασπειρ. Οργ. Ενώσεις	mg	200
	Έλαια	mg	200
	Φαινόλη	mg	1
	Διαλ. Στερεά	mg	500
	Άζωτο	mg	10
ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	Βιομηχαν. Απορρίμματα	mg	1400
	Ορυκτά Υπόλοιπα	mg	8000
	Λάσπη - Τέφρα	mg	3000
	Μη Τοξικά Χημικά	mg	400
	Τοξικά Χημικά	mg	1

πηγή [10]



Πίνακας Α.6.2.3 : Οικολογική εικόνα προπυλενίου (ολεφίνης)

Παραγωγή 1 kg Προπυλενίου			
Κατηγορία	Είδος	Μονάδα	Μέση Τιμή
ΚΑΥΣΙΜΑ (για ενέργεια και ά ύλες)	Άνθρακας	MJ	0,57
	Πετρέλαιο	MJ	38,24
	Φυσικό Αέριο	MJ	30,33
	Υδρηνλεκτρική Ενέργεια	MJ	0,12
	Πυρηνική Ενέργεια	MJ	0,23
	Λοιπά Καύσιμα	MJ	<0,01
Σύνολο Καυσίμων		MJ	69,48
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ (καταλύτες κλπ)	Σιδηρομετάλλευμα	mg	200
	Ασβεστόλιθος	mg	100
	Νερό	mg	16000000
	Βωξίτης	mg	300
	Χλωριούχο Νάτριο	mg	6000
	Άργιλος	mg	20
	Σιδηρομαγγάνιο	mg	<1
ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	Σκόνη	mg	800
	CO	mg	400
	CO2	mg	528000
	SOx	mg	4000
	NOx	mg	6000
	Υδροθείο	mg	10
	Υδροχλώριο	mg	10
	Υδρογονάνθρακες	mg	8000
	Μέταλλα	mg	1
ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	COD	mg	200
	BOD	mg	30
	Οξύ ως H+	mg	40
	Μέταλλα	mg	200
	Ιόντια Χλωρίου	mg	50
	Διαλ. Οργανικές Ενώσεις	mg	20
	Διασπειρ. Οργ. Ενώσεις	mg	200
	Έλαια	mg	100
	Φαινόλη	mg	1
	Διαλ. Στερεά	mg	400
	Άζωτο	mg	10
ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	Βιομηχαν. Απορρίμματα	mg	1000
	Ορυκτά Υπόλοιπα	mg	5000
	Λάσπη-Τέφρα	mg	2000
	Μη Τοξικά Χημικά	mg	1000
	Τοξικά Χημικά	mg	-

πηγή [101]

Πίνακας Α.6.2.4 : Οικολογική εικόνα βουτυλενίου (ολεφίνης)

Παραγωγή 1 kg Βουτενίου ή Βουτυλενίου			
Κατηγορία	Είδος	Μονάδα	Μέση Τιμή
ΚΑΥΣΙΜΑ (για ενέργεια και α' ύλες)	Άνθρακας	MJ	0,49
	Πετρέλαιο	MJ	36,81
	Φυσικό Αέριο	MJ	31,16
	Υδροηλεκτρική Ενέργεια	MJ	0,06
	Πυρηνική Ενέργεια	MJ	0,22
	Λοιπά Καύσιμα	MJ	<0,01
Σύνολο Καυσίμων		MJ	63,78
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ (καταλύτες κλπ)	Σιδηρομετάλλευμα	mg	200
	Ασβεστόλιθος	mg	100
	Νερό	mg	16000000
	Βωξίτης	mg	300
	Χλωριούχο Νάτριο	mg	6000
	Άργιλος	mg	20
	Σιδηρομαγγάνιο	mg	<1
ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	Σκόνη	mg	800
	CO	mg	400
	CO2	mg	5000000
	SOx	mg	3000
	NOx	mg	6000
	Υδροθείο	mg	1
	Υδροχλώριο	mg	10
	Υδρογονάνθρακες	mg	7000
	Μέταλλα	mg	1
ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	COD	mg	200
	BOD	mg	40
	Οξύ ως H+	mg	40
	Μέταλλα	mg	300
	Ιόντια Χλωρίου	mg	50
	Διαλ. Οργανικές Ενώσεις	mg	20
	Διασπειρ. Οργ. Ενώσεις	mg	200
	Έλαια	mg	90
	Φαινόλη	mg	1
	Διαλ. Στερεά	mg	400
	Άζωτο	mg	10
ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	Βιομηχαν. Απορρίμματα	mg	1400
	Ορυκτά Υπόλοιπα	mg	4400
	Λάσπη-Τέφρα	mg	2000
	Μη Τοξικά Χημικά	mg	500
	Τοξικά Χημικά	mg	-

πηγη [101]

Πίνακας Α.6.2.5 : Οικολογική εικόνα LDPE (πλαστικό)

Παραγωγή 1 kg Πολυαιθυλενίου Χαμηλής Πυκνότητας (LDPE)			
Κατηγορία	Είδος	Μονάδα	Μέση Τιμή
ΚΑΥΣΙΜΑ (για ενέργεια και ά ύλες)	Άνθρακας	MJ	3,29
	Πετρέλαιο	MJ	37,45
	Φυσικό Αέριο	MJ	45,40
	Υδροηλεκτρική Ενέργεια	MJ	0,54
	Πυρηνική Ενέργεια	MJ	1,67
	Λοιπά Καύσιμα	MJ	0,21
Σύνολο Καυσίμων		MJ	88,55
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ (καταλύτες κλπ)	Σιδηρομετάλλευμα	mg	200
	Ασβεστόλιθος	mg	150
	Νερό	mg	24000000
	Βωξίτης	mg	300
	Χλωριούχο Νάτριο	mg	800
	Άργιλος	mg	20
	Σιδηρομαγγάνιο	mg	<1
ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	Σκόνη	mg	3000
	CO	mg	900
	CO <sub>2</sub>	mg	1250000
	SO <sub>x</sub>	mg	9000
	NO <sub>x</sub>	mg	12000
	Υδροφθόριο	mg	5
	Υδροχλώριο	mg	70
	Υδρογονάνθρακες	mg	21000
	Μέταλλα	mg	1
ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	COD	mg	1500
	BOD	mg	200
	Οξύ ως H <sup>+</sup>	mg	60
	Μέταλλα	mg	250
	Ιόντια Χλωρίου	mg	130
	Διαλ. Οργανικές Ενώσεις	mg	20
	Διασπειρ. Οργ. Ενώσεις	mg	500
	Έλαια	mg	200
	Φωσφορικό Άλας	mg	5
	Διαλ. Στερεά	mg	-
	Άζωτο	mg	10
ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	Βιομηχαν. Απορρίμματα	mg	3500
	Ορυκτά Υπόλοιπα	mg	26000
	Λάσπη-Τέφρα	mg	9000
	Μη Τοξικά Χημικά	mg	800
	Τοξικά Χημικά	mg	100

πηγή [102]

Πίνακας Α.6.2.6 : Οικολογική εικόνα HDPE (πλαστικό)

Παραγωγή 1 kg Πολυαιθυλενίου Υψηλής Πυκνότητας (HDPE)			
Κατηγορία	Είδος	Μονάδα	Μέση Τιμή
ΚΑΥΣΙΜΑ (για ενέργεια και α΄ ύλες)	Άνθρακας	MJ	2,20
	Πετρέλαιο	MJ	36,09
	Φυσικό Αέριο	MJ	41,01
	Υδροηλεκτρική Ενέργεια	MJ	0,39
	Πυρηνική Ενέργεια	MJ	1,29
	Λοιπά Καύσιμα	MJ	0,01
Σύνολο Καυσίμων		MJ	80,98
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ (καταλύτες κλπ)	Σιδηρομετάλλευμα	mg	300
	Ασβεστόλιθος	mg	200
	Νερό	mg	9500000
	Βωξίτης	mg	200
	Χλωριούχο Νάτριο	mg	4000
	Άργιλος	mg	20
	Σιδηρομαγγάνιο	mg	<1
ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	Σκόνη	mg	2000
	CO	mg	600
	CO2	mg	940000
	SOx	mg	6000
	NOx	mg	10000
	Υδροφθόριο	mg	1
	Υδροχλώριο	mg	50
	Υδρογονάνθρακες	mg	21000
	Μέταλλα	mg	5
	ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	COD	mg
BOD		mg	100
Οξύ ως H+		mg	100
Μέταλλα		mg	300
Ιόντια Χλωρίου		mg	800
Διαλ. Οργανικές Ενώσεις		mg	20
Διασπειρ. Οργ. Ενώσεις		mg	200
Έλαια		mg	30
Υδρογονάνθρακες		mg	150
Διαλ. Στερεά		mg	500
Άζωτο		mg	5
ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ		Βιομηχαν. Απορρίμματα	mg
	Ορυκτά Υπόλοιπα	mg	18000
	Λάσπη-Τέφρα	mg	5000
	Μη Τοξικά Χημικά	mg	6000
	Τοξικά Χημικά	mg	40

πηγή [102]

Πίνακας Α.6.2.7 : Οικολογική εικόνα LLDPE (πλαστικό)

Παραγωγή 1 kg Γραμμικού Πολυαιθυλενίου Χαμηλ. Πυκν. (LLDPE)			
Κατηγορία	Είδος	Μονάδα	Μέση Τιμή
ΚΑΥΣΙΜΑ (για ενέργεια και α' ύλες)	Άνθρακας	MJ	0,78
	Πετρέλαιο	MJ	22,39
	Φυσικό Αέριο	MJ	58,35
	Υδροηλεκτρική Ενέργεια	MJ	0,13
	Πυρηνική Ενέργεια	MJ	1,32
	Λοιπά Καύσιμα	MJ	0,01
Σύνολο Καυσίμων		MJ	82,98
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ (καταλύτες κλπ)	Σιδηρομετάλλευμα	mg	130
	Ασβεστόλιθος	mg	90
	Νερό	mg	4100000
	Βωξίτης	mg	150
	Χλωριούχο Νάτριο	mg	7900
	Άργιλος	mg	10
	Σιδηρομαγγάνιο	mg	<1
ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	Σκόνη	mg	1100
	CO	mg	700
	CO2	mg	610000
	SOx	mg	2700
	NOx	mg	7900
	Υδρόθειο	mg	2
	Υδροχλώριο	mg	20
	Υδρογονάνθρακες	mg	14000
	Μέταλλα	mg	1
ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	COD	mg	300
	BOD	mg	10
	Οξύ ως H+	mg	40
	Μέταλλα	mg	700
	Ιόντια Χλωρίου	mg	190
	Διαλ. Οργανικές Ενώσεις	mg	10
	Διασπειρ. Οργ. Ενώσεις	mg	100
	Έλαια	mg	40
	Υδρογονάνθρακες	mg	130
	Διαλ. Στερεά	mg	920
	Άζωτο	mg	10
ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	Βιομηχαν. Απορρίμματα	mg	1700
	Ορυκτά Υπόλοιπα	mg	6000
	Λάσπη-Τέφρα	mg	2400
	Μη Τοξικά Χημικά	mg	450
	Τοξικά Χημικά	mg	-

πηγή [102]

Πίνακας Α.6.2.8 : Οικολογική εικόνα ΡΡ (πλαστικό)

Παραγωγή 1 kg Πολυπροπυλενίου (ΡΡ)			
Κατηγορία	Είδος	Μονάδα	Μέση Τιμή
ΚΑΥΣΙΜΑ (για ενέργεια και α΄ ύλες)	Άνθρακας	MJ	1,67
	Πετρέλαιο	MJ	54,78
	Φυσικό Αέριο	MJ	21,72
	Υδροηλεκτρική Ενέργεια	MJ	0,81
	Πυρηνική Ενέργεια	MJ	1,00
	Λοιπά Καύσιμα	MJ	0,06
Σύνολο Καυσίμων		MJ	80,03
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ (καταλύτες κλπ)	Σιδηρομετάλλευμα	mg	300
	Ασβεστόλιθος	mg	200
	Νερό	mg	3100000
	Βωξίτης	mg	400
	Χλωριούχο Νάτριο	mg	5000
	Άργιλος	mg	30
	Σιδηρομαγγάνιο	mg	<1
ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	Σκόνη	mg	2000
	CO	mg	700
	CO2	mg	1100000
	SOx	mg	11000
	NOx	mg	10000
	Υδρόθειο	mg	10
	Υδροχλώριο	mg	40
	Υδρογονάνθρακες	mg	13000
	Μέταλλα	mg	5
ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	COD	mg	400
	BOD	mg	60
	Οξύ ως H+	mg	90
	Μέταλλα	mg	300
	Ιόντια Χλωρίου	mg	800
	Διαλ. Οργανικές Ενώσεις	mg	30
	Διασπειρ. Οργ. Ενώσεις	mg	200
	Έλαια	mg	40
	Υδρογονάνθρακες	mg	300
	Διαλ. Στερεά	mg	200
	Άζωτο	mg	10
ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	Βιομηχαν. Απορρίμματα	mg	4000
	Ορυκτά Υπόλοιπα	mg	14000
	Λάσπη-Τέφρα	mg	5000
	Μη Τοξικά Χημικά	mg	8000
	Τοξικά Χημικά	mg	30

πηγή {102}

Πίνακας Α.6.2.9 : Οικολογική εικόνα στυρενίου (μονομερές)

Παραγωγή 1 kg Στυρενίου ή Στυρολίου			
Κατηγορία	Είδος	Μονάδα	Μέση Τιμή
ΚΑΥΣΙΜΑ (για ενέργεια και α΄ ύλες)	Άνθρακας	MJ	0,92
	Πετρέλαιο	MJ	42,29
	Φυσικό Αέριο	MJ	54,57
	Υδροηλεκτρική Ενέργεια	MJ	0,14
	Πυρηνική Ενέργεια	MJ	0,38
	Λοιπά Καύσιμα	MJ	0,11
Σύνολο Καυσίμων		MJ	98,39
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ (καταλύτες κλπ)	Σιδηρομετάλλευμα	mg	300
	Ασβεστόλιθος	mg	200
	Νερό	mg	2900000
	Βωξίτης	mg	2000
	Χλωριούχο Νάτριο	mg	12000
	Άργιλος	mg	20
	Σιδηρομαγγάνιο	mg	<1
ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	Σκόνη	mg	3000
	CO	mg	1500
	CO <sub>2</sub>	mg	1500000
	SO <sub>x</sub>	mg	43000
	NO <sub>x</sub>	mg	24000
	Υδροθείο	mg	5
	Υδροχλώριο	mg	30
	Υδρογονάνθρακες	mg	22000
ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	Μέταλλα	mg	10
	COD	mg	2500
	BOD	mg	50
	Οξύ ως H <sup>+</sup>	mg	100
	Μέταλλα	mg	1000
	Ιόντια Χλωρίου	mg	200
	Διαλ. Οργανικές Ενώσεις	mg	80
	Διασπειρ. Οργ. Ενώσεις	mg	600
	Έλαια	mg	200
	Υδρογονάνθρακες	mg	500
	Διαλ. Στερεά	mg	500
ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	Άζωτο	mg	20
	Βιομηχαν. Απορρίμματα	mg	2500
	Ορυκτά Υπόλοιπα	mg	11000
	Λάσπη-Τέφρα	mg	4000
	Μη Τοξικά Χημικά	mg	22000
	Τοξικά Χημικά	mg	<1

πηγή {103}

Πίνακας Α.6.2.10 : Οικολογική εικόνα GPPS (πλαστικό)

Παραγωγή 1 kg Πολυστυρενίου Γενικής Χρήσης (GPPS)			
Κατηγορία	Είδος	Μονάδα	Μέση Τιμή
ΚΑΥΣΙΜΑ (για ενέργεια και α' ύλες)	Άνθρακας	MJ	1,31
	Πετρέλαιο	MJ	40,78
	Φυσικό Αέριο	MJ	58,09
	Υδροηλεκτρική Ενέργεια	MJ	0,23
	Πυρηνική Ενέργεια	MJ	0,84
	Λοιπά Καύσιμα	MJ	0,14
Σύνολο Καυσίμων		MJ	101,38
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ (καταλύτες κλπ)	Σιδηρομετάλλευμα	mg	300
	Ασβεστόλιθος	mg	200
	Νερό	mg	5000000
	Βωξίτης	mg	1800
	Χλωριούχο Νάτριο	mg	14000
	Άργιλος	mg	20
	Σιδηρομαγγάνιο	mg	<1
ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	Σκόνη	mg	3100
	CO	mg	1400
	CO2	mg	1600000
	SOx	mg	34000
	NOx	mg	24000
	Υδροθείο	mg	2
	Υδροχλώριο	mg	40
	Υδρογονάνθρακες	mg	26000
	Μέταλλα	mg	10
ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	COD	mg	1800
	BOD	mg	80
	Οξύ ως H+	mg	200
	Μέταλλα	mg	1100
	Ιόντια Χλωρίου	mg	500
	Διαλ. Οργανικές Ενώσεις	mg	50
	Διασπειρ. Οργ. Ενώσεις	mg	1000
	Έλαια	mg	200
	Υδρογονάνθρακες	mg	500
	Διαλ. Στερεά	mg	500
	Άζωτο	mg	20
	ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	Βιομηχαν. Απορρίμματα	mg
Ορυκτά Υπόλοιπα		mg	14000
Λάσπη-Τέφρα		mg	5000
Μη Τοξικά Χημικά		mg	45000
Τοξικά Χημικά		mg	<1

πηγή [103]



Πίνακας Α.6.2.11 : Οικολογική εικόνα HIPS (πλαστικό)

Παραγωγή 1 kg Πολυστυρενίου Υψηλής Αντοχής (HIPS)			
Κατηγορία	Είδος	Μονάδα	Μέση Τιμή
ΚΑΥΣΙΜΑ (για ενέργεια και α΄ ύλης)	Άνθρακας	MJ	1,48
	Πετρέλαιο	MJ	44,53
	Φυσικό Αέριο	MJ	57,58
	Υδροηλεκτρική Ενέργεια	MJ	0,29
	Πυρηνική Ενέργεια	MJ	1,02
	Λοιπά Καύσιμα	MJ	0,20
Σύνολο Καυσίμων		MJ	105,29
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ (καταλύτες κλπ)	Σιδηρομετάλλευμα	mg	400
	Ασβεστόλιθος	mg	200
	Νερό	mg	15000000
	Βωξίτης	mg	2000
	Χλωριούχο Νάτριο	mg	15000
	Άργιλος	mg	20
	Σιδηρομαγγάνιο	mg	<1
ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	Σκόνη	mg	3300
	CO	mg	1500
	CO2	mg	1800000
	SOx	mg	37000
	NOx	mg	25000
	Υδρόθειο	mg	2
	Υδροχλώριο	mg	50
	Υδρογονάνθρακες	mg	28000
	Μέταλλα	mg	10
ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	COD	mg	1400
	BOD	mg	110
	Οξύ ως H+	mg	220
	Μέταλλα	mg	1100
	Ιόντια Χλωρίου	mg	700
	Διαλ. Οργανικές Ενώσεις	mg	60
	Διασπειρ. Οργ. Ενώσεις	mg	700
	Έλαια	mg	240
	Υδρογονάνθρακες	mg	550
	Διαλ. Στερεά	mg	500
	Άζωτο	mg	20
ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	Βιομηχαν. Απορρίμματα	mg	3000
	Ορυκτά Υπόλοιπα	mg	17000
	Λάσπη-Τέφρα	mg	5000
	Μη Τοξικά Χημικά	mg	40000
	Τοξικά Χημικά	mg	<1

[ηγή {103}]

Πίνακας Α.6.2.12 : Οικολογική εικόνα EPS (πλαστικό)

Παραγωγή 1 kg Διογκώσιμου Πολυστυρενίου (EPS)			
Κατηγορία	Είδος	Μονάδα	Μέση Τιμή
ΚΑΥΣΙΜΑ (για ενέργεια και α΄ ύλης)	Άνθρακας	MJ	1,03
	Πετρέλαιο	MJ	48,46
	Φυσικό Αέριο	MJ	44,44
	Υδροηλεκτρική Ενέργεια	MJ	0,23
	Πυρηνική Ενέργεια	MJ	2,03
	Λοιπά Καύσιμα	MJ	0,04
Σύνολο Καυσίμων		MJ	96,22
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ (καταλύτες κλπ)	Σιδηρομετάλλευμα	mg	450
	Αβεστολίθος	mg	220
	Νερό	mg	9800000
	Βωξίτης	mg	1600
	Χλωριούχο Νάτριο	mg	12000
	Άργιλος	mg	20
	Σιδηρομαγγάνιο	mg	<1
ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	Σκόνη	mg	5100
	CO	mg	2400
	CO <sub>2</sub>	mg	1800000
	SO <sub>x</sub>	mg	140000
	NO <sub>x</sub>	mg	43000
	Υδροθείο	mg	5
	Υδροχλώριο	mg	40
	Υδρογονάνθρακες	mg	22000
	Μέταλλα	mg	20
ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	COD	mg	2700
	BOD	mg	120
	Οξύ ως H <sup>+</sup>	mg	80
	Μέταλλα	mg	1000
	Ιόντια Αμμωνίας	mg	400
	Διαλ. Οργανικές Ενώσεις	mg	320
	Διασπειρ. Οργ. Ενώσεις	mg	1300
	Έλαια	mg	300
	Υδρογονάνθρακες	mg	600
	Διαλ. Στερεά	mg	400
	Άζωτο	mg	20
ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	Βιομηχαν. Απορρίμματα	mg	2600
	Ορυκτά Υπόλοιπα	mg	11000
	Λάσπη-Τέφρα	mg	4000
	Μη Τοξικά Χημικά	mg	7000
	Τοξικά Χημικά	mg	<1

πηγή [103]

### A.6.3. Συγκριτικές αναλύσεις κύκλου ζωής προϊόντων συσκευασίας

Οι πιο διαδεδομένες αναλύσεις κύκλου ζωής είναι οι συγκριτικές. Οι μελέτες αυτές συγκρίνουν μεταξύ τους ομοειδή προϊόντα (π.χ. συσκευασίες) προσδιορίζοντας τις επιπτώσεις που έχει στο περιβάλλον το καθένα από αυτά σε όλη την διάρκεια της ζωής του. Ο σκοπός των μελετών αυτών είναι να διαπιστωθεί, όσο αυτό είναι δυνατό, ποιο είναι το καλύτερο από οικολογικής απόψεως [99], [141], [164]. Δίνονται πιο κάτω τέτοιες αναλύσεις.

- ♦ Ανάλυση Κύκλου Ζωής της Συσκευασίας Γιαουρτιού των 180 gr [36], [37], [38].

Η μελέτη αυτή η οποία είναι από τις πρώτες του είδους (δημοσιεύτηκε στα 1978 και 1979) καταπιάνεται με τις συσκευασία γιαουρτιού στην Ελβετία. Η συσκευασία αυτού του προϊόντος δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στις αναλύσεις κύκλου ζωής. Όμως, στην χώρα αυτή της κεντρικής Ευρώπης, το γιαούρτι στην συσκευασία των 180 gr είναι από τα πλέον διαδεδομένα προϊόντα.

Σκοπός της εργασίας είναι η πραγματοποίηση ενός ενεργειακού ισοζυγίου στο οποίο θα γίνεται καταγραφή της ενέργειας που καταναλώνεται για την εκτέλεση των παρακάτω εργασιών :

- απόκτηση των πρώτων υλών
- επεξεργασία των πρώτων υλών και παραγωγή των υλικών συσκευασίας
- πλήρωση με το προϊόν
- ψύξη του προϊόντος
- μεταφορά και διανομή
- καθαρισμός των γυάλινων δοχείων τα οποία επαναχρησιμοποιούνται

Σε κάθε περίπτωση, η ενέργεια η οποία περιέχεται στις πρώτες ύλες και στα υλικά συσκευασίας (για παράδειγμα πετρέλαιο, ξύλο κλπ) λαμβάνεται υπόψη. Επίσης, ένα άλλο χαρακτηριστικό της εργασίας αυτής είναι ότι παράλληλα με την ανάλυση κύκλου ζωής γίνεται ανάλυση κόστους καθώς και έρευνα αγοράς προκειμένου να εκτιμηθεί πόσο ικανοποιημένοι ή όχι είναι οι καταναλωτές από τις συσκευασίες που εξετάζονται.

Οι συσκευασίες οι οποίες εξετάζονται στην ανάλυση αυτή είναι οι ακόλουθες τρεις :

- Πλαστική συσκευασία βάρους 7-8 gr με καπάκι από αλουμίνιο βάρους 0,8 gr περίπου.

- Γυάλινη συσκευασία βάρους 112 gr, επιστρεφόμενη, με καπάκι από αλουμίνιο βάρους 0,6 gr περίπου.
- Χάρτινη συσκευασία με επικάλυψη από πολυαιθυλένιο βάρους 8-10 gr με καπάκι από αλουμίνιο βάρους 0,8 gr περίπου.

Τα συνοπτικά αποτελέσματα της εργασίας αυτής (σε ότι αφορά το τμήμα της ανάλυσης κύκλου ζωής) είναι τα ακόλουθα :

**Πίνακας Α.6.3.1 : Συνοπτικά αποτελέσματα ΑΚΖ συσκευασίας γιαουρτιού**

<b>ΑΚΖ</b>	<b>Πλαστική Συσκευασία</b>	<b>Γυάλινη Συσκευασία</b>	<b>Χάρτινη Συσκευασία</b>
<b>Καταναλωθείσα Ενέργεια σε kW ανά 1000 τεμ.</b>	213	279	234
<b>Είδη Εκπεμπομένων Ρυπαντών</b>	Σκόνες, Υδρογ/νθρακες, SO <sub>2</sub> , CO	Σκόνες, SO <sub>2</sub> , CO	Υγρά Απόβλητα, SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S
<b>Σχετικό Κόστος ανά Συσκευασία</b>	100	128	100

Πηγές [36], [38]

Από τον παραπάνω πίνακα διαφαίνεται μια υπεροχή της πλαστικής συσκευασίας έναντι της χάρτινης και της γυάλινης σε ότι αφορά την συνολική κατανάλωση ενέργειας. Σε ότι αφορά τις εκπομπές ρυπαντών, η μελέτη δεν καταλήγει σε ασφαλή συμπεράσματα καθώς η χρονολογία εκπονήσεως της είναι πρώιμη στο θέμα αυτό.

- ♦ Ανάλυση Κύκλου Ζωής εναλλακτικών υλικών συσκευασίας υγρών [29].

Η μελέτη αυτή αποτελεί μία από τις πρώτες προσπάθειες ανάλυσης κύκλου ζωής και μάλιστα συγκριτικής. Δημοσιεύθηκε το 1974 στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής όταν οι μελέτες αυτές ήταν γνωστές με το όνομα "resource and environmental profile analysis - REPA". Θέμα της είναι τα υλικά συσκευασίας υγρών, ένα από τα πιο προσφιλή και διαδεδομένα θέματα των αναλύσεων κύκλου ζωής.

Η ανάλυση εξετάζει επτά διαφορετικές παραμέτρους :

- κατανάλωση πρώτων υλών,
- κατανάλωση ενέργειας,
- κατανάλωση νερού,
- παραγωγή στερεών βιομηχανικών απορριμμάτων,

- παραγωγή απορριμμάτων μετά την χρήση από τον καταναλωτή,
- εκπομπές αέριων ρυπαντών, και
- παραγωγή υγρών αποβλήτων.

Οι παράμετροι αυτές εξετάζονται για κάθε βήμα της ζωής του υλικού είτε αυτό έχει να κάνει με παραγωγή είτε με μεταφορά. Πρόκειται, δηλαδή, για μια πλήρη μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής, γεγονός που αποκτά ιδιαίτερη σημασία αν συσχετισθεί με το ότι είναι μια πρωτοποριακή προσπάθεια.

Τα εναλλακτικά είδη συσκευασίας που εξετάζονται είναι εννέα και περιλαμβάνουν τέσσερα διαφορετικά υλικά όπως γυαλί, μέταλλο (χάλυβας), αλουμίνιο και πλαστικό. Η συσκευασία η οποία επιλέχθηκε για τη σύγκριση είναι αυτή της μπίρας και αυτό γιατί την εποχή εκείνη παρουσίαζε μεγαλύτερη τυποποίηση σε σχέση με τις συσκευασίες άλλων προϊόντων. Με τον τρόπο αυτό η σύγκριση γίνεται ευκολότερη ενώ η έρευνα είναι αντικειμενικότερη. Τα εξεταζόμενα υλικά είναι :

- α. Γυάλινη επιστρεφόμενη συσκευασία (19 πληρώσεις).
- β. Γυάλινη επιστρεφόμενη συσκευασία (10 πληρώσεις).
- γ. Γυάλινη επιστρεφόμενη συσκευασία (5 πληρώσεις).
- δ. Γυάλινη συνήθης συσκευασία μιας χρήσης.
- ε. Γυάλινη συσκευασία με πλαστική επικάλυψη.
- στ. Χαλύβδινη συσκευασία με καπάκι από αλουμίνιο.
- ζ. Χαλύβδινη συσκευασία.
- η. Αλουμινένια συσκευασία (15 % ανακυκλούμενη).
- θ. Πλαστική συσκευασία.

Το χαρακτηριστικό της ανάλυσης αυτής είναι ότι δεν ενδιαφέρεται να προσδιορίσει τις απόλυτες τιμές των παραμέτρων που εξετάζει αλλά μόνο να τις συγκρίνει μεταξύ τους για να διαπιστώσει ποιο από τα υπό εξέταση υλικά υπερέχει και ποιο υστερεί έναντι των άλλων. Για τον λόγο αυτό και στα συνοπτικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον πίνακα Α.6.3.2 που ακολουθεί, δεν υπάρχουν απόλυτες τιμές παρά μόνο σχετικές βαθμολογίες, όπου το "1" δηλώνει την καλύτερη επίδοση ενώ το "9" την χειρότερη.

Από τον πίνακα αυτό φαίνεται ότι η γυάλινη επιστρεφόμενη συσκευασία με τις περισσότερες πληρώσεις και άρα με την μεγαλύτερη χρήση, παρουσιάζει τα καλύτερα αποτελέσματα. Ωστόσο, αυτό που αξίζει να παρατηρήσει κανείς είναι ότι, πέραν αυτού του συμπεράσματος, δεν μπορεί να εξαχθεί άλλο για τα υπόλοιπα υλικά συσκευασίας και αυτό εξαιτίας της μεγάλης πολυπλοκότητας που εμφανίζουν τα αποτελέσματα. Συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν μόνο για κάθε παράμετρο ξεχωριστά.

Ένα από τα πιο σημαντικά σημεία της μελέτης είναι η αναφορά της στην ανακύκλωση, όπου διερευνώνται ενδεχόμενες αλλαγές στα αποτελέσματα λόγω της εξάπλωσης της. Έτσι, αναφέρεται ότι αν εφαρμοσθεί 100 % ανακύκλωση στις συσκευασίες από χάλυβα, αλουμίνιο

και πλαστικό, τότε η κατανάλωση ενέργειας αρχίζει να γίνεται συγκρίσιμη με αυτή της γυάλινης επιστρεφόμενης συσκευασίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι μια τέτοια υπόθεση είναι σίγουρα πρωτοποριακή δεδομένου ότι γίνεται στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Βέβαια, ανακύκλωση 100 % θεωρητικά, μόνο, μπορεί να επιτευχθεί αφού ακόμα και ένα ποσοστό ανακύκλωσης της τάξης του 50 % θεωρείται ιδιαίτερα υψηλό. Πρέπει, πάντως, να τονισθεί και η επιστροφή για επαναπλήρωση αποτελεί ένα είδος ανακύκλωσης (επαναχρησιμοποίηση).

### Πίνακας Α.6.3.2 : Ανάλυση κύκλου ζωής εννέα υλικών συσκευασίας μπίρας

<i>AKZ</i>	α	β	γ	δ	ε	στ	ζ	η	θ
Πρώτες Ύλες	1	3	7	1	5	8	9	5	4
Ενέργεια	1	2	4	6	3	6	6	5	9
Νερό	1	2	4	9	4	4	4	4	2
Βιομηχανικά Στερεά Απορρίμματα	1	3	4	1	9	5	6	8	6
Αέριοι Ρύποι	1	2	4	6	3	6	6	5	9
Υγρά Απόβλητα	2	3	8	8	1	5	5	3	5
Οικιακά Απορρίμματα	4	5	6	6	2	8	9	2	1

Πηγή [29]

- ♦ Ανάλυση Κύκλου Ζωής ειδών συσκευασίας από αφρώδες πολυστυρένιο και λευκασμένο χαρτόνι [27], [35].

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής για λογαριασμό του συμβουλίου αντιμετώπισης των στερεών απορριμμάτων. Δημοσιεύθηκε το 1990 και ανήκει στην κατηγορία των REPA (Resource and Environmental Profile Analysis). Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν να εξακριβώσει την ενέργεια που χρησιμοποιείται καθώς και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον υλικών συσκευασίας, και συγκεκριμένα περιεκτών, από αφρώδες πολυστυρένιο και από λευκασμένο χαρτόνι.

Στην μελέτη αυτή, με τον όρο "επιπτώσεις στο περιβάλλον" εννοούνται οι κάθε είδους εκπομπές στο περιβάλλον καθώς και η κατανάλωση καυσίμων και πρώτων υλών. Επίσης, στην ανάλυση λαμβάνονται υπόψη ο τρόπος της τελικής διάθεσης των προϊόντων που εξετάζονται όταν μετά την χρήση τους από τους καταναλωτές έχουν

μετατραπεί σε απορρίμματα, δηλαδή εάν ανακυκλώνονται και σε ποιο ποσοστό, εάν θάβονται ή εάν αποτεφρώνονται.

Συνολικά εξετάστηκαν 7 υλικά συσκευασίας, 3 από αφρώδες πολυστυρένιο και 4 από λευκασμένο χαρτόνι, διαφόρων τύπων (πίατα, κύπελλα κλπ), μεγέθους, είδους και τρόπου παραγωγής. Εννοείται πως κάθε φορά συγκρίνονταν δοχεία ίδιου μεγέθους δεδομένου ότι έγινε η παραδοχή απόλυτης αντιστοιχίας (ένα προς ένα) μεγέθους και χρησιμότητας. Βέβαια, έχει αποδειχθεί ότι τα δοχεία από αφρώδες πολυστυρένιο έχουν καλύτερες ιδιότητες θερμικής μόνωσης σε σχέση με αυτά από χαρτόνι, γεγονός που πολλές φορές οδηγεί στο να χρησιμοποιούνται περισσότερα χαρτονένια δοχεία αντί για ένα από αφρώδες πολυστυρένιο. Ωστόσο, το γεγονός αυτό δεν κατέστη δυνατόν να ληφθεί υπόψη στην μελέτη για πρακτικούς λόγους. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτή της ανάλυσης κύκλου ζωής, από την άντληση των πρώτων υλών, έως την τελική διάθεση, την ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση.

Το περιθώριο σφάλματος της ανάλυσης αυτής εκτιμήθηκε και βρέθηκε ότι είναι περίπου 10 %. Ως επακόλουθο ήταν να θεωρούνται ως σημαντικά εκείνα τα αποτελέσματα της σύγκρισης μόνο που διαφέρουν παραπάνω από ποσοστό αυτό.

Τα συνοπτικά αποτελέσματα της μελέτης φαίνονται στον πίνακα Α.6.3.3 που ακολουθεί. Από τα αποτελέσματα αυτά βγαίνουν τα εξής συμπεράσματα :

#### **- Ενέργεια**

Τα υλικά από αφρώδες πολυστυρένιο απαιτούν λιγότερη ενέργεια σε σχέση με τα αντίστοιχα από χαρτόνι σε ποσοστά που κυμαίνονται από 30 % έως 50 % αναλόγως του ποσοστού ανακύκλωσης.

#### **- Ρύπανση**

- Τα υλικά από πολυστυρένιο παράγουν 29 % κατόγκο περισσότερα στερεά απορρίμματα όταν δεν εφαρμόζεται ανακύκλωση. Ο όγκος των στερεών απορριμμάτων γίνεται ισοδύναμος για ποσοστά ανακύκλωσης της τάξης του 34 %.
- Τα υλικά από χαρτόνι εκπέμπουν περισσότερους αέριους ρύπους σε σχέση με αυτά από αφρώδες πολυστυρένιο, σε ποσοστά που ξεκινούν από 46 %.
- Ότι συμβαίνει για τους αέριους ρύπους συμβαίνει και για τα υδάτινα απόβλητα σε ποσοστά που ξεκινούν από 42 %.

Ως προς την τύχη των υλικών αυτών μετά την χρήση τους, σημειώνεται ότι, και τα δύο μπορούν να ανακυκλωθούν. Τέλος τα υλικά

από χαρτόνι όταν αποτεφρώνονται ελευθερώνουν περισσότερη ενέργεια ανά τεμάχιο αλλά και περισσότερη τέφρα ενώ αυτά από πολυστυρένιο χρειάζονται περισσότερο όγκο για να ταφούν.

**Πίνακας Α.6.3.3 : Συνοπτικά αποτελέσματα ΑΚΖ διαφόρων υλικών**

<i>ΑΚΖ (ανά 10000 τεμ.)</i>	Συνολική Ενέργεια χιλ. MJ	Αέριες Εκπομπές kg	Στερεά Απορρίμματα m <sup>3</sup>	Υγρά Απόβλητα kg
Αφρώδες Πολυστυρένιο (ανακύκλωση 0 %)	6,44	6,21	0,46	1,13
Αφρώδες Πολυστυρένιο (ανακύκλωση 25 %)	6,01	5,98	0,37	1,0
Αφρώδες Πολυστυρένιο (ανακύκλωση 50 %)	5,59	5,76	0,27	0,9
Αφρώδες Πολυστυρένιο (ανακύκλωση 75 %)	5,06	5,5	0,17	0,9
Αφρώδες Πολυστυρένιο (ανακύκλωση 100 %)	4,64	5,31	0,07	0,8
Λευκασμένο Χαρτόνι (ανακύκλωση 0 %)	9,28	11,6	0,33	1,9

Πηγή [27], [35]

♦ Ανάλυση Κύκλου Ζωής προϊόντων με βάση το PVC [31].

Τα υλικά συσκευασίας τα οποία έχουν σαν βάση τους το βινύλιο αποτελούν το αντικείμενο της εργασίας αυτής. Συγκεκριμένα, γίνεται συγκριτική ανάλυση κύκλου ζωής υλικών συσκευασίας από PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο) και από εναλλακτικά του διαφόρων υλικών όπως γυαλί, πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE), τереφθαλικός εστέρας του πολυαιθυλενίου (PET), λευκασμένο χαρτόνι, χαρτί kraft με επικάλυμμα πολυαιθυλενίου κλπ. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής για λογαριασμό του Vinyl Institute. Δημοσιεύθηκε το 1992, ενώ το έτος βάσης για τις πληροφορίες και τα συμπεράσματα που αναφέρονται στην μελέτη είναι το 1988.

Εκτός από την παραπάνω συγκριτική αξιολόγηση, η μελέτη αυτή έχει και τους εξής δύο στόχους :

- Κριτική ανάλυση των μεθοδολογιών και της χρήσης μεθόδων ανάλυσης κύκλου ζωής.
- Ανάπτυξη μιας νέας μεθοδολογίας καθώς και ενός φιλικού προς τον χρήστη προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή με στόχο την αυτοματοποίηση της ανάλυσης.



Τα υλικά τα οποία εξετάζονται και συγκρίνονται μεταξύ τους ανά δύο ή τρία, είναι τα ακόλουθα :

- Φιάλη 32 oz, οικιακών χημικών προϊόντων από PVC.
- Φιάλη 32 oz, οικιακών χημικών προϊόντων από γυαλί.
- Φιάλη 32 oz, οικιακών χημικών προϊόντων από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE).
- ❖ Φιάλη 32 oz, βρωσίμων ελαίων από PVC.
- ❖ Φιάλη 32 oz, βρωσίμων ελαίων από PET.
- ✧ Συσσκευασία για ιατρικά χάπια από PVC.
- ✧ Συσσκευασία για ιατρικά χάπια από PET.
- Κουτί για καλλυντικά από PVC.
- Κουτί για καλλυντικά από λευκασμένο χαρτόνι.
- Μembrάνη (φιλμ) συσκευασίας τροφίμων από PVC.
- Μembrάνη (φιλμ) συσκευασίας τροφίμων από χαρτί kraft με επικάλυψη από πολυαιθυλένιο.

Τα κυριότερα συμπεράσματα της μελέτης αυτής είναι τα ακόλουθα :

#### *- Μεθοδολογία*

- Δεν υπάρχει μια γενικά αποδεκτή μεθοδολογία για την ανάλυση κύκλου ζωής ενώ οι περισσότερες από τις ήδη υπάρχουσες παρουσιάζουν ατέλειες σε διάφορα σημεία.
- Είναι φανερό ότι οι διάφοροι φορείς (περιβαλλοντολόγοι, κυβερνήσεις, εταιρείες κλπ) περιμένουν πολύ περισσότερα από την ανάλυση κύκλου ζωής σε σχέση με αυτά τα οποία σήμερα προσφέρονται με βάση ένα πολύ περιορισμένο αριθμό αξιόπιστων σχετικών πληροφοριών και δεδομένων.

#### *- Σύγκριση Προϊόντων*

- Τα προϊόντα από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) φαίνεται να χρειάζονται λιγότερη ενέργεια, πρώτες ύλες και στερεά καύσιμα για την παραγωγή

τους, καθώς επίσης και να εκπέμπουν λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα σε σχέση με τα εναλλακτικά τους.

- *Όρια Αξιοπιστίας Μεθόδου*

- Τα επίπεδα αξιοπιστίας της μεθόδου είναι υψηλότερα στην περίπτωση της κατανάλωσης ενέργειας και πρώτων υλών καθώς και στην περίπτωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και αυτό γιατί η χρήση τους διέπεται από θεμελιώδης αρχές της φυσικοχημείας (στοιχειομετρία) και των οικονομικών με συνέπεια οι πληροφορίες που δίνονται να είναι συνήθως αξιόπιστες.

- *Προϊόντα από PVC*

- Το PVC είναι από τα πιο σταθερά υλικά της βιομηχανίας. Η διεργασία του πολυμερισμού του μονομερούς βινυλοχλωριδίου από την οποία προέρχεται το PVC διέπεται από πολύ αυστηρούς περιβαλλοντικούς κανόνες οι οποίες ισχύουν από τις αρχές της δεκαετίας του 1970. Επίσης έχουν αναπτυχθεί αυτόματες μέθοδοι διαχωρισμού προϊόντων από PVC από τα στερεά απορρίμματα προκειμένου να οδηγηθούν για ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση.
- ♦ Κατανάλωση ενέργειας και επιδράσεις στο περιβάλλον των συστημάτων συσκευασίας ζύθου και αναψυκτικών στην Σουηδία [34].

Σε αυτή τη συγκριτική μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής εξετάζονται εναλλακτικά υλικά συσκευασίας μπίρας στη Σουηδία. Η μελέτη εκπονήθηκε το 1989 με πρωτοβουλία των βιομηχανιών μπίρας της σκανδιναβικής αυτής χώρας. Την βάση της έρευνας αποτέλεσαν οι ακόλουθες συσκευασίες :

- Γυάλινη φιάλη, όγκου 1 lt, επιστρεφόμενη.
- Άχρωμη γυάλινη φιάλη, όγκου 0,33 lt, επιστρεφόμενη.
- Πράσινη γυάλινη φιάλη, όγκου 0,33 lt, επιστρεφόμενη.
- Αλουμινένιο κουτί, όγκου 0,45 lt, επιστρεφόμενο.
- Φιάλη από PET (τερεφθαλικός εστέρας του πολυαιθυλενίου), 1,5 lt όγκου, μη επιστρεφόμενη.
- Φιάλη από PET, όγκου 1,5 lt, ανακυκλώσιμη.
- Φιάλη από PET, όγκου 1,5 lt, επαναπληρούμενη.

Πριν προχωρήσουμε στην παράθεση μέρους των αποτελεσμάτων της εργασίας αυτής, πρέπει να γίνει ιδιαίτερη αναφορά στην κατάσταση που επικρατεί στην Σουηδία σε ότι αφορά τα κουτιά αλουμινίου και κυρίως στο πως εκτιμάται η ενέργεια παραγωγής των κουτιών αυτών. Μετά την χρήση τους τα αλουμινένια κουτιά επιστρέφονται, συνήθως, μέσω αυτομάτων συλλεκτών οι οποίοι τα συμπιέζουν και τα πακετάρουν. Στη συνέχεια τα κουτιά αυτά μεταφέρονται σε κατάλληλες μονάδες όπου τήκονται αφού πρώτα αφαιρούνται τα χρώματα με τα οποία είναι βαμμένα. Όλες αυτές οι διεργασίες πραγματοποιούνται σε πλήρως ελεγχόμενες από πλευράς ρύπων εγκαταστάσεις ώστε οι ποσότητες σκόνης και ρύπων που εκπέμπονται να είναι οι ελάχιστες δυνατές. Η ενέργεια που καταναλώνεται για την τήξη των χρησιμοποιημένων κουτιών από αλουμίνιο είναι ίση περίπου με το 4 % της απαιτούμενης ενέργειας για την παραγωγή αλουμινίου από βωξίτη.

Σε ότι αφορά την απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή ρολών αλουμινίου, λαμβάνεται ίση με 172 MJ/kg. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στην μέση τιμή της απαιτούμενης για την παραγωγή ρολών αλουμινίου ενέργειας στην δυτική Ευρώπη όπως προσδιορίζεται σε σχετική μελέτη ανάλυσης κύκλου ζωής η οποία εκπονήθηκε υπό τον I. Fecker [39].

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα κυριότερα αποτελέσματα της μελέτης που εξετάζουμε :

**Πίνακας A.6.3.4 : Κατανάλωση ενέργειας**

Είδος Συσκευασίας	MJ/lt
Άχρη γυάλινη φιάλη, όγκου 0,33 lt, 30 πληρώσεις	2.91
Πράσινη γυάλινη φιάλη, όγκου 0,33 lt, 30 πληρώσεις	3.30
Γυάλινη φιάλη, όγκου 1 lt, 10 πληρώσεις	3.33
Αλουμινένιο κουτί, όγκου 0,45 lt, 82 % ανακυκλούμενο	3.34
Φιάλη από PET, όγκου 1,5 lt, μη επιστρεφόμενη	4.95

Πηγή [34]

Προκειμένου η σύγκριση να είναι πλήρης, αναφέρεται ότι η μη επιστρεφόμενη γυάλινη φιάλη για να παραχθεί χρειάζεται περίπου 12 MJ/lt. Τονίζεται, ακόμα, ότι τα είδη συσκευασίας της βιομηχανίας μπίρας συγκαταλέγονται στα πλέον οικονομικά, από ενεργειακής απόψεως, σε σχέση με τα λοιπά είδη συσκευασίας που χρησιμοποιούνται στην συσκευασία τροφίμων. Άλλωστε δεν είναι τυχαίο ότι τα είδη συσκευασίας μπίρας, από όλα τα είδη συσκευασίας καταναλωτικών αγαθών

καθημερινής χρήσεως, είναι αυτά τα οποία συμμετέχουν περισσότερο σε συστήματα ανακύκλωσης ή επαναπλήρωσης.

**Πίνακας Α.6.3.5 : Αέριοι ρυπαντές**

Είδος Συσκευασίας	Σκόνη gr/lt	SOx gr/lt	NOx gr/lt	CO gr/lt	HCl gr/lt	HC gr/lt
Άχρησ. Γυάλινη Φιάλη 0,33 lt	0.13	1.21	1.32	0.32	0.01	0.24
Πρασ. Γυάλινη Φιάλη 0,33 lt	0.14	1.73	1.32	0.29	0.01	0.22
Γυάλινη Φιάλη 1 lt	0.17	1.32	1.66	0.42	0.01	0.31
Αλουμινένιο Κουτί 0,45 lt	0.52	2.88	1.62	0.29	0.00	0.51
Φιάλη PET 1,5 lt μη επαναπληρούμενη	0.16	2.11	1.68	0.30	0.01	0.23
Φιάλη PET 1,5 lt επαναπληρούμενη	0.11	1.76	1.03	0.37	0.00	0.62

Πηγή [34] / HC = Υδρογονάνθρακες

**Πίνακας Α.6.3.6 : Υγροί ρυπαντές**

Είδος Συσκευασίας	Διαλελ. Ρυπαντές gr/lt	Σωματί- δια gr/lt	BOC gr/lt	COD gr/lt	Μεταλ. λόγια gr/lt	HC gr/lt
Άχρησ. Γυάλινη Φιάλη 0,33 lt		0.05	0.34	0.33	0.07	0.07
Πρασ. Γυάλινη Φιάλη 0,33 lt		0.05	0.34	0.34	0.07	0.07
Γυάλινη Φιάλη 1 lt		0.05	0.34	0.33	0.07	0.07
Αλουμινένιο Κουτί 0,45 lt	0.03		0.02	0.40		
Φιάλη PET 1,5 lt μη επαναπληρούμενη	0.37	0.08	0.23	0.57	0.02	
Φιάλη PET 1,5 lt επαναπληρούμενη	0.07	0.09	0.24	0.60		

Πηγή [34] / HC = Υδρογονάνθρακες

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Στους πίνακες Α.6.3.5. και Α.6.3.6. για τον αριθμό των πληρώσεων και το ποσοστό ανακύκλωσης ισχύει ότι και στον πίνακα Α.6.3.4

Σε ότι αφορά, τέλος, στα στερεά απορρίμματα που προέρχονται από τα είδη συσκευασίας μπίρας, μετά την χρήση τους από τον καταναλωτή, η κατάσταση στην Σουηδία (κατά τα προηγούμενα της μελέτης έτη) έχει ως εξής :

- Γυάλινες Φιάλες : 12000 τόνοι/έτος
- Φιάλες PET : 6000 τόνοι/έτος
- Μεταλλικά Πώματα : 2500 τόνοι/έτος
- Μη Ανακυκλούμενα Κουτιά : 2000 τόνοι/έτος

Οι παραπάνω ποσότητες αποτελούν ένα μικρό ποσοστό του συνόλου των αστικών απορριμμάτων στην Σουηδία το οποίο ανέρχεται στα 2,6 εκατομμύρια τόνους ετησίως από τα οποία το 25 % είναι υλικά συσκευασίας.

♦ Ενεργειακή Ανάλυση Συστημάτων Συσκευασίας Υγρών Προϊόντων [30].

Η εργασία αυτή ασχολείται με συστήματα συσκευασίας υγρών προϊόντων και πραγματοποιήθηκε, όπως και η προηγούμενη, στη Σουηδία. Στην ανάλυση και τα αποτελέσματα περιλαμβάνεται μόνο η ενέργεια που καταναλώνεται σε κάθε στάδιο της ζωής του προϊόντος συσκευασίας, από την απόκτηση των πρώτων υλών έως την τελική του διάθεση ως απόρριμμα. Μάλιστα, εξετάζονται δύο περιπτώσεις διάθεσης των απορριμμάτων, η αποτέφρωση και η ταφή. Η έρευνα περιλαμβάνει τα εξής τέσσερα είδη συσκευασίας :

- Επαναπληρώσιμες φιάλες όγκου 0,33 lt.
- Φιάλες ειδικού τύπου της σουηδικής αγοράς (rigello) όγκου 0,45 lt.
- Μεταλλικά κουτιά όγκου 0,45 lt.
- Μη επαναπληρώσιμες φιάλες όγκου 0,45 lt.

Τα συνοπτικά αποτελέσματα της έρευνας είναι τα ακόλουθα :

- Επαναπληρώσιμες φιάλες όγκου 0,33 lt : κατανάλωση ενέργειας σε kWh

<b>Αποτέφρωση</b>	<b>8 πληρώσεις</b>	<b>19 πληρώσεις</b>
Ηλεκτρική Ενέργεια	0.2393	0.2007
Λοιπή Ενέργεια (πετρέλαιο κλπ)	0.9760	0.7247
Ξύλο (πρώτη ύλη)	0.0241	0.0241
Ανάκτηση Θερμότητας	-0.0170	-0.0151
Απώλειες Θερμότητας	0.0074	0.0031
<i>Άθροισμα</i>	<i>1.2298</i>	<i>0.9375</i>

<b>Ταφή</b>	<b>8 πληρώσεις</b>	<b>19 πληρώσεις</b>
Ηλεκτρική Ενέργεια	0.2345	0.1987
Λοιπή Ενέργεια (πετρέλαιο κλπ)	0.9760	0.7247
Ξύλο (πρώτη ύλη)	0.0241	0.0241
<i>Άθροισμα</i>	<i>1.2346</i>	<i>0.9475</i>

- β. Φιάλες ειδικού τύπου της σουηδικής αγοράς (rigello) όγκου 0,45 lt : κατανάλωση ενέργειας σε kWh

**Αποτέφρωση**

Ηλεκτρική Ενέργεια	0.3397
Λοιπή Ενέργεια (πετρέλαιο κλπ)	1.1238
Ξύλο (πρώτη ύλη)	0.2318
Ανάκτηση Θερμότητας	-0.3665
<i>Άθροισμα</i>	<i>1.3288</i>

**Ταφή**

Ηλεκτρική Ενέργεια	0.3368
Λοιπή Ενέργεια (πετρέλαιο κλπ)	1.1238
Ξύλο (πρώτη ύλη)	0.2318
<i>Άθροισμα</i>	<i>1.6924</i>

- γ. Μεταλλικά κουτιά όγκου 0,45 lt : κατανάλωση ενέργειας σε kWh

**Αποτέφρωση**

Ηλεκτρική Ενέργεια	0.7669
Λοιπή Ενέργεια (πετρέλαιο κλπ)	1.5012
Ξύλο (πρώτη ύλη)	0.1721
Ανάκτηση Θερμότητας	-0.2264
Απώλειες Θερμότητας	0.0050
<i>Άθροισμα</i>	<i>2.2188</i>

**Ταφή**

Ηλεκτρική Ενέργεια	0.7645
Λοιπή Ενέργεια (πετρέλαιο κλπ)	1.5012
Ξύλο (πρώτη ύλη)	0.1721
<i>Άθροισμα</i>	<i>2.4378</i>

- δ. Μη επαναπληρώσιμες φιάλες όγκου 0,45 lt : κατανάλωση ενέργειας σε kWh

**Αποτέφρωση**

Ηλεκτρική Ενέργεια	0.4771
Λοιπή Ενέργεια (πετρέλαιο κλπ)	2.5146
Ξύλο (πρώτη ύλη)	0.3364
Ανάκτηση Θερμότητας	-0.1325
Απώλειες Θερμότητας	0.0368
<i>Άθροισμα</i>	<i>3.2341</i>

**Ταφή**

Ηλεκτρική Ενέργεια	0.4509
Λοιπή Ενέργεια (πετρέλαιο κλπ)	2.5145
Ξύλο (πρώτη ύλη)	0.3364
<i>Άθροισμα</i>	<i>3.3018</i>

Το αξιοσημείωτο της εργασίας αυτής είναι το γεγονός ότι, ενώ το σύνολο των απαραίτητων στοιχείων συλλέχθηκε από πρωτογενείς πηγές ή από διάφορες μελέτες της Σουηδίας, για την παραγωγή της σόδας χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα έρευνας πανεπιστημίου των Η.Π.Α. λόγω ελείψεως άλλων στοιχείων. Το γεγονός αυτό δεν είναι σπάνιο στις αναλύσεις κύκλου ζωής.

- ♦ Ανάλυση Κύκλου Ζωής σάκκων από πολυαιθυλένιο και μη λευκασμένο χαρτί για τρόφιμα [97], [98].

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής για λογαριασμό του συμβουλίου αντιμετώπισης των στερεών απορριμμάτων και δημοσιεύθηκε το 1990. Ανήκει στην κατηγορία των REPA (Resource and Environmental Profile Analysis) και στόχο είχε να εξακριβώσει την ενέργεια καθώς και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον σάκκων τροφίμων από πολυαιθυλένιο και από μη λευκασμένο χαρτί.

Συγκεκριμένα εξετάστηκαν οι κάθε είδους εκπομπές στο περιβάλλον καθώς και η κατανάλωση καυσίμων και πρώτων υλών. Επίσης, μελετήθηκε και ο τρόπος της τελικής διάθεσης των προϊόντων, δηλαδή εάν ανακυκλώνονται και σε ποιο ποσοστό, εάν θάβονται ή εάν αποτεφρώνονται.

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε για να συγκριθούν τα εξής προϊόντα :

- Σακούλα από πολυεθυλένιο (HDPE και LLDPE) για τρόφιμα.
- Σακούλα από μη λευκασμένο χαρτί για τρόφιμα (ίσης χωρητικότητας με την προηγούμενη).

Ως βάση για την ανάλυση θεωρήθηκαν οι 10000 ισοδύναμες χρήσεις και επειδή έχει αποδειχθεί ότι για το ίδιο βάρος προϊόντων χρησιμοποιούνται περισσότερες σακούλες πολυαιθυλαίου σε σχέση με χάρτινες (παρά το γεγονός πως και οι δύο σακούλες έχουν τον ίδιο όγκο), στη σύγκριση θεωρείται πως για κάθε μία χάρτινη σακούλα που χρησιμοποιείται αντιστοιχούν 1,5 έως 2 από πολυαιθυλένιο.

Τα συνοπτικά αποτελέσματα της μελέτης για την περίπτωση χρήσης 1,5 : 1 (δηλαδή 1,5 σακούλες από πολυαιθυλένιο προς 1 σακούλα από μη λευκασμένο χαρτί) φαίνονται στον πίνακα Α.6.3.7.

Η επόμενη μελέτη που παρουσιάζεται αφορά σε ένα ιδιαίτερο κομμάτι των συγκριτικών μελετών ΑΚΖ οι οποίες εξετάζουν ολόκληρη ή ένα τμήμα αγοράς συγκεκριμένων προϊόντων. Βέβαια, οι μελέτες αυτού του τυπου είναι ελάχιστες καθώς, εκτός από σημαντικά μειονεκτήματα, έχουν και ιδιαίτερες δυσκολίες στην υλοποίησή τους. Ωστόσο, παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον διότι ο σκοπός τους είναι συνήθως ο στρατηγικός σχεδιασμός ενός ολόκληρου κλάδου.

Πίνακας Α.6.3.7 : Συγκριτική παράθεση αποτελεσμάτων ΑΚΖ  
σάκκων τροφίμων στις Η.Π.Α.

ΑΚΖ (ανά 10000 χρήσεις)	Συνολική Ενέργεια χιλ. MJ	Αέριες Εκπομπές kg	Στερεά Απορρίμματα m <sup>3</sup>	Υδάτινα Απόβλητα kg
Πολυαιθυλένιο (ανακύκλωση 0 %)	10,2	8,1	0,26	0,8
Πολυαιθυλένιο (ανακύκλωση 25 %)	9,6	7,6	0,20	0,8
Πολυαιθυλένιο (ανακύκλωση 50 %)	8,9	7,1	0,14	0,7
Πολυαιθυλένιο (ανακύκλωση 75 %)	8,1	6,7	0,08	0,7
Πολυαιθυλένιο (ανακύκλωση 100 %)	7,4	6,2	0,30	0,7
Χαρτί (ανακύκλωση 0 %)	17,2	28,9	1,30	14,0
Χαρτί (ανακύκλωση 25 %)	15,3	25,3	1,00	15,4
Χαρτί (ανακύκλωση 50 %)	13,4	21,7	0,70	16,9
Χαρτί (ανακύκλωση 75 %)	11,5	18,1	0,40	18,3
Χαρτί (ανακύκλωση 100 %)	9,6	14,5	0,10	19,8

Πηγή [97], [98]

- ♦ Ανάλυση Κύκλου Ζωής των συστημάτων συσκευασίας υγρών βρωσίμων προϊόντων στην Βρετανία [28], [161].

Η συγκεκριμένη μελέτη ΑΚΖ πραγματοποιήθηκε προκειμένου να προσδιορισθεί η περιβαλλοντική επιβάρυνση που προέρχεται από την χρήση του σύνολου των υλικών συσκευασίας υγρών βρωσίμων προϊόντων στην Βρετανία. Το έτος αναφοράς είναι το 1986 ενώ για την ολοκλήρωση της ανάλυσης καταγράφηκε η διάθεση 16500 εκατομμυρίων λίτρων 14 διαφορετικών ειδών υγρών βρωσίμων προϊόντων. Τα κυριότερα από τα προϊόντα αυτά είναι τα ακόλουθα :

- γάλα
- μπίρα και κρασί
- χυμοί φρούτων και αναψυκτικά
- εμφιαλωμένο νερό
- λάδι και ξύδι
- αλκοολούχα ποτά κ.α.



Οι κυριότερες συσκευασίες που εξετάστηκαν είναι οι παρακάτω :

- γυάλινες φιάλες (επιστρεφόμενες και μη)
- μεταλλικά κουτιά ( από αλουμίνιο και από λευκοσίδηρο)
- φιάλες PET, HDPE και PVC
- χάρτινα και χαρτονένια κουτιά

Όλα τα απαραίτητα στοιχεία σχετικά με το μέγεθος αυτής της αγοράς της Βρετανίας συλλέχθηκαν από δημοσιευμένες στατιστικές ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις, λόγω ελλείψεως άλλων στοιχείων, έγιναν και αντίστοιχες εκτιμήσεις.

Το σύστημα που επιλέχθηκε για την μελέτη της αγοράς αποτελείται από τα ακόλουθα υποσυστήματα :

- a. Παραγωγή και διανομή των συστημάτων συσκευασίας.
- β. Πλήρωση των συστημάτων συσκευασίας με το προϊόν και διανομή τους.
- γ. Χρήση του προϊόντος από τους καταναλωτές.
- δ. Απόρριψη των συστημάτων συσκευασίας, συλλογή τους και τελική διάθεση τους.

Η ροή της ανάλυσης ξεκινάει από το υποσύστημα α και καταλήγει στο δ. Επιπλέον των παραπάνω υποσυστημάτων υπάρχουν και τα εξής δύο :

- ε. Παραγωγή πρώτων και βοηθητικών υλών.
- στ. Παραγωγή ενέργειας και κατεργασία καυσίμων.

Το υποσύστημα ε επικοινωνεί απευθείας με τα υποσυστήματα α έως δ ενώ το στ με τα α έως ε. Στην περίπτωση επαναπλήρωσης συστήματος συσκευασίας έχουμε ένα κλειστό βρόγχο μεταξύ των α και δ ενώ στην περίπτωση ανακύκλωσης συστήματος συσκευασίας υπάρχει αντίστοιχος βρόγχος μεταξύ των υποσυστημάτων γ και α.

Τα σημαντικότερα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι τα παρακάτω :

Η συνολική ενέργεια που χρειάζεται το υπό εξέταση σύστημα ανέρχεται σε  $1,5 \times 10^{11}$  MJ. Συγκρινόμενη αυτή η τιμή με την ετήσια κατανάλωση πρωτογενών καυσίμων στην Βρετανία το 1986 δηλαδή  $8,935 \times 10^{12}$  MJ, συμπεραίνεται ότι αντιστοιχεί στο 1,7 % του ποσού αυτού. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι το 25 % της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας από το σύστημα απαιτείται και χρησιμοποιείται για την κατεργασία και παραγωγή των καυσίμων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην ελέγχεται άμεσα από την βιομηχανία συσκευασίας.

Το μόνο που θα μπορούσε να κάνει η τελευταία είναι είτε να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας, είτε να μεταβάλλει το μίγμα των χρησιμοποιούμενων καυσίμων δίνοντας έμφαση σε εκείνα τα οποία έχουν καλύτερο συντελεστή απόδοσης. Πιο αναλυτικά στοιχεία για την ενέργεια δίνονται στον πίνακα Α.6.3.8 που ακολουθεί.

Σε ότι αφορά της απαιτούμενες πρώτες ύλες παρατηρείται ότι άλλες από αυτές καταναλώνονται σε μικρές ποσότητες και άλλες σε πολύ μεγαλύτερες. Αυτό από μόνο του, όμως, δεν μπορεί να μας οδηγήσει σε ασφαλή συμπεράσματα δεδομένου ότι το περιβαλλοντικό φορτίο δεν είναι ανάλογο της καταναλισκόμενης ποσότητας. Για παράδειγμα, η συσκευασία για το γάλα που εξετάζεται στην παρούσα ανάλυση, χρειάζεται 12,2 gr άμμου και μόλις 0,2 mg σεληνίου. Ωστόσο, ένα βιαστικό συμπέρασμα για τα περιβαλλοντικά φορτία, βασιζόμενο στο γεγονός ότι απαιτείται 60 φορές περισσότερη άμμος από σεληνίο, είναι λάθος. Αυτό γιατί κριτήριο δεν είναι μόνο η ποσότητα. Στην προκειμένη περίπτωση η παραγωγή του σεληνίου χρειάζεται 418 MJ/kg ενώ της άμμου μόλις 0,3 MJ/kg, δηλαδή 1400 φορές λιγότερη ενέργεια. Συνεπώς η ενέργεια που χρειάζονται τα 0,2 mg σεληνίου είναι 20 φορές περισσότερη από αυτή των 12,2 gr άμμου.

**Πίνακας Α.6.3.8 : Αναλυτικά στοιχεία για την ενέργεια**

Είδος Συσκευασίας	Μέση Ενέργεια σε MJ ανά συσκευασία	Μέσος Όγκος σε ml ανά συσκευασία	Μέση Ενέργεια σε MJ ανά λίτρο
Γυάλινη Φιάλη	3,752	502	7,475
Χάρτινη Συσκευασία	3,700	587	6,302
Κουτί από Λευκοσίδηρο	5,774	374	15,437
Κουτί από Αλουμίνιο	6,513	372	17,508
Φιάλη PET	13,740	1511	9,093
Λοιπές Συσκευασίες	10,593	1074	9,863
<i>Μέσος Όρος Συστήματος</i>	<i>5,109</i>	<i>573</i>	<i>8,916</i>

Πηγή {28}

Τα στερεά απορρίμματα τα οποία δημιουργούνται από την απόρριψη των χρησιμοποιημένων συστημάτων συσκευασίας υγρών βρωσίμων προϊόντων ανέρχονται στο 11 % του συνόλου των στερεών απορριμμάτων στη Βρετανία. Σε ότι αφορά στο ερώτημα αν πρέπει να υπάρχουν επαναπληρούμενες ή όχι συσκευασίες, η έρευνα έδειξε ότι η ενέργεια που απαιτείται για τη διακίνηση 568 ml γάλακτος σε γυάλινη φιάλη είναι 6,11 MJ/φιάλη για μια πλήρωση, 1,42 MJ/φιάλη για 10 πληρώσεις, 1,16 MJ/φιάλη για 20 πληρώσεις και 1,08 MJ/φιάλη για 30 πληρώσεις. Είναι προφανές ότι οι επαναπληρούμενες φιάλες είναι πιο οικονομικές αφού τα σταθερά ποσά ενέργειας παραγωγής κλπ της φιάλης κατανέμονται σε περισσότερη ποσότητα προϊόντος.

Σε ότι αφορά στην ανακύκλωση, τέλος, αναφέρεται ότι στην περίπτωση της φιάλης PET έχουμε εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 119 MJ/kg ανακυκλούμενου υλικού. Για το αλουμίνιο η τιμή αυτή είναι 127 MJ/kg, για το λευκοσίδηρο 18 MJ/kg ενώ για το γυαλί μόλις 5 MJ/kg. Το σημαντικό στην περίπτωση της ανακύκλωσης είναι να προσδιοριστεί με ακρίβεια η απαιτούμενη ενέργεια για την συλλογή και μεταφορά των ανακυκλούμενων υλικών. Στη μελέτη αυτή η ενέργεια που καταναλώνεται από ένα μέσο όχημα εκτιμήθηκε σε 4,6 MJ ανά όχημα και μίλι.

#### **A.6.4. Ανάλυση κύκλου ζωής προϊόντων συσκευασίας και νομοθεσία**

Οι διάφορες εργασίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των χωρών μελών της σχετικά με τα περιβαλλοντικά θέματα και κυρίως οι οδηγίες γύρω από το πρόβλημα των αποβλήτων έχουν καταδείξει την πολύ μεγάλη σημασία των αναλύσεων κύκλου ζωής στην λήψη των αποφάσεων στον ευαίσθητο τομέα της θέσπισης κανονισμών, οδηγιών και νόμων [197].

Η μέχρι σήμερα σχετική δραστηριότητα της ευρωπαϊκής επιτροπής περιλαμβάνει, εκτός από τις αντίστοιχες οδηγίες, και τον κανονισμό για τα οικολογικά σήματα (eco-labelling). Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η οδηγία του συμβουλίου για τα στερεά απόβλητα περιγράφει πώς τα κράτη μέλη προσεγγίζουν το ζήτημα αυτό. Χαρακτηριστικά είναι τα ακόλουθα αποσπάσματα [198], [199] :

##### Άρθρο 3, παράγραφος 1β

*“Τα κράτη μέλη λαμβάνουν τα ενδεδειγμένα μέτρα για να προωθήσουν :*

- i. την αξιοποίηση των αποβλήτων με ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση ή ανάκτηση ή οποιαδήποτε άλλη ενέργεια που στόχο έχει την παραγωγή δευτερογενών πρώτων υλών ή*
- ii. τη χρησιμοποίηση των αποβλήτων ως πηγή ενέργειας.”*

##### Άρθρο 4

*“Τα κράτη μέλη λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα για να εξασφαλίσουν ότι η διάθεση ή η αξιοποίηση των αποβλήτων θα πραγματοποιείται χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η υγεία του ανθρώπου και χωρίς να χρησιμοποιούνται διαδικασίες ή μέθοδοι που ενδέχεται να βλάψουν το περιβάλλον, ιδίως δε :*

- *χωρίς να δημιουργείται κίνδυνος για το νερό, τον αέρα ή το έδαφος ούτε για την πανίδα και την χλωρίδα,*
- *χωρίς να προκαλούνται ενοχλήσεις από το θόρυβο ή τις οσμές*
- *χωρίς να βλάπτονται οι τοποθεσίες και τα τοπία που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον*

*Τα κράτη μέλη λαμβάνουν εξάλλου, τα αναγκαία μέτρα για την απαγόρευση της εγκατάλειψης, της απόρριψης και της ανεξέλεγκτης διάθεσης των αποβλήτων” [198], [199].*

Οι κατευθυντήριες αυτές αρχές είναι πολύ σημαντικές και γι’ αυτό πρέπει να επεξηγηθούν με ιδιαίτερη προσοχή. Ωστόσο το κύριο συμπέρασμα είναι σαφές : η απόρριψη και διάθεση των αποβλήτων πρέπει να γίνεται χωρίς τη συνέπεια πρόσθετων περιβαλλοντικών φορτίων [197].

Η νέα οδηγία σχετικά με τις συσκευασίες και τα απόβλητα συσκευασιών (packaging and packaging waste directive), για την οποία έγινε αναφορά σε προηγούμενη παράγραφο, έχει ως κύριο στόχο την μείωση της ποσότητας των συσκευασιών που συμμετέχουν στα αστικά απορρίμματα. Η βασική μέθοδος επίτευξης αυτού του στόχου είναι η προώθηση διαδικασιών ανακύκλωσης οι οποίες όμως, σύμφωνα με την οδηγία για τα στερεά απόβλητα, δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να είναι υπεύθυνες (έμμεσα ή άμεσα) για οποιαδήποτε πρόσθετη επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Καθοριστικός, στην τήρηση αυτής της προϋπόθεσης, είναι ο ρόλος της ανάλυσης κύκλου ζωής και γι’ αυτό η ευρωπαϊκή επιτροπή ενδιαφέρεται για την ανάπτυξη και την τυποποίηση της. Έτσι, όπως φαίνεται από τα ακόλουθα αποσπάσματα τόσο των διαφόρων σχεδίων όσο και του τελικού κειμένου (Δεκ. 1994) της οδηγίας για τις απόβλητες συσκευασίες, προβλέπονται τα εξής [200] – [204], [421] :

Άρθρο 4, παράγραφος 3 [200], [201], [202]

*“Εάν από την επιστημονική έρευνα ή οιαδήποτε άλλη τεχνική αξιολόγηση, όπως τα οικολογικά ισοζύγια (eco-balances), αποδειχθεί ότι άλλες διαδικασίες ανάκτησης παρουσιάζουν μεγαλύτερα πλεονεκτήματα για το περιβάλλον, οι στόχοι της ανακύκλωσης μπορούν να τροποποιηθούν ...”*

Άρθρο 10 [203], [204], [421]

*“Τυποποίηση*

*Η Επιτροπή προωθεί, όπου χρειάζεται, την κατάρτιση ευρωπαϊκών προτύπων ...*

*Η Επιτροπή προωθεί, ιδίως, την κατάρτιση ευρωπαϊκών προδιαγραφών που αφορούν :*

*κριτήρια και μεθοδολογίες για την ανάλυση κύκλου ζωής των συσκευασιών (criteria and methodologies for life-cycle analysis of packaging)...*"

Επίσης, η έννοια της ανάλυσης κύκλου ζωής υπεισέρχεται και στο κανονισμό που θέσπισε η Ευρωπαϊκή Ένωση για τα οικολογικά σήματα (eco-labelling regulation EEC No 880/92, 23rd March 1992) και της οποίας στόχος είναι να [513] :

*"προωθήσει τη σχεδίαση, παραγωγή, εμπορία και χρήση προϊόντων τα οποία θα έχουν μειωμένη περιβαλλοντική επίπτωση κατά τη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής τους (...their entire life cycle...)*

*και να*

*χορηγήσει στους καταναλωτές καλύτερη πληροφόρηση σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των προϊόντων".*

Είναι φανερό ότι οι ομάδες των ειδικών που ανέπτυξαν τους παραπάνω κανονισμούς και οδηγίες αναγνώρισαν στην ανάλυση κύκλου ζωής την κατάλληλη τεχνική για την απόκτηση των απαραίτητων πληροφοριών σχετικά με τα συνεπαγόμενα περιβαλλοντικά φορτία των διαδικασιών παραγωγής και χρήσης των προϊόντων [197].

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

### **Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΩΣ ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΖΩΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ – Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ**

B.1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

B.2. Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ –  
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

B.3. ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

B.4. ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

B.5. ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

B.6. ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

B.6.1. Γενικά

B.6.2. Οδικές μεταφορές

B.6.3. Σιδηροδρομικές, θαλάσσιες και αεροπορικές  
μεταφορές

B.7. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ – ΓΕΝΙΚΑ

B.8. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

B.8.1. Ταφή

B.8.2. Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση

B.8.3. Αποτέφρωση

B.8.4. Βιοσταθεροποίηση

B.9. Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

## ***B.1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΥΣΙΜΩΝ***

Κάθε δραστηριότητα, όσο απλή και να είναι, χρησιμοποιεί ενέργεια κάποιας μορφής και καταναλώνει κάποιου είδους καύσιμα. Έτσι, είναι σχεδόν αδύνατο ένα σύστημα ανάλυσης κύκλου ζωής να μην συμπεριλαμβάνει στις εισροές του (και καμιά φορά και στις εκροές του) τα μεγέθη αυτά. *Ενέργεια* (σύμφωνα με τον επιστημονικό της ορισμό) είναι η ικανότητα παραγωγής έργου. Η τεχνική με την οποία εξετάζονται οι τρόποι διαχείρισης της ενέργειας ονομάζεται *ενεργειακή ανάλυση* [236]. Η ενεργειακή ανάλυση βασίζεται στο πρώτο θεμελιώδες αξίωμα της θερμοδυναμικής, γνωστότερο ως *αρχή διατήρησης της ενέργειας*, σύμφωνα με το οποίο η ενέργεια μπορεί να μετασχηματίζεται από μία μορφή σε άλλη, αλλά δεν μπορεί να δημιουργηθεί ούτε να καταστραφεί. Η ολική ενέργεια, δηλαδή, παραμένει πάντοτε σταθερή. Στους πίνακες B.1.1 και B.1.2 που ακολουθούν αναφέρονται οι διάφορες μορφές ενέργειας καθώς και μερικά παραδείγματα των συνηθέστερων τρόπων μετασχηματισμού των ενεργειακών αυτών μορφών [142], [237].

**Πίνακας B.1.1 : Διάφορες μορφές ενέργειας και παραδείγματα**

<b>Μορφή Ενέργειας</b>	<b>Παράδειγμα</b>	<b>Μέγιστη Ενέργεια Παραδείγματος σε MJ (*)</b>
Κινητική	Κίνηση μάζας 1 kg με ταχύτητα 50 km/h	0,00009
Δυναμική	1 kg νερού σε ύψος 500 m από το επίπεδο αναφοράς	0,005
Θερμική	1 kg νερού σε θερμοκρασία 100 °C	0,34
Ηλεκτρική	Ηλεκτρικό ρεύμα 1 A διαρρέει διαφορά δυναμικού 230 V για 1 h	0,83
Φωτεινή	Ηλιακή ακτινοβολία σε 1 m <sup>2</sup> της γης για 1 h το μεσημέρι μια ηλιόλουστης μέρας	0,83
Χημική	Κάυση 1 kg πετρελαίου στον αέρα	45
Πυρηνική	Διάσπαση 1 kg Ουρανίου 235	80000000

Πηγή [142]

(\*) MJ = Μονάδα μέτρησης του έργου

Τα *καύσιμα* είναι ουσίες σε διάφορες μορφές οι οποίες καίγονται με τη βοήθεια κάποιου οξειδωτικού μέσου (συνήθως αέρα ή καθαρού οξυγόνου) δίνοντας χρήσιμη θερμική ενέργεια. Αυτή η αποδέσμευση θερμικής ενέργειας οφείλεται στο γεγονός ότι η χημική αντίδραση της

κάυσης του καυσίμου με το οξυγόνο είναι *εξώθερμη*. Παρόλο που θεωρητικά είναι εφικτό να υπολογίσουμε την ενέργεια που απελευθερώνεται κατά την καύση εφόσον γνωρίζουμε τη χημική σύσταση του καυσίμου, κάτι τέτοιο στη πράξη δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί με πλήρη ακρίβεια διότι η ακριβής σύνθεση των εμπορικών καυσίμων (τα οποία αποτελούνται από μίγματα υδρογονανθράκων) σπάνια είναι γνωστή. Ωστόσο, η ενέργεια αυτή προσεγγίζεται αρκετά ικανοποιητικά από το μέγεθος της *θερμογόνου δύναμης* το οποίο εκφράζει το ποσό της θερμικής ενέργειας το οποίο εκλύεται κατά τη καύση μιας μονάδας ποσότητας καυσίμου [100], [242].

**Πίνακας Β.1.2 : Παραδείγματα μετατροπής διαφόρων μορφών ενέργειας σε άλλες**

Προς⇒ Από⇓	Κινητική	Δυναμική	Θερμική	Φωτεινή	Ηλεκτρική	Χημική	Πυρηνική
Κινητική	Κιβώτιο ταχυτήτων		Τριβή	Τριβή	Γενήτρια		
Δυναμική	Υδατόπτωση				Υδροηλεκτρική μονάδα		
Θερμική	Στρόβιλος	Ατμολέβητας Υψ. Πίεσης	Εναλλακτικής θερμότητας		Θερμοστοιχείο		Σύντηξη
Φωτεινή			Θερμοκήπιο		Φωτοηλεκτρικό στοιχείο	Φωτοσύνθεση	
Ηλεκτρική	Ηλεκτρικός κινητήρας	Ηλεκτρική αντλία	Ηλεκτρική αντίσταση	Ηλεκτρική λάμπα		Ηλεκτρόλυση	
Χημική	Πύραυλος		Καύση	Καύση	Συσσωρευτής	Χημική διεργασία	
Πυρηνική			Διάσπαση	Ακτινοβολία	Πυρηνικός αντιδραστήρας		

Πηγή [142]

Στη πράξη, δύο είδη θερμογόνου δύναμης χρησιμοποιούνται : η *μικτή* (ή ανωτέρα) και η *καθαρή* (ή κατωτέρα) θερμογόνος δύναμη των οποίων η διαφορά είναι η εξής : κατά την καύση κάθε καυσίμου παράγεται και νερό κυρίως λόγω του υδρογόνου του καυσίμου ενώ υπάρχει ακόμα και το νερό το οποίο αρχικά υπήρχε στο καύσιμο ως υγρασία. Το νερό αυτό περιέχεται στα καυσαέρια και δεδομένου ότι μπορεί να βρίσκεται, αναλόγως των συνθηκών, είτε σε υγρή είτε σε αέρια φάση (ως υδρατμός) η τιμή της θερμογόνου δύναμης διαφέρει κατά τη θερμότητα συμπυκνώσεως του περιεχόμενου νερού. Κατά το ποσό αυτό ακριβώς διαφέρει η μικτή από την καθαρή θερμογόνο δύναμη [142], [242].



Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η μικτή θερμογόνος δύναμη αντιπροσωπεύει τη μέγιστη ενέργεια η οποία μπορεί να εξαχθεί από ένα καύσιμο. Ωστόσο, σχεδόν σε όλες οι εγκαταστάσεις στις οποίες καίγονται καύσιμα τα οποία περιέχουν υδρογόνο οι θερμοκρασίες είναι τέτοιες ώστε το περιεχόμενο νερό δεν συμπυκνώνεται σε υγρό αλλά παραμένει ατμός και έτσι φεύγει στην ατμόσφαιρα μαζί με τα υπόλοιπα καυσαέρια της καύσης. Με τον τρόπο αυτό προστατεύεται ο εξοπλισμός των εγκαταστάσεων της καύσης από πιθανή διάβρωση εξαιτίας του νερού το οποίο διαφορετικά παραμένει. Αν και ο περιορισμός αυτός της υφιστάμενης τεχνολογίας δεν επιτρέπει σχεδόν ποτέ να λαμβάνεται η μέγιστη δυνατή ενέργεια από τα καύσιμα, συχνά, η σύγκριση καυσίμων γίνεται βάσει της μικτής θερμογόνου δύναμης, όπως φαίνεται και στους πίνακες Β.1.3 και Β.1.4 που ακολουθούν [100], [232].

**Πίνακας Β.1.3 : Θερμογόνος δύναμη διαφόρων καυσίμων**

Καύσιμο	Μικτή Θερμογόνος Δύναμη (MJ/kg)
Βενζίνη	45,8
Πετρέλαιο	42,9
Γαϊάνθρακας	30,6
Κωκ	29,5
Ντήζελ	44,8
Λιγνίτης	17,0

Πηγή [100], [142]

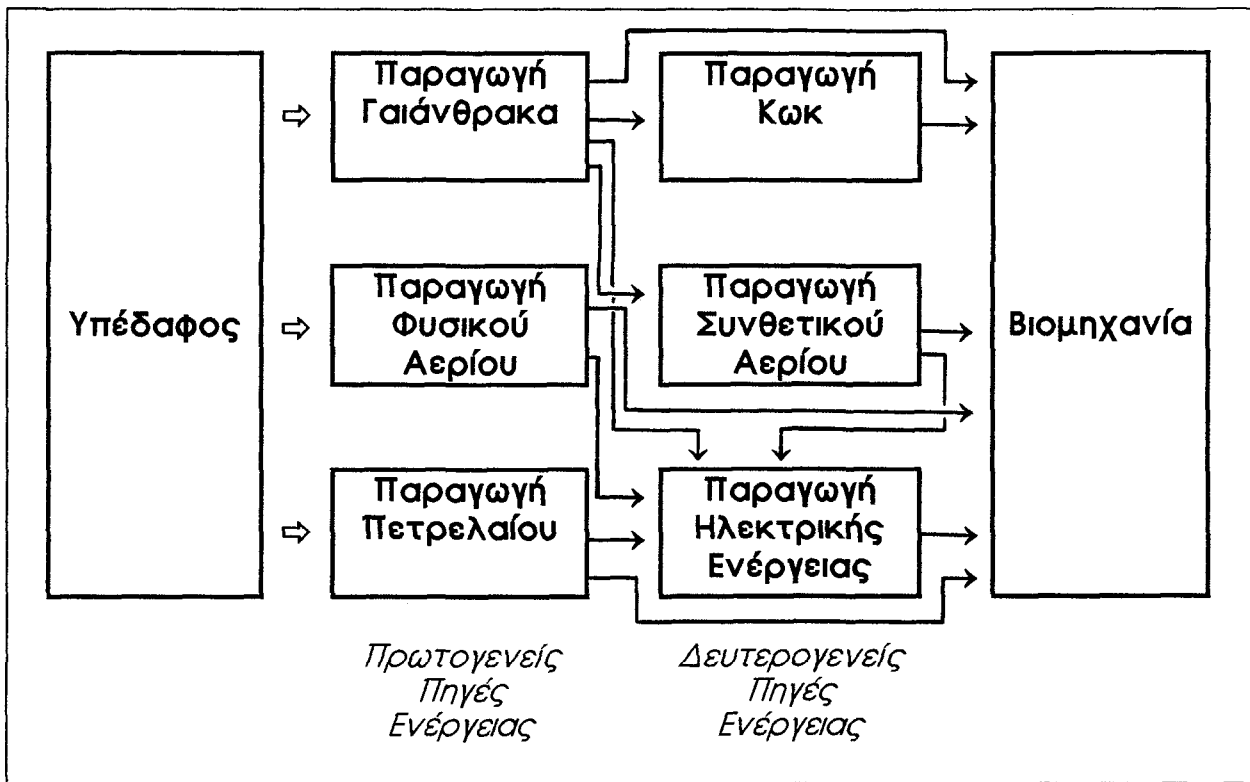
**Πίνακας Β.1.4 : Η μικτή θερμογόνος δύναμη των βασικών συστατικών του φυσικού αερίου**

Συστατικό	Μικτή Θερμογόνος Δύναμη (MJ/m <sup>3</sup> )
Μεθάνιο	37.56
Αιθάνιο	65.80
Προπάνιο	93.65
Βουτάνιο	121.18
Πεντάνιο	149.00

Πηγή [232]

Τα καύσιμα και γενικότερα οι πηγές ενέργειας χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες : τις *πρωτογενείς* και τις *δευτερογενείς*. Για να γίνει κατανοητό από που προκύπτει η διαφοροποίηση αυτή των πηγών ενέργειας αρκεί να μελετηθεί το διάγραμμα Β.1.1 που ακολουθεί. Στο διάγραμμα αυτό φαίνεται η παραγωγή των διαφόρων καυσίμων σε αρκετά απλοποιημένη μορφή. Στο αριστερό μέρος του διαγράμματος εικονίζεται η εισροή υλικών τα οποία συλλέγονται από το υπέδαφος και τα οποία καίόμενα παράγουν χρήσιμη θερμική ενέργεια. Τα υλικά αυτά είναι τα λεγόμενα πρωτογενή ορυκτά καύσιμα. Στη συνέχεια τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται είτε κατευθείαν για την παραγωγή ενέργειας στη

Βιομηχανία είτε για την παραγωγή ενδιάμεσων υλικών, των δευτερογενών καυσίμων, τα οποία ορίζονται ως *πηγές ενέργειας οι οποίες προέρχονται από πρωτογενή καύσιμα* [142].



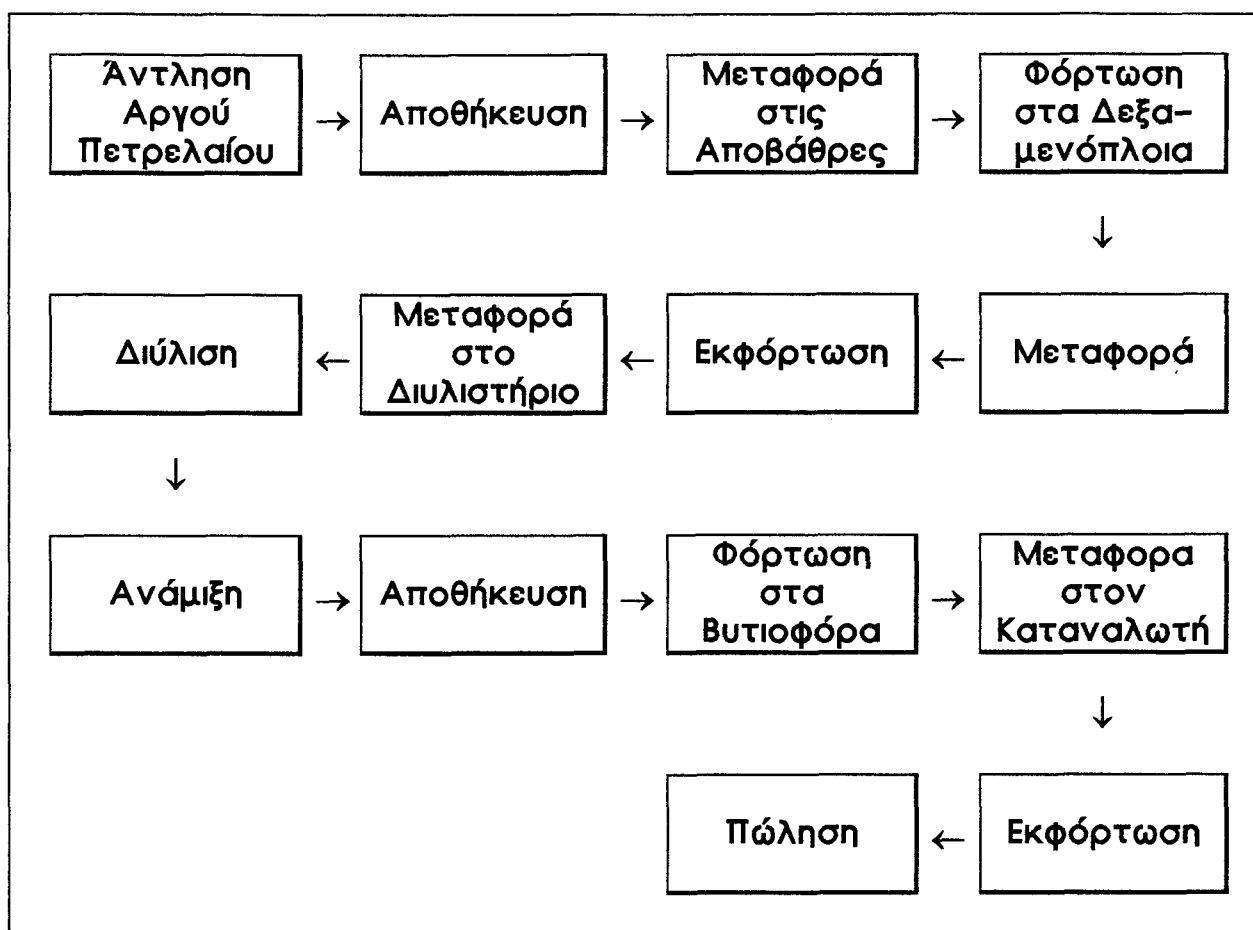
**Διάγραμμα Β.1.1 : Παραγωγή και χρήση των ορυκτών καυσίμων**

Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι ενέργεια καταναλώνεται τόσο για τη μετατροπή του καυσίμου σε αξιοποιήσιμη μορφή όσο και για τη μεταφορά του στον τελικό καταναλωτή. Στο επόμενο διάγραμμα Β.1.2 εικονίζεται μια τυπική αλυσίδα των διεργασιών που απαιτούνται προκειμένου ένα υγρό καύσιμο να φτάσει από το σημείο άντλησης του στην κατανάλωση. Σε κάθε βήμα της αλυσίδας αυτής έχουμε εισροή πρώτων υλών και ενέργειας και εκροή ρύπανσης. Έτσι, η ενέργεια που σχετίζεται με τη χρήση οποιουδήποτε καυσίμου και ενεργειακής πηγής περιλαμβάνει όχι μόνο το ενεργειακό περιεχόμενο του καυσίμου αυτού αλλά και την επιπλέον ενέργεια που χρησιμοποιείται μέχρι την τελική κατανάλωση [142].

Τα προϊόντα της βιομηχανίας παραγωγής καυσίμων και γενικά ενέργειας αποτελούν εισροές στις αλυσίδες παραγωγής όλων σχεδόν των αγαθών και συνεπώς η όσο το δυνατόν εκτενέστερη ανάλυση τους είναι θεμελιώδους σημασίας και για την ανάλυση κύκλου ζωής. Μία βιομηχανία παραγωγής καυσίμων μπορεί να απεικονισθεί με το σύστημα του επόμενου διαγράμματος Β.1.3 όπου όλες οι εισροές και οι εκροές μετρούνται σε μονάδες ενέργειας. Οι εισροές στο σύστημα είναι η ποσότητα του καυσίμου που πρόκειται να κατεργασθεί ( $E_i$ ) καθώς και η απαραίτητη ενέργεια για την κατεργασία του καυσίμου αυτού ( $E_p$ ). Οι

εκροές είναι το παραγόμενο καύσιμο στην τελική του μορφή έτοιμο προς κατανάλωση ( $E_o$ ) και η αποβαλλόμενη (άχρηστη) ενέργεια ( $E_w$ ) η ύπαρξη της οποίας είναι αναπόφευκτη βάσει του δεύτερου θεμελιώδους αξιώματος της θερμοδυναμικής (\*). Το πλεονέκτημα αυτής της απλής απεικόνισης είναι το ότι μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε τον ολικό βαθμό απόδοσης  $\eta$  ο οποίος σχετίζεται με την παραγωγή ενός καυσίμου και ο οποίος ορίζεται ως εξής [100] :

$$\eta = (\text{τελική αποδιδόμενη ενέργεια}) / (\text{συνολική εισροή ενέργειας})$$



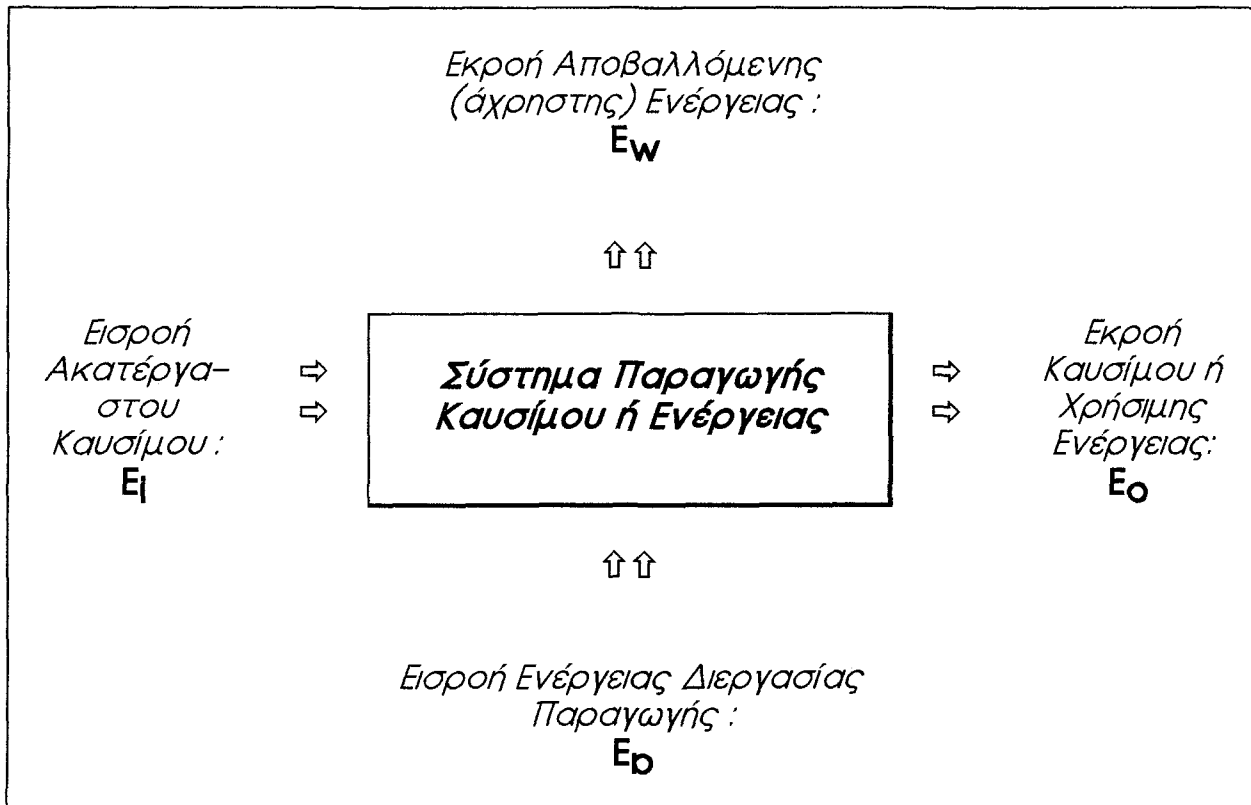
**Διάγραμμα Β.1.2 : Απλοποιημένο διάγραμμα άντλησης, μεταφοράς και επεξεργασίας αργού πετρελαίου**

(\*) Το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα, συνοπτικά, υποστηρίζει ότι μια φυσική διεργασία, η οποία ξεκινά από μία κατάσταση ισορροπίας και καταλήγει σε μία άλλη, θα οδεύσει στη φορά που προκαλεί αύξηση της εντροπίας του συστήματος και του περιβάλλοντος [237].

Χρησιμοποιώντας τους συμβολισμούς του διαγράμματος Β.1.3, η παραπάνω σχέση γίνεται :

$$\eta = (E_o) / (E_i + E_p)$$

Στη παραπάνω σχέση έχει αγνοηθεί η απόβλητη ενέργεια ( $E_w$ ) και αυτό διότι σπάνια είναι γνωστή με αποτέλεσμα σχεδόν πάντοτε να παραλείπεται. Γι'αυτό άλλωστε και το  $\eta$  είναι πάντοτε μικρότερο της μονάδας ( $\eta < 1$ ).



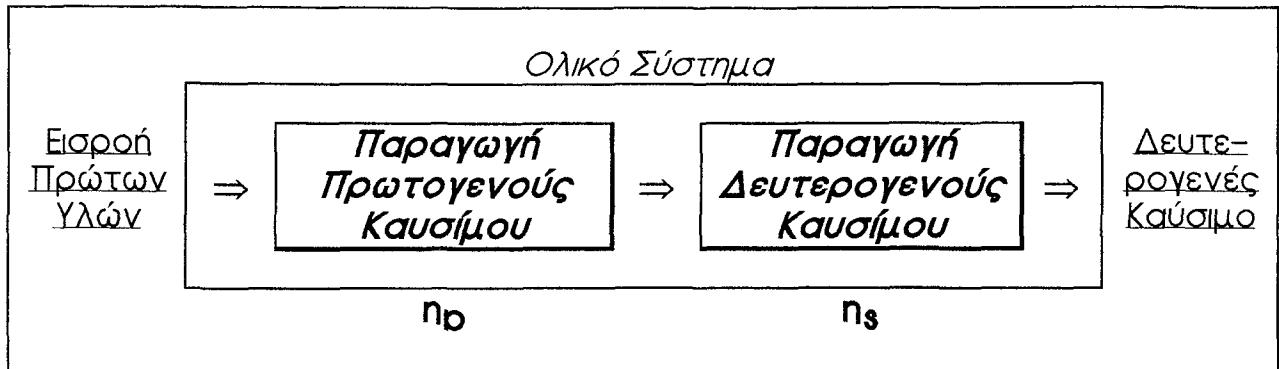
**Διάγραμμα Β.1.3 : Σύστημα παραγωγής ενέργειας**

Στην περίπτωση της παραγωγής ενός δευτερογενούς καυσίμου η διεργασία χωρίζεται σε δύο στάδια όπως φαίνεται και στο ακόλουθο διάγραμμα Β.1.4. Το πρώτο στάδιο αφορά στη παραγωγή του πρωτογενούς καυσίμου με βαθμό απόδοσης παραγωγής  $\eta_p$  και το δεύτερο αφορά στη μετατροπή αυτού του πρωτογενούς καυσίμου σε δευτερογενές με βαθμό απόδοσης μετατροπής  $\eta_s$ . Ο ολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος  $\eta$  είναι το γινόμενο των δύο βαθμών απόδοσης των επιμέρους τμημάτων, δηλαδή :

$$\eta = \eta_p \cdot \eta_s$$

Επειδή, τόσο το  $\eta_p$  όσο και το  $\eta_s$  είναι μικρότερα της μονάδας, συνεπάγεται ότι ο ολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος, ως γινόμενο

αυτών, θα είναι πάντοτε μικρότερος του καθενός ξεχωριστά. Με άλλα λόγια, ο βαθμός απόδοσης παραγωγής ενός δευτερογενούς καυσίμου είναι πάντα μικρότερος από το βαθμό απόδοσης παραγωγής του πρωτογενούς καυσίμου από το οποίο προέρχεται. Ο προσδιορισμός του  $\eta$  είναι θεμελιώδης στην ενεργειακή ανάλυση (άρα και στην ΑΚΖ) καθώς απαιτείται για τον υπολογισμό της πραγματικής κατανάλωσης ενέργειας. Ωστόσο η εκτίμηση του είναι συνήθως δύσκολη και πολύπλοκη υπόθεση με αποτέλεσμα συχνά να εμφανίζονται στη βιβλιογραφία διάφορες τιμές ενεργειακής απόδοσης για το ίδιο σύστημα. Στη περίπτωση αυτή χρειάζεται προσεκτική εκτίμηση και ανάλυση της τρέχουσας κατάστασης προκειμένου να επιλεγεί και να υιοθετηθεί η κατάλληλη τιμή.



**Διάγραμμα Β.1.4 : Σύστημα παραγωγής δευτερογενούς καυσίμου από πρωτογενές υλικό**

Οι βαθμοί απόδοσης παραγωγής καυσίμων και ενέργειας είναι διαφορετικοί από χώρα σε χώρα. Για τα στερεά καύσιμα οι διαφορές αυτές είναι μικρές και οφείλονται συνήθως στις διαφορετικές αποστάσεις που καλύπτονται κατά τη μεταφορά τους. Για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, όμως, οι διαφορές αυτές είναι συχνά σημαντικές λόγω της διαφορετικής σύνθεσης καυσίμων και μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της [100].

## **B.2. Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ – ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας το έτος 1995 ανήλθε περίπου σε 14252,8 Mtce η οποία αναλύεται, ανά περιοχή της υφηλίου, στο πίνακα Β.2.1. Από τον πίνακα αυτό διαπιστώνεται ότι οι ανεπτυγμένες βιομηχανικά περιοχές του κόσμου (Δυτική Ευρώπη, Η.Π.Α., Ανατολική Ευρώπη κλπ) καταναλώνουν αναλογικά πολλαπλάσια ενέργεια σε σχέση με τις υπό ανάπτυξη περιοχές (Αφρική, Ασία, Λατινική Αμερική) [216], [239].

**Πίνακας Β.2.1 : Κατανομή της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας (1995)**

Περιοχή	Κατανάλωση Ενέργειας (Mtce)	Κατανάλωση Ενέργειας (% του συνόλου)
Ευρωπαϊκή Ένωση	2091,2	14,7
Η.Π.Α.	3299,2	23,1
Ιαπωνία	723,2	5,1
Κίνα	1358,4	9,5
Μέση Ανατολή	404,8	2,8
Αφρική	619,2	4,3
Λατινική Αμερική	849,6	6,0
Λοιπή Ευρώπη και πρώην ΕΣΣΔ	2591,6	17,9
Υπόλοιπος Κόσμος	2315,6	16,6

πηγή [216]

Όπως αναφέρθηκε ήδη, τα κυριότερα καύσιμα τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας είναι *οι γαϊάνθρακες, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο*. Η εξέλιξη της κατανάλωσης των διαφόρων καυσίμων στις χώρες μέλη του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) για τα τελευταία 20 χρόνια και με προβλεψη για το 2000, παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα Β.2.2. Σε ότι αφορά στις πρωτογενείς πηγές ενέργειας, η κατανάλωση αυτή αναμένεται να

καλυφθεί κατά μεγάλο μέρος από τα αποθέματα γαιανθράκων τα οποία σε σχέση με τα κυριότερα πρωτογενή καύσιμα παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα αποθέματα (το 74 % των αποθεμάτων είναι γαιάνθρακες, το 15.4 % πετρέλαιο και το 10.5 % είναι φυσικό αέριο) [239], [240] :

**Πίνακας Β.2.2 : Εξέλιξη της κατανάλωσης διαφόρων καυσίμων**

Είδος Καυσίμου	1973 (%)	1986 (%)	1995 (%)	2000 (%)
Στερεά Καύσιμα	20,2	23,9	25,7	27,7
Πετρέλαιο	53,3	43,0	39,0	36,8
Φυσικό Αέριο	19,6	18,4	18,5	17,7
Πυρηνική Ενέργεια	1,2	7,8	9,3	10,0
Λοιπά Καύσιμα	5,7	6,8	7,4	7,9
Σύνολο (Mtoe)	3535	3786	4342	4602

πηγή [240]

Στο σημείο αυτό πρέπει να διευκρινιστούν οι μονάδες μέτρησης ενέργειας tce και toe που αναφέρθηκαν στους πίνακες Β.2.1 και Β.2.2. Συγκεκριμένα, η μονάδα μέτρησης tce προέρχεται από τα αρχικά των *tonne of coal equivalent*, δηλαδή *τόννος ισοδύναμου άνθρακα ή ΤΙΑ* και 1 tce ή ΤΙΑ ισούται με την ενέργεια ενός μετρικού τόννου λιθάνθρακα. Η μονάδα toe προέρχεται από τα αρχικά των *tonne of oil equivalent*, δηλαδή *τόννος ισοδύναμου πετρελαίου ή ΤΙΠ* και 1 toe ή ΤΙΠ ισούται με την ενέργεια ενός μετρικού τόννου πετρελαίου. Γενικά, ισχύει [235] :

$$1 \text{ toe} = 1,6 \text{ tce} = 1200 \text{ m}^3 \text{ φυσικού αερίου} = 11600 \text{ kWh}$$

Σε ότι αφορά στην ενεργειακή κατάσταση της Ελλάδας, ο ενεργειακός τομέας της χώρας μας χαρακτηρίζεται από τη σημαντικότερη εξάρτηση του από το (εισαγόμενο) πετρέλαιο, την χαμηλή ενεργειακή αποδοτικότητα η οποία, όπως φαίνεται και στο πίνακα Β.2.3, οφείλεται αφενός στη χαμηλή κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά κάτοικο και αφετέρου στην υψηλή κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά μονάδα ΑΕΠ, την απουσία ουσιαστικής ποικιλίας χρησιμοποιούμενων μορφών ενέργειας, την σημαντική εξάρτηση της χώρας από το εξωτερικό για την πραγματοποίηση των μεγάλων ενεργειακών έργων κλπ [257]. Στο πίνακα Β.2.4 παρουσιάζεται η αναλυτική μορφή της ενεργειακής κατάστασης στην Ελλάδα καθώς και η προβλεπόμενη εξέλιξη της μέσα στα επόμενα χρόνια [216].

Πίνακας Β.2.3 : Ενεργειακή αποδοτικότητα της Ελλάδας

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΚΑΤΟΙΚΟ (ΚgΙΠ / ΚΑΤΟΙΚΟ)	ΕΛΛΑΔΑ	1756	1724	1816	1938	2119	2120	2130	2147
	ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ	3196	3234	3284	3319	3370	3411	3509	3481
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΑΕΠ (ΤΙΠ / ΜΕCΥ 85)	ΕΛΛΑΔΑ	399.4	387.1	411.5	422.7	447.8	449.4	444.9	449.0
	ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ	308.1	304.2	301.4	293.9	290.3	286.7	292.6	297
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΑΕΠ (ΜWh / ΜΕCΥ 85)	ΕΛΛΑΔΑ	545.4	543.0	567.7	586.0	589.7	600.4	607.7	623.9
	ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ	392.4	392.4	396.8	392.8	393.6	392.0	399.9	409.0

πηγή [257]



Πίνακας Β.2.4 : Ελλάς - Εξέλιξη της ενεργειακής κατάστασης

1000 ΤΙΠ/έτος	Έτος					% μεταβολή 2005 /1990
	1985	1990	1995	2000 (*)	2005 (*)	
<b>Φαινόμενη Κατανάλωση</b>						
- Στερεά Καύσιμα	6080	8203	8913	10927	13078	59,4
- Πετρέλαιο	11016	12745	15162	15190	16254	27,5
- Αέριο Φυσικό / Πόλεως	71	138	146	2185	2707	1866,3
- Πυρηνική Ενέργεια	0	0	0	0	0	0,0
- Γεωθερμική Ενέργεια	0	0	0	0	0	0,0
- Ηλεκτρική Ενέργεια	305	213	380	325	344	61,5
- Ανανώσιμες Μορφές	0	0	1	130	197	0,0
- ΣΥΝΟΛΟ	17472	21299	24602	28757	32581	53,0
<b>Παραγωγή</b>						
- Στερεά Καύσιμα	4838	7212	7687	8536	10517	45,8
- Πετρέλαιο	1319	833	936	307	0	-100
- Αέριο Φυσικό / Πόλεως	71	138	146	51	0	-100
- Πυρηνική Ενέργεια	0	0	0	0	0	0,0
- Γεωθερμική Ενέργεια	0	0	0	0	0	0,0
- Υδροηλεκτρική Ενέργεια	241	152	245	268	285	87,4
- Ανανώσιμες Μορφές	0	0	1	130	197	0,0
- ΣΥΝΟΛΟ	6470	8395	9015	9292	11000	32,0
<b>Εισαγωγές</b>						
- Στερεά Καύσιμα	1228	987	1225	2391	2560	159,4
- Πετρέλαιο	10518	14215	16710	17559	19137	34,6
- Αέριο Φυσικό / Πόλεως	0	0	0	2135	2707	
- Ηλεκτρική Ενέργεια	63	61	136	57	59	-3,0
- ΣΥΝΟΛΟ	11809	15263	18071	22141	24463	60,3
<b>Εισροές για την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας</b>						
- Στερεά Καύσιμα	4807	6890	7571	9518	11593	68,3
- Πετρέλαιο	1635	1799	2110	1541	1658	-7,9
- Αέριο Φυσικό / Πόλεως	0	31	27	639	670	2045,1
- Πυρηνική Ενέργεια	0	0	0	0	0	0,0
- Ανανεώσιμες Μορφές	0	0	1	19	34	0,0
- ΣΥΝΟΛΟ	6442	8720	9710	11717	13954	60,0
<b>Κατανάλωση Βιομηχανίας, Μεταφορών, Οικιακής και λοιπών χρήσεων</b>						
- Στερεά Καύσιμα	1262	1231	1338	1405	1480	20,2
- Πετρέλαιο	8283	10048	11708	12289	13127	30,6
- Αέριο	9	15	16	1085	1420	9484,7
- Θερμότητα	0	0	0	0	0	0,0
- Ηλεκτρική Ενέργεια	2049	2447	1886	3500	4128	68,7
- Βιοκάσιμα	0	0	0	111	163	0,0
- ΣΥΝΟΛΟ	11602	13742	15948	18389	20321	47,9

Πηγή [216] / (\*) Πρόβλεψη

Πίνακας Β.2.4 (συνέχεια) : Ελλάδα – Εξέλιξη της Ενεργειακής Κατάστασης

1000 ΤΙΠ/έτος	Έτος					% μεταβολή 2005 /1990
	1985	1990	1995	2000 (*)	2005 (*)	
<b>Κατανάλωση στη Βιομηχανία</b>						
- Στερεά Καύσιμα	1211	1190	1296	1366	1444	21,4
- Πετρέλαιο	1408	1679	1889	1358	1212	-27,8
- Αέριο Φυσικό / Πόλεως	6	8	8	646	815	10681
- Θερμότητα	0	0	0	0	0	0,0
- Ηλεκτρική Ενέργεια	947	1041	1118	1154	1190	14,3
- ΣΥΝΟΛΟ	3572	3918	4311	4524	4661	19,0
<b>Κατανάλωση στις Μεταφορές</b>						
- Στερεά Καύσιμα	2	0	0	0	0	0,0
- Πετρέλαιο	4670	5805	6672	7416	8175	40,8
- Αέριο Φυσικό / Πόλεως	0	0	0	0	0	0,0
- Ηλεκτρική Ενέργεια	2	10	5	27	32	221,0
- Βιοκάυσιμα	0	0	0	111	163	0,0
- ΣΥΝΟΛΟ	4674	5815	6677	7554	8371	43,9
<b>Κατανάλωση σε Οικιακή και λοιπές χρήσεις</b>						
- Στερεά Καύσιμα	49	42	42	39	36	-13,0
- Πετρέλαιο	2205	2564	3147	3515	3740	45,9
- Αέριο Φυσικό / Πόλεως	2	7	9	439	605	8239,3
- Θερμότητα	0	0	0	0	0	0,0
- Ηλεκτρική Ενέργεια	1100	1396	1762	2318	2906	108,2
- ΣΥΝΟΛΟ	3356	4009	4960	6311	7288	81,8
<b>Εξάρτηση από τις Εισαγωγές (%)</b>						
- Στερεά Καύσιμα	20,2	12,0	13,7	21,9	19,6	
- Πετρέλαιο (**)	86,8	93,1	94,7	98,3	100,0	
- Αέριο Φυσικό / Πόλεως	0,0	0,0	0,0	97,7	100,0	
- ΣΥΝΟΛΟ	63,6	64,1	66,7	70,4	69,0	

Πηγή [216] / (\*) Πρόβλεψη / (\*\*) Εφόσον δεν ανακαλυφθούν νέα κοιτάσματα

Όπως κάθε παραγωγικό σύστημα έτσι και η βιομηχανία ενέργειας έχει και την περιβαλλοντική της διάσταση. Η κατανάλωση καυσίμων και η παραγωγή ενέργειας αποτελούν μία από τις σπουδαιότερες πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος. Το γεγονός αυτό είναι όχι μόνο γνωστό αλλά και απασχολεί όλο και περισσότερο τους πολίτες. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, για παράδειγμα, οι μισοί σχεδόν ευρωπαίοι θεωρούν ως το σημαντικότερο, σχετικό με την ενέργεια, πρόβλημα την μόλυνση του περιβάλλοντος ενώ ακολουθούν τα προβλήματα της ασφάλειας κατά την παραγωγή της ενέργειας και της σταθερότητας των τιμών με ποσοστό 25 % το καθένα περίπου [217]. Ο προβληματισμός αυτός των ευρωπαίων φαίνεται να βρίσκει ανταπόκριση στην ευρωπαϊκή πολιτική η οποία με μια σειρά από σχετικές οδηγίες και μέτρα επιδιώκει να θέσει υπό έλεγχο τις

εκπομπές των μεγάλων εγκαταστάσεων καύσης για την παραγωγή ενέργειας (όπως επίσης και τις εκπομπές των οχημάτων και των μεγάλων βιομηχανικών μονάδων) περιορίζοντας έτσι τη ρύπανση από αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του θείου, διοξείδιο του αζώτου, διοξείδιο του άνθρακα κλπ, οι εκπομπές των οποίων είναι σημαντικές κυρίως στα πλέον ανεπτυγμένα βιομηχανικά κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (πίνακας Β.2.5) [222], [248].

**Πίνακας Β.2.5 : Εκπομπές ρυπαντών σε διάφορα κράτη (1990)**

Κράτος Μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης	CO <sub>2</sub> (ton/κατ.)	SO <sub>2</sub> (kg/κατ.)	NO <sub>2</sub> (kg/κατ.)
Βέλγιο	11,6	42	32
Δανία	12,1	35	55
Γερμανία	12,1	72	41
Ελλάς	7,2	-	15
Ισπανία	5,7	-	-
Γαλλία	6,7	23	26
Ιρλανδία	9,0	50	-
Ιταλία	6,9	34	35
Λουξεμβούργο	33,8	26	-
Ολλανδία	10,7	14	37
Πορτογαλία	4,2	21	12
Ηνωμένο Βασίλειο	10,2	62	48

Πηγή [222]

Το κύριο χαρακτηριστικό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των συνεπακόλουθων προβλημάτων που προκαλούνται από τις εκπομπές SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> και CO<sub>2</sub> είναι ότι πρόκειται για καταστάσεις οι οποίες δεν γνωρίζουν σύνορα και άρα πρέπει να αντιμετωπίζονται από κοινού. Έτσι, σύμφωνα με την συνδιάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη που πραγματοποιήθηκε στο Ρίο (Βραζιλία) τον Ιούνιο του 1992, φαίνεται πως είναι πλέον γενικώς αποδεκτό ότι η αρχή της ανάπτυξης είναι, πρώτα από όλα, ο σεβασμός στο περιβάλλον και στην ορθή διαχείριση της ενέργειας (*σειφόρος ανάπτυξη*) [216].

Μάλιστα, για το διοξείδιο του άνθρακα και την ενέργεια, η ευρωπαϊκή επιτροπή έχει προτείνει τη θέσπιση ειδικού φόρου διοξειδίου του άνθρακα/ενέργειας (CO<sub>2</sub>/energy tax) προκειμένου να περιοριστούν αφενός οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα και αφετέρου να βελτιωθούν οι βαθμοί απόδοσης των διεργασιών καύσης για την παραγωγή ενέργειας αφού η καύση των στερεών και λοιπών ανθρακούχων καυσίμων, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα Β.2.6, ευθύνεται, κατά κύριο λόγο, για την δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων CO<sub>2</sub> που με τη σειρά του ευθύνεται για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου και της αλλαγής του κλίματος [62], [220], [225].

Πίνακας Β.2.6 : Συντελεστής Άνθρακα

Καύσιμο	Συντελεστής Άνθρακα (mg C/kJ)
Γαιάνθρακας	24,12
Φυσικό Αέριο	13,78
Προϊόντα Πετρελαίου	
- Ντίζελ	18,93
- Κηροζήνη	18,44
- LPG	16,36
- Βενζίνη	18,41

Σημείωση: στο παράπανω πίνακα, ως LPG αναφέρονται τα υγροποιημένα αέρια πετρελαίου (από τα αρχικά των λέξεων *Liquified Petroleum Gases*) όπως αιθάνιο, αιθυλένιο, προπάνιο, προπυλένιο, κανονικό βουτάνιο, βουτένιο, μίγματα αιθανίου - προπανίου, μίγματα προπανίου - βουτανίου, ισοβουτάνιο κλπ τα οποία παράγονται τόσο στα διυλιστήρια όσο και σε μονάδες επεξεργασίας φυσικού αερίου [220], [254].

Στόχος του φόρου αυτού (CO<sub>2</sub>/energy tax) θα είναι, με την επίδραση του στις τιμές, να αναγκάσει τόσο σε αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας όσο και σε στροφή προς καύσιμα τα οποία θα περιέχουν λιγότερο άνθρακα. Με εξαίρεση τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, όλες οι ενεργειακές πηγές θα φορολογηθούν. Τα επίπεδα του φόρου που έχουν προταθεί, προς το παρόν, είναι 15.4 ecu/toe για το φυσικό αέριο, 17.6 ecu/toe για το πετρέλαιο και 19.9 ecu/toe για τον άνθρακα [216].

Σκοπός της ευρωπαϊκής επιτροπής με μέτρα σαν και αυτό είναι να επιτευχθεί ο περιορισμός του CO<sub>2</sub> το οποίο, όπως αναφέρθηκε ήδη, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες δημιουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου. Μάλιστα, είναι τέτοια η συνεισφορά του διοξειδίου του άνθρακα στο πρόβλημα αυτό ώστε εκτιμάται ότι ενδεχόμενος διπλασιασμός του CO<sub>2</sub> της γήινης ατμόσφαιρας θα έχει ως αποτέλεσμα αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη από 1.5 °C έως 4.5 °C περίπου. Άμεσο επακόλουθο του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι η αλλαγή του κλίματος η οποία με τη σειρά της εκτιμάται ότι θα επιφέρει σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον, όπως για παράδειγμα [62]:

- ανύψωση της επιφάνειας της θάλασσας, που είναι ιδιαίτερα ανησυχητικό φαινόμενο για τις παραθαλάσσιες περιοχές,
- μεγαλύτερη πίεση στη ζήτηση των υδάτινων πόρων,
- αλλαγές στις μεθόδους παραγωγής τροφίμων σε παγκόσμια κλίμακα,
- αυξανόμενη ερήμωση εδαφών,

- αύξηση των ασθενειών που προκαλούνται από βακτηρίδια και ιούς,
- επίσπευση στην εξαφάνιση ειδών του ζωικού βασιλείου.

Επομένως, η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα είναι η πλέον σημαντική και πιεστική πρόκληση της ενεργειακής πολιτικής.

Εκτός, όμως, από το φαινόμενο του θερμοκηπίου, πολύ σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα είναι και η όξινη βροχή η οποία και αυτή προκαλείται από την καύση, σε μεγάλη κλίμακα, ορυκτών καυσίμων όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο είτε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είτε στις βιομηχανικές διεργασίες. Υπεύθυνο για την όξινη βροχή είναι το διοξείδιο του θείου κατά τα δύο τρίτα και τα οξειδία του αζώτου κατά το υπόλοιπο ένα τρίτο. Η ζημιά που προκαλεί η όξινη βροχή είναι εμφανής στη διάβρωση των ιστορικών κτιρίων, στην καταστροφή και ερήμωση των δασών (κυρίως της κεντρικής Ευρώπης και βόρειας Αμερικής) και στις επιπτώσεις στις λίμνες και τους ποταμούς των οποίων οι υδρόβιοι οργανισμοί δεν μπορούν να αντέξουν τέτοια περιβάλλοντα.

Η Ελλάδα, σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, βρίσκεται κάτω του μέσου όρου στις ανά κάτοικο εκπομπές οξειδίων του αζώτου και διοξειδίου του άνθρακα, λόγω μειωμένης βιομηχανικής ανάπτυξης. Στο διοξείδιο του θείου, όμως, οι ανά κάτοικο εκπομπές στην Ελλάδα είναι άνω του ευρωπαϊκού μέσου όρου [241]. Η πρόβλεψη της εξέλιξης των εκπομπών αυτών για τη Ελλάδα τα επόμενα χρόνια ανά δραστηριότητα σε σύγκριση με τις αντίστοιχες της Ευρωπαϊκής Ένωσης παρουσιάζεται, αναλυτικά, στον πίνακα Β.2.7 [216]. Σε ότι αφορά στους τρόπους περιορισμού τους, τα υφιστάμενα όρια στη χώρα μας στις εκπομπές SO<sub>2</sub> όπως και στις εκπομπές NO<sub>x</sub>, τόσο από τις νέες μονάδες καύσης όσο και από τις υπάρχουσες μεγάλες μονάδες παραγωγής ενέργειας, είναι ουσιαστικά ανύπαρκτα καθώς βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της ανάπτυξης. Οι αρχικές σχετικές προσπάθειες έχουν επικεντρωθεί στα μεγάλα αστικά κέντρα (π.χ. Αθήνα, Θεσσαλονίκη) όπου, άλλωστε, είναι εγκατεστημένο το μεγαλύτερο μέρος της βιομηχανικής και εμπορικής δραστηριότητας. Μία από αυτές τις προσπάθειες είναι ο περιορισμός του περιεχόμενου στα διάφορα καύσιμα θείου, μέτρο το οποίο παρουσιάζει διαφοροποιήσεις ανά γεωγραφική περιοχή. Ομοίως, η κύρια στρατηγική μείωσης των εκπομπών από τις μονάδες παραγωγής ενέργειας είναι η μείωση του περιεχόμενου θείου των καυσίμων που χρησιμοποιούνται. Έτσι, ο λιγνίτης της Βορείου Ελλάδος δεν φαίνεται να δημιουργεί προβλήματα στη προσπάθεια αυτή καθώς περιέχει μόνο 0.4 % θείο, δεν συμβαίνει όμως το ίδιο και με τον λιγνίτη της Μεγαλόπολης ο οποίος περιέχει θείο που μπορεί όχι μόνο να ξεπεράσει το 1.1 % αλλά και να φτάσει έως το 1.5 % (πίνακας Β.2.8 [234]). Πάντως, στα μέχρι σήμερα σχέδια, δεν εντάσσεται η τοποθέτηση και χρησιμοποίηση διατάξεων τύπου FGD (Flue Gas Desulphurisation) για την μείωση των εκπομπών αυτών [240], [241].

Πίνακας Β.2.7 : Εκπομπές CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, και NO<sub>x</sub> ανά δραστηριότητα

Δρασ /τες (*)	CO <sub>2</sub> (Mton)				SO <sub>2</sub> (1000 ton)				NO <sub>x</sub> (1000 ton)			
	Έτος	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000
<b>Ευρωπαϊκή Ένωση των 12</b>												
<b>1</b>	860	930	1010	1080	7910	6630	5530	4920	2370	1920	1840	1800
<b>2</b>	120	130	130	130	710	720	680	650	240	230	200	170
<b>3</b>	540	530	530	510	2100	1630	1530	1430	750	670	580	510
<b>4</b>	690	770	850	900	560	630	700	750	7630	6610	4360	4410
<b>5</b>	505	610	630	610	900	950	890	800	500	600	620	600
<b>Σ</b>	2770	2970	3140	3240	12120	11010	9330	8530	11510	10100	7610	7480
<b>Ελλάς</b>												
Έτος	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005
<b>1</b>	36	40	47	57	481	319	310	326	53	62	73	87
<b>2</b>	2	2	3	4	19	28	22	27	5	6	5	6
<b>3</b>	10	11	11	12	120	135	87	99	22	22	14	15
<b>4</b>	18	20	23	25	17	18	20	22	172	142	93	94
<b>5</b>	8	10	12	13	18	21	22	23	6	7	8	9
<b>Σ</b>	58	74	84	110	654	521	461	497	258	239	193	211

(\*) Οι δραστηριότητες είναι οι εξής :

1. Παραγωγή Ισχύος
2. Ενεργειακός Τομέας
3. Βιομηχανία
4. Μεταφορές
5. Οικιακή και άλλες Χρήσεις
- Σ. Σύνολο

Συμπερασματικά, η ραγδαία αύξηση των αέριων, κυρίως, εκπομπών καθώς και των άλλων αποβλήτων από την παραγωγή και χρήση της ενέργειας, είχε ως αποτέλεσμα την ευρύτερη συνειδητοποίηση της περιβαλλοντικής διάστασης της ενέργειας. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το αντίκτυπο των δύο ενεργειακών κρίσεων έχει επιβάλλει μια ριζική αναθεώρηση των κατευθύνσεων της ενεργειακής πολιτικής και την ενίσχυση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας και των νέων αποδοτικότερων και λιγότερο ρυπογόνων ενεργειακών τεχνολογιών. Ωστόσο, η ανάλυση της πρόσφατης εμπειρίας δείχνει ότι, συχνά μέχρι σήμερα, η προώθηση αυτών των κατευθύνσεων έρχεται αντιμέτωπη με τη κυρίαρχη λογική στον τρόπο λήψης των ενεργειακών αποφάσεων. Γίνεται, δηλαδή, καθαρή η διάσταση και σύγκρουση μεταξύ οικονομικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων στον ενεργειακό σχεδιασμό ενώ στη πράξη είναι ακόμα σαφής η υποταγή της περιβαλλοντικής αντίληψης στην οικονομική. Και αυτό γιατί το περιβάλλον δεν εντάσσεται, τουλάχιστον

προς το παρόν, στον μηχανισμό αξιών που κινεί την αγορά και επομένως η προστασία του δεν έχει ακόμα θετικό οικονομικό αντίκρουσμα [224].

**Πίνακας Β.2.8 : Τυπική ανάλυση ελληνικών λιγνιτών**

Ανάλυση	Περιοχή Μεγαλόπολης	Περιοχή Πτολεμαΐδας
<i>Άμεση Ανάλυση</i>		
Υγρασία	60	57
Πτητικά	15	17
Τέφρα	17	13
Μόνιμος Άνθρακας	8	13
<i>Στοιχειακή Ανάλυση</i>		
Άνθρακας	15,0	18,0
Υδρογόνο	1,5	1,6
Άζωτο	0,5	0,5
Θείο	1,1	0,4
Θερμογόνος Δύναμη	960 kcal/kg LHV	1320 kcal/kg LHV

Πηγή [234]

### B.3. ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι κυριότερες και συνηθέστερες πρωτογενείς πηγές ενέργειας είναι οι διαφόρων ειδών γαιάνθρακες, το πετρέλαιο και τα παράγωγα του, το φυσικό αέριο, η ενέργεια η οποία προέρχεται από τα πυρηνικά καύσιμα και οι διαφόρων ειδών ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (υδραυλική, γεωθερμική, βιομάζα κλπ). Στον επόμενο πίνακα B.3.1 παρουσιάζεται η συμμετοχή των σπουδαιότερων πρωτογενών πηγών ενέργειας στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας το 1991 ανά περιοχή [215], [253].

**Πίνακας B.3.1 : Συμμετοχή των σπουδαιότερων πρωτογενών καυσίμων στη συνολική παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας (1991)**

Περιοχή	Συνολική Κατανάλωση (Mtoe)	Στερεά Καύσιμα (%)	Πετρέλαιο (%)	Φυσικό Αέριο (%)
<b>Χώρες ΟΟΣΑ</b>	4154,2	21,4	42,7	19,8
Ευρωπαϊκή Ένωση (των 12)	1244,9	22,1	44,8	18,6
ΗΠΑ	1939,2	22,8	39,5	23,4
Ιαπωνία	443,1	17,5	57,2	10,5
Χώρες ΕΖΕΣ	156,1	7,7	40,5	7,8
Λοιπές Χώρες ΟΟΣΑ	370,8	21,8	36,4	21,4
<b>Χώρες εκτός ΟΟΣΑ</b>	4169,3	29,9	33,5	21,9
Πρώην ΕΣΣΔ	1333,1	19,1	30,6	43,7
Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη	301,4	51,0	21,6	19,8
Αφρική	342,1	26,5	29,0	9,6
- Βόρειος Αφρική	84,1	2,8	58,2	34,8
- Λοιπή Αφρική	258,0	34,2	19,5	1,5
Ασία	1463,7	49,3	27,7	4,9
- Κίνα	712,8	73,2	17,2	1,8
- Αναπτυσσόμενες Χώρες	190,3	22,1	59,9	3,2
- Υπόλοιπη Ασία	560,6	28,2	30,1	9,6
Μέση Ανατολή	259,7	1,2	63,9	34,2
Λοιπές Χώρες Μεσογείου	2,7	9,1	90,6	0,0
Λατινική Αμερική	466,6	4,6	54,2	16,7
<b>Σύνολο Κόσμου</b>	8323,5	25,6	38,1	20,9

Πηγή [215]



**Πίνακας Β.3.1 (συνέχεια) : Συμμετοχή των σπουδαιότερων πρωτογενών καυσίμων στη συνολική παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας (1991)**

Περιοχή	Πυρηνική Ενέργεια (%)	Ανανεώσιμες Πηγές (%)	Υδροηλεκτρική (%)	Γεωθερμική (%)	Βιομάζα (%)
<b>Χώρες ΟΟΣΑ</b>	10,6	5,5	2,4	0,3	2,8
Ευρωπαϊκή Ένωση (των 12)	12,9	1,5	1,1	0,2	0,3
ΗΠΑ	8,7	5,5	1,3	0,4	3,8
Ιαπωνία	12,6	2,2	1,9	0,3	0,0
Χώρες ΕΖΕΣ	19,9	24,1	14,0	0,2	10,0
Υπόλοιπες Χώρες ΟΟΣΑ	6,0	14,9	8,6	0,5	5,8
<b>Χώρες εκτός ΟΟΣΑ</b>	2,5	12,2	2,1	0,3	9,9
Πρώην ΕΣΣΔ	4,1	2,7	1,5	0,0	1,2
Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη	4,7	2,5	1,1	0,0	1,4
Αφρική	0,7	34,2	1,4	0,1	32,7
- Βόρειος Αφρική	0,0	4,3	1,2	0,0	3,1
- Λοιπή Αφρική	0,9	44,0	1,5	0,1	42,3
Ασία	1,9	16,1	1,6	0,4	14,1
- Κίνα	0,0	7,8	1,3	0,0	6,5
- Αναπτυσσόμενες Χώρες	14,0	0,8	0,5	0,0	0,4
- Υπόλοιπη Ασία	0,3	31,9	2,3	1,0	28,5
Μέση Ανατολή	0,0	0,8	0,4	0,0	0,4
Λοιπές Χώρες Μεσογείου	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3
Λατινική Αμερική	0,7	24,0	7,4	1,0	15,6
<b>Σύνολο Κόσμου</b>	6,5	8,9	2,3	0,3	6,3

Πηγή {215}

### ➤ **Γαιάνθρακες**

Οι γαιάνθρακες, από όλα τα καύσιμα τα οποία χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία, απαιτούν τη λιγότερη κατεργασία πριν τη χρήση τους και αυτό γιατί χρησιμοποιούνται στην ίδια περίπου μορφή με αυτή κατά την οποία εξάγονται από το υπέδαφος. Η όποια κατεργασία στην οποία υπόκεινται αποσκοπεί στο να μειώσει τις ποσότητες της τέφρας, του θείου και άλλων ανεπιθύμητων προσμίξεων τους, οι οποίες ποικίλλουν συνήθως ανάλογα με το μέγεθος. Η ενέργεια η οποία απαιτείται για την εξόρυξη των γαιανθράκων από το υπέδαφος ποικίλλει σημαντικά από το ένα ανθρακωρυχείο στο άλλο εξαιτίας των διαφορετικών διεργασιών που

χρησιμοποιούνται για την εξόρυξη καθώς και των διαφορετικών χαρακτηριστικών των αντίστοιχων κοιτασμάτων που υφίστανται εκμετάλλευση. Τυπικές τιμές της ενέργειας αυτής όπως έχουν εκτιμηθεί στη Βρετανία (χώρα με μεγάλα κοιτάσματα γαιανθράκων και παράδοση στην εξόρυξη τους [255]) δίνονται στον επόμενο πίνακα Β.3.2 [142].

**Πίνακας Β.3.2 : Συνολική κατανάλωση ενέργειας κατά την εξόρυξη γαιανθράκων (σε MJ ανά kg εμπορεύσιμου άνθρακα)**

Χρήση Ενέργειας	Εξόρυξη	Λοιπές Δραστηριότητες	Σύνολο
Άνθρακας	0,29	0,05	0,34
Ηλεκτρική Ενεργ.	0,54	0,03	0,57
Χάλυβας	0,24	αμελητέα	0,24
Λοιπά Μέταλλα	0,08	αμελητέα	0,08
Λοιπά Καύσιμα	0,05	0,08	0,13
Λιπαντικά	0,03	αμελητέα	0,03
<b>Γενικό Σύνολο</b>	<b>1,23</b>	<b>0,16</b>	<b>1,39</b>

Πηγή [142]

Ο παραπάνω πίνακας δίνει την ενέργεια παραγωγής (δηλαδή την απαιτούμενη ενέργεια για την εξόρυξη και τις λοιπές κατεργασίες) ενός kg γαιάνθρακα ( $E_p$ ). Επειδή, όμως, το ενεργειακό περιεχόμενο ( $E_c$ ) της ποσότητας αυτής του γαιάνθρακα ποικίλλει αναλόγως του είδους του, αντίστοιχα ποικίλλει και ο βαθμός απόδοσης της διεργασίας παραγωγής του ( $\eta$ ) ο οποίος ορίζεται ως :

$$\eta = E_c / ( E_c + E_p )$$

Η τιμή του βαθμού απόδοσης ποικίλλει μεταξύ 94.5 % έως 96.0 %. Είναι φανερό ότι, αφού η ενέργεια παραγωγής του γαιάνθρακα θεωρείται σταθερή, όσο μεγαλύτερο είναι το ενεργειακό περιεχόμενο του (δηλαδή η ενέργεια που μπορεί να αποδώσει ο γαιάνθρακας στον τελικό χρήστη) τόσο μεγαλύτερος είναι και ο βαθμός απόδοσης της παραγωγής του, όπως συμβαίνει για παράδειγμα με τον ανθρακίτη όπου  $E_c = 32.24$  MJ,  $E_p = 1.39$  MJ και άρα  $\eta = 96.0$  % [142], [532].

Στον επόμενο πίνακα Β.3.3 αναφέρονται τα διάφορα είδη ανθρακούχων στερεών καυσίμων με τα κυριότερα χαρακτηριστικά ορισμένων αντιπροσωπευτικών κοιτασμάτων [238] :

Πίνακας Β.3.3 : Κυριότερα χαρακτηριστικά ορισμένων κοιτασμάτων γαιανθράκων

Καύσιμο			Φυσική Κατάσταση		
Προέλευση	Κοίτασμα	Ho (*) MJ/kg	Τέφρα %	Υγρασία %	Hu (**) MJ/kg
<i>Τύρφη</i>					
Ιρλανδία	Derrygreengh	23.86	1.5	55	7.7-7.9
Ελλάς	Φίλιπποι	23.0	20-22	40-45	7.3-7.9
<i>Μαλακοί Φαιάνθρακες</i>					
Γερμανία	Rheinland	26.38	5-20	50-62	6.3-7.5
Γερμανία	Helmstedt	29.75	12-22	42-46	9.2-10
Γερμανία	Halle	29.81	5-7	52-56	8.8-9.6
Ελλάς	Πτολεμαίδα	25.25	6-22	52-60	3.6-6.7
Ελλάς	Μεγαλόπολη	24.45	13-17	60-64	2.8-4
Αυστραλία	Yallourn	25.54	1-2	63-72	5-7.5
Πολωνία	Patnow	28.56	6-15	52-58	8-8.8
<i>Γαιώδεις Φαιάνθρακες</i>					
Αυστρία	Fohnsdorf	30.35	8-16	8-14	20-23
Ουγγαρία	Tatabanya	31.4	6-12	12-14	23-24
Τουρκία	Tuncbilek	32.19	14-22	14-24	15-18
<i>Πισσούχοι Γαιάνθρακες</i>					
Γερμανία	Ruhr, Aachen	33.9	6-9	7-10	27-29
Μ. Βρετανία	Scotland	33.9	4.6	13.8	26.3
Πολωνία	O. Schlesien	32.4	8-13	4-10	26-27
Γερμανία	Ruhr	36.2	6-9	7-10	28-29
Μ. Βρετανία	Durham	36.4	6.9	2.6	31.8
Γαλλία	N. P. delalais	36.4	6	3	32.3
Ολλανδία	Maastricht	36.2	18.5	7	27.8
<i>Ανθρακίτες</i>					
Γερμανία	Ruhr	35.9	4-7	3-5	31-32
Ρωσία	Donez	34.1	5	5.7	30

Πηγή [238] / (\*) Μικτή Θερμογόνος Δύναμη / (\*\*) "Καθαρή" Θερμογόνος Δύναμη

Τα στερεά καύσιμα και συγκεκριμένα ο λιγνίτης αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων στην Ελλάδα πρωτογενών καυσίμων. Οι εισαγωγές, αντιθέτως, στερεών καυσίμων δεν είναι τόσο σημαντικές και περιορίζονται κυρίως σε σκληρό άνθρακα (hard coal). Σε ότι αφορά στη συνολική φαινόμενη κατανάλωση (gross consumption) πρωτογενών πηγών ενέργειας, η συμμετοχή των στερεών ανθρακούχων καυσίμων κυμαίνεται γύρω στο 30 % (πίνακας Β.3.4) [214], [215].

**Πίνακας Β.3.4 : Η συμμετοχή των στερεών καυσίμων στο ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο**

<i>Mtoe</i>	<i>1988</i>	<i>1989</i>	<i>1990</i>	<i>1991</i>
<b>Συνολική Πρωτογενής Παραγωγή</b>	7,80	8,35	8,20	8,10
Στερεά Καύσιμα	6,29	7,12	7,08	6,86
<i>από τα οποία λιγνίτης</i>	<i>6,29</i>	<i>7,12</i>	<i>7,08</i>	<i>6,86</i>
<b>Συνολικές Εισαγωγές</b>	13,68	14,25	15,38	15,62
Στερεά Καύσιμα	0,86	0,77	0,99	0,93
<i>από τα οποία σκληρός άνθρακας</i>	<i>0,83</i>	<i>0,75</i>	<i>0,97</i>	<i>0,91</i>
<b>Συνολική Φαινόμενη Κατανάλωση</b>	19,39	21,26	21,30	21,46
Στερεά Καύσιμα	7,41	7,97	8,09	7,72

Πηγή [214], [215]

Το μεγαλύτερο μέρος των στερεών καυσίμων που καταναλώνονται στην Ελλάδα χρησιμοποιείται στους θερμικούς σταθμούς για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το υπόλοιπο χρησιμοποιείται κυρίως στη βιομηχανία και σε οικιακές και λοιπές χρήσεις ενώ καθόλου δεν χρησιμοποιείται στις μεταφορές (πίνακας Β.3.5) [214], [215]

**Πίνακας Β.3.5 : Η συμμετοχή των στερεών καυσίμων στην τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα**

<i>Mtoe</i>	<i>1988</i>	<i>1989</i>	<i>1990</i>	<i>1991</i>
<b>Βιομηχανία</b>	3,81	3,99	3,75	3,49
Στερεά Καύσιμα	1,14	1,1	1,02	1,05
<b>Μεταφορές</b>	5,17	5,38	5,82	5,98
Στερεά Καύσιμα	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Οικιακές και λοιπές χρήσεις</b>	3,70	3,98	4,00	4,30
Στερεά Καύσιμα	0,05	0,04	0,03	0,03
<b>Σύνολο</b>	12,69	13,55	13,56	13,77

Πηγή [214], [215]

Η περαιτέρω χρήση σε μεγάλη κλίμακα του άνθρακα και του λιγνίτη είναι πλέον αποδεκτή μόνο εάν έχει προβλεφθεί ικανοποιητική λύση για τα συνεπαγόμενα περιβαλλοντικά προβλήματα με πρώτο τον έλεγχο των

εκπομπών σωματιδίων, διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) και οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>). Σήμερα αυτή η προϋπόθεση αρχίζει να λαμβάνεται όλο και περισσότερο υπόψη, οπότε η συζήτηση εστιάζεται στο άλλο μεγάλο περιβαλλοντικό πρόβλημα, τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Το πρόβλημα αυτό είναι θεμελιώδες για την περαιτέρω χρήση του άνθρακα και του λιγνίτη καθώς τα καύσιμα αυτά περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες άνθρακα από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο ανά ισοδύναμη περιεχόμενη ενέργεια [216]. Στους επόμενους πίνακες Β.3.6, Β.3.7 και Β.3.8, δίνονται οι εκπομπές CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, και NO<sub>x</sub> ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας από διάφορα στερεά καύσιμα [239], [240] και [259].

**Πίνακας Β.3.6 : Εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά την παραγωγή ενέργειας από στερεά καύσιμα**

Καύσιμο	kg CO <sub>2</sub> /MJ	kg CO <sub>2</sub> /kWh
Άνθρακας	80	3,03
Φαιάνθρακας	98	4,05

Πηγή [239]

**Πίνακας Β.3.7 : Εκπομπές SO<sub>2</sub> κατά την παραγωγή ενέργειας από άνθρακα διαφόρων ποιοτήτων**

Περιεχόμενο Θείο Άνθρακα (%)	Διάταξη Τύπου FGD (*)	Εκπομπές SO <sub>2</sub> (mg/MJ)
1	OXI	720
1	NAI	72
3	OXI	2200
3	NAI	220

Πηγή [240] / (\*) Σύστημα απομάκρυνσης του θείου από τα καυσαέρια

**Πίνακας Β.3.8 : Εκπομπές NO<sub>x</sub> κατά την παραγωγή ενέργειας από άνθρακα σε διάφορες δραστηριότητες**

Δραστηριότητα	Εκπομπές NO <sub>x</sub> (mg/MJ)
Οικιακή Χρήση	135
Βιομηχανική Χρήση	245
Θερμικοί Σταθμοί Παραγωγής Η/Ε	245

Πηγή [240], [259]

Η ζήτηση στερεών καυσίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση αναμένεται να παραμείνει περίπου σταθερή τα επόμενα χρόνια και κυρίως μέχρι το 2005 (συνολική αύξηση έως 6 % το πολύ) εξαιτίας των εξής δύο γεγονότων [216]:

- την ταχεία διεύρυνση του φυσικού αερίου στους θερμικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και
- τα περιβαλλοντικά προβλήματα.

Στην Ελλάδα, ωστόσο, η αύξηση αυτή αναμένεται να είναι πιο σημαντική (περίπου 3.2 % το χρόνο) αφού η ζήτηση από 8.2 Mtoe που ήταν το 1995 αναμένεται ότι θα φτάσει στα 13.1 Mtoe το 2005 [216].

### ➤ **Πετρέλαιο**

Το καύσιμο πετρέλαιο και τα παράγωγα του λαμβάνονται από το φυσικό, ακατέργαστο πετρέλαιο (crude oil), γνωστό και ως αργό πετρέλαιο, το οποίο είναι ένα σύνθετο μίγμα υδρογονανθράκων. Το αργό πετρέλαιο δεν χρησιμοποιείται όπως αντλείται από το υπέδαφος. Συνήθως, διαχωρίζεται σε διάφορα κλάσματα κάθε ένα από τα οποία βράζει σε συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών. Παρ' όλο που αυτή η διεργασία διαχωρίζει κλάσματα με συγκεκριμένα, κοινά σημεία βρασμού, το κάθε κλάσμα είναι ένα σύνθετο μίγμα πολλών υδρογονανθράκων. Τα εμπορεύσιμα παράγωγα του πετρελαίου είναι συνήθως μίγματα διαφόρων κλασμάτων τα οποία λαμβάνονται από διάφορες πηγές και στα οποία έχουν προστεθεί διάφορα χημικά πρόσθετα όπως για παράδειγμα ενώσεις του μολύβδου ή άλλα αντικροτικά κλπ προκειμένου να επιτευχθούν συγκεκριμένες ιδιότητες [142].

Ο υπολογισμός της ενέργειας παραγωγής των διαφόρων προϊόντων του πετρελαίου είναι ιδιαίτερα σύνθετος. Λίγες είναι οι χώρες οι οποίες στηρίζονται μόνο στα δικά τους κοιτάσματα αργού πετρελαίου ενώ οι περισσότερες αναγκάζονται να το εισάγουν. Οι εισαγωγές αυτές σπάνια προέρχονται μόνο από μία πηγή και αυτό για λόγους τόσο οικονομικούς όσο και πολιτικούς. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια, όχι μόνο να μην είναι σταθερή και γνωστή η σύσταση του αργού πετρελαίου που εισάγεται αφού αυτή μεταβάλεται ανάλογα με το από ποια πηγή προέρχεται κάθε φορά, αλλά ούτε και το ποσοστό με το οποίο συμμετέχει η κάθε πηγή στις εισαγωγές τις χώρες καθώς το ποσοστό αυτό αποτελεί συνήθως εμπορικό μυστικό. Η εκτίμηση, συνεπώς, της μέσης ενέργειας που απαιτείται για την προετοιμασία και παράδοση των προϊόντων του αργού πετρελαίου στη κατανάλωση είναι εξαιρετικά δύσκολη. Έτσι, οι υπολογισμοί των βαθμών απόδοσης των διαφόρων σταδίων της παραγωγής των προϊόντων πετρελαίου βασίζονται, συνήθως, σε διάφορες παραδοχές και υποθέσεις σχετικά με τις πηγές αργού πετρελαίου καθώς και στα διαθέσιμα εθνικά στατιστικά στοιχεία. Στον πίνακα Β.3.9

παρουσιάζεται ο υπολογισμός για τη Βρετανία της ενέργειας κατεργασίας και διάθεσης αργού πετρελαίου που προέρχεται από την Μέση Ανατολή. Με βάση τις τιμές αυτές, στον επόμενο πίνακα Β.3.10 δίνεται η εκτίμηση του βαθμού απόδοσης παραγωγής διαφόρων προϊόντων του πετρελαίου [142].

**Πίνακας Β.3.9 : Απαιτούμενη ενέργεια κατεργασίας και διάθεσης αργού πετρελαίου**

Διεργασία	Απαιτούμενη Ενέργεια (MJ/kg)
Άντληση από την Πετρελαιοπηγή	αμελητέα
Μεταφορά από τον Περσικό Κόλπο στη Δυτική Ευρώπη	3,28
Κατεργασία στο Διυλιστήριο	4,96
Διάθεση	0,23
<b>Συνολική Ενέργεια (εξαιρουμένης της Ενέργειας Κεφαλαίου) (*)</b>	<b>8,47</b>
Ενέργεια Κεφαλαίου (5 % της ενέργειας παραγωγής)	0,42
<b>Συνολική Ενέργεια Παραγωγής</b>	<b>8,89</b>

Πηγή [142] / (\*) Δεν συμπεριλαμβάνεται η απαιτούμενη ενέργεια για την κατασκευή κάθε είδους πάγιου εξοπλισμού (κτίρια, μηχανές, οχήματα, εγκαταστάσεις κλπ) που χρησιμοποιούνται κατά την κατεργασία και διάθεση του αργού πετρελαίου.

**Πίνακας Β.3.10 : Εκτίμηση βαθμού απόδοσης παραγωγής προϊόντων πετρελαίου**

Παράγωγο Πετρελαίου	Ενεργειακό Περιεχόμενο (MJ/kg)	Ενέργεια Παραγωγής (MJ/kg)	Συνολική Ενέργεια Καυσίμου (MJ/kg)	Ενεργειακή Απόδοση Παραγωγής (%)
Βαρύ Κλάσμα	42,60	8,89	51,49	82,7
Μέσο Κλάσμα	42,85	8,89	51,74	82,8
Ελαφρό Κλάσμα	43,20	8,89	52,09	82,9
Αερίελλαιο	45,21	8,89	54,10	83,6
Κηροζίνη	46,53	8,89	55,42	84,0
Ντήζελ	44,84	8,89	53,73	83,5
LPG (προπάνιο)	50,00	8,89	58,89	84,9
LPG (βουτάνιο)	49,30	8,89	58,19	84,7

Πηγή [142]

Όπως φαίνεται από τον πίνακα Β.3.9 το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας παραγωγής καταναλώνεται κατά την κατεργασία του αργού πετρελαίου στο διυλιστήριο. Στην Ελλάδα υπάρχουν τέσσερα διυλιστήρια, τα κρατικά ΕΛΔΑ στον Ασπρόπυργο και ΕΚΟ στην Θεσσαλονίκη και τα ιδιωτικά PETROLA στην Ελευσίνα και MOTOR OIL στην Κόρινθο. Η συνολική

παραγωγή των μονάδων αυτών περιλαμβάνει βενζίνη διαφόρων τύπων όπως κοινή (regular), ενισχυμένη (premium - super), αμόλυβδη κλπ, πετρέλαιο (μαζούτ, ντήζελ, φωτιστικό κλπ), βενζίνη αεριοθετημένων, διαφορά αέρια καύσιμα, νάφθα ακάθαρτη, υγραέρια (προπάνιο, μίγμα προπανίου - βουτανίου), καθώς και άλλα υποπροϊόντα (κηρώδεις ύλες, θείο διυλιστηρίων κλπ) [251].

Το σημαντικότερο από τα ελληνικά διυλιστήρια είναι τα ΕΛΔΑ το οποίο καλύπτει τις μισές, περίπου, ανάγκες της χώρας σε καύσιμα. Αποτελείται από δύο μονάδες απόσταξης αργού πετρελαίου συνολικής δυναμικότητας 130 χιλιάδων βαρελιών ημερησίως ενώ οι ενεργειακές του ανάγκες ανέρχονται σε 7 % κατά βάρος, περίπου, του αργού πετρελαίου που κατεργάζεται. Οι ενεργειακές αυτές ανάγκες καλύπτονται από τις ακόλουθες πηγές [244] :

- Ηλεκτρική ενέργεια από το εθνικό δίκτυο : 0.3 %
- Αέριο καύσιμο (fuel gas) : 49.5 %
- Προπάνιο : 5.7 %
- Πετρέλαιο καύσιμο (fuel oil) : 31.2 %
- Κωκ προερχόμενο από την μονάδα FCC του διυλιστηρίου : 13.3 %

Αν συγκρίνουμε τα παραπάνω με τα συνολικά στοιχεία που δίνει το Υπουργείο Βιομηχανίας Ενέργειας και Τεχνολογίας (ΥΒΕΤ) και για τα τέσσερα ελληνικά διυλιστήρια (πίνακες Β.3.11 και Β.3.12) διαπιστώνουμε ότι συγκλίνουν σε εξαιρετικό βαθμό με αποτέλεσμα να μπορεί κανείς (με μικρό περιθώριο σφάλματος και παρά το γεγονός ότι τα διυλιστήρια εν γένει διαφέρουν μεταξύ τους) να κάνει την παραδοχή ότι ισχύουν γενικότερα και για την ελληνική πετρελαϊκή βιομηχανία και παραγωγή.

**Πίνακας Β.3.11 : Συνολικές εισροές και εκροές των ελληνικών διυλιστηρίων (1993)**

Εισροές (ΜΤ x 1000)			Εκροές (ΜΤ x 1000)	
Αργό Πετρέλαιο	Αποθέματα	Χημικά Πρόσθετα	Απώλειες	Παραγωγή Διυλιστηρίων
11124,2	2962,1	23,8	76,6	14033,5

Πηγή (ΥΒΕΤ)

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η απαιτούμενη ενέργεια των ελληνικών διυλιστηρίων είναι ίση με το 7 % της ποσότητας του αργού πετρελαίου (crude oil) που κατεργάζεται και δεδομένου ότι η θερμογόνο δύναμη του αργού πετρελαίου αναφέρεται στη βιβλιογραφία από 41,87 MJ/kg έως 46,57 MJ/kg [246], [258] αναλόγως της προέλευσης του, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η απαιτούμενη ενέργεια των ελληνικών διυλιστηρίων



κυμαίνεται μεταξύ 2,93 MJ/kg και 3,26 MJ/kg. Έτσι, με βάση τον πίνακα Β.3.9, καταλήγουμε στο ότι η συνολική απαιτούμενη ενέργεια παραγωγής και διάθεσης προϊόντων πετρελαίου τα οποία προέρχονται από ελληνικά διυλιστήρια είναι μεταξύ 6,86 MJ/kg και 7,19 MJ/kg.

**Πίνακας Β.3.12 : Συνολική κατανάλωση ενέργειας των ελληνικών διυλιστηρίων (1993)**

Καύσιμο	Κατανάλωση (ΜΤ x 1000)	(%)
LPG	29,3	3,75
Αέριο Διυλιστηρίων	392,7	50,33
Πετρέλαιο Καύσιμο	211,6	27,12
Κωκ Διυλιστηρίων	146,7	18,80
ΣΥΝΟΛΟ (ποσοστό του αργού πετρελαίου)	780,3 (7,01 %)	100,00

Πηγή {ΥΒΕΤ}

Το αργό πετρέλαιο που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα για την παραγωγή των διαφόρων προϊόντων του προέρχεται σε μεγάλο βαθμό από εισαγωγές καθώς η παραγωγή που υπάρχει σήμερα από τα κοιτάσματα του Πρίνου δεν επαρκεί. Μάλιστα η παραγωγή αυτή έχει μία φθίνουσα πορεία και αναμένεται να μηδενιστεί μέχρι το 2005 (πίνακας Β.3.13) [216].

**Πίνακας Β.3.13 : Ελληνικό πετρελαϊκό ισοζύγιο**

Μtοε	1990	1995	2000	2005
<b>Συνολική Ελληνική Παραγωγή</b>	0,83	0,94	0,31	0,00
<b>Καθαρές Εισαγωγές</b>	14,22	16,71	17,56	19,14
<b>Συνολική Παραγωγή Διυλιστηρίων</b>	16,51	17,86	18,52	19,83
Βενζίνη (%)	21,5	21,6	23,3	23,9
Ντίζελ (%)	22,4	22,6	21,7	21,4
Μαζούτ (%)	32,4	32,0	31,5	31,4
Λοιπά (%)	23,7	23,8	23,5	23,3
<b>Συνολική Κατανάλωση</b>	15,51	17,49	17,74	18,95
Βενζίνη (%)	16,5	17,0	18,9	19,7
Ντίζελ (%)	34,1	35,3	38,3	39,0
Μαζούτ (%)	31,8	30,6	25,2	24,2
Λοιπά (%)	17,6	17,2	17,7	17,1

Πηγή [216]

Η Ελλάδα παρουσιάζεται έντονα εξαρτημένη ενεργειακά από το πετρέλαιο καθώς η συμμετοχή του καυσίμου αυτού στο ελληνικό πρωτογενές ενεργειακό ισοζύγιο το 1993 ήταν 65 %, ενώ η αντίστοιχη συμμετοχή για την Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν 48 % και για το σύνολο του κόσμου μόλις 42 %. Συνέπεια αυτού του γεγονότος είναι ότι το 30-35 % των συνολικών εισροών από εξαγωγές ελληνικών προϊόντων, ή το 3-5 % του ΑΕΠ δαπανάται για τις εισαγωγές πετρελαίου [257]. Το μεγαλύτερο μέρος των καταναλισκόμενων προϊόντων πετρελαίου στην Ελλάδα χρησιμοποιείται στις μεταφορές. Το υπόλοιπο χρησιμοποιείται στη βιομηχανία και σε οικιακές και λοιπές χρήσεις (πίνακας Β.3.14) [214], [215]. Πετρέλαιο χρησιμοποιείται και στην ηλεκτροπαραγωγή συμπληρωματικά του λιγνίτη. Έτσι, το 22 % του καυσίμου που καταναλώθηκε από τους θερμικούς σταθμούς της χώρας το 1992 ήταν πετρέλαιο και το υπόλοιπο λιγνίτη [257].

**Πίνακας Β.3.14 : Συμμετοχή του πετρελαίου στην τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα**

<i>Mtoe</i>	<i>1988</i>	<i>1989</i>	<i>1990</i>	<i>1991</i>
<b>Βιομηχανία</b>	3,81	3,99	3,75	3,49
Πετρέλαιο	1,66	1,82	1,68	1,42
<b>Μεταφορές</b>	5,17	5,38	5,82	5,98
Πετρέλαιο	5,17	5,37	5,81	5,97
<b>Οικιακές και λοιπές χρήσεις</b>	3,70	3,98	4,00	4,30
Πετρέλαιο	2,35	2,58	2,56	2,77
<b>Σύνολο</b>	12,69	13,55	13,56	13,77

Πηγή [214], [215]

Σε ότι αφορά στην ελληνική βιομηχανία, οι κλάδοι με τη μεγαλύτερη ετήσια κατανάλωση μαζούτ είναι κατά σειρά οι εξής (στην παρένθεση σημειώνεται ο αριθμός των μονάδων οι οποίες καλύπτουν το μισό περίπου της κατανάλωσης) [231] :

- Βασικές Μεταλλουργικές Βιομηχανίες : 291000 τόννοι (1)
- Βιομηχανίες Ειδών Διατροφής και Ποτών : 244000 τόννοι (16)
- Βιομηχανίες Παραγωγών Πετρελαίου και Άνθρακα : 168000 τόννοι (2)
- Υφαντικές Βιομηχανίες : 122000 τόννοι (14)
- Βιομηχανίες Προϊόντων από μη Μεταλλικά Ορυκτά : 108000 τον. (3)
- Χημικές Βιομηχανίες : 88000 τόννοι (4)
- Χαρτοβιομηχανίες : 70000 τόννοι (4)

Η χρησιμοποίηση του πετρελαίου ως πηγή ενέργειας συνεπάγεται τα γνωστά προβλήματα εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου που συνοδεύουν την καύση όλων των ανθρακούχων καυσίμων, σε μικρότερο όμως βαθμό από ότι συμβαίνει στα στερεά καύσιμα. Στους επόμενους πίνακες Β.3.15, Β.3.16 και Β.3.17 δίνονται οι εκπομπές CO<sub>2</sub>, αλδεύδων (HCHO), υδρογονανθράκων (HC), SO<sub>2</sub>, σωματιδίων, NO<sub>x</sub>, CO και VOC (οργανικές πτητικές ενώσεις) ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας από προϊόντα πετρελαίου [239], [240], [247] και [259].

**Πίνακας Β.3.15 : Εκπομπές CO<sub>2</sub>, HCHO και HC κατά την παραγωγή ενέργειας από ντήζελ**

Καύσιμο	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/MJ)	Εκπομπές HCHO (mg/MJ)	Εκπομπές HC (mg/MJ)
Ντήζελ	70	6,7	10,0

Πηγή [239], [259]

**Πίνακας Β.3.16 : Εκπομπές SO<sub>2</sub> κατά την παραγωγή ενέργειας από μαζούτ και ντήζελ διαφόρων ποιοτήτων**

Καύσιμο	Περιεχόμενο Θείου (%)	Διάταξη τύπου FGD (*)	Εκπομπές SO <sub>2</sub> (mg/MJ)
Μαζούτ Χαμηλού Θείου	1	ΟΧΙ	480-490
Μαζούτ Χαμηλού Θείου	1	ΝΑΙ	48
Μαζούτ Υψηλού Θείου	3	ΟΧΙ	1400-1700
Μαζούτ Υψηλού Θείου	3	ΝΑΙ	140
Ντήζελ	0,3	-	140
Ντήζελ	0,8	-	418

Πηγή [240], [247], [259] / (\*) Σύστημα απομάκρυνσης του θείου από τα καυσαέρια

Σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα δημιουργούνται και κατά την άντληση του αργού πετρελαίου από τις πετρελαιοπηγές [226]. Τυπικό παράδειγμα χώρας με τέτοια προβλήματα είναι η Νορβηγία η οποία είναι μία από τις μεγαλύτερες πετρελαιοπαραγωγούς χώρες της Ευρώπης (118 Mtoe παραγωγή φυσικού πετρελαίου το 1991) [211], [218]. Συγκεκριμένα, από αυτού του είδους τις δραστηριότητες αποδεσμεύονται οξείδια του αζώτου (το 14 % των συνολικών εκπομπών NO<sub>x</sub> στη Νορβηγία), διοξείδιο του άνθρακα (το 22 % του συνολικού CO<sub>2</sub>), οργανικές πτητικές ενώσεις (το 41 % των συνολικών εκπομπών VOC), μονοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο (το

4 % του συνολικού CH<sub>4</sub>) καθώς και διοξίνες οι οποίες σχηματίζονται κατά τις καύσεις ελέγχου και δοκιμών των πετρελαιοπηγών. Επίσης πολύ μεγάλο πρόβλημα δημιουργείται από τις διάφορες διαρροές των αγωγών οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την αποδέσμευση μεγάλων ποσοτήτων αργού πετρελαίου στο περιβάλλον και άρα σημαντικές ζημιές στη χλωρίδα και την πανίδα [212], [213] ενώ και κατά τη φάση της διύλισης δημιουργούνται περιβαλλοντικά προβλήματα κυρίως λόγω της αποδέσμευσης SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, σωματιδίων, υδρογονανθράκων κλπ στην ατμόσφαιρα [539].

### Πίνακας Β.3.17 : Εκπομπές σωματιδίων, NO<sub>x</sub>, CO και VOC κατά την παραγωγή ενέργειας από μαζούτ και ντήζελ διαφόρων ποιοτήτων

Καύσιμο	Εκπομπές Σωματιδίων (mg/MJ)	Εκπομπές NO <sub>x</sub> (mg/MJ)	Εκπομπές CO (mg/MJ)	Εκπομπές VOC (mg/MJ)
Μαζούτ Χαμηλού Θείου	122	302	15,6	4,1
Μαζούτ Υψηλού Θείου	42	302	16,6	4,1
Ντήζελ	8,2 - 39,9	60,9 - 238,9	6,7 - 16,6	8,2

Πηγή [240], [247], [259]

Στα επόμενα χρόνια, η ζήτηση πετρελαίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση, αν και αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται σε απόλυτες τιμές, φαίνεται πως θα υποχωρήσει, έστω και οριακά, σε σχετικές. Είναι σχεδόν βέβαιο πως μέχρι το 2005 τα ελαφρά παράγωγα του πετρελαίου θα αυξήσουν το μερίδιό τους ανά βαρέλι από 21 % σε περίπου 25 % σε βάρος των βαρύτερων προϊόντων τα οποία θα υποχωρήσουν. Η ζήτηση πετρελαίου στην Ελλάδα αναμένεται να αυξηθεί από 15.5 Mtoe το 1990 σε 19.0 Mtoe το 2005 δηλαδή με μία μέση αύξηση 1.3 % κιά έτος [216].

### ➤ Φυσικό Αέριο

Με τον όρο φυσικό αέριο (natural gas) περιγράφονται όλα τα φυσικής προέλευσης αέρια μίγματα υδρογονανθράκων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα. Κοιτάσματα τέτοιων αερίων υπάρχουν διασκορπισμένα σε ολόκληρο τον κόσμο και συνήθως αποτελούνται από μεθάνιο μαζί με μικρότερες αέριες ποσότητες άλλων υδρογονανθράκων υψηλότερου μοριακού βάρους. Το φυσικό αέριο ορισμένων πηγών είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμο ως καύσιμο, όμως τις περισσότερες φορές προηγείται επεξεργασία του για δύο κυρίως λόγους : Πρώτον, για την ομογενοποίηση της θερμογόνου του δύναμης (είτε μέσω εμπλουτισμού του, είτε μέσω αραίωσης του με άλλα αέρια) και αυτό διότι η μεγάλη ποικιλία πηγών φυσικού αερίου συνοδεύεται από μεταβολές στα χαρακτηριστικά του γεγονός που συνεπάγεται προφανείς δυσκολίες στην

χρήση του. Δεύτερον, για την απομάκρυνση διαφόρων θειούχων, κυρίως, προσμίξεων (όπως για παράδειγμα του υδρόθειου) οι οποίες συντελούν τόσο στη διάβρωση του εξοπλισμού της καύσης, όσο και στη μόλυνση του περιβάλλοντος [142].

Αξιόπιστα στοιχεία σχετικά με τις διεργασίες παραγωγής και διανομής του φυσικού αερίου σπανίζουν και τούτο διότι σε πολλές χώρες το φυσικό αέριο διανέμεται μαζί με το βιομηχανικό ή συνθετικό αέριο. Γενικά, η απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή και διανομή του φυσικού αερίου εκτιμάται ότι είναι μικρότερη από την αντίστοιχη του συνθετικού αερίου καθώς το τελευταίο απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες για την επεξεργασία του άνθρακα. Έτσι, στοιχεία τα οποία προκύπτουν και από τα δύο αυτά είδη αερίων τείνουν να δώσουν μέσους βαθμούς απόδοσης οι οποίοι είναι μικρότεροι από τους πραγματικούς δηλαδή εκείνους που προκύπτουν από στοιχεία τα οποία αναφέρονται μόνο στο φυσικό αέριο. Στη βιβλιογραφία, πάντως, αναφέρονται διάφοροι βαθμοί απόδοσης για την παραγωγή του φυσικού αερίου ο μέσος όρος των οποίων εκτιμάται σε 87.5 % [142].

Σχετικές μετρήσεις στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής αναφέρουν για το φυσικό αέριο τις εξής τιμές [246] :

- ο Περιεχόμενη Ενέργεια Φυσικού Αερίου : 54,14 MJ/kg
- ο Ενέργεια Άντλησης Φυσικού Αερίου : 0,93 MJ/kg
- ο Ενέργεια Μεταφοράς Φυσικού Αερίου στη Μονάδα Επεξεργασίας : 0,30 MJ/kg
- ο Ενέργεια Επεξεργασίας Φυσικού Αερίου : 1,95 MJ/kg.

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει βαθμός απόδοσης παραγωγής του φυσικού αερίου 94,5 % [246].

Η βιομηχανία του φυσικού αερίου αναπτύχθηκε ταχύτατα μετά την πρώτη ενεργειακή κρίση του 1973. Στις μέρες μας η παγκόσμια κατανάλωση ανέρχεται σε δύο τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (περίπου 1,8 δισεκατομμύρια toe) το 29,2 % της οποίας καταναλώνεται στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, το 17,6 % στην Ευρώπη και το 30,1 % στις χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης. Η συμμετοχή του φυσικού αερίου στο συνολικό ισοζύγιο πρωτογενούς ενέργειας είναι [260] :

- ♦ Παγκόσμια : 22,9 %
- ♦ Ευρωπαϊκή Ένωση : 19,0 %
- ♦ Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής : 26,1 %

- ♦ Πρώην Σοβιετική Ένωση : 46,2 %

Η αύξηση της κατανάλωσης του φυσικού αερίου τα τελευταία χρόνια οφείλεται στο γεγονός ότι αναγνωρίστηκε από ένα μεγάλο αριθμό καταναλωτών από τον οικιακό και εμπορικό τομέα ως ένα καύσιμο αποδοτικό, πρακτικό και "καθαρό". Για παράδειγμα, η χρήση του φυσικού αερίου στις κεντρικές θερμάνσεις των κατοικιών συνεπάγεται, εκτός από τις μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αύξηση κατά 25 % της απόδοσης. Αλλά και στο βιομηχανικό τομέα το φυσικό αέριο παρουσιάζει μια δυναμική η οποία ωστόσο εξαρτάται και μεταβάλλεται από τα επίπεδα τιμών των διαφόρων εναλλακτικών και ανταγωνιστικών μεταξύ τους καυσίμων (κυρίως μαζούτ, άνθρακας, φυσικό αέριο) καθώς οι περισσότερες βιομηχανίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν περισσότερα του ενός καύσιμα [216].

Η κατανομή χρήσεων του φυσικού αερίου στις αναπτυγμένες χώρες είναι [260] :

- ⊙ Ηλεκτροπαραγωγή : 15 % (Ιαπωνία : 67 %)
- ⊙ Βιομηχανία : 30 – 35 %
- ⊙ Οικιακός Τομέας : 40 – 45 %

Στη Ελλάδα, το φυσικό αέριο δεν έχει αρχίσει ακόμα να χρησιμοποιείται ευρέως (1996) και αυτό διότι δεν έχουν ολοκληρωθεί οι εργασίες για την εισαγωγή του από την Ρωσία και την Αλγερία ενώ η εγχώρια παραγωγή του (κοιτάσματα Πρίνου) είναι περιορισμένη (πίνακας Β.3.18). Οι τομείς στους οποίους καταναλώνεται μέχρι και σήμερα το φυσικό αέριο είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καθώς ο οικιακός και βιομηχανικός τομέας [214], [215].

**Πίνακας Β.3.18 : Η συμμετοχή του φυσικού αερίου στο ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο**

<i>Mtoe</i>	<i>1988</i>	<i>1989</i>	<i>1990</i>	<i>1991</i>
<b>Συνολ. Πρωτογενής Παραγωγή</b>	7,80	8,35	8,20	8,10
Φυσικό Αέριο	0,13	0,14	0,14	0,14
<b>Συνολικές Εισαγωγές</b>	13,68	14,25	15,38	15,62
Φυσικό Αέριο	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Συνολική Φαινόμενη Κατανάλωση</b>	19,39	21,26	21,30	21,46
Φυσικό Αέριο	0,13	0,14	0,14	0,14

Πηγή [214], [215]

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά (πυκνότητα, μέση ανώτερη θερμογόνο δύναμη και μέση κατώτερη θερμογόνο δύναμη) του ρωσικού και του αλγερινού φυσικού αερίου είναι τα ακόλουθα [238], [261] :

**Πίνακας Β.3.19 : Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του ρωσικού και αλγερινού φυσικού αερίου**

Χώρα Προέλευσης	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Μέση Μικτή Θερμογόνος Δύναμη (kcal/Nm <sup>3</sup> )	Μέση "Καθαρή" Θερμογόνος Δύναμη (kcal/Nm <sup>3</sup> )
Ρωσία	0,685	9524	8686
Αλγερία	0,74 – 0,82	9982	9016

Πηγή [238], [261]

Η χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου ως πηγή ενέργειας έχει ως επακόλουθο εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου και άλλων ρύπων όπως άλλωστε συμβαίνει στην καύση όλων των ανθρακούχων καυσίμων. Ωστόσο, οι εκπομπές αυτές κυμαίνονται σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις αντίστοιχες των στερεών καυσίμων και του πετρελαίου [540]. Στον επόμενο πίνακα Β.3.20 δίνονται οι εκπομπές SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, σωματιδίων, CO, CO<sub>2</sub> και VOC (οργανικές πτητικές ενώσεις) ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας από την καύση φυσικού αερίου [239], [240] και [247].

**Πίνακας Β.3.20 : Εκπομπές SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, σωματιδίων, CO, CO<sub>2</sub> και VOC κατά την παραγωγή ενέργειας από φυσικό αέριο**

Είδος Αέριας Εκπομπής	Εκπομπή (mg/MJ)
Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	0,29 – 0,73
Οξείδια του Αζώτου (NO <sub>x</sub> )	Οικιακή Χρήση : 40 Βιομηχανική Χρήση : 65 (40-125) Παραγωγή Η/Ε : 115
Σωματίδια	1,4
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	6,2
Διοξείδιο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	42,1 x 10 <sup>6</sup>
Οργανικές Πτητικές Ενώσεις (VOC)	2,7

Πηγή [239], [240], [247]

Η ζήτηση του φυσικού αερίου τα επόμενα χρόνια αναμένεται να αυξηθεί. Η αύξηση αυτή για την Ευρωπαϊκή Ένωση εκτιμάται σε 60 % περίπου μέχρι το 2005 αφού από 207,5 Mtoe που ήταν η ζήτηση το 1990 θα φτάσει σε 337,8 Mtoe. Για την Ελλάδα η αύξηση αυτή αναμένεται πιο εντυπωσιακή λόγω των αναμενόμενων εισαγωγών από Ρωσία και Αλγερία. Έτσι, η ζήτηση του φυσικού αερίου στη χώρα μας θα παρουσιάσει μια αύξηση του 22 % ανά έτος και θα φτάσει το 2005 τα 2,7 Mtoe από 0,1 Mtoe που ήταν το 1990 [216].

### ➤ Λοιπές Πρωτογενείς Πηγές Ενέργειας

Εκτός από τα στερεά ανθρακούχα καύσιμα, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, στις πρωτογενείς πηγές ενέργειας συμπεριλαμβάνονται τα πυρηνικά καύσιμα και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στην Ελλάδα, δεν χρησιμοποιούνται σήμερα πυρηνικά καύσιμα για την παραγωγή ενέργειας και ούτε προβλέπεται να γίνει κάτι τέτοιο τα επόμενα χρόνια [216]. Σε ότι αφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η χώρα μας εμφανίζει υψηλό δυναμικό αφού διαπιστώνονται [257], [264] :

- ✧ Γεωθερμία υψηλής ενέργειας : 750 MW περίπου
- ✧ Μικρά υδροηλεκτρικά : 400 MW περίπου
- ✧ Αιολική ενέργεια : πολλές, νησιωτικές κυρίως, περιοχές με μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου από 8,1 έως 10 m/s
- ✧ Ηλιοφάνεια : η μεγαλύτερη στην Ευρώπη (3000 hr/yr, 5-6 kWh/m<sup>2</sup> x ημέρα)

Έτσι, οι προοπτικές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα εκτιμώνται ως εξής [257] :

**Πίνακας Β.3.21 : Προοπτικές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα**

Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας	Εκμεταλλεύσιμο Δυναμικό (Mtoe)	Ποσοστό Συνολικής Πρωτογενούς Ενέργειας (2010)
Ηλιακή	0,6	2
Αιολική	1,5	5
Γεωθερμία	0,6	2
Μικρά Υδροηλεκτρικά	1,0	3
Βιομάζα	5,7	19
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>9,4</b>	<b>31</b>

Πηγή [257]



## ***B.4 ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ***

Με τον όρο *δευτερογενείς πηγές ενέργειας* περιγράφονται οι ενεργειακές εκείνες πηγές οι οποίες προέρχονται από κατάλληλο μετασχηματισμό και μετατροπή των πρωτογενών πηγών, δηλαδή του άνθρακα, του πετρελαίου, του φυσικού αερίου, των πυρηνικών καυσίμων κ.α. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο βαθμός απόδοσης της παραγωγής ενός δευτερογενούς καυσίμου να είναι πάντοτε μικρότερος από τον αντίστοιχο του πρωτογενούς καυσίμου από το οποίο προέρχεται. Η κυριότερη δευτερογενής πηγή ενέργειας είναι η ηλεκτρική ενώ άλλα δευτερογενή καύσιμα είναι το κωκ και το συνθετικό αέριο [100].

### ***➤ Κωκ***

Το κωκ (coke) είναι ένα δευτερογενές καύσιμο το οποίο παράγεται από την πυρόλυση του άνθρακα απουσία αέρα. Μια μικρή ποσότητα κωκ ειδικών τύπων παράγεται από το πετρέλαιο αλλά αυτό συνήθως συμβαίνει όταν αφενός η απαιτούμενη καθαρότητα είναι ιδιαίτερα υψηλή και αφετέρου οι ποσότητες αρκετά μικρές ώστε να μην επηρεάζεται ο συνολικός βαθμός απόδοσης της διεργασίας. Όταν ο άνθρακας και το πετρέλαιο θερμαίνονται απουσία αέρα, οι περισσότεροι πτητικές και αρωματικές ενώσεις απομακρύνονται επιτρέποντας τη δημιουργία ενός σχεδόν καθαρού ανθρακούχου υλικού με καλά χαρακτηριστικά καύσης. Το υλικό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως καύσιμο, του οποίου μάλιστα η καύση δεν δημιουργεί πολλά καπναέρια, είτε ως αναγωγικό μέσο σε μεταλλουργικές αντιδράσεις. Δεδομένου ότι το κωκ είναι δευτερογενές καύσιμο, η παραγωγή του χωρίζεται σε δύο στάδια : την παραγωγή του άνθρακα και την μετατροπή του άνθρακα σε κωκ. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης της παραγωγής του κωκ είναι το γινόμενο των βαθμών απόδοσης των δύο αυτών σταδίων [142].

Η ακριβής τιμή του βαθμού απόδοσης της διεργασίας παραγωγής του κωκ διαφέρει ανάλογα με το μέγεθος και το τύπο της μονάδας παραγωγής καθώς και την αξιοποίηση των παραπροϊόντων της διεργασίας. Έτσι σε μία τυπική μονάδα παραγωγής κωκ (διάγραμμα B.4.1), παράγονται ακόμα αέριο, μπρικότες και ανθρακούχος σκόνη (breeze) καθώς και άλλα παραπροϊόντα (διαφορα χημικά όπως βενζόλιο, πισσέλαια, αμμωνία, ναφθαλίνη, οργανικές θειούχες ενώσεις, υδροθείο, υδροκυάνιο κλπ). Μάλιστα, ένα μέρος του παραγόμενου αερίου χρησιμοποιείται για την θέρμανση των κλιβάνων όπου παράγεται το κωκ. Ο βαθμός απόδοσης μιας τέτοιας μονάδας υπολογίζεται ότι κυμαίνεται μεταξύ 84,5 και 86,5 % οπότε, λαμβάνοντας υπόψη και το βαθμό

απόδοσης για την παραγωγή του άνθρακα (95,4 %), ο ολικός βαθμός απόδοσης παραγωγής του κωκ είναι 80,6 % περίπου ( $0,945 \times 0,845$ ) [142], [262].



**Διάγραμμα Β.4.1 : Εισροές και εκροές σε μία τυπική μονάδα παραγωγής κωκ**

Στην Ελλάδα αναφέρεται παραγωγή τυποποιημένων καυσίμων από λιθάνθρακα και λιγνίτη. Συγκεκριμένα παράγεται κωκ μεταλλουργικό (όταν λειτουργεί κατακόρυφα η μονάδα της Χαλυβουργικής Α.Ε.) και κωκ πετρελαίου, λιγνιτόπλινθοι (μπρικέτες) και ειδικός ξηρός λιγνίτης. Για το μεν πρώτο η Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος δεν δίνει στοιχεία σχετικά με τους όγκους παραγωγής, για δε τα δύο άλλα η παραγωγή το 1990 ήταν 33851 τόννοι μπρικέτες και 91242 τόννοι ειδικού ξηρού λιγνίτη [251].

### ➤ Συνθετικό Αέριο

Το συνθετικό αέριο το οποίο συχνά αναφέρεται και ως αέριο πόλεως είναι ένα δευτερογενές καύσιμο το οποίο παράγεται σε αποστακτήρες κατά τη θέρμανση άνθρακα απουσία αέρα. Η διεργασία είναι ίδια με αυτή που εφαρμόζεται για την παραγωγή του κωκ με τη μόνη διαφορά ότι οι μονάδες οι οποίες σχεδιάζονται για την παραγωγή αερίου, και οι οποίες για το λόγο αυτό συχνά βρίσκονται σε αστικές ζώνες, είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες οι οποίες σχεδιάζονται για την παραγωγή κωκ και στις οποίες το αέριο είναι παραπροϊόν. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι ότι οι μικρότερες μονάδες παραγωγής συνθετικού αερίου έχουν χαμηλότερο βαθμό απόδοσης σε σχέση με τις μεγαλύτερες και συνήθως πιο σύγχρονες μονάδες παραγωγής κωκ. Στις μέρες μας το συνθετικό αέριο αντικαθίσταται όλο και πιο πολύ από το φυσικό αέριο

κυρίως στην οικιακή χρήση. Παλαιότερα, όμως, το συνθετικό αέριο ήταν ένα σημαντικό καύσιμο σε πολλές χώρες και κάτι τέτοιο δεν αποκλείεται να ξανασυμβεί στο μέλλον όταν το φυσικό αέριο θα αρχίσει να εξαντλείται [142].

Ο βαθμός απόδοσης παραγωγής του συνθετικού αερίου εκτιμάται ότι είναι ίδιος με εκείνον του κωκ. Έτσι, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, η παραγωγή του άνθρακα και η μετατροπή του σε συνθετικό αέριο πραγματοποιείται με βαθμό απόδοσης 80,6 %. Ωστόσο, η διανομή του αερίου προϊόντος είναι αντικείμενο πολλών απωλειών οι οποίες, σύμφωνα με υπολογισμούς, μπορούν φτάσουν μέχρι και 10,5 %. Συνεπώς, ο ολικός βαθμός απόδοσης για το σύνολο της δραστηριότητας παραγωγής - διανομής του συνθετικού αερίου είναι 70,1 % περίπου [142].

Στον επόμενο πίνακα Β.4.1 δίνεται η πυκνότητα και η θερμογόνος δύναμη διαφόρων συνθετικών αερίων [238] :

**Πίνακας Β.4.1 : Χαρακτηριστικά διαφόρων συνθετικών αερίων**

Είδος Συνθετικού Αερίου	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Μικτή Θερμογόνος Δύναμη (MJ/m <sup>3</sup> )	"Καθαρή" Θερμογόνος Δύναμη (MJ/m <sup>3</sup> )
Αέριο Ξηρής Απόσταξης Γαιανθράκων	0,49	18,6	16,9
Αέριο Υψικαμίνου	1,29	4,35	2,25
Φωταέριο	0,59	17,3	15,6

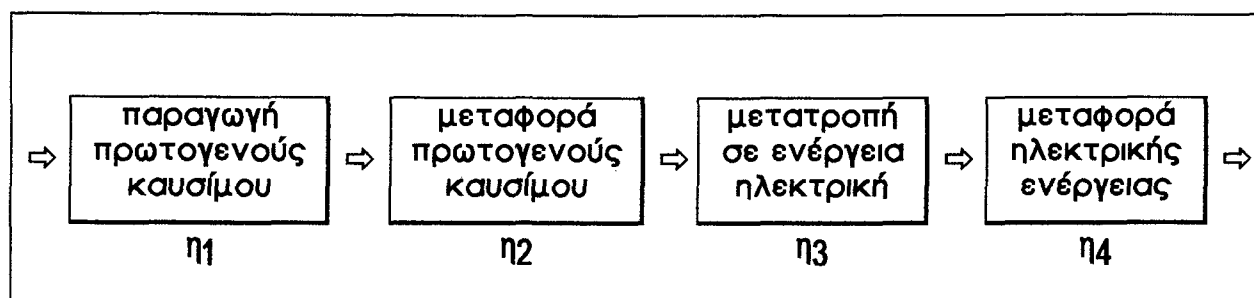
Πηγή [238]

### ➤ **Ηλεκτρική Ενέργεια**

Από όλα τα καύσιμα και τις πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σήμερα, η ηλεκτρική ενέργεια παρουσιάζει τον δυσκολότερο προσδιορισμό του βαθμού απόδοσης παραγωγής της. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι η ηλεκτρική ενέργεια έχει το μικρότερο μέσο βαθμό απόδοσης παραγωγής σε σχέση με τις υπόλοιπες μορφές ενέργειας, σημαίνει ότι κάθε αβεβαιότητα σχετική με το βαθμό αυτό μπορεί εύκολα να οδηγήσει σε σημαντικά σφάλματα. Ο κυριότερος λόγος για τον οποίο ο προσδιορισμός του βαθμού απόδοσης παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας είναι δύσκολος, είναι τόσο η μεγάλη ποικιλία διαφορετικών μεθόδων παραγωγής όσο και οι διαφορετικές τεχνικές της κάθε μεθόδου [142].

Γενικά, η αλυσίδα παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από τέσσερα στάδια όπως φαίνεται και στο επόμενο διάγραμμα Β.4.2 και συνεπώς ο συνολικός βαθμός απόδοσης ( $\eta$ ) είναι το γινόμενο των επιμέρους βαθμών απόδοσης κάθε σταδίου ( $\eta_1$  έως  $\eta_4$ ), δηλαδή ισχύει [142]:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4$$



**Διάγραμμα Β.4.2 : Η διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας**

Όπως φαίνεται και στο πίνακα Β.4.2 που ακολουθεί, το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται σε θερμικούς σταθμούς κατά την καύση ανθρακούχων στερεών, υγρών και αέριων καυσίμων. Στην περίπτωση αυτή και με βάση όσα αναφέρθηκαν σε προηγούμενες παραγράφους, το γινόμενο  $\eta_1 \cdot \eta_2$  παίρνει την τιμή 0,945 όταν το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι άνθρακας, 0,827 όταν είναι πετρέλαιο και 0,875 όταν είναι φυσικό αέριο [142].

**Πίνακας Β.4.2 : Παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος**

<i>TWh</i>	<i>1985</i>	<i>1990</i>	<i>1995</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>
Πυρηνικοί Σταθμοί	1482	1985	2109	2249	2365
Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	2032	2197	2591	3108	3766
Θερμικοί Σταθμοί	6312	7424	8175	9880	11826
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>9826</b>	<b>11606</b>	<b>12875</b>	<b>15236</b>	<b>17958</b>

Πηγή [216]

Ο βαθμός απόδοσης του σταδίου της μετατροπής του πρωτογενούς καυσίμου σε ηλεκτρική ενέργεια στους θερμικούς σταθμούς ( $\eta_3$ ) κυμαίνεται μεταξύ 30 και 40 % αναλόγως του χρησιμοποιούμενου καυσίμου, της εφαρμοζόμενης τεχνολογίας και φυσικά της παλαιότητας της μονάδας παραγωγής. Αν συμπεριλάβουμε στην ανάλυση τις απώλειες λόγω της μεταφοράς του καυσίμου στο θερμικό σταθμό και λόγω της συντήρησης του παγίου εξοπλισμού (μηχανές, κτίρια κλπ) και οι οποίες εκτιμώνται σε 1,5 % περίπου, τότε ο βαθμός απόδοσης  $\eta_3$  τελικά κυμαίνεται μεταξύ 28,5 % και 38,5 %. Ο βαθμός απόδοσης  $\eta_4$  του σταδίου

της μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς εξαρτάται από τις απώλειες στο δίκτυο μεταφοράς (περίπου 8 %) και από τις απώλειες λόγω των εμπορικών δραστηριοτήτων των διανομέων της ηλεκτρικής ενέργειας (περίπου 5,6 %), εκτιμάται σε 86,4 % περίπου. Όλα τα παραπάνω συνοψίζονται στον επόμενο πίνακα Β.4.3 [142].

**Πίνακας Β.4.3 : Συντελεστές απόδοσης παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας από θερμικούς σταθμούς**

Κάυσιμο	$\eta_1 \cdot \eta_2$	$\eta_3$ (max)	$\eta_3$ (min)	$\eta_4$	$\eta$ (max)	$\eta$ (min)
Άνθρακας	0,945	0,385	0,285	0,864	0,314	0,234
Πετρέλαιο	0,827	0,385	0,285	0,864	0,275	0,204
Φυσικό Αέριο	0,875	0,385	0,285	0,864	0,291	0,215

Πηγή [142]

Ο μέσος βαθμός απόδοσης της παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας από θερμικούς σταθμούς υπολογίζεται από τον παραπάνω πίνακα λαμβάνοντας υπόψη τα ποσοστά χρησιμοποίησης του κάθε καυσίμου [142]. Ορισμένοι ερευνητές, πάντως, δίνουν για όλους τους θερμικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ανεξαρτήτως χρησιμοποιούμενου καυσίμου) τον ίδιο βαθμό απόδοσης και συγκεκριμένα 33 % [44], [100].

Ένα σημαντικό κομμάτι της ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως στη Δυτική Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (πίνακας Β.4.4), παράγεται στους πυρηνικούς σταθμούς. Στην περίπτωση αυτή ισχύει ότι αναφέρθηκε μέχρι τώρα. Έτσι, ο υπολογισμός του βαθμού απόδοσης ενός πυρηνικού σταθμού συνίσταται στο να υπολογιστεί το γνωστό γινόμενο  $\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4$ . Το δύσκολο στη περίπτωση αυτή είναι ο υπολογισμός των  $\eta_1$  και  $\eta_2$  καθώς απαιτείται ο υπολογισμός τόσο της ενέργειας παραγωγής του πυρηνικού καυσίμου όσο και μια τιμή  $\eta$  οποία θα αντιστοιχεί στη θερμογόνο δύναμη αυτού. Σε ότι αφορά στις διεργασίες εξόρυξης, επεξεργασίας και μεταφοράς ουρανίου (το οποίο είναι το πιο διαδεδομένο πυρηνικό καύσιμο), ο συνολικός βαθμός απόδοσης εκτιμάται σε 85 %, ενώ ο αντίστοιχος βαθμός της διεργασίας εμπλουτισμού αυτού εκτιμάται ότι είναι μόλις 70 %. Η θερμική αποδοτικότητα ενός πυρηνικού αντιδραστήρα είναι 26 % περίπου [532]. Ένα σημαντικό μειονέκτημα των πυρηνικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι η αυξημένη επικινδυνότητα, για τον περιορισμό της οποίας, πάντως, καταβάλλονται συνεχώς μεγάλες προσπάθειες [245].

Μια άλλη σημαντική πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι μέσω των υδατοπτώσεων. Μάλιστα για ορισμένες χώρες όπως οι σκανδιναβικές (πίνακας Β.4.4) ο τρόπος αυτός αποτελεί τη κυριότερη πηγή. Ο βαθμός απόδοσης παραγωγής των υδροηλεκτρικών σταθμών είναι ιδιαίτερα υψηλός και φτάνει μέχρι 80 έως 90 %. Ακόμα και αν συμπεριληφθούν οι διάφορες απώλειες μεταφοράς, διανομής κλπ, ο βαθμός απόδοσης παραμένει υψηλός και συγκεκριμένα γύρω στο 70 %. Επιπλέον, η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας [44], [100], [142]. Βέβαια, και στη περίπτωση αυτή είναι δυνατόν να υπάρξουν περιβαλλοντικά και οικολογικά προβλήματα, κυρίως λόγω της αλλοίωσης του φυσικού περιβάλλοντος, όμως αυτά συνήθως αντιμετωπίζονται επιτυχώς με μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων [233].

**Πίνακας Β.4.4 : Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά είδος καυσίμου (%) το έτος 1990 (ΗΠΑ 1993)**

Χώρα	Υδροηλ.	Πυρην.	Άνθρακ.	Πετρέλ.	Φυσ. Αερ.	Λοιπά
Πορτογαλία	33,5	-	31,2	32,6	0,2	2,5
Γαλλία	14,3	74,4	7,4	2,1	1,6	0,2
Ιταλία	16,8	-	14,5	47,2	19,5	2,0
Ολλανδία	0,3	4,8	34,8	4,3	54,5	1,3
Νορβηγία	99,6	-	-	0,4	-	-
Ισπανία	18,0	36,2	38,6	5,5	1,4	0,3
Βέλγιο	1,3	60,4	24,1	1,8	11,5	0,9
Βρετανία	2,3	19,6	67,3	8,6	1,7	0,5
Σουηδία	50,7	45,7	-	0,3	63,3	-
Γερμανία	4,3	33,3	48,9	2,4	10,1	1,0
Φινλανδία	20,9	35,0	27,9	5,6	10,6	-
Αυστρία	65,5	-	20,9	2,1	11,5	-
Η.Π.Α.	10,0	24,0	56,3	2,9	6,4	0,3

Πηγή [100], [219], [252]

Στον επόμενο πίνακα Β.4.5 παρουσιάζεται αναλυτικά το ελληνικό ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας των τελευταίων ετών. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά παρατηρούμε τα εξής [214], [215] :

1. Ο βαθμός απόδοσης παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας από θερμικούς σταθμούς (λιγνιτικούς, πετρελαϊκούς και φυσικού αερίου) κυμαίνεται μεταξύ 32,73 % και 34,43 %. Συγκεκριμένα είναι :

Έτος	1986	1987	1988	1989	1990	1991
η <sub>1</sub> · η <sub>2</sub> · η <sub>3</sub>	32,75 %	32,76 %	34,43 %	33,03 %	32,62 %	32,76 %

Οι παραπάνω τιμές προκύπτουν από το λόγο :

[συνολ. παραγωγή θερμ. σταθμών] / [συνολ. κατανάλωση θερμ. σταθμών]

σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ισχύει 1 toe = 11.6 x 10<sup>6</sup> Wh και 1 TWh = 10<sup>12</sup> Wh {235}, {236}.

**Πίνακας Β.4.5 : Ελληνικό ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας**

Έτος	1986	1987	1988	1989	1990	1991
<b>Συνολική Παραγωγή TWh</b>	<b>28.28</b>	<b>30.27</b>	<b>33.40</b>	<b>34.45</b>	<b>34.99</b>	<b>35.81</b>
Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί	3.39	2.97	2.61	2.15	2.00	3.17
Πυρηνικοί Σταθμοί	-	-	-	-	-	-
Θερμικοί Σταθμοί	24.88	27.30	30.79	32.30	33.00	32.64
Εισαγωγές	1.29	0.61	0.31	0.39	0.71	0.64
Συν. Φαινόμενη Κατανάλ.	29.57	30.88	33.79	34.84	35.71	36.45
Ίδια Κατανάλωση	2.32	2.68	3.11	3.19	3.18	3.06
Απώλειες Μεταφ.-Διαν.	3.14	3.18	3.71	3.65	4.06	4.07
Τελική Κατανάλωση	24.10	25.03	26.89	27.99	28.46	29.32
<b>Δυναμικότητα Η/Σ (*) GW</b>	<b>7.39</b>	<b>7.92</b>	<b>8.12</b>	<b>8.35</b>	<b>8.51</b>	<b>8.91</b>
Πυρηνικοί	-	-	-	-	-	-
Θερμικοί	5.25	5.78	5.97	6.04	6.10	6.40
Υδροηλεκτρικοί	2.14	2.14	2.15	2.30	2.41	2.51
<b>Συν.Καταναλ. Θερμ.Στ. Mtoe</b>	<b>6.55</b>	<b>7.19</b>	<b>7.71</b>	<b>8.43</b>	<b>8.72</b>	<b>8.59</b>
Στερεά Καύσιμα	5.14	5.65	6.23	6.81	6.89	6.58
Πετρέλαιο	1.40	1.53	1.47	1.60	1.80	1.98
Φυσικό Αέριο	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03

Πηγή {214}, {215} / (\*) Ηλεκτρικός Σταθμός

2. Ο βαθμός απόδοσης του σταδίου της μεταφοράς, διανομής κλπ (η<sub>4</sub>) κυμαίνεται μεταξύ 79,77 % και 81,50 %. Συγκεκριμένα είναι :

Έτος	1986	1987	1988	1989	1990	1991
<b>η<sub>4</sub></b>	81,50 %	81,06 %	79,77 %	80,34 %	80,0 %	80,44 %

Οι τιμές αυτές προκύπτουν από το λόγο :

[τελική κατανάλωση] / [συνολική φαινόμενη κατανάλωση]

Από τις παραπάνω τιμές (οι οποίες υπολογίστηκαν βάσει δευτερογενών στοιχείων) διαπιστώνεται ότι ισχύουν τα εξής για την Ελλάδα :

- ο βαθμός απόδοσης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από θερμικούς σταθμούς  $\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$  (32,73 – 34,43 %) ακολουθεί τον αντίστοιχο θεωρητικό (33 %), και
- ο βαθμός απόδοσης μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας  $\eta_4$  (79,77 – 81,50 %) είναι ελαφρά μικρότερος του αντίστοιχου θεωρητικού (86,4 %) [214], [215].

Μέχρι να φτάσουμε στη κατάσταση που παρουσιάζεται στο πίνακα Β.4.5, η εξέλιξη της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα τις τελευταίες δεκαετίες, και παρά τις δύο ενεργειακές κρίσεις που μεσολάβησαν, ακολούθησε σχετικά ομαλό ρυθμό. Μάλιστα, η κρίση του 1979 ώθησε στη προσπάθεια εντατικότερης εκμετάλλευσης των εγχώριων πηγών ενέργειας έτσι, ώστε στις αρχές τις δεκαετίας του '80 να θεωρείται δυνατός, ως ένα βαθμό, ο απεγκλωβισμός της ηλεκτρικής παραγωγής από την εξάρτηση του πετρελαίου. Η παραγωγή και εκμετάλλευση της ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας πραγματοποιείται από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού η οποία, όπως φαίνεται στο πίνακα Β.4.6, έχει τον αποκλειστικό έλεγχο τόσο της παραγωγής και της μεταφοράς όσο και της διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας σε ολόκληρη τη χώρα κάτι το οποίο επίσης συμβαίνει μόνο στην Ιρλανδία [228], [229].

Η συμμετοχή των διαφόρων πρωτογενών καυσίμων στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας το 1995 στην Ελλάδα (41827 GWh) είναι, περίπου, η ακόλουθη [216] :

Σύνολο παραγωγής Θερμικών Σταθμών : 89,4 %  
 - Λιθάνθρακες : 2,4 %  
 - Λιγνίτης : 65,3 %  
 - Μαζούτ : 16,0 %  
 - Ντίζελ : 3,3 %  
 - Φυσικό Αέριο : 0,2 %  
 - Λοιπά (απορρίμματα, άλλα προϊόντα πετρελαίου κλπ) : 2,2 %  
 Υδροηλεκτρική Ενέργεια : 6,8 %  
 Ανανεώσιμες Πηγές : 0,04 %  
 Καθαρές Εισαγωγές : 3,76 %

Η ζήτηση αυτή, σύμφωνα με το δεκαετές πρόγραμμα της ΔΕΗ, αναμένεται το 2000 να φτάσει 47850 GWh περίπου και εκτιμάται ότι θα καλυφθεί κατά 11,5 % από τους υδροηλεκτρικούς σταθμούς, κατά 65,9 % από του λιγνιτικούς σταθμούς, κατά 7,3 % από τους ατμοηλεκτρικούς φυσικού αερίου, κατά 6,6 % από του πετρελαϊκούς σταθμούς και κατά 7,2 % από τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς λιθάνθρακα ενώ 1,5 % της ζήτησης θα καλυφθεί από εισαγωγές [221], [223].



**Πίνακας Β.4.6 : Αριθμός εταιρειών στην ευρωπαϊκή αγορά ηλεκτρικής ενέργειας**

Χώρα	Παραγωγή	Μεταφορά	Διανομή	Τύπος Ιδιοκτησίας
Γαλλία	1	1	215	Δημόσια
Ιταλία	1	1	150	Δημόσια
Ελλάδα	1	1	1	Δημόσια
Ιρλανδία	1	1	1	Δημόσια
Πορτογαλία	1	1	16	Δημόσια
Ισπανία	9	1	450	Δημ. & Ιδιωτ.
Βέλγιο	1	1	43	Ιδιωτική
Λουξεμ/ργο	-	2	13	Μεικτή
Δανία	9	2	120	Δημόσια
Δ. Γερμανία	35	8	627	Μεικτή
Ολλανδία	4	1	53	Δημόσια
Βρετανία	4	2	14	

Πηγή {228}

Σε ότι αφορά στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας, το 32,0 % χρησιμοποιήθηκε στον οικιακό τομέα, το 13,4 % στον εμπορικό τομέα, το 46,4 % στο βιομηχανικό τομέα και το υπόλοιπο σε άλλες χρήσεις όπως αγροτικός τομέας, δημόσιες υπηρεσίες, φωτισμός κοινόχρηστων χώρων κλπ (στοιχεία 1986) {227}. Από τους βιομηχανικούς καταναλωτές οι κλάδοι με την μεγαλύτερη κατανάλωση είναι κατά σειρά {231} :

- οι βασικές μεταλλουργικές βιομηχανίες,
- οι βιομηχανίες παραγωγής προϊόντων μη μεταλλικών ορυκτών,
- οι χημικές βιομηχανίες και
- οι υφαντικές βιομηχανίες.

Η μετατροπή πρωτογενών καυσίμων σε ηλεκτρική ενέργεια συνοδεύεται, πέρα από τις ενεργειακές απώλειες, και από περιβαλλοντικά προβλήματα. Τα σημαντικότερα και συνηθέστερα από αυτά προέρχονται από τις θερμοηλεκτρικές μονάδες οι οποίες αποτελούν σήμερα τις ογκοδέστερες σύγχρονες απλές πηγές δημιουργίας ατμοσφαιρικής ρύπανσης από καύση ανθρακούχων καυσίμων. Συνήθως ευθύνονται για το 15 - 20 % της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε εθνική κλίμακα και μέχρι το 50 % σε πυκνοπληθυσμιακές περιοχές (ανάλογα βέβαια με τη χωροταξική τους διάταξη) {256}.

Στον επόμενο πίνακα Β.4.7 παρουσιάζονται οι κυριότερες αέριες εκπομπές από τυπικούς θερμικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας διαφόρων καυσίμων {243}, {249}, {263}.

**Πίνακας Β.4.7 : Οι κυριότερες αέριες εκπομπές από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας**

<b>Καύσιμο</b> - Τύπος Μονάδας	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
<b>Άνθρακας (3% θείο)</b>									
- Καύση σε Ρευστοποιημένη Κλίνη	33,8	28	3	1929	8,8	2514	250	65,0	84964
- Συνδυασμ. Κύκλου σε Ρευστ.Κλίνη υπό πίεση	38,9	28	3	1929	8,8	2514	240	65,0	84964
- Συνδυασμένου Κύκλου με Αεριοποίηση	38,0	28	3	1929	8,8	2514	240	65,0	84964
<b>Άνθρακας (1% θείο)</b>									
- Καύση σε Ρευστοποιημένη Κλίνη	33,8	28	1	643	8,0	2286	250	65,0	84964
- Συνδυασμ. Κύκλου σε Ρευστ.Κλίνη υπό πίεση	38,9	28	1	643	8,0	2286	240	65,0	84964
- Συνδυασμένου Κύκλου με Αεριοποίηση	38,0	28	1	643	8,0	2286	240	65,0	84964
<b>Αστικά Απορρίμματα</b>	20,3	11,3	0,13	199	1,5	1327	133	26,7	86480
<b>Μαζούτ</b>									
- Ενάντιας Διάταξης	35,2	43	3	1395	0,4	93	395	85,6	72860
- Μετωπικής Διάταξης	34,4	43	3	1395	0,4	93	191	85,6	72860
<b>Ντίζελ</b>	28,7	45	0,3	133	0,2	44	203	87,2	70923
<b>Φυσικό Αέριο</b>									
- Απλού Κύκλου	28,1	51	0,002	1	0,015	2,9	169	70,6	50666
- Συνδυασμένου Κύκλου	44,7	51	0,002	1	0,015	2,9	168	70,6	50666
<b>Εμπλουτισμένο Ουράνιο</b>	32,0	465211	0	0	0	0	0	0	0
Σημείωση :									
I. Βαθμός απόδοσης μονάδας (%)									
II. Ενεργειακό περιεχόμενο καυσίμου (MJ / kg)									
III. Περιεχόμενο θείο καυσίμου (% κατά βάρος)									
IV. Εκπομπές SO <sub>2</sub> (mg / MJ)									
V. Περιεχόμενη τέφρα καυσίμου (% κατά βάρος)									
VI. Εκπομπές σωματιδίων (mg / MJ)									
VII. Εκπομπές NO <sub>x</sub> (mg / MJ)									
VIII. Περιεχόμενος άνθρακας καυσίμου (% κατά βάρος)									
IX. Εκπομπές CO <sub>2</sub> (mg / MJ)									

Πηγή [243], [249]

Στον επόμενο πίνακα Β.4.8 παρουσιάζονται ορισμένα πρωτογενή στοιχεία της ΔΕΗ σχετικά με τις μετρήσεις ρύπων από μεγάλες λιγνιτικές εγκαταστάσεις καύσης (μέσες τιμές 1989), ενώ στα διαγράμματα Β.4.3 έως Β.4.5 φαίνεται η εξέλιξη των εκπομπών σωματιδίων σκόνης, οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) ανά μονάδα παραγόμενης

ενέργειας από τους λιγνιτικούς ΑΗΣ Καρδιάς Μονάδα Ι και Πτολεμαΐδας Μονάδα ΙΙΙ και από τον πετρελαϊκό (μαζούτ) ΑΗΣ Λαυρίου Μονάδα Ι (πηγή : πρωτογενή στοιχεία ΔΕΗ).

**Πίνακας Β.4.8 : Μετρήσεις ρύπων μεγάλων εγκαταστάσεων καύσης της ΔΕΗ**

ΑΗΣ - ΜΟΝΑΔΑ	Πτολεμαΐδα IV	Καρδιά IV	Αγ. Δημήτριος II	Αμύνταιο I
Ισχύς (MW)	300	300	300	300
Κατασκευαστής Έτος Κατασκ.	EVI - 1973	EVI - 1981	SI - 1985	SI - 1987
<b>Χαρακτηριστικά Καυσίμου</b>				
Θείο (%)	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5
Τέφρα (%)	12 - 18	12 - 18	12 - 18	12 - 18
Υγρασία (%)	50 - 56	50 - 56	50 - 56	50 - 56
Κ.Θ.Δ. (*) (kcal / kg)	1100 - 1320	1100 - 1320	1100 - 1320	1100 - 1320
<b>Εκπομπές Αερίων Ρύπων</b>				
Όγκος Καυσ. (1000 m <sup>3</sup> )	3600	3600	3100	-
Μετρήσεις NO <sub>x</sub> (mg / Nm <sup>3</sup> )	180 - 460	120 - 240	72 - 240	1800-2400
Μετρήσεις SO <sub>2</sub> (mg / Nm <sup>3</sup> )	240 - 360	300 - 420	260 - 400	120 - 240

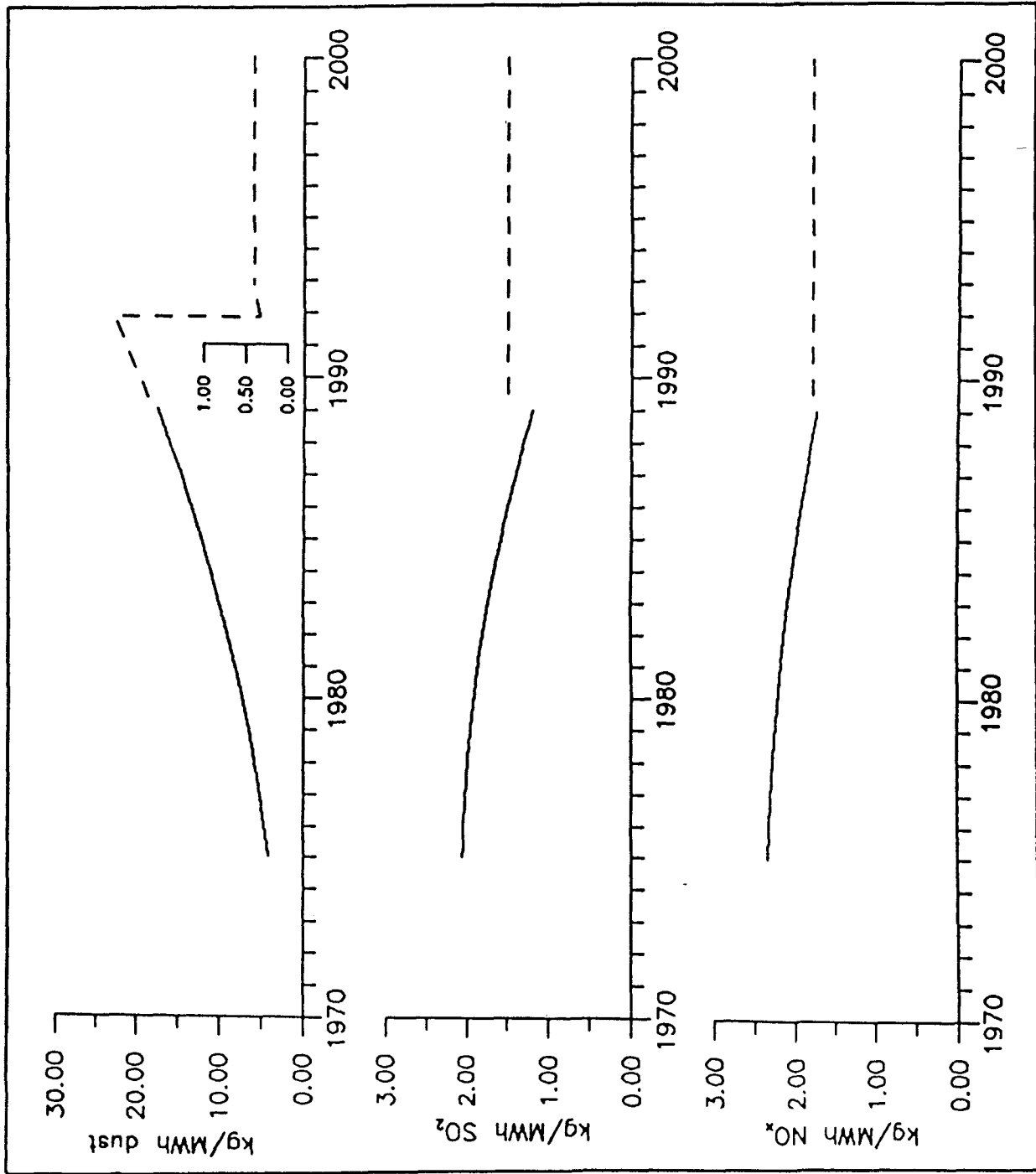
Πηγή : ΔΕΗ / (\*) "Καθαρή" Θερμογόνος Δύναμη

Σχετικά με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τους θερμικούς σταθμούς της ΔΕΗ, ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει την κατάσταση το 1990 και μία πρόβλεψη για το έτος 2000 [230].

**Πίνακας Β.4.9 : Εκπομπές CO<sub>2</sub> από θερμικούς σταθμούς της ΔΕΗ**

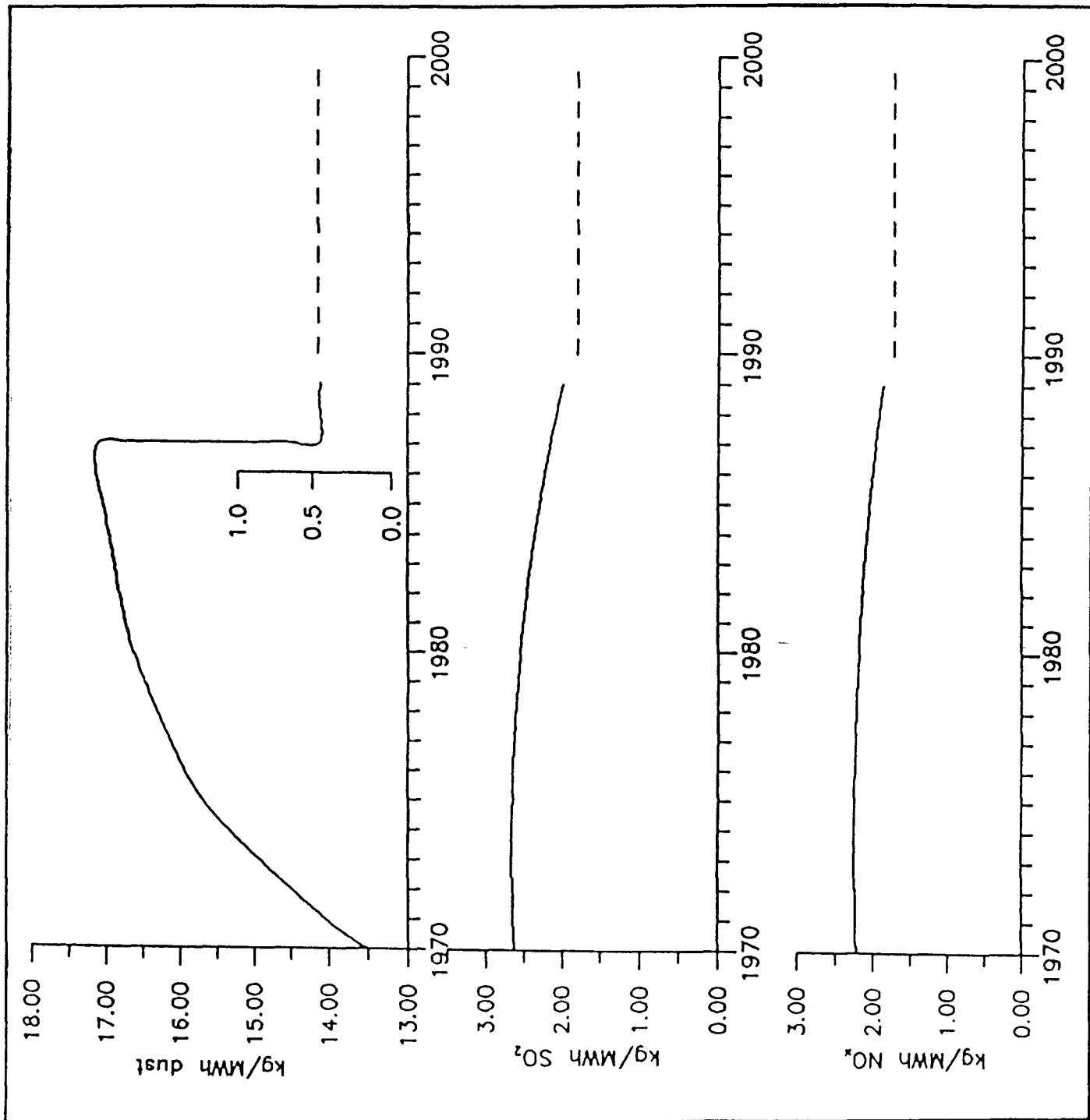
Είδος Σταθμών ΔΕΗ	Ενέργεια (GWh)	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kTon)	Ενέργεια (GWh)	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kTon)
	1990		2000	
Λιγνιτικοί	22878	36873	28246	44090
Πετρελαϊκοί	6421	5414	6565	5059
Άνθρακα	-	-	4229	3909
Φυσικού Αερίου	-	-	1762	758
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>29299</b>	<b>42287</b>	<b>40772</b>	<b>53816</b>

Πηγή [230]

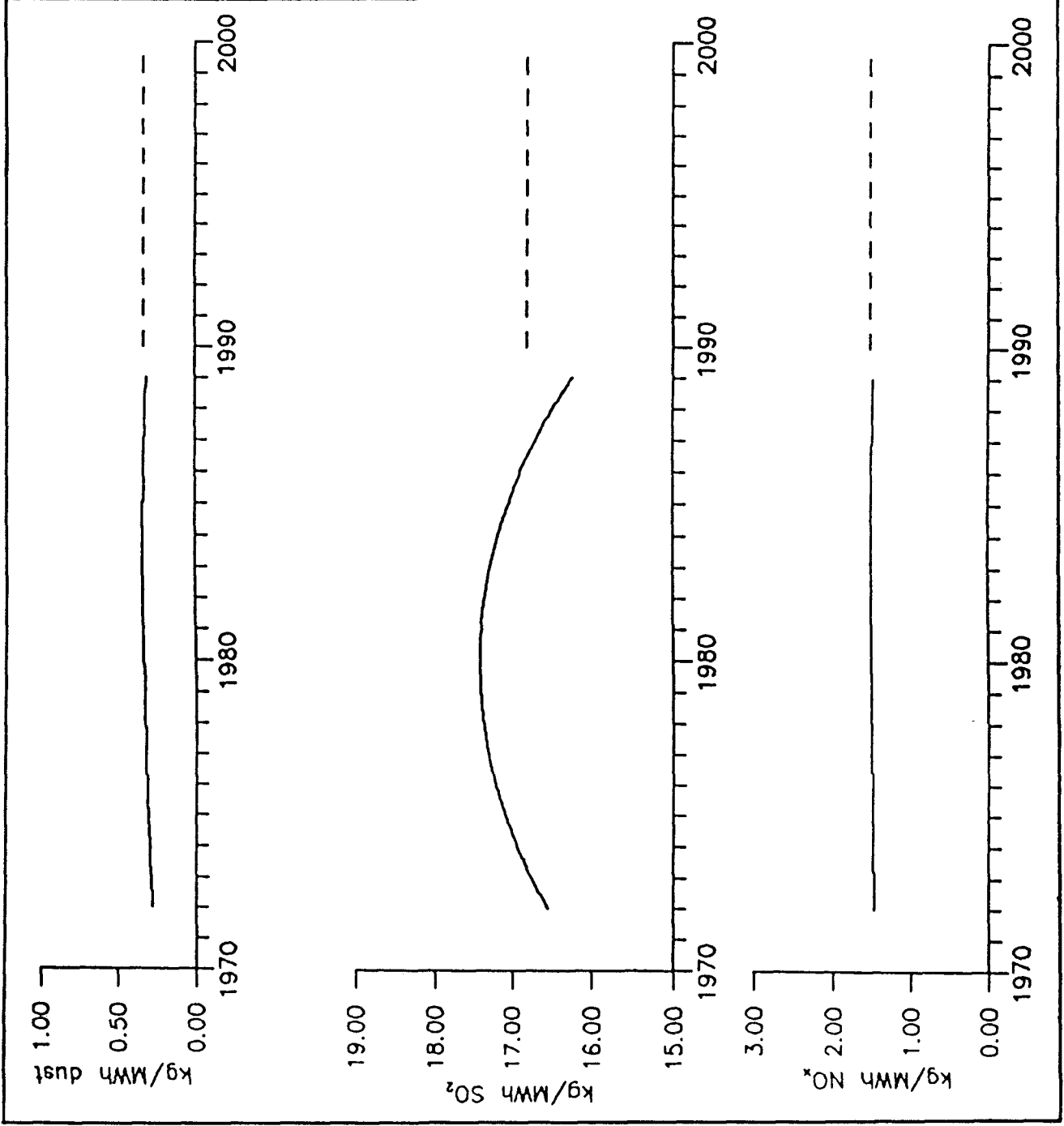


Διάγραμμα Β.4.3 : Η εξέλιξη των αέριων εκπομπών του ΑΗΣ Καρδιάς Μονάδα Ι

Διάγραμμα Β.4.4 : Η εξέλιξη των αέριων εκπομπών του ΑΗΣ Πτολεμαΐδας Μονάδα III



Διάγραμμα Β.4.5 : Η εξέλιξη των αέριων εκπομπών του ΑΗΣ Λαυρίου Μονάδα Ι



Ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται τα τελευταία χρόνια σε συνεχή ανάπτυξη. Το 1990 η ηλεκτρική ενέργεια αντιπροσώπευε το 18 % της συνολικής ζήτησης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση από 15 % που ήταν το 1980, ενώ το 2005 αναμένεται να φτάσει στο 20 % περίπου. Ωστόσο, πρόκειται για ένα τομέα στον οποίο επικρατεί αρκετή ρευστότητα λόγω ίσως της ταυτόχρονης επίδρασης διαφόρων τάσεων και δυναμικών. Η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας, πάντως, αυξάνει με την αύξηση του πληθυσμού και του αριθμού των νοικοκυριών και κυρίως με την οικονομική ανάπτυξη. Επίσης, η ζήτηση είναι στενά συνδεδεμένη με την περαιτέρω διεύρυνση και εξάπλωση της ηλεκτρικής ενέργειας η οποία επιτυγχάνεται τόσο μέσω νέων χρήσεων και δραστηριοτήτων, όπως είναι για παράδειγμα οι εφαρμογές των ηλεκτρονικών υπολογιστών, όσο και λόγω της αντικατάστασης άλλων καυσίμων σε διαφορετικές εφαρμογές. Στη βιομηχανία, αν και εντείνονται οι προσπάθειες για εξοικονόμηση της ενέργειας, νέες χρήσεις και εφαρμογές προστίθενται ενώ παρατηρείται μια τάση για επέκταση της ηλεκτρικής ενέργειας στις δημόσιες μεταφορές. Έτσι, όλη αυτή η κατάσταση δικαιολογεί τις ανοδικές τάσεις στη κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας που προβλέπονται για το άμεσο μέλλον [216].

## ***B.5. ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ***

Σε κάθε παραγωγική διεργασία χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά τα οποία γενικά χαρακτηρίζονται ως πρώτες ή βοηθητικές ύλες. Είναι, ωστόσο, σημαντικό να διαχωριστούν οι ανόργανες από τις οργανικές πρώτες και βοηθητικές ύλες για τους λόγους που αναφέρονται στη συνέχεια. Η ροή των ανόργανων πρώτων υλών σε ένα παραγωγικό σύστημα είναι σχετικά εύκολο να καταγραφεί διότι τα υλικά αυτά εμφανίζονται είτε στα τελικά προϊόντα, παραπροϊόντα κλπ, είτε στα απόβλητα και συνεπώς, με τη βοήθεια ενός ισοζυγίου μάζας, μπορεί να διαπιστώσει κανείς την πορεία τους κατά τη διάρκεια της διεργασίας και άρα να υπολογίσει σε τι ποσοστό περιέχονται στις εκροές του συστήματος (δηλαδή στα προϊόντα, στα απόβλητα κλπ). Αντιθέτως, δεν συμβαίνει τό ίδιο στην περίπτωση των οργανικών πρώτων υλών όπου η κατάσταση είναι πιο περίπλοκη καθώς τα υλικά αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως πρώτη ύλη είτε ως καύσιμο. Οι δύο αυτές χρήσεις είναι εντελώς διαφορετικές διότι όταν ένα υλικό χρησιμοποιείται ως καύσιμο, τότε το υλικό αυτό καίγεται για την παραγωγή ενέργειας δημιουργώντας παράλληλα αέριες και άλλες εκπομπές. Έτσι, το υλικό αυτό χάνεται για πάντα και επιπλέον εντείνεται η μείωση των διαθέσιμων αποθεμάτων του. Όταν όμως, το ίδιο οργανικό υλικό χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη τίποτε από τα παραπάνω δεν συμβαίνει. Η ενέργεια που εισέρχεται μέσω του υλικού στο σύστημα δεν χρησιμοποιείται αλλά παραμένει ενσωματωμένη στο υλικό και στη συνέχεια στο τελικό προϊόν που περιέχει το υλικό αυτό. Βέβαια, αυτή η ενσωμάτωση της ενέργειας στο προϊόν αντιπροσωπεύει επίσης μια μείωση των διαθέσιμων αποθεμάτων του υλικού. Καθώς όμως το υλικό αυτό δεν έχει καεί, η περιεχόμενη ενέργεια του δεν έχει χρησιμοποιηθεί οπότε αφενός η ενέργεια αυτή είναι διαθέσιμη για μελλοντική χρήση (γεγονός το οποίο συνήθως πραγματοποιείται καίγοντας το προϊόν όταν παύσει να είναι χρήσιμο και μετατραπεί σε απόρριμμα) και αφετέρου δεν δημιουργούνται ατμοσφαιρικοί και λοιποί ρύποι. Συνεπώς, όταν υπολογίζονται οι απαιτούμενες πρώτες ύλες ενός προϊόντος, έχει ιδιαίτερη σημασία να λαμβάνεται υπόψη η περιεχόμενη ενέργεια τους. Εάν το προϊόν κάποια στιγμή καεί, τότε ένα σημαντικό τμήμα της ενέργειας αυτής μπορεί να ανακτηθεί δημιουργώντας, παράλληλα, αέριους ρύπους. Το γεγονός δε ότι ένα προϊόν ή υλικό δεν καίγεται προς ανάκτηση ενέργειας όταν δεν είναι πλέον χρήσιμο, αντιπροσωπεύει μια απώλεια διαθέσιμης ενέργειας.

Όταν, για παράδειγμα, αναλύονται διεργασίες παραγωγής πετροχημικών παρουσιάζεται αυξημένη δυσκολία εξ αιτίας της ιδιαίτερης φύσης των πρώτων υλών. Δεδομένου ότι όλες οι λειτουργίες επεξεργασίας υλικών δημιουργούν απόβλητα, είναι σχεδόν αδύνατο να



επιτευχθεί πλήρης μετατροπή των εισερχόμενων πρώτων υλών σε τελικά προϊόντα. Ωστόσο, επειδή τα απόβλητα της πετροχημικής βιομηχανίας περιέχουν ενέργεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα αντί να αποδεδεσμευθούν ως τέτοια στο περιβάλλον όπως συχνά συμβαίνει στην περίπτωση των ανόργανων διεργασιών. Έτσι, όταν καταγράφονται τα ενεργειακά δεδομένα ενός συστήματος, η ενέργεια των καυσίμων και η ενέργεια των πρώτων υλών προσδιορίζονται και καταγράφονται ξεχωριστά λόγω της διαφορετικής φύσης τους : η ενέργεια των καυσίμων έχει οριστικά μετατραπεί σε μη αξιοποιήσιμη μορφή και άρα ουσιαστικά έχει απωλεσθεί, ενώ η ενέργεια των πρώτων υλών έχει ενσωματωθεί στο τελικό προϊόν και συνεπώς υπάρχει η δυνατότητα για περαιτέρω αξιοποίηση της σε κάποιο βαθμό. Επιπλέον, εφόσον κατά τη διάρκεια μιας διεργασίας δημιουργούνται οργανικά απόβλητα τα οποία εν συνεχεία καίγονται προς παραγωγή ενέργειας, τότε συντελείται μετατροπή, σε κάποιο ποσοστό, πρώτης ύλης σε καύσιμο.

Η περιεχόμενη ενέργεια των πρώτων υλών υπολογίζεται με βάση την μικτή θερμογόνοο δύναμη του εισερχόμενου υλικού. Αν στη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας ένα μέρος των πρώτων υλών χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο, τότε αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στα αποτελέσματα. Στη περίπτωση αυτή, αν και η συνολική εισροή ενέργειας στο σύστημα παραμένει αμετάβλητη, εντούτοις μεταβάλλεται η σχέση ενέργειας καυσίμου – πρώτης ύλης σε ποσοστό που καθορίζεται από τη ποσότητα του οργανικού αποβλήτου που δημιουργήθηκε και ακολούθως κάηκε. Επίσης, είναι πολύ σημαντικό να τονισθεί ότι η περιεχόμενη ενέργεια των πρώτων υλών η οποία προσδιορίζεται ότι εισέρχεται σε ένα σύστημα δεν είναι ίση με την ενέργεια η οποία μπορεί να ανακτηθεί (έστω και θεωρητικά) από το τελικό προϊόν. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους : πρώτον διότι ενδεχομένως υπάρχουν, κατά τη διάρκεια της διεργασίας, απώλειες των πρώτων υλών ή μετατροπές τους σε καύσιμα και δεύτερο διότι είναι δυνατό, επίσης κατά τη διάρκεια της διεργασίας, να μεταβληθεί η χημική σύσταση του τελικού προϊόντος γεγονός το οποίο επηρεάζει τη θερμογόνοο ικανότητα του. Για το λόγο αυτό, η περιεχόμενη ενέργεια των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται σε μία διεργασία υπολογίζεται με βάση την μικτή θερμογόνοο δύναμη των εισερχόμενων υλικών και όχι των εξερχόμενων προϊόντων {100}.

Στον επόμενο πίνακα Β.5.1 εικονίζεται ένας προτεινόμενος τρόπος παρουσίασης των ενεργειακών αναγκών μιας διεργασίας. Το πλεονέκτημα του τρόπου αυτού είναι ότι φαίνονται τόσο τα είδη των καυσίμων και ενεργειακών πηγών που χρησιμοποιούνται όσο και ο τελικός προορισμός τους δηλαδή αν καταναλώνονται ως καύσιμο ή ως πρώτη ύλη. Οι παράμετροι Α έως Π αντιπροσωπεύουν τις αντίστοιχες ποσότητες της ενέργειας ενώ βέβαια η παράμετρος Ι είναι πάντα μηδενική καθώς η ηλεκτρική ενέργεια δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη όπως για παράδειγμα το πετρέλαιο.

**Πίνακας Β.5.1 : Ένας αναλυτικός τρόπος παρουσίασης των ενεργειακών αναγκών μιας διεργασίας**

Είδος Ενεργειακής Πηγής	Ενέργεια Παραγωγής Καυσίμου (MJ)	Ενέργεια Καυσίμου (MJ)	Ενέργεια Πρώτων Υλών (MJ)	Συνολική Ενέργεια (MJ)
Ηλεκτρική Ενέργεια	A	E	I	N
Πετρέλαιο	B	Z	K	Ξ
Λοιπά Καύσιμα	Γ	H	Λ	Ο
<i>Σύνολο</i>	<i>Δ</i>	<i>Θ</i>	<i>Μ</i>	<i>Π</i>

Από την μέχρι τώρα ανάλυση γίνεται φανερό ότι, προκειμένου να υπολογιστεί η περιεχόμενη ενέργεια των πρώτων υλών ενός προϊόντος ανά μονάδα του προϊόντος αυτού, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε το ενεργειακό περιεχόμενο των εισερχόμενων πρώτων υλών καθώς και τον βαθμό απόδοσης της διεργασίας μετατροπής των πρώτων υλών σε τελικό προϊόν. Αυτός ο βαθμός απόδοσης ορίζεται από τη σχέση :

$$[ \text{Μάζα Τελικού Εξερχόμενου Προϊόντος} ] / [ \text{Σύνολο Μάζας Εισερχόμενων Υλικών} ]$$

Στον επόμενο πίνακα Β.5.2 δίνονται τα υλικά εκείνα τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται τόσο ως καύσιμο και πηγή ενέργειας όσο και ως πρώτη ύλη. Για καθένα από τα υλικά αυτά δίνεται και μια τυπική τιμή της μικτής θερμογόνου δύναμης με βάση την οποία υπολογίζεται η περιεχόμενη ενέργεια όταν χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη [142], [418].

**Πίνακας Β.5.2 : Διάφορα υλικά που χρησιμοποιούνται και ως καύσιμα και ως πρώτη ύλη**

Υλικό	Μικτή Θερμογόνος Δύναμη (MJ/kg)
Άνθρακας	28,5
Πετρέλαιο	44,5
Φυσικό Αέριο	50,0
Ξύλο	12,5
Ελαστικό	27,5
Χαρτί	17,6
Μη Βρώσιμα Έλαια	31,2
Λινέλαιο	19,3
Βρώσιμα Λίπη	38,9

Πηγή [142], [418]

Στις ενεργειακές αναλύσεις συστημάτων, εκτός από τα μεγέθη που παρουσιάστηκαν παραπάνω, συχνά γίνεται αναφορά και στο μέγεθος της *καθαρής απαιτούμενης ενέργειας*. Το μέγεθος αυτό ισούται με τη συνολική απαιτούμενη ενέργεια του συστήματος μείον το ενεργειακό περιεχόμενο του τελικού προϊόντος και εκφράζει την ενέργεια η οποία απαιτείται για να πραγματοποιηθούν όλες οι λειτουργίες του συστήματος θεωρώντας ότι η ενέργεια που περιέχεται στο τελικό προϊόν τελικά θα ανακτηθεί. Το μέγεθος αυτό της καθαρής απαιτούμενης ενέργειας χρησιμοποιείται συνήθως σε εκτεταμένες και πολύπλοκες αλυσίδες παραγωγής [142].

## **B.6. ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

### **B.6.1. Γενικά**

Οι μεταφορές στην εποχή μας είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες οι οποίοι επιτρέπουν η καθημερινή μας ζωή να είναι πιο εύκολη και άνετη. Η επίδραση τους στην επίτευξη της υψηλής σύγχρονης ποιότητας ζωής είναι καθοριστικής σημασίας καθώς, σε μεγάλο βαθμό, εξασφαλίζουν τη γρήγορη, άνετη και ασφαλή διακίνηση προσώπων και αγαθών. Ωστόσο, οι μεταφορές έχουν γίνει, κατά κάποιο τρόπο, θύματα της ίδιας της επιτυχίας τους. Ο αριθμός των οχημάτων στους δρόμους, των αεροπλάνων στους ουρανούς και των λοιπών μεταφορικών μέσων απειλεί την ποιότητα ζωής που αυτή η ίδια η υπηρεσία έχει βοηθήσει να δημιουργηθεί. Το σημαντικότερο πρόβλημα για το οποίο κατηγορούνται οι μεταφορές είναι ότι έχουν ένα σημαντικό μερίδιο στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος χωρίς όμως αυτό να είναι και το μοναδικό αφού κατηγορούνται ακόμα ότι προκαλούν σοβαρά ατυχήματα κλπ [268].

Στις μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής συμπεριλαμβάνονται οι επιπτώσεις από τις δραστηριότητες μεταφοράς δηλαδή η κατανάλωση ενέργειας και η εκπομπή αέριων, κυρίως, ρυπαντών. Σε ότι αφορά στην καταγραφή της κατανάλωσης ενέργειας κατά την ανάλυση ενός συστήματος, οι ενεργειακές απαιτήσεις των μεταφορών αποτελούν ένα ιδιαίτερα σημαντικό τμήμα των συνολικών απαιτήσεων. Για παράδειγμα, όπως είδαμε και σε προηγούμενη παράγραφο, η μεταφορά του αργού πετρελαίου από τη Μέση Ανατολή στη Δυτική Ευρώπη απαιτεί ενέργεια η οποία αντιστοιχεί στο ένα τρίτο της συνολικής ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή του τελικού καυσίμου. Επιπλέον, σημαντική ενέργεια καταναλώνεται και κατά τις διακινήσεις και παραδόσεις των έτοιμων εμπορευμάτων και προϊόντων. Η εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών λόγω της δραστηριότητας της μεταφοράς δεν είναι εύκολη διαδικασία καθώς χρειάζεται να συνυπολογίσει κανείς τους εξής τρεις παράγοντες :

1. Το ενεργειακό περιεχόμενο των καυσίμων που καταναλώνονται άμεσα από τα διάφορα μεταφορικά μέσα καθώς και την απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή των καυσίμων αυτών. Η ενέργεια αυτή είναι συνήθως ανάλογη της διανυόμενης απόστασης και επηρεάζεται από παράγοντες όπως το φορτίο, το είδος του ταξιδιού, η ηλικία του μεταφορικού μέσου, το επίπεδο της συντήρησης του κλπ.
2. Την ενέργεια η οποία απαιτείται για την κατασκευή και συντήρηση των μεταφορικών μέσων και η οποία είναι το άθροισμα μιας σειράς από συνιστώσες και παράγοντες. Για παράδειγμα, η ενέργεια που αντιστοιχεί στη φθορά των ελαστικών εξαρτάται από τη διανυόμενη απόσταση ενώ

η ενέργεια που αντιστοιχεί στη συντήρηση ορισμένων μηχανικών μερών δεν εξαρτάται άμεσα από την απόσταση αυτή.

3. Την απαιτούμενη ενέργεια για τη δημιουργία και συντήρηση όλων εκείνων των συστημάτων υποδομής που χρειάζονται για την πραγματοποίηση ενός ταξιδιού. Στην περίπτωση αυτή περιλαμβάνεται η κατασκευή και συντήρηση του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου, των λιμανιών, αεροδρομίων κλπ [142].

Πληροφορίες σχετικά με την απόδοση των μεταφορικών μέσων είναι γενικά διαθέσιμες αλλά σε διάφορες μορφές. Μία συνήθης πηγή τέτοιου είδους πληροφοριών είναι τα εθνικά στατιστικά στοιχεία όπου δίνονται οι μέσες τιμές για τις διάφορες κατηγορίες μεταφορικών μέσων και οχημάτων. Τα στοιχεία αυτά είναι εξαιρετικά αξιόπιστα κυρίως όταν αφορούν σε μεγάλα εθνικά μεταφορικά δίκτυα όπως είναι, για παράδειγμα, τα σιδηροδρομικά. Στην περίπτωση των μεταφορικών μέσων οδικών δικτύων, τα στοιχεία αυτά είναι αρκετά ικανοποιητικά (αναμφίβολα περισσότερο ικανοποιητικά από τα στοιχεία που δίνουν οι κατασκευαστές των διαφόρων οχημάτων όπου συχνά δίνονται αποδόσεις κάτω από ιδανικές συνθήκες) αν και στην περίπτωση αυτή τα στοιχεία είναι ευαίσθητα σε μια σειρά από παράγοντες όπως το μέγεθος του οχήματος, το φορτίο, το είδος των μετακινήσεων, το επίπεδο συντήρησης κλπ [270].

Οι ενεργειακές και περιβαλλοντικές αποδόσεις και επιδόσεις των μεταφορικών μέσων δίνονται συνήθως ανά μονάδα διανυόμενης απόστασης. Η μονάδα αυτή είναι το χιλιόμετρο (km) και καμιά φορά το μίλι (mile). Πολλές φορές η απόδοση αυτή εξαρτάται και από το φορτίο που μεταφέρει το μεταφορικό μέσο οπότε τα διάφορα στοιχεία δίνονται ανά τοννοχιλιόμετρο (tonne - km) ή ανά τοννομίλι (tonne - mile). Ωστόσο, και ο τρόπος αυτός δεν καλύπτει πλήρως όλες τις περιπτώσεις αφενός διότι το μεταφορικό μέσο δεν μεταφέρει πάντα το πλήρες φορτίο (όπως για παράδειγμα όταν μεταφέρει ογκώδη και ελαφριά προϊόντα) και αφετέρου επειδή ορισμένα στοιχεία είναι ανεξάρτητα του φορτίου (η συντήρηση των οχημάτων, για παράδειγμα, γίνεται μόλις συμπληρωθούν τα προκαθορισμένα χιλιόμετρα ανεξάρτητα του φορτίου που έχει μεταφερθεί) [142].

Οι μεταφορές αποτελούν μια σημαντική πηγή ρύπανσης του περιβάλλοντος. Το αυτοκίνητο (και ειδικότερα τα φορτηγά, ο συνολικός αριθμός των οποίων πλησιάζει το 30 % περίπου των οχημάτων που κινούνται στην Ελλάδα [543]) αποτελεί το μεταφορικό σύστημα που ρυπαίνει κυρίως τα αστικά κέντρα, ενώ άλλα μεταφορικά συστήματα που επιτελούν αντίστοιχο έργο (π.χ. σιδηρόδρομος) ρυπαίνουν πολύ λιγότερο. Αν εξετάσουμε την περίπτωση της Αθήνας (πίνακας Β.6.1.1) παρατηρούμε ότι με εξαίρεση τα αιωρούμενα σωματίδια και το διοξείδιο του θείου, οι μεταφορές με αυτοκίνητα προκαλούν από τα δύο τρίτα μέχρι το σύνολο των υπόλοιπων ρύπων [271], [274].

Πίνακας Β.6.1.1: Ρύπανση στην περιοχή Αθηνών και οι αιτίες της

<u>Ρυπαντές</u>	<u>Πηγές</u>		Αυτοκίνητα		Κεντρική Θέρμανση		Βιομηχανία	
	ton/yr	%	ton/yr	%	ton/yr	%	ton/yr	%
Καπνός	3300	64	900	17	1000	19		
Σωματίδια	300	1			21200	99		
Διοξείδιο του Θείου	1400	8	3700	21	12700	71		
Οξειδία του Αζώτου	17400	67	1400	5	7200	28		
Μονοξείδιο του Άνθρακα	32400	100	400		500			
Υδρογονάνθρακες	46000	68	200		22000	32		

Πηγή {271}

Οι μεταφορές διακρίνονται γενικά σε *επιβατικές* και *εμπορευματικές*. Οι τελευταίες διακρίνονται με τη σειρά τους σε :

- Χερσαίες Μεταφορές (οδικές και σιδηροδρομικές)
- Ποτάμια Ναυσιπλοΐα
- Θαλάσσιες Μεταφορές και
- Αεροπορικές Εμπορευματικές Μεταφορές [272].

Δεδομένου ότι οι πρώτες ύλες, τα προϊόντα, τα απορρίμματα κλπ τα οποία εξετάζονται σε μια ανάλυση κύκλου ζωής μεταφέρονται και διακινούνται κυρίως με χερσαίες και θαλάσσιες μεταφορές, ακολουθεί στη συνέχεια εκτενέστερη ενεργειακή και περιβαλλοντική ανάλυση τους.

### B.6.2. Οδικές μεταφορές

Οι οδικές μεταφορές είναι ο κυριότερος τρόπος διακίνησης των αγαθών στις μέρες μας καθώς εφαρμόζεται τόσο στη περίπτωση των μακρυνών μεταφορών όσο και σε αυτή των τοπικών διανομών. Τα οδικά μεταφορικά μέσα είναι διαθέσιμα σε μία πολύ μεγάλη ποικιλία μεγεθών και τύπων ξεκινώντας από τα μικρά βενζινοκίνητα ημιφορτηγά και

καταλήγοντας στα πολύ μεγάλα ντηζελοκίνητα αρθρωτά φορτηγά των οποίων το μικτό βάρος συχνά ξεπερνάει τους 32 τόννους. Επακόλουθο του γεγονότος αυτού είναι η ποικιλία που παρατηρείται στις απαιτήσεις ενέργειας για την κίνηση των διαφόρων οχημάτων αναλόγως του τύπου και του μεγέθους τους [142].

Οι ενεργειακές απαιτήσεις του συνολικού συστήματος των οδικών μεταφορών μπορούν να θεωρηθούν ως η συνισταμένη των ενεργειακών απαιτήσεων των εξής τριών συνιστωσών :

1. της ενέργειας που αντιστοιχεί στο καύσιμο που άμεσα καταναλώνεται για τη μετακίνηση των οχημάτων
2. της ενέργειας που αντιστοιχεί στην κατασκευή και συντήρηση των οχημάτων
3. της ενέργειας που αντιστοιχεί στην κατασκευή και συντήρηση του οδικού δικτύου.

Η κατανάλωση καυσίμου αντιστοιχεί στο 60 - 61 % της συνολικά απαιτούμενης ενέργειας, η κατασκευή και συντήρηση των οχημάτων στο 32 - 33 % και η κατασκευή και συντήρηση του οδικού δικτύου στο 7 % [105].

### ➤ ***Κατανάλωση Καυσίμου στις Οδικές Μεταφορές***

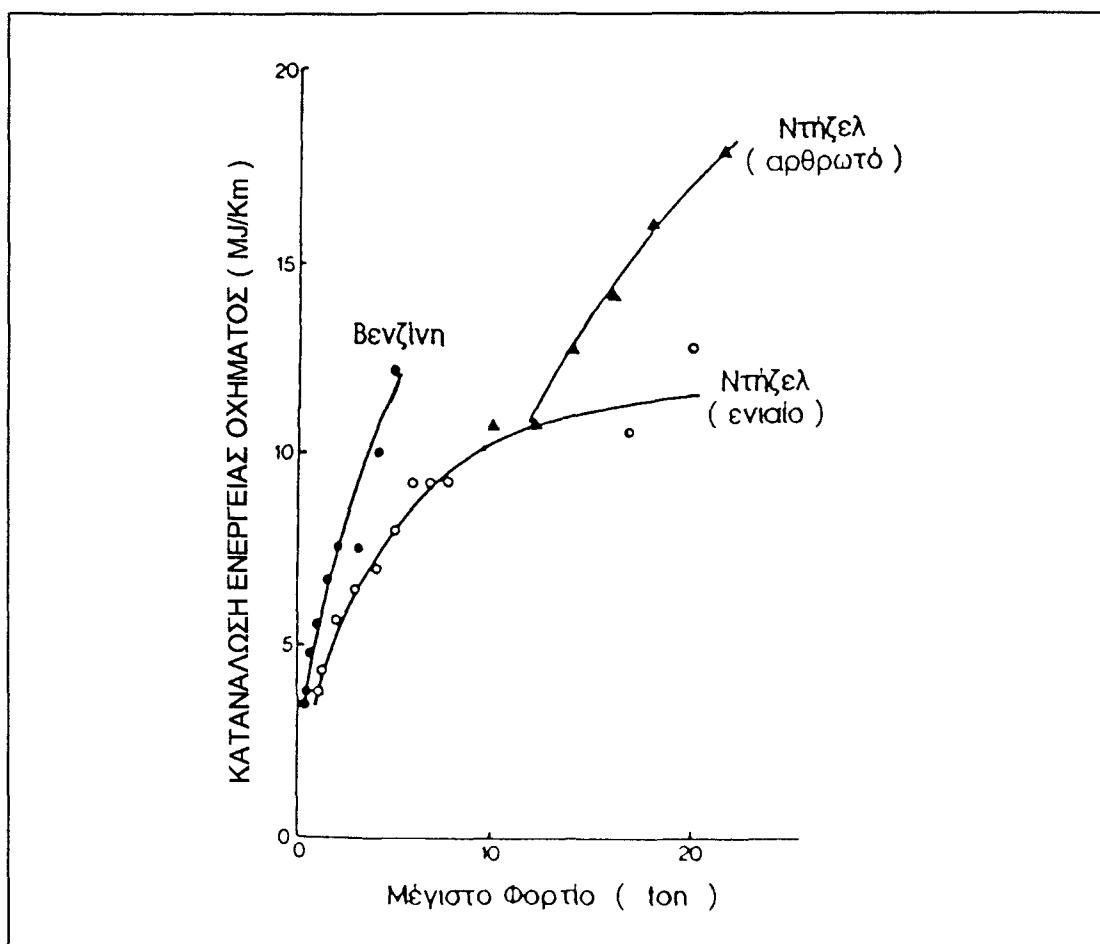
Όπως φαίνεται και στον πίνακα Β.6.2.1, οι μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται για την κίνηση των οδικών μέσων μεταφοράς είναι τα υγρά καύσιμα βενζίνη και ντήζελ (τα οποία συχνά εμπλουτίζονται με διάφορες χημικές ενώσεις για αύξηση της απόδοσης τους [276]), το υγραέριο και η ηλεκτρική ενέργεια. Από τις μορφές αυτές, στις εμπορευματικές οδικές μεταφορές χρησιμοποιείται κυρίως το ντήζελ (φορτηγά) και κατά δεύτερο λόγο η βενζίνη (ημιφορτηγά) [273], [541].

Η κατανάλωση καυσίμου (είτε είναι ντήζελ είτε βενζίνη) είναι ευαίσθητη σε μια σειρά από παράγοντες όπως η ταχύτητα, το μεταφερόμενο φορτίο κλπ [542]. Για παράδειγμα, στο διάγραμμα Β.6.2.1 εικονίζεται η μεταβολή της απαιτούμενης για την κίνηση των οχημάτων ενέργειας (δηλαδή το ενεργειακό περιεχόμενο συν την ενέργεια παραγωγής του καυσίμου) αναλόγως του μεγέθους του οχήματος όπως αυτό εκφράζεται από το μέγιστο φορτίο που το όχημα μπορεί να δεχτεί, σύμφωνα με μελέτες που έγιναν στη Βρετανία [142].

Πίνακας Β.6.2.1 : Μορφές ενέργειας για την κίνηση των οδικών μέσων μεταφοράς

Οδικά Μέσα Μεταφοράς	Βενζίνη	Ντίζελ	Υγραέριο	Ηλεκτρική Ενέργεια
Επιβατηγά Ιδιωτικής Χρήσης	ΝΑΙ	-	-	-
ΤΑΞΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	-
Λεωφορεία	-	ΝΑΙ	-	ΝΑΙ
Ημιφορτηγά	ΝΑΙ	-	-	-
Φορτηγά	-	ΝΑΙ	-	-
Μοτοσυκλέτες	ΝΑΙ	-	-	-

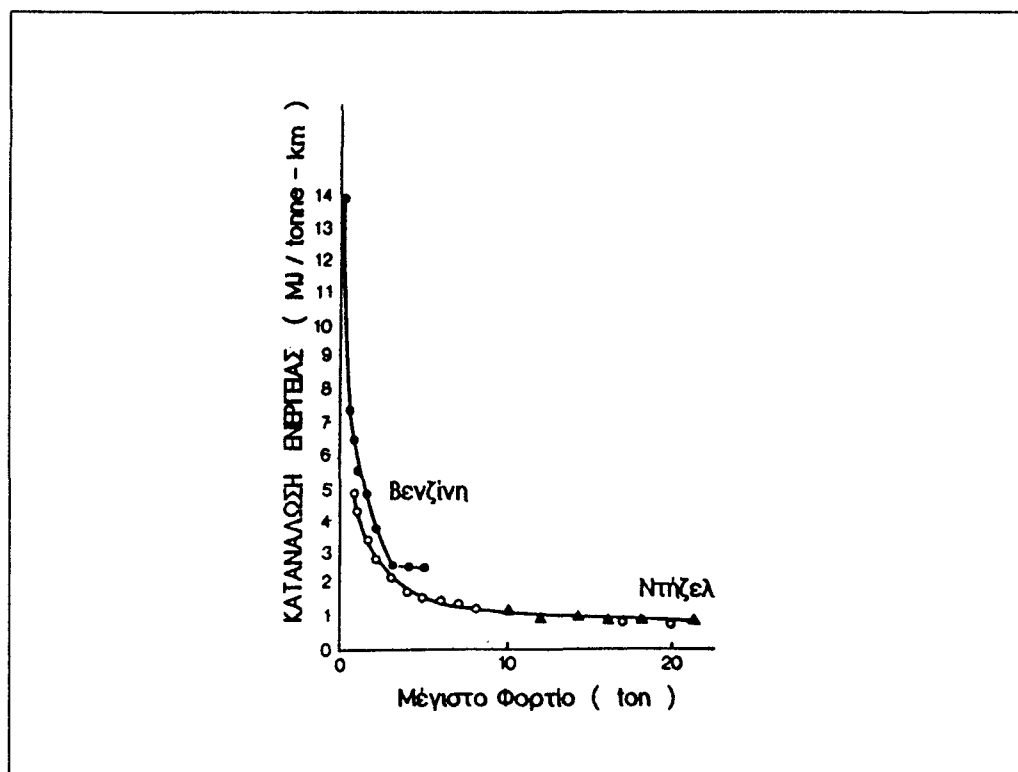
Πηγή [273]



Διάγραμμα Β.6.2.1 : Μεταβολή της απαιτούμενης ενέργειας για κίνηση οχημάτων ανάλογα με το μέγεθος του οχήματος



Μία παρόμοια με την πιο πάνω καμπύλη λαμβάνεται αν το μέγεθος του οχήματος (δηλαδή του φορτηγού) εκφραστεί μέσω του μικτού του βάρους. Το σημαντικότερο συμπέρασμα του παραπάνω διαγράμματος είναι η σημαντική αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων αναλόγως του μεγέθους του φορτηγού. Δύο επιπλέον συμπεράσματα είναι πρώτον ότι τα βενζινοκίνητα φορτηγά καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια σε σχέση με τα αντίστοιχα ντηζελοκίνητα και δεύτερον ότι τα αρθρωτά φορτηγά, τα οποία αποτελούνται από την μηχανή - ελκυστήρα και το ρυμουλκούμενο, καταναλώνουν περισσότερα καύσιμα από τα άκαμπτα - ενιαία φορτηγά. Βέβαια τα πρώτα έχουν το πλεονέκτημα ότι συνδυάζονται με περισσότερα ρυμουλκούμενα γεγονός που τα κάνει πιο ευέλικτα και λειτουργικά. Επανερχόμενοι στο κύριο συμπέρασμα του διαγράμματος Β.6.2.1, ότι δηλαδή τα μικρότερα φορτηγά έχουν καλύτερη ενεργειακή απόδοση αφού η απαιτούμενη ενέργεια ανά διανυόμενο χιλιόμετρο είναι μικρότερη από την αντίστοιχη των μεγαλύτερων φορτηγών, πρέπει να γίνει η εξής παρατήρηση : ο κρίσιμος παράγοντας στη προκειμένη περίπτωση δεν είναι η απαιτούμενη ενέργεια ανά χιλιόμετρο αλλά η ενέργεια που χρειάζεται για την μεταφορά της μονάδας μάζας κατά μία συγκεκριμένη απόσταση (π.χ. 1 km). Έτσι, αν η συνολική κατανάλωση διαιρεθεί με το βάρος του μεταφερόμενου φορτίου, τότε από το διάγραμμα Β.6.2.1 προκύπτει το διάγραμμα Β.6.2.2 το οποίο δίνει, για το ίδια οχήματα, την απαιτούμενη ενέργεια ανά τοννοχιλιόμετρο (tonne - km) [142].



**Διάγραμμα Β.6.2.2 : Απαιτούμενη ενέργεια ανά τοννοχιλιόμετρο**

Από το διάγραμμα αυτό είναι πλέον φανερό ότι τα μεγαλύτερα φορτηγά είναι τελικά ενεργειακά αποδοτικότερα από τα μικρότερα και ότι η φαινομενικά μεγάλη διαφορά σε κατανάλωση ενέργειας μεταξύ

αρθρωτών και ενιαίων φορτηγών που εμφανίζεται στο διάγραμμα Β.6.2.1, στην ουσία δεν είναι και τόσο μεγάλη. Ωστόσο, *“η απαιτούμενη ενέργεια ανά τοννοχιλιόμετρο”* ως μέγεθος έκφρασης της ενεργειακής απόδοσης των εμπορευματικών οδικών μεταφορών παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες στην εφαρμογή της στη πράξη καθώς το βάρος των φορτίων δεν είναι πάντα σταθερό αλλά μεταβάλλεται από ταξίδι σε ταξίδι. Για το λόγο αυτό, συχνά η ενεργειακή απόδοση δίνεται με το μέγεθος *“της απαιτούμενης ενέργειας ανά οχηματοχιλιόμετρο (vehicle-km)”* το οποίο, άλλωστε, χρησιμοποιείται και από τις περισσότερες μεταφορικές εταιρείες για την καταγραφή του μεγέθους αυτού. Σε αυτή τη περίπτωση και όταν το μεταφερόμενο φορτίο δεν έχει το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος (για το οποίο είναι γνωστή και καταγεγραμμένη η ενεργειακή απόδοση ως *ενέργεια ανά οχηματοχιλιόμετρο*), χρησιμοποιούνται οι διορθωτικοί συντελεστές του πίνακα Β.6.2.2 και βρίσκεται η πραγματική ενεργειακή απόδοση [142].

Οι διορθωτικοί αυτοί συντελεστές είναι ένας πρακτικός τρόπος για την σύνδεση των μεταβολών της ενεργειακής απόδοσης των οδικών εμπορευματικών μεταφορών συναρτήσει του φορτίου. Ωστόσο, η χρήση των συντελεστών αυτών προϋποθέτει τη γνώση των ενεργειακών απαιτήσεων ενός οχήματος σε πλήρες φορτίο. Τυπικές τιμές των ενεργειακών απαιτήσεων σε πλήρες φορτίο δίνονται στον πίνακα Β.6.2.3 οπότε, σε συνδυασμό με το πίνακα Β.6.2.2, μπορεί να εκτιμηθεί η πραγματική ενέργεια που καταναλώνεται. Για παράδειγμα, εάν ένα αρθρωτό φορτηγό 14 τόννων μεταφέρει εμπόρευμα 6 τόννων, η συνολική κατανάλωση ενέργειας είναι :  $15,38 \times 0,141 = 2,17 \text{ MJ / tonne-km}$ . Πρέπει, όμως, να υπογραμιστεί ότι οι παραπάνω υπολογισμοί αφορούν σε μία μόνο διαδρομή και άρα πρέπει να συνυπολογιστεί και η διαδρομή της επιστροφής. Στην περίπτωση αυτή, και εάν το όχημα επιστρέφει χωρίς φορτίο, ο διορθωτικός συντελεστής έχει εκτιμηθεί ότι είναι 0,7 οπότε η απαιτούμενη ενέργεια είναι :  $15,38 \times 0,7 = 10,77 \text{ MJ / km}$ . Έτσι, δεδομένου ότι το αρχικό φορτίο ήταν 6 τόννοι, η ενέργεια της επιστροφής επιμερίζεται εξίσου στο φορτίο αυτό ( $10,77 / 6 = 1,79 \text{ MJ / tonne-km}$ ) και άρα η απαιτούμενη ενέργεια για ολόκληρο το ταξίδι είναι :  $2,17 + 1,79 = 3,96 \text{ MJ / tonne-km}$  [105], [142].

Ένας άλλος παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση των μεταφορικών μέσων είναι οι κυκλοφοριακές συνθήκες και γενικά ο τρόπος οδήγησης. Είναι εξαιρετικά δύσκολο, ωστόσο, να ληφθεί με ακρίβεια υπόψη και αυτός ο παράγοντας καθώς δεν υπάρχουν αξιόπιστα στοιχεία. Μία πρώτη προσέγγιση, πάντως, εκτιμά ότι η κυκλοφορία εντός των μεγάλων αστικών κέντρων έχει ως συνέπεια την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας σε σχέση με τις μέσες τιμές περίπου κατά 20 %, ενώ η κυκλοφορία στους ανοικτούς αυτοκινητόδρομους έχει ως αποτέλεσμα αντίστοιχη μείωση κατά 20 % [142], [275].

**Πίνακας Β.6.2.2 : Διορθωτικοί συντελεστές για εύρεση της  
πραγματικής ενεργειακής απόδοσης μεταφορικών οχημάτων**

		Πραγματικό Φορτίο Οχήματος (ton)																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
<b>Μέγιστο Επιτρεπόμενο Φορτίο Οχήματος (ton)</b>	1	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	0,876	0,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	0,831	0,457	0,333	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	0,802	0,434	0,313	0,250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	0,783	0,418	0,300	0,239	0,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	0,769	0,408	0,290	0,229	0,191	0,167	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	0,758	0,399	0,283	0,223	0,185	0,162	0,143	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	0,750	0,394	0,277	0,217	0,180	0,157	0,139	0,125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	0,744	0,388	0,273	0,213	0,177	0,154	0,136	0,122	0,111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	0,737	0,384	0,269	0,210	0,174	0,150	0,133	0,120	0,109	0,100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	0,732	0,381	0,266	0,207	0,171	0,148	0,130	0,118	0,107	0,098	0,091	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12	0,728	0,378	0,263	0,204	0,169	0,145	0,128	0,115	0,105	0,096	0,089	0,083	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	13	0,724	0,375	0,261	0,202	0,167	0,143	0,125	0,114	0,103	0,095	0,088	0,082	0,077	-	-	-	-	-	-	-	-
	14	0,721	0,374	0,259	0,200	0,165	0,141	0,124	0,112	0,101	0,094	0,086	0,081	0,076	0,071	-	-	-	-	-	-	-
	15	0,719	0,372	0,257	0,199	0,164	0,139	0,122	0,110	0,100	0,092	0,085	0,079	0,075	0,070	0,067	-	-	-	-	-	-
	16	0,717	0,371	0,256	0,197	0,163	0,138	0,121	0,109	0,099	0,091	0,084	0,078	0,074	0,069	0,066	0,063	-	-	-	-	-
	17	0,715	0,370	0,254	0,196	0,161	0,137	0,120	0,108	0,098	0,090	0,083	0,077	0,073	0,068	0,065	0,062	0,059	-	-	-	-
	18	0,714	0,369	0,253	0,195	0,160	0,136	0,119	0,107	0,097	0,089	0,082	0,076	0,072	0,067	0,064	0,061	0,058	0,056	-	-	-
	19	0,714	0,368	0,252	0,194	0,159	0,136	0,118	0,106	0,096	0,088	0,082	0,076	0,071	0,067	0,064	0,060	0,058	0,055	0,053	-	-
	20	0,713	0,367	0,251	0,193	0,158	0,135	0,118	0,105	0,095	0,087	0,081	0,075	0,070	0,066	0,063	0,060	0,057	0,054	0,052	0,050	-

Πηγή [142]

**Πίνακας Β.6.2.3 : Τυπικές τιμές των ενεργειακών απαιτήσεων ενός οχήματος σε πλήρες φορτίο**

Είδος Φορτηγού (μέγιστο βάρος σε τόνους)	Ενέργεια Παραγωγής του Απαιτούμενου Καυσίμου (MJ/km)	Ενεργειακό Περιεχ. του Απαιτούμενου Καυσίμου (MJ/km)	Συνολική Ενέργεια του Απαιτούμενου Καυσίμου (MJ/km)
<b>Ενιαία Φορτηγά</b>			
<1	0,80	4,17	4,97
1-2	1,03	5,31	6,34
3	1,21	6,32	7,53
4	1,42	7,27	8,69
5-8	1,73	8,81	10,54
9	1,93	9,75	11,68
10-12	1,98	10,01	11,99
13-20	2,12	10,77	12,89
<b>Αρθρωτά Φορτηγά</b>			
10	1,95	9,89	11,84
10-12	2,05	10,40	12,45
13-14	2,54	12,84	15,38
15-16	2,57	12,99	15,56
17-18	2,68	13,52	16,20
18	3,37	17,04	20,41

Πηγή [142]

Σε ότι αφορά στο τομέα των μεταφορών στη χώρα μας, ο πίνακας Β.6.2.4 παρουσιάζει την ενεργειακή απόδοση των οδικών εμπορευματικών μεταφορικών μέσων στην Ελλάδα. Η απόδοση αυτή εκφράζεται σε τοννοχιλιόμετρα ανά χιλιόγραμμα ισοδύναμου πετρελαίου από όπου μπορεί κανείς εύκολα να καταλήξει σε MJ/tonne-km λαμβάνοντας υπόψη ότι ισχύει 1 χλγρ Ι.Π. = 11,6 kWh = 41,76 MJ [235], [273], [280].

Εκτός, όμως, από την κατανάλωση ενέργειας και καυσίμων, οι μεταφορές είναι υπεύθυνες και για περιβαλλοντική υποβάθμιση η οποία είναι αποτέλεσμα κυρίως των διαφόρων εκπομπών όπως διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>), οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>), μονοξειδίου (CO) και διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), οργανικών πτητικών ενώσεων (VOC), υδρογονανθράκων (HC), σωματιδίων κλπ. Επιπλέον, είναι η πηγή και για άλλα προβλήματα με κοινωνικό, κυρίως, κόστος όπως ο θόρυβος και τα ατυχήματα τα οποία, ωστόσο, σπάνια συμπεριλαμβάνονται στις αναλύσεις κύκλου ζωής. Μάλιστα, στα περισσότερα από τα παραπάνω περιβαλλοντικά προβλήματα η συμμετοχή των φορτηγών και γενικά των οχημάτων μεταφοράς εμπορευμάτων είναι ιδιαίτερα έντονη [268], [277], [278].

**Πίνακας Β.6.2.4 : Ενεργειακή απόδοση οδικών εμπορευματικών μεταφορικών μέσων στην Ελλάδα (σε τοννοχιλιόμετρα ανά χιλιόγραμμο ισοδύναμου πετρελαίου)**

Είδος Οχήματος	1985	1986	1987	1988	1989	1990
ΗΜΙΦΟΡΤΗΓΑ						
αστικό δίκτυο	6,33	6,43	6,52	6,52	6,62	6,81
τοπικό υπεραστικό δίκτυο	13,48	13,64	13,80	13,97	14,14	14,27
κύριο υπεραστικό δίκτυο	15,50	15,88	16,07	16,25	16,46	16,62
ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΕΣ						
μοτοσυκλέτες φορτηγές	6,76	6,76	6,76	6,76	6,76	6,76
<i>Συν. Οχημάτων Βενζίνης</i>	<i>2,25</i>	<i>2,23</i>	<i>2,22</i>	<i>2,20</i>	<i>2,20</i>	<i>2,16</i>
ΦΟΡΤΗΓΑ						
αστικό δίκτυο	20,09	20,55	21,01	21,48	21,94	22,40
τοπικό υπεραστικό δίκτυο	29,75	30,39	31,04	31,68	32,33	32,97
κύριο υπεραστικό δίκτυο	34,37	35,08	35,80	36,51	37,23	37,94
<i>Συν. Οχημάτων Ντίζελ</i>	<i>20,75</i>	<i>20,85</i>	<i>21,75</i>	<i>23,07</i>	<i>23,95</i>	<i>24,64</i>
<i>Συν. Οδικών Οχημάτων</i>	<i>10,41</i>	<i>10,08</i>	<i>10,57</i>	<i>11,42</i>	<i>11,84</i>	<i>11,93</i>

Πηγή [273]

Τα επίπεδα εκπομπών των διαφόρων ρύπων από τα οδικά μέσα μεταφοράς εξαρτώνται από αρκετούς παράγοντες όπως η συντήρηση του οχήματος ([267], [279]), το είδος του δρόμου [266], ο τρόπος οδήγησης [275] κλπ. Στον επόμενο πίνακα Β.6.2.5 δίνονται οι συντελεστές εκπομπής των ρύπων CO, NOx και VOC από φορτηγά στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Οι συντελεστές αυτοί διαφοροποιούνται αναλόγως του δρόμου στον οποίο κινείται το όχημα (κίνηση σε Α : αστικούς, Επ : επαρχιακούς και Εθ : εθνικούς δρόμους). Αντιθέτως, στον πίνακα Β.6.2.6 όπου δίνονται οι αντίστοιχοι συντελεστές για τα ελληνικά δεδομένα, τέτοιου είδους διαφοροποίηση δεν είναι δυνατή [266].

Για τους αέριους ρύπους υδρογονανθράκων και σωματιδίων, οι συντελεστές εκπομπής που δίνονται από τη βιβλιογραφία για τα φορτηγά ντηζελοκίνητα οχήματα είναι 2,681 g/km και 3,506 g/km αντίστοιχως. Οι συντελεστές αυτοί δεν λαμβάνουν υπόψη τους μεγέθος και συνθήκες κίνησης και βασίζονται σε διεθνή στοιχεία [265].

**Πίνακας Β.6.2.5 : Συντελεστές εκπομπής ρυπαντών από φορτηγά στην Ευρωπαϊκή Ένωση**

g/km	CO			NOx			VOC		
Είδος Φορτηγού	Είδος Δρόμου								
	A	ΕΠ	ΕΘ	A	ΕΠ	ΕΘ	A	ΕΠ	ΕΘ
> 3,5 t βενζίνη	70,0	55,0	50,0	4,50	7,50	7,50	7,00	5,50	3,50
3,5 – 16 t ντήζελ	6,00	2,90	2,90	11,8	14,4	14,4	2,60	0,80	0,80
> 16 t ντήζελ	7,30	3,70	3,10	18,2	24,1	19,8	5,80	3,00	2,40

Πηγή [266]

**Πίνακας Β.6.2.6 : Συντελεστές εκπομπής ρυπαντών από φορτηγά στην Ελλάδα**

Είδος Φορτηγού	CO (g/km)	VOC (g/km)	NOx (g/km)
> 3,5 t (βενζίνη)	-	-	-
3,5 – 16 t (ντήζελ)	7,72	2,73	6,70
> 16 t (ντήζελ)	6,19	2,68	7,43

Πηγή [266]

Σύμφωνα με μετρήσεις, τα φορτηγά ντηζελοκίνητα οχήματα άνω των 16 τόννων στην Ελλάδα καλύπτουν ετησίως κατά μέσο όρο 50000 km από τα οποία το 14 % σε αστικούς δρόμους, το 42 % σε επαρχιακούς και το 44 % σε εθνικούς δρόμους. Τα αντίστοιχα στοιχεία για τα φορτηγά ντηζελοκίνητα οχήματα 3,5 – 16 τόννων είναι 30000 km ετησίως από τα οποία το 30 % σε αστικούς, το 40 % σε επαρχιακούς και το 30 % σε εθνικούς δρόμους ενώ για τα βενζινοκίνητα φορτηγά δεν υπάρχουν στοιχεία [266].

### ➤ Ενέργεια Κατασκευής και Συντήρησης Οχημάτων

Στη κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται η ενέργεια η οποία καταναλώνεται στις εξής δραστηριότητες :

1. κατασκευή οχημάτων.

2. παραγωγή λιπαντικών και λίπανση οχημάτων,
3. κατασκευή και τοποθέτηση ελαστικών,
4. συντήρηση οχημάτων, και
5. κατασκευή ανταλλακτικών (περιλαμβανομένων των συσσωρευτών, των υλικών βαψίματος κλπ)

Υπάρχουν δύο διαφορετικές μεθοδολογίες για τον υπολογισμό των παραπάνω ενεργειακών απαιτήσεων. Η πρώτη μεθοδολογία βασίζεται στην ανάλυση των σχετικών στατιστικών στοιχείων που είναι διαθέσιμα και πραγματοποιείται χωρίζοντας τα στοιχεία αυτά σε δύο κατηγορίες : στη κατασκευή και στη συντήρηση οχήματος. Η δεύτερη μεθοδολογία βασίζεται στον λεπτομερειακό υπολογισμό της απαιτούμενης ενέργειας για κάθε αντικείμενο και δραστηριότητα ξεχωριστά. Δεδομένου, όμως, ότι η ενέργεια η οποία υπολογίζεται με το τρόπο αυτό στη συνέχεια ανάγεται ανά οχηματοχιλιόμετρο ή ανά τοννοχιλιόμετρο, η τελευταία μεθοδολογία δεν απαιτεί μεγάλη ακρίβεια.

Στον επόμενο πίνακα Β.6.2.7 παρουσιάζεται η απαιτούμενη ενέργεια κατασκευής φορτηγών διαφόρων μεγεθών με βάση τα δημοσιευμένα στοιχεία. Οι τιμές του πίνακα αυτού υπολογίσθηκαν με βάση την παραδοχή ότι τό όχημα είναι κατασκευασμένο κατά 100 % από χάλυβα. Έτσι, η συνολική ενέργεια κατασκευής κυμαίνεται μεταξύ 40 - 500 χιλιάδες MJ αναλόγως του μεγέθους του φορτηγού. Η εκτίμηση αυτή φαίνεται ότι είναι πολύ κοντά στην πραγματικότητα αφού, σύμφωνα με τους υπολογισμούς άλλων ερευνητών στις Η.Π.Α., η ενέργεια κατασκευής μηχανής και αμαξώματος ενός επιβατηγού οχήματος είναι περίπου 10 χιλιάδες MJ. Η τιμή αυτή προκύπτει από την ενεργειακή ανάλυση του συνόλου της παραγωγικής διαδικασίας εκτιμώντας τις πραγματικές απαιτήσεις ενέργειας σε κάθε στάδιο (κόψιμο μετάλλων, μορφοποίηση, συγκόλληση, συναρμολόγηση κλπ) [104].

Όπως μπορεί κανείς να παρατηρήσει από τον πίνακα Β.6.2.7, αν και ο λόγος των βαρών του μεγαλύτερου και του μικρότερου φορτηγού της λίστας είναι ίσος περίπου με 10, ο αντίστοιχος λόγος των ενεργειών κατασκευής τους ανά χιλιόμετρο είναι ίσος μόλις με 4. Επιπλέον, αν η ενέργεια κατασκευής υπολογιστεί ως ποσοστό της άμεσης κατανάλωσης καυσίμου του οχήματος, τότε όλες οι τιμές βρίσκονται μεταξύ 4,2 και 9,9 % με μία μέση τιμή ίση με 7,5 %. Έτσι, λόγω της μικρής επίδρασης του μεγέθους του οχήματος στο ποσοστό αυτό, η χρήση του για την εκτίμηση της ενέργειας κατασκευής, είναι ιδιαίτερα ελκυστική. Στην περίπτωση αυτή, και αν συνεκτιμήσει κανείς τόσο τις εθνικές στατιστικές για τη συνολική κατανάλωση καυσίμου των οχημάτων όσο και τα στοιχεία που δίνουν οι βιομηχανίες παραγωγής οχημάτων για την ενέργεια κατασκευής των οχημάτων, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η ενέργεια κατασκευής ενός οχήματος μπορεί να θεωρηθεί ίση με το 15 % της απαιτούμενης ενέργειας καυσίμου του οχήματος αυτού [142].

**Πίνακας Β.6.2.7 : Ενέργεια κατασκευής φορτηγών διαφόρων μεγεθών**

Μέγιστο Ωφέλιμο Φορτίο (ton)	Βάρος Οχήματος (ton)	Διάρκεια Ζωής Οχήματος (10 <sup>3</sup> μίλια)	Ενέργεια Κατασκευής (MJ/km)	Απαιτούμενη Ενέργεια Καυσίμου (MJ/km)	Ενέργεια Κατασκευής ως % της Ενέργειας Καυσίμου
1	0,8	75	0,33	4,97	6,6
2	1,75	90	0,60	6,34	9,4
3	2,0	90	0,69	7,53	9,2
4	2,5	90	0,86	8,69	9,9
5	2,75	90	0,95	10,54	9,0
6	3,0	150	0,68	10,54	5,9
7	3,5	150	0,72	10,54	6,8
8	3,75	150	0,78	10,54	7,4
10	4,0	210	0,59	11,99	4,9
12	4,5	210	0,67	12,45	5,4
14	5,0	240	0,65	15,38	4,2
16	6,5	240	0,84	15,56	5,4
18	8,0	240	1,04	16,20	6,4
20	10,0	240	1,29	20,41	6,3

Πηγή [142]

Σε ότι αφορά στη συντήρηση των φορτηγών, η σχετική απαιτούμενη ενέργεια έχει εκτιμηθεί ότι κυμαίνεται μεταξύ 6 και 8 % της απαιτούμενης ενέργειας καυσίμου. Στη τιμή αυτή περιλαμβάνονται τα ελαστικά και τα ανταλλακτικά όχι όμως και ο λοιπός εξοπλισμός των συνεργείων. Τα παραπάνω φαίνονται πιο αναλυτικά στον επόμενο πίνακα Β.6.2.8 ο οποίος δίνει τις ενεργειακές απαιτήσεις κατασκευής και συντήρησης για ένα φορτηγό ωφέλιμου φορτίου 20 τόννων ενώ στο πίνακα Β.6.2.9 δίνεται η συνολική ενέργεια (δηλαδή ενέργεια καυσίμου + ενέργεια κατασκευής + ενέργεια συντήρησης) για φορτηγά διαφόρων μεγεθών [105], [142].

Η περιβαλλοντική επιβάρυνση εξαιτίας των δραστηριοτήτων κατασκευής και συντήρησης των οχημάτων, εκτός από την κατανάλωση ενέργειας, εκδηλώνεται και μέσω της δημιουργίας ρύπανσης η οποία περιλαμβάνει κυρίως τα εξής [269] :

- ✧ Αέριους Ρύπους : χλωροφθοράνθρακες (CFCs), διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>), σκόνη και σωματίδια, τέφρα κλπ.
- ✧ Υδάτινους Ρύπους : BOD, COD, έλαια, χρώματα κλπ
- ✧ Στερεά Απόβλητα : χαρτί, πλαστικές ύλες, ελαστικά κλπ.



**Πίνακας Β.6.2.8 : Ενέργεια καυσίμου, συντήρησης και κατασκευής φορτηγού ωφέλιμου φορτίου 20 τόννων**

Συμμετοχή κάθε Δραστηριότητας	MJ ανά όχημα-km	MJ ανά όχημα-μίλι	%
Ενέργεια Καυσίμου	20,41	32,84	67,0
Λίπανση (0,6 % της Ενέργειας Καυσίμου)	0,12	0,20	0,4
Ελαστικά (1,5 % της Ενέργειας Καυσίμου)	0,31	0,49	1,0
Συνεργείο (32 % της Ενέργειας Καυσίμου)	6,53	10,51	21,4
Ανταλ/κά (0,2 % της Ενέργειας Καυσίμου)	0,04	0,07	0,1
Ενέργεια Κατασκευής (15 % της Ενέργειας Καυσίμου)	3,06	4,93	10,1
<i>Συνολική Απαιτούμενη Ενέργεια</i>	<i>30,47</i>	<i>49,04</i>	<i>100,0</i>

Πηγή {142}

**Πίνακας Β.6.2.9 : Απαιτούμενη ενέργεια καυσίμου, κατασκευής και συντήρησης ανά km οχήματος**

Μαx ωφ φορτίο Φορτηγού	Ηλεκτρική Ενεργ. (MJ / km)		Πετρελαϊκά Καύσιμα (MJ / km)			Λοιπά Καύσιμα (MJ / km)		Συνολ. Ενέργ. (MJ/km)
	A	B	A	B	Γ	A	B	
<b>Ενιαίο Οχημα</b>								
<1	0,40	0,12	1,37	7,20	0,01	0,08	0,52	9,70
1-2	0,44	0,14	1,61	8,34	0,01	0,11	0,66	11,31
3	0,47	0,15	1,79	9,36	0,02	0,13	0,79	12,71
4	0,51	0,16	2,00	10,31	0,02	0,15	0,91	14,06
5-8	0,56	0,18	2,31	11,87	0,02	0,18	1,10	16,22
9	0,59	0,19	2,51	12,82	0,03	0,20	1,22	17,56
10-12	0,60	0,19	2,56	13,08	0,03	0,20	1,25	17,91
13-20	0,63	0,20	2,70	13,84	0,03	0,22	1,35	18,97
<b>Αρθρωτό Οχημα</b>								
<10	0,60	0,19	2,53	12,96	0,03	0,20	1,24	17,75
10-12	0,62	0,20	2,63	13,47	0,03	0,21	1,30	18,46
13-14	0,70	0,23	3,13	15,93	0,03	0,26	1,61	21,89
15-16	0,71	0,23	3,16	16,08	0,03	0,26	1,62	22,09
17-18	0,73	0,23	3,27	16,61	0,04	0,27	1,69	22,84
18	0,85	0,27	3,96	20,16	0,05	0,35	2,13	27,77
Όπου : A = Ενέργεια Παραγωγής Καυσίμου, B = Ενεργειακό Περιεχόμενο Καυσίμου και Γ = Ενεργειακό Περιεχόμενο Πρώτων Υλών								

Πηγή {105}, {142}

➤ **Ενέργεια Κατασκευής και Συντήρησης Οδικού Δικτύου**

Η ομαλή και αποδοτική λειτουργία των οδικών εμπορευματικών μεταφορών προϋποθέτει την ύπαρξη ενός ικανοποιητικού οδικού δικτύου καθώς επίσης και μιας σειράς από άλλες ευκολίες όπως χώροι στάθμευσης, σημάσεις, φωτισμοί δρόμων κλπ. Συνεπώς, επόμενο είναι ένα ποσοστό της ενέργειας που απαιτείται για την ύπαρξη και την λειτουργία των παραπάνω να κατανέμεται στις εμπορευματικές μεταφορές. Από μετρήσεις που έχουν γίνει στη Βρετανία εκτιμήθηκε ότι η συνολική απαιτούμενη ενέργεια οδικού δικτύου είναι  $5,5 \times 10^4$  MJ. Από το ποσό αυτό το 52 % απαιτείται για τη κατασκευή και συντήρηση των δρόμων ενώ το 42 % για το φωτισμό τους. Το υπόλοιπο απαιτείται για τη κατασκευή και συντήρηση των χώρων στάθμευσης, τον καθαρισμό των δρόμων κλπ [142].

**Πίνακας Β.6.2.10 : Συνολική απαιτούμενη ανά km ενέργεια καυσίμου, κατασκευής και συντήρησης οχήματος καθώς και κατασκευής και συντήρησης οδικού δικτύου**

Μαχ ωφ φορτίο Φορτηγού	Ηλεκτρική Ενεργ. (MJ / km)		Πετρελαϊκά Καύσιμα (MJ / km)			Λοιπά Καύσιμα (MJ / km)		Συνολ. Ενεργ. (MJ/km)
	A	B	A	B	Γ	A	B	
<b>Ενιαίο Οχημα</b>								
<1	0,62	0,19	1,42	7,44	0,01	0,08	0,52	10,28
1-2	0,71	0,23	1,67	8,64	0,01	0,11	0,66	12,03
3	0,80	0,25	1,86	9,72	0,02	0,13	0,79	13,57
4	0,89	0,28	2,08	10,73	0,02	0,15	0,91	15,06
5-8	1,02	0,32	2,41	12,37	0,02	0,18	1,10	17,42
9	1,00	0,35	2,62	13,38	0,03	0,20	1,22	18,80
10-12	1,02	0,36	2,68	13,65	0,03	0,20	1,25	19,19
13-20	1,19	0,38	2,83	14,45	0,03	0,22	1,35	20,45
<b>Αρθρωτό Οχημα</b>								
<10	1,15	0,35	2,65	13,52	0,03	0,20	1,24	19,14
10-12	1,16	0,37	2,75	14,06	0,03	0,21	1,30	19,88
13-14	1,37	0,44	3,28	16,66	0,03	0,26	1,61	23,65
15-16	1,39	0,44	3,31	16,82	0,03	0,26	1,62	23,87
17-18	1,44	0,45	3,43	17,38	0,04	0,27	1,69	24,70
18	1,74	0,55	4,16	21,13	0,05	0,35	2,13	30,11
Όπου : A = Ενέργεια Παραγωγής Καυσίμου, B = Ενεργειακό Περιεχόμενο Καυσίμου και Γ = Ενεργειακό Περιεχόμενο Πρώτων Υλών.								

Πηγή [142]

Το δυσκολότερο πρόβλημα στην ενέργεια οδικού δικτύου είναι η κατανομή της ανά κατηγορία (πεζοί, οχήματα κλπ) και υποκατηγορία (φορτηγά, λεωφορεία κλπ) χρήστη. Ορισμένοι ερευνητές εκτιμούν ότι το 61,6 % της ενέργειας αυτής κατανέμεται στα οχήματα εμπορευματικών

μεταφορών, γεγονός το οποίο έχει ως αποτέλεσμα η ενέργεια οδικού δικτύου να αντιστοιχεί στο 11,4 % της απαιτούμενης ενέργειας καυσίμου ενός τέτοιου οχήματος. Με βάση τα παραπάνω (τα οποία, πάντως, αμφισβητούνται από άλλους ερευνητές) προκύπτει ο πίνακας Β.6.2.10.

### **Β.6.3. Σιδηροδρομικές, θαλάσσιες και αεροπορικές μεταφορές**

#### **➤ Σιδηροδρομικές Μεταφορές**

Αντίθετα με ότι συμβαίνει στις οδικές μεταφορές, οι εμπορευματικές σιδηροδρομικές μεταφορές σχεδόν πάντα βρίσκονται υπό τον έλεγχο κρατικών εταιρειών. Ωστόσο, η ενεργειακή απόδοση των σιδηροδρόμων συνίσταται, όπως ακριβώς και στην περίπτωση των οδικών μεταφορών, από την άμεση κατανάλωση καυσίμου των συρμών, την ενέργεια κατασκευής και συντήρησης των συρμών και την ενέργεια κατασκευής και συντήρησης του σιδηροδρομικού δικτύου. Τα διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση καυσίμου εκφράζονται συνήθως σε MJ/tonne-km (ή σπανιότερα σε MJ/tonne-mile) και εξαρτώνται, γενικά, από τους εξής τρεις παράγοντες :

- ⊙ την ταχύτητα του σιδηροδρομικού συρμού,
- ⊙ το βάρος του φορτίου που μεταφέρει και
- ⊙ το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιεί (ντήζελ, ηλεκτρική ενέργεια κλπ)

Σε ότι αφορά στη ταχύτητα, από μετρήσεις που έχουν γίνει διαπιστώθηκε ότι η σχέση της με τη κατανάλωση καυσίμου ακολουθεί γραμμική αναλογία ανεξάρτητα από το είδος του συρμού. Για παράδειγμα, η ενεργειακή απαίτηση για μια μέση ταχύτητα 48 km/hr είναι 0,045 MJ/tonne-km ενώ η αντίστοιχη απαίτηση για μια μέση ταχύτητα 113 km/hr είναι 0,08 MJ/tonne-km. Το βάρος του μεταφερόμενου φορτίου επιδρά κυρίως στην αδράνεια του συρμού η οποία, με τη σειρά της, επηρεάζει την ενεργειακή κατανάλωση κατά την εκκίνηση και την ακινητοποίηση των συρμών. Έτσι, έχει μετρηθεί ότι ένα τρένο που χρειάζεται 0,10 MJ/tonne-km για μία ενιαία διαδρομή, εάν πραγματοποιήσει δύο ενδιάμεσες στάσεις στην ίδια διαδρομή, η απαιτούμενη ενέργεια γίνεται 0,14 MJ/tonne-km. Η επίδραση, τέλος, του είδους του χρησιμοποιούμενου καυσίμου σε μια ολοκληρωμένη σιδηροδρομική μεταφορά στην οποία χρησιμοποιούνται συρμοί που κινούνται με διαφορετικά καύσιμα δεν είναι ακόμα τόσο ξεκάθαρη, παρά το γεγονός πως έχει διαφανεί ότι οι ηλεκτροκίνητοι συρμοί ίσως έχουν χειρότερη ενεργειακή απόδοση σε σχέση με τους αντίστοιχους ντηζελοκίνητους. Στους επόμενους πίνακες Β.6.3.1 και Β.6.3.2

δίνονται οι απαιτήσεις σε ενέργεια (σε MJ/tonne-km) λόγω της κατανάλωσης καυσίμου των εμπορευματικών σιδηροδρομικών συρμών γενικού και προκαθορισμένου τακτικού δρομολογίου αντιστοίχως [105].

**Πίνακας Β.6.3.1 : Συνολική απαιτούμενη ενέργεια σιδηροδρομικών συρμών γενικού δρομολογίου (σε MJ/tonne-km)**

Είδος Καυσίμου	Ενέργεια Παραγωγής Καυσίμου	Ενεργειακό Περιεχόμεν ο Καυσίμου	Ενεργειακό Περιεχόμεν ο Α' Υλών	Συνολική Απαιτούμεν η Ενέργεια
Ηλεκτρική Ενέργεια	0,49	0,16	αμελητέο	0,65
Ντίζελ	0,04	0,25	αμελητέο	0,29
Λοιπά Καύσιμα	αμελητέα	αμελητέο	αμελητέο	αμελητέα
<i>Σύνολο</i>	<i>0,53</i>	<i>0,41</i>	<i>αμελητέο</i>	<i>0,94</i>

Πηγή [105]

**Πίνακας Β.6.3.2 : Συνολική απαιτούμενη ενέργεια σιδηροδρομικών συρμών προκαθορισμένου τακτικού δρομολογίου (MJ/tonne-km)**

Είδος Καυσίμου	Ενέργεια Παραγωγής Καυσίμου	Ενεργειακό Περιεχόμεν ο Καυσίμου	Ενεργειακό Περιεχόμεν ο Α' Υλών	Συνολική Απαιτούμεν η Ενέργεια
Ηλεκτρική Ενέργεια	0,08	0,02	αμελητέο	0,10
Ντίζελ	0,10	0,48	αμελητέο	0,58
Λοιπά Καύσιμα	αμελητέα	αμελητέο	αμελητέο	αμελητέα
<i>Σύνολο</i>	<i>0,18</i>	<i>0,50</i>	<i>αμελητέο</i>	<i>0,68</i>

Πηγή [105]

Μία τυπική τιμή της απαιτούμενης ενέργειας λόγω της κατανάλωσης καυσίμου των σιδηροδρομικών συρμών ανεξαρτήτως είδους η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες της ενεργειακής ανάλυσης είναι 0,66 MJ/tonne-km ή 1,06 MJ/tonne-mile ενώ, σύμφωνα με μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, η αντίστοιχη τιμή για την ελληνική πραγματικότητα εκτιμάται σε 16 ΠΙΠ/ΧΤ δηλαδή περίπου 0,656 MJ/tonne-km [142], [273].

Οι ενεργειακές απαιτήσεις λόγω της κατασκευής και συντήρησης του σιδηροδρομικού τροχαίου υλικού είναι δύσκολο να υπολογισθούν ξεχωριστά από τις αντίστοιχες του σιδηροδρομικού δικτύου. Καθώς, όμως, και οι δύο αυτές δραστηριότητες (σιδηροδρομικό τροχαίο υλικό και δίκτυο) συνήθως πραγματοποιούνται από τις ίδιες επιχειρήσεις, μπορούν να εκτιμηθούν συνολικά. Έτσι, υπολογίστηκε ότι οι μέσες ενεργειακές απαιτήσεις του συνόλου των βοηθητικών δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη λειτουργία των σιδηροδρομικών μεταφορών ανέρχονται στο 45 % της ενέργειας που αντιστοιχεί στη κατανάλωση καυσίμου για την κίνηση των συρμών [142].

### ➤ Θαλάσσιες Μεταφορές

Η ποικιλία μεγέθους των πλοίων που εκτελούν εμπορευματικές μεταφορές είναι πολύ μεγάλη καθώς ξεκινούν από μικρά motorship των 5000 τόννων και φτάνουν σε τεράστια supertankers τα οποία ξεπερνούν τους 250000 τόννους. Έτσι, είναι επόμενο να υπάρχουν μεγάλες διαφορές στις ενεργειακές επιδόσεις και άρα στην απαιτούμενη ενέργεια μεταφοράς. Όπως και στις οδικές και σιδηροδρομικές μεταφορές, η απαιτούμενη ενέργεια αποτελείται από την σχετική με την κατανάλωση καυσίμου για την κίνηση του πλοίου και την αντίστοιχη για τις δραστηριότητες κατασκευής και συντήρησης του. Στον επόμενο πίνακα Β.6.3.3 δίνονται οι μέσες συνολικές απαιτήσεις σε ενέργεια αναλυτικά ανά είδος καυσίμου ενώ στο πίνακα Β.6.3.4 δίνεται η συνολική απαιτούμενη ενέργεια αναλόγως του μεγέθους του πλοίου.

**Πίνακας Β.6.3.3 : Μέση συνολική απαιτούμενη ενέργεια θαλασσίων μεταφορών (σε MJ/tonne-km)**

Είδος Καυσίμου	Ενέργεια Παραγωγής Καυσίμου	Ενεργειακό Περιεχόμενο Καυσίμου	Ενεργειακό Περιεχόμεν ο Α' Υλών	Συνολική Απαιτούμεν η Ενέργεια
Ηλεκτρική Ενέργεια	αμελητέα	αμελητέο	αμελητέο	αμελητέα
Ντίζελ	0,018	0,087	αμελητέο	0,105
Λοιπά Καύσιμα	αμελητέα	αμελητέο	αμελητέο	αμελητέα
<i>Σύνολο</i>	<i>0,018</i>	<i>0,087</i>	<i>αμελητέο</i>	<i>0,105</i>

Πηγή [105]

**Πίνακας Β.6.3.4 : Συνολική απαιτούμενη ενέργεια θαλασσιών μεταφορών αναλόγως του μεγέθους του πλοίου**

Μέγιστο Φορτίο Πλοίου (10 <sup>3</sup> tonne)	Απαιτούμενη Ενέργεια Καυσίμου (MJ ανά tonne-km)	Απαιτούμενη Ενέργεια Καυσίμου (MJ ανά tonne-mile)	Συνολική Απαιτούμενη Ενέργεια (MJ ανά tonne-km)	Συνολική Απαιτούμενη Ενέργεια (MJ ανά tonne-mile)
20	0,208	0,335	0,233	0,375
30	0,190	0,306	0,213	0,343
40	0,170	0,274	0,190	0,307
50	0,152	0,245	0,170	0,274
60	0,137	0,220	0,153	0,246
70	0,125	0,201	0,140	0,225
80	0,115	0,185	0,129	0,207
90	0,107	0,172	0,120	0,193
100	0,100	0,161	0,112	0,180
110	0,094	0,151	0,105	0,169
120	0,088	0,142	0,099	0,159
140	0,080	0,135	0,094	0,151
150	0,084	0,129	0,090	0,144
160	0,078	0,126	0,087	0,141
170	0,076	0,122	0,085	0,137
180	0,073	0,117	0,082	0,131
190	0,072	0,116	0,081	0,130
200	0,071	0,114	0,079	0,128
250	0,069	0,111	0,077	0,124

Πηγή [142]

Στον παραπάνω πίνακα, στη συνολική απαιτούμενη ενέργεια έχει συμπεριληφθεί και η ενέργεια κατασκευής και συντήρησης του πλοίου η οποία, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, εκτιμάται ότι είναι ίση με το 12 % περίπου της απαιτούμενης ενέργειας σε καύσιμα [142].

### ➤ *Αεροπορικές Μεταφορές*

Η απαιτούμενη ενέργεια λόγω της κατανάλωσης καυσίμου κατά τις αεροπορικές εμπορευματικές μεταφορές εξαρτάται κυρίως από την διανυόμενη απόσταση και εκτιμάται σε 8,35 - 12,53 MJ/tonne-km στις μεταφορές μεγάλων αποστάσεων, σε 16,704 MJ/tonne-km σε εκείνες μεσαίων αποστάσεων και σε 20,88 - 37,58 MJ/tonne-km στις μεταφορές μικρών αποστάσεων [271].

## ***B.7. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ – ΓΕΝΙΚΑ***

Στις μέρες μας, η κοινωνία παγκοσμίως διακρίνεται τόσο για την υπερπαραγωγή όσο και για τον υπερκαταναλωτισμό της, φαινόμενα τα οποία έχουν ως άμεσο επακόλουθο την παραγωγή και απόρριψη στο περιβάλλον τεραστίων ποσοτήτων στερεών αποβλήτων. Τα στερεά αυτά απόβλητα προέρχονται από διάφορες δραστηριότητες (οικιακές, βιομηχανικές, αγροτικές κλπ) και αποτελούνται από άχρηστα προϊόντα και αντικείμενα κάθε είδους. Οι ποσότητες αυτές των στερεών αποβλήτων, σε αντίθεση με άλλες μορφές ρύπανσης, όχι μόνο δεν μειώνονται χρόνο με τον χρόνο αλλά αντιθέτως αυξάνονται, γεγονός το οποίο συμβαίνει κυρίως στις αναπτυγμένες βιομηχανικά χώρες. Μάλιστα, σε ορισμένες από αυτές όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και η Ιαπωνία παρατηρείται επιπλέον το ανησυχητικό φαινόμενο ακόμα και αυτοί οι ρυθμοί αύξησης των στερεών αποβλήτων συνεχώς να μεγαλώνουν [281], [358].

Ως στερεά απόβλητα νοούνται όλα τα άχρηστα τα οποία δημιουργούνται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και τα ζώα, που είναι κανονικά στερεά και που απορρίπτονται ως ανεπιθύμητα. Τρεις είναι οι γενικές κατηγορίες στερεών αποβλήτων [62], [388] :

- a. τα δημοτικά απόβλητα,
- β. τα βιομηχανικά απόβλητα και
- γ. τα επικίνδυνα απόβλητα.

Γενικά, τα υλικά τα οποία συμπεριλαμβάνονται στα δημοτικά στερεά απόβλητα είναι τα εξής [62] :

- Απορρίμματα τροφών : Τα ζωικά και φυτικά υπολείμματα που προέρχονται από τη διακίνηση, τη προετοιμασία, το μαγείρεμα και την ανάλωση τροφών. Τα απόβλητα αυτά αποσυντίθενται γρήγορα.
- Σκουπίδια : Καιόμενα και μη καιόμενα στερεά απόβλητα που όμως δεν περιλαμβάνουν υπολείμματα από τροφές ή άλλα σπώμενα υλικά. Τυπικά καιόμενα στερεά απορρίμματα είναι υλικά όπως χαρτί, χαρτόνια, πλαστικά, υφάνσιμα, ελαστικά, δέρματα, ξύλο, έπιπλα κλπ, ενώ τυπικά μη καιόμενα στερεά απορρίμματα είναι υλικά όπως γυαλί, κεραμικά, μεταλλικά αντικείμενα κλπ.

- Τέφρες και υπολείμματα : Υλικά τα οποία απομένουν από την καύση του ξύλου, του άνθρακα, του κωκ κλπ.
- Απόβλητα κατεδαφίσεων και οικοδομήσεων : Μπάζα και υλικά από κατεδαφίσεις και κατασκευές κτιρίων, επισκευές αναπαλαιώσεις κλπ. Τα απόβλητα αυτά περιλαμβάνουν σκόνη, πέτρες, κομμάτια από σκυρόδεμα, τούβλα, ξυλεία, υλικά υδραυλικών, ηλεκτρολογικά υλικά κλπ.
- Ειδικά απόβλητα : Απόβλητα από τη καθαριότητα των κοινόχρηστων χώρων (δρόμοι, πλατείες κλπ), εγκαταλελειμένα αντικείμενα κλπ.
- Απόβλητα κατεργασίας αποβλήτων : Τα στερεά και ημιστερεά απόβλητα από κατεργασία νερού, λυμάτων και άλλων αποβλήτων [62].

Βιομηχανικά απόβλητα είναι εκείνα τα απόβλητα τα οποία προέρχονται από βιομηχανικές δραστηριότητες και συνήθως περιλαμβάνουν σκουπίδια, τέφρες, υλικά κατεδαφίσεων, μπάζα, ειδικά ή και επικίνδυνα απόβλητα. Ως επικίνδυνα στερεά απόβλητα χαρακτηρίζονται όσα προξενούν σοβαρό κίνδυνο είτε άμεσα είτε εντός μιας χρονικής περιόδου σε ανθρώπους, φυτά και ζώα. Συγκεκριμένα ένα απόβλητο κατατάσσεται στα επικίνδυνα εάν παρουσιάζει τουλάχιστον ένα από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά : είναι τοξικό, διαβρωτικό, αναφλέξιμο ή τείνει να αντιδρά χημικά με άλλα. Επικίνδυνα απόβλητα είναι γενικά οι ραδιενεργές ουσίες, τα χημικά, τα βιολογικά, τα εκρηκτικά και τα εύφλεκτα απόβλητα [62].

Στον πίνακα Β.7.1 που ακολουθεί δίνεται η τυπική σύνθεση των δημοτικών στερεών αποβλήτων. Η γνώση των πηγών και των τύπων των στερεών αποβλήτων, μαζί με τα στοιχεία της συνθέσεως και τους ρυθμούς παραγωγής τους, είναι βασική για την αποτελεσματική διαχείριση τους η οποία έχει ως στόχο την μετατροπή τους με φυσικούς τρόπους ή με τη χρήση τεχνικών μεθόδων σε άλλη στερεά, υγρή ή αέρια μορφή. Αυτή η τελική τους μορφή πρέπει να προξενεί τη λιγότερη δυνατή ρύπανση [62], [388].

Σήμερα προσφέρονται πολλά συστήματα επεξεργασίας των δημοτικών – οικιακών απορριμμάτων και υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός εγκαταστάσεων που λειτουργεί σε όλο τον κόσμο. Η φιλοσοφία της διαχείρισης τους, ωστόσο, διέπεται όλο και περισσότερο από την ακόλουθη ιεραρχία επιλογών [283], [382] :

- Μείωση των απορριμμάτων στη γέννηση τους.
- Επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των απορριμμάτων.
- Αποτέφρωση (καύση) των απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας.
- Κατεργασία, καταστροφή, διάθεση (κυρίως ταφή) των απορριμμάτων.



Η μείωση των απορριμμάτων στη γέννηση τους περιλαμβάνει όλες εκείνες τις τεχνικές οι οποίες στοχεύουν στην πραγματική μείωση των στερεών αποβλήτων τόσο σε ποσότητα όσο και σε επικινδυνότητα. Αυτός ο τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος των απορριμμάτων, ο οποίος όπως υποστηρίζεται πρέπει να αποτελεί την πρώτη επιλογή εφόσον βέβαια κάτι τέτοιο είναι εφικτό, επιτυγχάνεται με μεθόδους όπως η αναθεώρηση των λειτουργικών πρακτικών και η κατάλληλη μετατροπή και τροποποίηση προϊόντων και διεργασιών (αλλαγές στις πρώτες ύλες, τον εξοπλισμό, την τεχνολογία κλπ) [283].

**Πίνακας Β.7.1 : Τυπική σύνθεση δημοτικών απορριμμάτων**

Συστατικά Δημοτικών Απορριμμάτων	Διακύμανση (% κατά βάρος)
Απορρίμματα τροφών	6 - 26
Διαφορα οργανικά	0 - 5
Χαρτιά	15 - 45
Χαρτόνια	3 - 15
Πλαστικά	2 - 8
Ελαστικά	0 - 2
Υφάνσιμα	0 - 4
Απορρίμματα κήπων	0 - 20
Ξύλα	1 - 4
Γυαλιά	4 - 16
Κονσερβοκούτια	2 - 8
Σιδηρούχα μέταλλα	1 - 4
Μη σιδηρούχα μέταλλα	0 - 1
Σκόνη, τέφρες, τούβλα κλπ	0 - 10

Πηγή [62]

Η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των απορριμμάτων αποτελεί την επόμενη κατά σειρά προτίμησης επιλογή διαχείρισης. Η επιτυχία και άρα η βιωσιμότητα της επιλογής αυτής εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις οικονομικές και άλλες παραμέτρους της μεθόδου οι οποίες είναι η ύπαρξη κατάλληλης αγοράς για την επικερδή διάθεση των υλικών που προκύπτουν από την ανακύκλωση, ο ορθός σχεδιασμός του συστήματος (συλλογή, μεταφορά, διαλογή και επεξεργασία των απορριμμάτων), η ποιότητα των ανακυκλούμενων υλικών κλπ. Επίσης, η χρήση ενέργειας και πρώτων υλών καθώς και η δημιουργία ρύπανσης κάθε είδους κατά τη φάση της ανακύκλωσης, αποτελούν παράγοντες που έχουν αρχίσει πλέον να συνδέονται με την αξιολόγηση αυτής της επιλογής διαχείρισης απορριμμάτων [382], [387].

Η τεχνική της αποτέφρωσης (καύσης) των απορριμμάτων είναι αρκετά παλαιά, τα τελευταία χρόνια όμως έχει βελτιωθεί σημαντικά. Η αποτέφρωση χωρίς ανάκτηση ενέργειας δεν είναι περιβαλλοντικά

αποδεκτή καθώς τα απόβλητα απλώς καταστρέφονται χωρίς παράλληλα να πραγματοποιείται ανάκτηση οποιασδήποτε μορφής. Αντιθέτως, η καύση των απορριμμάτων η οποία συνοδεύεται από παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί μία αποτελεσματική εναλλακτική επιλογή η οποία, ωστόσο, για να είναι οικονομικά αποδεκτή προϋποθέτει μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων και συνεπώς εφαρμόζεται σε μεγάλα αστικά κέντρα. Αυτό συμβαίνει διότι η πραγματοποίηση της μεθόδου αυτής απαιτεί υψηλές επενδύσεις κεφαλαίων καθώς, εκτός των άλλων, απαιτείται ιδιαίτερα ακριβός εξοπλισμός προκειμένου τα απαέρια και οι άλλοι ρύποι που προκύπτουν από την καύση να είναι σύμφωνα με τις διάφορες σχετικές προδιαγραφές και κανονισμούς που έχουν θεσπισθεί [382].

Η επόμενη επιλογή διαχείρισης των στερεών αποβλήτων είναι η κατεργασία και εναπόθεση τους. Η σημαντικότερη μέθοδος εναπόθεσης είναι η ταφή η οποία χρησιμοποιείται σε ευρύτατη κλίμακα παγκοσμίως αν και η υλοποίηση της, ιδίως όταν ακολουθούνται πλήρως οι διάφορες προδιαγραφές που έχουν τεθεί για την ορθή λειτουργία της, έχει κάποιο κόστος. Επιπλέον, ήδη έχουν αρχίσει να παρουσιάζονται σημαντικά προβλήματα λόγω του κορεσμού των υπαρχόντων χώρων ταφής και της δυσκολίας εξεύρεσης νέων κατάλληλων για τη χρήση αυτή [382], [387].

Παρά το γεγονός ότι η ιεράρχηση των επιλογών που αναφέρθηκε παραπάνω είναι σχεδόν καθολικά αποδεκτή, στην πράξη δεν έχει ακόμα επικρατήσει παρά σε μικρό μόνο βαθμό. Έτσι, για παράδειγμα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση τα τρία τέταρτα των δημοτικών απορριμμάτων είτε καταληγούν σε χώρους υγειονομικής (ή μη) ταφής (63 %), είτε αποτεφρώνονται χωρίς όμως ταυτόχρονα να ανακτάται οποιασδήποτε μορφής ενέργεια (4 %), είτε απορρίπτονται χωρίς έλεγχο σε χώρους οι οποίοι δεν είναι κατάλληλοι για το σκοπό αυτό προκαλώντας έτσι πολλά προβλήματα στη δημόσια υγεία (8 %) [288].

Το γεγονός ότι η πραγματική κατάσταση δεν έχει ακόμα προσαρμοστεί με τα όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω οφείλεται ίσως στο ότι οι σχετικές νομοθετικές ρυθμίσεις οι οποίες οδηγούν προς αυτή την κατεύθυνση είναι ακόμα αρκετά πρόσφατες. Όμως, τα νομοθετικά μέτρα από μόνα τους συχνά δεν είναι αρκετά για να αλλάξουν τη συμπεριφορά προσώπων και φορέων. Σε αυτή τη περίπτωση χρειάζεται να συνδυαστούν και με κατάλληλα οικονομικά μέτρα από τα οποία θα αναδειχθούν κίνητρα και μηχανισμοί τέτοιοι οι οποίοι θα οδηγήσουν ταχύτερα προς τη σωστή κατεύθυνση [456], [459].

Πέρα από την παραπάνω γενική κατευθυντήρια ιεράρχηση και δεδομένου ότι κάθε φορά ισχύουν συγκεκριμένοι περιορισμοί, η αξιολόγηση και επιλογή της καλύτερης ανά περίπτωση μεθόδου διαχείρισης των στερεών αποβλήτων δεν είναι απλή υπόθεση. Για την επιλογή αυτή δεν αρκεί μόνο μια απλή οικονομική σύγκριση αλλά απαιτούνται μέθοδοι που θα λάβουν υπόψη τους και άλλες παραμέτρους. Η διάθεση των απορριμμάτων πρέπει να θεωρηθεί ως ένα πολιτικό, οικολογικό,

οικονομικό και τεχνολογικό πρόβλημα για τη λύση του οποίου χρειάζεται ανάλυση όλων των εναλλακτικών προτάσεων βάσει αντικειμενικής και αποτελεσματικής μεθοδολογίας. Μία τέτοια μεθοδολογία είναι και η ανάλυση κύκλου ζωής η οποία ήδη χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό. Μάλιστα, μερικά από τα πρώτα αποτελέσματα που έχει δώσει σχετικά έρχονται σε αντίθεση με το επικρατούν δόγμα για τη προστασία του περιβάλλοντος, το γεγονός όμως αυτό αποδεικνύει ότι ορισμένες από τις απόψεις της κοινής γνώμης για το περιβάλλον ίσως είναι ως ένα βαθμό δογματικές και αυθαίρετες και άρα η χρήση της ανάλυσης του κύκλου ζωής των διαφόρων προϊόντων είναι ακόμη περισσότερο απαραίτητη [289], [296].

## ***B.8. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ***

Κάθε προϊόν, στο τέλος της ζωής του και όταν πάψει να είναι χρήσιμο για τον χρήστη του, μετατρέπεται σε απόρριμμα το οποίο επιβαρύνει το περιβάλλον με διάφορους τρόπους. Συνεπώς, το στάδιο αυτό μιας ανάλυσης κύκλου ζωής, αν και το τελευταίο στη σειρά, είναι ιδιαίτερα σημαντικό και τούτο διότι αφενός περιλαμβάνει δραστηριότητες οι οποίες ευθύνονται για ένα σημαντικό ποσοστό της ρύπανσης στις μέρες μας, και αφετέρου επειδή περιλαμβάνεται στο κύκλο ζωής σχεδόν κάθε προϊόντος και συσκευασίας.

Εκτός, όμως, από τα απορρίμματα τα οποία δημιουργούνται από τον τελικό καταναλωτή με την απόρριψη ενός προϊόντος (postconsumer waste), στερεά απόβλητα δημιουργούνται και κατά τη διάρκεια παραγωγής του προϊόντος αυτού, καθώς επίσης και κατά την παραγωγή των πρώτων και βοηθητικών υλών του όπως και της απαιτούμενης ενέργειας. Τόσο αυτά τα στερεά απόβλητα και η διαχείρισή τους όσο και η κατεργασία των καταλοίπων από την διαχείριση των απορριμμάτων, υπεισέρχονται στην ανάλυση κύκλου ζωής των προϊόντων και προτείνεται να συμπεριλαμβάνονται σε αυτήν. Ωστόσο, κάτι τέτοιο συνήθως είτε παραλείπεται είτε πραγματοποιείται μερικώς καθώς τις περισσότερες φορές είναι εξαιρετικά δύσκολη τόσο η συλλογή σχετικών στοιχείων όσο και ο αντικειμενικός επιμερισμός τους ανά προϊόν. Επίσης, στην ανάλυση κύκλου ζωής περιλαμβάνονται και οι δραστηριότητες της συλλογής των διάφορων υλικών που απορρίπτονται και της μεταφοράς τους προς τα κάθε είδους συστήματα διαχείρισής τους.

Έτσι, από όλες αυτές τις δραστηριότητες που αναφέρθηκαν παραπάνω, καταγράφονται οι διάφορες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις (κατανάλωση ενέργειας, πρώτων υλών, νερού, αποδέσμευση κάθε είδους ρύπου κλπ) και στη συνέχεια αθροίζονται με τα αντίστοιχα στοιχεία τα οποία προέκυψαν από τα προηγούμενα στάδια της ζωής του προϊόντος [80].

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν περιληπτικά οι σημαντικότερες μέθοδοι διαχείρισης των στερεών αποβλήτων.

### B.8.1 Ταφή

Η *ταφή* (ή πληρέστερα *υγειονομική ταφή*) είναι η πιο απλή μέθοδος διάθεσης των στερεών αποβλήτων. Με τη μέθοδο αυτή, τα απορρίμματα διαστρώνονται και συμπιέζονται σε διαδοχικές οριζόντιες μικρές στρώσεις μέχρι συνολικού πάχους 2,5 έως 3,0 μέτρων. Κάθε στρώση καλύπτεται από κατάλληλο αδρανές υλικό (χώμα, άμμος κλπ) τουλάχιστον 20 εκατοστών. Αυτή η επικάλυψη έχει ως στόχο τον περιορισμό της δυσοσμίας, των εντόμων και της εισβολής τρωκτικών στο χώρο διάθεσης καθώς και την προστασία από την αυτανάφλεξη των απορριμμάτων. Μάλιστα, κάθε καινούρια στρώση συνιστάται να μην εναποτίθεται παρά μόνο αφού η θερμοκρασία της προηγούμενης στρώσης έχει κατέβει στη θερμοκρασία του εδάφους, δηλαδή πρακτικά μετά από διάστημα έξι μηνών περίπου [388].

Απαραίτητη προϋπόθεση στην υγειονομική ταφή είναι, επίσης, και η καταλληλότητα του χώρου από υδρογεωλογικής άποψης. Στη διάρκεια της λειτουργίας του χώρου πρέπει να γίνεται έλεγχος των στραγγισμάτων που προκύπτουν από την αποσύνθεση των απορριμμάτων και από τη διείσδυση στη μάζα τους των νερών της βροχής, για να μην ρυπαίνονται τα υπόγεια ύδατα. Εξάλλου, επιβάρυνση του περιβάλλοντος κατά τη λειτουργία ενός χώρου υγειονομικής ταφής προκύπτει και εξαιτίας των αερίων που αποδεσμεύονται κατά την αποσύνθεση των απορριμμάτων. Στο τέλος της εκμετάλλευσης ενός τέτοιου χώρου πρέπει να τοποθετείται μία αργιλική στρώση και μετά στρώμα χώματος κατάλληλο για δενδροφύτευση ώστε να αποκαθίσταται τελικά το τοπίο [374].

Η σύνθεση των απορριμμάτων που καταλήγουν σε χώρους ταφής ακολουθούν, κατά προσέγγιση, την αντίστοιχη των δημοτικών απορριμμάτων. Έτσι, ένας τυπικός χώρος υγειονομικής ταφής γενικά απαρτίζεται από [284] :

- ο Χαρτιά (50 % κατ' όγκο) : εφημερίδες και περιοδικά, χάρτινα υλικά συσκευασίας, τηλεφωνικούς και άλλους καταλόγους κλπ.
- ο Πλαστικά (10 %) : κυρίως είδη συσκευασίας (φιάλες, σακούλες κλπ).
- ο Μέταλλα (6 %) : είδη συσκευασίας (αλουμινένια και λευκοσιδηρά κουτιά αναψυκτικών και μπίρας, κονσερβοκούτια κλπ).
- ο Γυαλιά (1 %) : γυάλινες φιάλες, βάζα καλλυντικών, φαρμάκων κλπ.
- ο Οργανικά (13 %) : ξύλο, υπόλοιπα τροφών και κήπων κλπ.
- ο Διάφορα (20 %) : υφάσματα, ελαστικά, οικοδομικά υλικά κλπ.

Η υγειονομική ταφή, όπως φαίνεται και στον επόμενο πίνακα Β.8.1.1, είναι η κυριότερη μέθοδος διάθεσης των απορριμμάτων.

**Πίνακας Β.8.1.1 : Χρήση υγειονομικής ταφής στη Δυτική Ευρώπη**

Χώρα	Ποσοστό (%)
Γερμανία (πρώην Δυτική)	70
Βέλγιο	65
Δανία	44-51
Γαλλία	54
Ιρλανδία	100
Ιταλία	53
Λουξεμβούργο	24
Ολλανδία	69
Βρετανία	91

Πηγή {337}, {374}, {388}

Καθοριστική για τη σωστή λειτουργία ενός χώρου ταφής αποτελούν τα παρακάτω :

- ✧ Η επιλογή του χώρου
- ✧ Ο σχεδιασμός και οργάνωση του χώρου
- ✧ Η παρακολούθηση της λειτουργίας του

Στην επιλογή του χώρου οι παράγοντες οι οποίοι θα πρέπει να εκτιμηθούν περιλαμβάνουν τα εξής : την επάρκεια όγκου και επιφάνειας του χώρου διάθεσης, την απόσταση του από τις εξυπηρετούμενες περιοχές και την απόκρυψη του, τη γεωλογία και τοπογραφία της περιοχής, τη διαθεσιμότητα υλικού επικάλυψης, την κλιματολογία, την υδρολογία, και την υδρογεωλογία της περιοχής για τους λόγους που αναφέρθηκαν προηγουμένως, τη χωροταξική συμβατότητα με άλλες χρήσεις, το ιδιοκτησιακό καθεστώς καθώς και την τελική χρήση του χώρου {426}, {544}.

Το απαιτούμενο μέγεθος ενός χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων είναι περίπου 20 στρέμματα προκειμένου να εξυπηρετηθεί μία πόλη των 20 χιλιάδων κατοίκων για 10 χρόνια ενώ για μία πόλη των 70 χιλιάδων κατοίκων είναι 70 στρέμματα. Ωστόσο, η εξεύρεση χώρου με τα παραπάνω χαρακτηριστικά δεν είναι πάντα εύκολη γεγονός το οποίο αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της μεθόδου {374}, {388}.

Κατά το σχεδιασμό και οργάνωση του χώρου, απαραίτητη είναι η κατασκευή έργων υποδομής. Σε αυτά περιλαμβάνονται : έργα

διαμόρφωσης του χώρου και οδοποιίας, στεγανοποίηση της βάσης εφόσον κάτι τέτοιο κρίνεται απαραίτητο, κατασκευή υδραυλικού δικτύου για τη συλλογή των διασταλλαζόντων, και περιφερειακών τάφρων για τη προστασία του χώρου από όμβρια νερά, εγκατάσταση συστήματος για τη συλλογή του βιοαερίου όπου απαιτείται ανάλογα με το μέγεθος του χώρου, περίφραξη, κτιριακός εξοπλισμός. Επίσης απαραίτητος είναι μηχανολογικός εξοπλισμός, όπως γεφυροπλάστιγγες, τρακτέρ, φορτωτές, προωθητήρες, συμπιεστές, υδροφόρα οχήματα, αντλίες κλπ η χρησιμοποίηση των οποίων, όπως φαίνεται και στον πίνακα Β.8.1.2, εξαρτάται από τη δυναμικότητα του χώρου. Τέλος απαραίτητη είναι η ύπαρξη σχεδίου λειτουργίας που περιλαμβάνει το πρόγραμμα πλήρωσης του χώρου, την εξασφάλιση υλικού επικάλυψης, το πρόγραμμα λειτουργίας, τον κανονισμό υγιεινής και ασφάλειας για το προσωπικό και όλα τα αναγκαία μέτρα για την περιοδική και τελική αποκατάσταση του χώρου [426].

**Πίνακας Β.8.1.2 : Μηχανικός εξοπλισμός και απαιτούμενο προσωπικό για την υγειονομική ταφή**

<b>Κάτοικοι</b>					
10 - 20 χιλιάδες	21 - 50 χιλιάδες	51 - 100 χιλιάδες	101 - 150 χιλιάδες	151 - 200 χιλιάδες	201 - 250 χιλιάδες
<b>Μηχανολογικός Εξοπλισμός</b>					
- 1 τρακτέρ με κάδο - 1 αντλία στραγγισμ.	- 1 φορτωτής με βραχίονα - 1 αντλία - 1 βυτίο καυσίμων	- 1 φορτωτής - 1 ερπιστρ. φορτωτής - 1 αντλία - 1 βυτίο - 1 τροχόσπ.	- 1 φορτωτής - 1 ερπ. φορτ. - 1 αντλία - 1 ανατρ. φορτηγό - 1 τροχόσπ.	- 1 φορτωτής - 2 βυτία - 1 αντλία - 1 αν.φορτ. - 1 τροχόσπ. - 1 γεφυροπλ. - 1 προωθητ.	- 1 φορτωτής - 2 βυτία - 1 αντλία - 1 αν.φορτ. - 1 τροχόσπ. - 1 γεφυροπλ. - 1 προωθητ.
<b>Απαιτούμενο Προσωπικό</b>					
- 1 χειριστής για δυο ημερ. την εβδομ.	- 1 χειριστής	- 2 χειριστές	- 2 χειριστές - 1 επιστάτης	- 2 χειριστές - 1 οδηγός - 1 ζυγ.φύλακ. - 1 εργάτης	- 2 χειριστές - 1 οδηγός - 1 εργοδηγός - 1 ζυγ.φύλακ. - 1 εργάτης

Πηγή [374]

Η λειτουργία του χώρου είναι απαραίτητο να παρακολουθείται προκειμένου να αποφεύγονται πιθανές διαρροές διασταλλαζόντων υγρών

και βιοαερίου και να ελέγχονται οι καθιζήσεις (π.χ. χρειάζεται τακτική ανάλυση των δειγμάτων από γεωτρήσεις στη γύρω περιοχή, των οσμών, των επιπτώσεων στο περιβάλλον τοπίο κλπ) [426].

Η τεχνική της υγειονομικής ταφής είναι σχετικά απλή. Μια πολύ συνηθισμένη και ευνοϊκή εδαφολογική μορφή του χώρου ταφής των απορριμμάτων είναι αυτή της *πλατειάς μισγάγγειας* που διαμορφώνεται από την πλαγιά κάποιου εδαφικού όγκου (βουνό, λόφος) και τις εκατέρωθεν πλαγιές δύο γειτονικών αντερεισμάτων. Συνήθως η εδαφική λεκάνη που διαμορφώνεται έτσι είναι ανοικτή κατά το 1/3 έως 1/4 της περιμέτρου της. Κατά κανόνα η κατά μήκος κλίση της εδαφικής λεκάνης (κλίση μισγάγγειας) είναι σημαντική. Στην περίπτωση αυτή, η ταφή των απορριμμάτων πρέπει να αρχίσει από τη χαμηλότερη πλευρά της λεκάνης και να συνεχίζει προς το εσωτερικό της δημιουργώντας διάφορα *ταμπάνια* (στρώσεις). Το πλάτος του κάθε ταμπανιού δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 50 μέτρα, και το ύψος του τα 2,5 μέτρα. Το υλικό επικάλυψης των ταμπανιών πρέπει να έχει πάχος τουλάχιστον 0,2 μέτρα ενώ το αντίστοιχο της επικάλυψης των μετωπικών πρανών τουλάχιστον 0,6 μέτρα. Η κλίση του μετώπου εργασίας πρέπει να είναι μικρή και να μην υπερβαίνει το 1/3. Ως υλικό επικάλυψης χρησιμοποιείται το υλικό (χώμα, άμμος κλπ) που θα βγει από τη διαμόρφωση του χώρου διάθεσης, καθώς και υλικό από εκσκαφές στη γύρω περιοχή ή μπάζα.

Η εγκάρσια ρύση της επιφάνειας του κάθε ταμπανιού πρέπει να δίνεται προς τα ανάντι (δηλαδή προς το λόφο) έτσι ώστε :

- τα νερά της βροχής να μην κυλούν προς το μετωπικό πρανές και να μην εισδύουν στα απορρίμματα

- όταν το ταμπάνι πάρει τις πιο σημαντικές καθιζήσεις (μέσα σε 15 ημέρες περίπου), η επιφάνεια του να παραμείνει περίπου οριζόντια με μικρή ρύση προς τα ανάντι.

Επίσης, πρέπει να δίνεται μία κατά μήκος ρύση της επιφάνειας του ταμπανιού προς το πλευρικό δρόμο προσπέλασης, απ' όπου θα απάγονται τα νερά με τη βοήθεια μικρής τάφρου.

Η πιο πάνω διάταξη των εργασιών, πέραν του ότι είναι λειτουργική για τη δεδομένη μορφολογία του χώρου, προσφέρεται επίσης για την εύκολη εκμετάλλευση των γαιωδών υλικών, που έχει επιφανειακά ο χώρος, ως υλικών επικάλυψης, με αποτέλεσμα να επιμηκύνεται και ο χρόνος λειτουργίας του. Εννοείται πως η διάταξη των διαδοχικών στρώσεων των απορριμμάτων καθώς και το εσωτερικό δίκτυο κυκλοφορίας των απορριμματοφόρων (συνήθως χρειάζεται μια βαθμίδα πλάτους 6 μέτρων περίπου για τους ελιγμούς) πρέπει από την αρχή να προβλεφθούν σε τοπογραφικό διάγραμμα του χώρου [374].

Η χρήση της υγειονομικής ταφής για τη διάθεση των απορριμμάτων συνοδεύεται, όπως είναι φυσικό, από επιπτώσεις στο περιβάλλον. Από



αυτές η σημαντικότερη, με την έννοια ότι έχει προκαλέσει την άμεση αντίδραση της κοινής γνώμης, είναι η υποβάθμιση της περιοχής στην οποία πραγματοποιείται. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια να γίνεται, τόσο στην Ευρώπη όσο και στη Βόρειο Αμερική, όλο και πιο δύσκολη η εξεύρεση νέων χώρων για τέτοιο σκοπό και τελικά, σε συνδυασμό και με άλλους παράγοντες, σε πολλές χώρες όπως στη Γαλλία η χρήση της υγειονομικής ταφής με την πάροδο του χρόνου φθίνει και αντικαθίσταται από εναλλακτικές μεθόδους διάθεσης των απορριμμάτων (συνήθως καύση) [337], [406].

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα εξαιτίας των επιπτώσεων στη ποιότητα των υδάτων είναι αυτά τα οποία αναφέρθηκαν προηγουμένως. Σε πολλές περιπτώσεις πάντως, τα προβλήματα αυτά αναμένεται να είναι ιδιαίτερα οξυμένα εξαιτίας του γεγονότος ότι πολύ συχνά ο όγκος των απορριμμάτων που καταλήγει σε ένα συγκεκριμένο χώρο ταφής (χωματερή) είναι πολύ μεγαλύτερος από αυτόν για τον οποίο είχε αρχικά σχεδιαστεί να δεχτεί και συνεπώς έχει την κατάλληλη υποδομή. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα εξαιτίας των επιπτώσεων στον αέρα δεν είναι συνήθως άμεσης προτεραιότητας στην περίπτωση της υγειονομικής ταφής, χωρίς βέβαια κάτι τέτοιο να σημαίνει ότι είναι αμελητέα. Έτσι, παρά το γεγονός ότι γίνεται προσπάθεια ώστε τα επικίνδυνα στερεά απόβλητα να μην καταλήγουν στις χωματερές, αυτό συχνά δεν συμβαίνει με αποτέλεσμα οι περισσότερες από αυτές να περιέχουν ποσότητες χλωριομένων διαλυτών και λοιπών πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC). Καθώς εξελίσσεται η αποσύνθεση των απορριμμάτων οι πτητικές αυτές ενώσεις διαχέονται στο έδαφος. Μάλιστα, η αποδέσμευση τους αυτή συνήθως επιταχύνεται και από τη μαζική παραγωγή αερίου μεθανίου το οποίο συναντάται σχεδόν σε κάθε χώρο υγειονομικής ταφής με αποτέλεσμα τελικά μεγάλες ποσότητες μεθανίου να αποδεσμεύονται στον αέρα παρασύροντας μαζί τους επικίνδυνα VOC όπως για παράδειγμα βινυλοχλωρίδια.

Ένας τρόπος περιορισμού και ελέγχου των ανεπιθύμητων ενώσεων που αποδεσμεύονται μολύνοντας αέρα και ύδατα είναι η τοποθέτηση κατάλληλου προστατευτικού καλύματος το οποίο δεν θα είναι διαπερατό δυσκολεύοντας τόσο το νερό από τη βροχή και το χιόνι να εισχωρήσει στη χωματερή, όσο και τα αέρια να αποδεσμεύονται ανεξέλεγκτα στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο, η τεχνική αυτή η οποία εφαρμόζεται σε σημεία και χώρους ταφής οι οποίοι έπαψαν να λειτουργούν, δεν αποτελεί πανάκεια παρά μόνο είναι το πρώτο βήμα στον έλεγχο των σχετικών περιβαλλοντικών προβλημάτων [406].

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της υγειονομικής ταφής είναι τα ακόλουθα :

#### *Πλεονεκτήματα Υγειονομικής Ταφής*

- Εύκολη η απαλλαγή των υπηρεσιών περισυλλογής από τα απορρίμματα.

- Χαμηλό το κόστος απόθεσης/απαλλαγής, εφόσον υπάρχουν χώροι απόθεσης.
- Μεγάλη ευελιξία ως προς την αύξηση της ποσότητας και την αλλαγή σύστασης των απορριμμάτων.
- Απλή τεχνική.

#### *Μειονεκτήματα Υγειονομικής Ταφής*

- Δυσκολία εξεύρεσης κατάλληλων χώρων.
- Ανάγκη ικανών ποσοτήτων υλικών επικάλυψης.
- Ο μεγάλος όγκος των απορριμμάτων οδηγεί σε ταχεία πλήρωση των χώρων ταφής.
- Η γενική απόθεση δεν προφυλάσσει από τις τοξικές ουσίες.
- Δυσάρεστες οσμές από υδρόθειο που προκαλούνται από τη σήψη των οργανικών ουσιών.
- Πιθανότητα μόλυνσης των υπογείων υδάτων και έκλυσης βιοαερίου το οποίο μπορεί να προκαλέσει πυρκαϊές [374], [406].

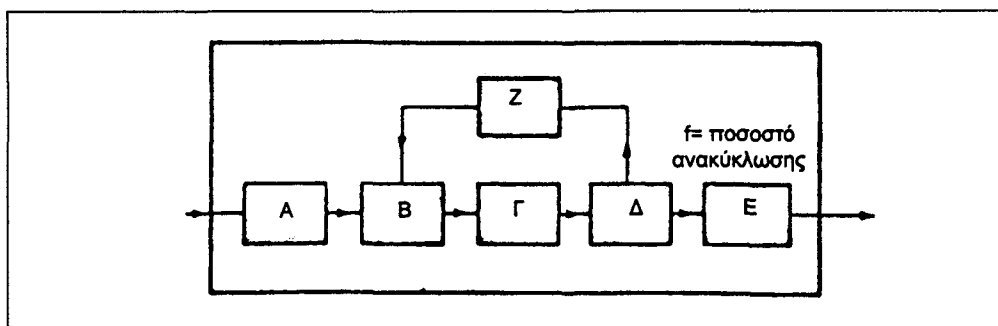
### **B.8.2. Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση**

Η *ανακύκλωση* (ή ορθότερα *ανακύκλιση* όρος ο οποίος δηλώνει *συνεχή επανάληψη* [416]) αποτελεί τη δημοφιλέστερη, ίσως, απάντηση των ανεπτυγμένων κοινωνιών κατά του ολοένα και περισσότερο διογκούμενου προβλήματος των στερεών αποβλήτων. Ο λόγος για τον οποίο η μέθοδος αυτή παρουσιάζεται τόσο ελκυστική είναι διότι, τις περισσότερες φορές που εφαρμόζεται, επιτυγχάνεται μείωση των απορριμμάτων με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας και πρώτων ή άλλων υλών. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι να θεωρείται η ανακύκλωση στις μέρες μας ως ένας από τους σημαντικότερους τρόπους διαχείρισης των απορριμμάτων και έτσι να συμπεριλαμβάνεται στις αντίστοιχες επίσημες πολιτικές και στρατηγικές των περισσότερων χωρών [343], [400]. Βέβαια, το τελευταίο κυρίως διάστημα, έχουν αρχίσει να πυκνώνουν οι αντιρρήσεις σχετικά με το κατά πόσον η ανακύκλωση αποτελεί πανάκεια, αμφισβητώντας έτσι την αντίληψη ότι η μέθοδος αυτή είναι επιτυχής σε κάθε περίπτωση και κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες. Άλλωστε, δεν λείπουν και οι περιπτώσεις ανακύκλωσης όπως αυτή του γερμανικού φορέα Duales System Deutschland – DSD, όπου ο ελλιπής σχεδιασμός και η

κακή εκτίμηση της κατάστασης είχε ως συνέπεια τη δημιουργία προβλημάτων [328], [397].

Σύμφωνα με τη θεωρία, ανακύκλωση είναι η διαδικασία κατά την οποία η εκροή από ένα στάδιο στην αλυσίδα κάποιας διεργασίας, οδηγείται και εισρέει σε κάποιο προηγούμενο στάδιο της ίδιας αλυσίδας. Στη πράξη, η διαδικασία αυτή εμφανίζεται με διάφορες μορφές και κατ'επέκταση με αντίστοιχα ονόματα : όταν πρόκειται για βιομηχανικά αποκόμματα τα οποία ανακυκλώνονται εντός του εργοστασίου χρησιμοποιείται ο γενικός όρος *ανακύκλωση*, ενώ όταν ένα προϊόν χρησιμοποιείται επαναληπτικά, όπως για παράδειγμα μία επιστρεφόμενη και επαναπληρούμενη φιάλη, τότε χρησιμοποιείται ο όρος *επαναχρησιμοποίηση*. Στην περίπτωση κατά την οποία τα υλικά που ανακυκλώνονται είναι άχρηστα βιομηχανικά στερεά απόβλητα ή οικιακά απορρίμματα τα οποία, όμως, περιέχουν ορισμένα χρήσιμα συστατικά, τότε η διαδικασία διαχωρισμού και συλλογής τους ονομάζεται *ανάκτηση*. Πάντως, παρά τις όποιες διαφορές στην ορολογία, σε κάθε περίπτωση ανακύκλωσης εμφανίζεται ένας βρόχος ανάδρασης απλοποιημένη μορφή του οποίου εικονίζεται στο διάγραμμα Β.8.2.1 [142].

Τα παραπάνω παρουσιάζονται σχηματικά στο διάγραμμα Β.8.2.2 όπου ικανοποιείται η αρχή διατήρησης της μάζας σύμφωνα με την οποία οι εισροές πρέπει να είναι ίσες με τις εκροές [62].

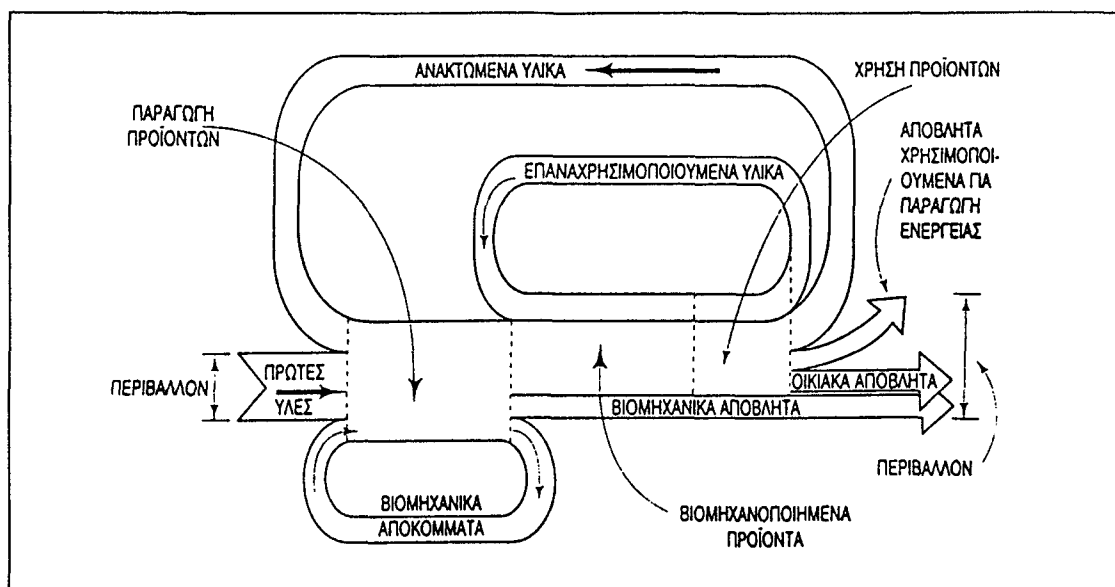


**Διάγραμμα Β.8.2.1 : Η αρχή της ανακύκλωσης**

Η ανακύκλωση χαρακτηρίζεται επίσης ως *πρωτογενής (primary recycling)* και *δευτερογενής (secondary recycling)*. Η πρώτη περίπτωση περιλαμβάνει την ανακύκλωση υλικών τα οποία προκύπτουν από την παραγωγική δραστηριότητα (αποκόμματα, σκάρτα προϊόντα κλπ) και τα οποία ανακυκλώνονται είτε στην ίδια μονάδα είτε σε άλλες ομοειδείς, ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει τα απορρίμματα τα οποία προέρχονται από την κατανάλωση. Η δεύτερη αυτή περίπτωση είναι πιο σημαντική από την άποψη της διαχειριζόμενης ποσότητας όμως και οι δυσκολίες οι οποίες παρουσιάζονται είναι περισσότερες [426].

Εκτός από τις παραπάνω διαδεδομένες μορφές της ανακύκλωσης, υπάρχει και η *χημική ανακύκλωση*. Η ιδέα της χημικής ανακύκλωσης είναι η μερική ή ολική αποικοδόμηση των μορίων ενός υλικού, όπως για παράδειγμα των μορίων απορριμμάτων από πλαστικό, σε πιο απλά χημικά

μόρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν πρώτη ύλη σε άλλες διεργασίες. Η μέθοδος αυτή δεν έχει βρει ακόμα αξιόλογες εφαρμογές στη πράξη λόγω κυρίως του μεγάλου κόστους της συγκριτικά με εναλλακτικές λύσεις, εντούτοις πολλοί πιστεύουν ότι με την εκτεταμένη έρευνα που είναι σε εξέλιξη, τη συνεχή βελτίωση της σχετικής τεχνολογίας αλλά και τη γενίκευση της εφαρμογής ορισμένων από τις επιτυχημένες τεχνολογίες, το κόστος θα πέσει ραγδαία και θα είναι η πιο αποτελεσματική μορφή ανακύκλωσης [405], [434].



**Διάγραμμα Β.8.2.2 : Ροή υλικών στη τεχνολογική κοινωνία**

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της παραγράφου, τα κύρια πλεονεκτήματα της ανακύκλωσης τα οποία συντελούν στο να είναι η μέθοδος αυτή ελκυστική είναι η μείωση του όγκου των απορριμμάτων με ταυτόχρονη εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας. Η μείωση του όγκου των απορριμμάτων επιτυγχάνεται καθώς ένα μέρος του βάρους των δημοτικών απορριμμάτων και λοιπών στερεών αποβλήτων δεν καταλήγει στους παραδοσιακούς χώρους διάθεσης των απορριμμάτων (χωματερές, χώροι υγιεινής ταφής, μονάδες αποτέφρωσης απορριμμάτων κλπ) αλλά διαχωρίζεται, απομακρύνεται από τα υπόλοιπα απορρίμματα και ανακυκλώνεται. Έμμεσο επακόλουθο του γεγονότος αυτού είναι ο περιορισμός των αποσυντιθεμένων στο έδαφος υλικών, η εξοικονόμηση πρώτων υλών και ο αποτελεσματικός διαχωρισμός των επικίνδυνων αποβλήτων ή συστατικών αυτών. Η εξοικονόμηση ενέργειας πραγματοποιείται διότι, σχεδόν πάντοτε, η απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή ενός προϊόντος από πρωτογενή πρώτη ύλη είναι πολλαπλάσια από ότι όταν αυτό παράγεται από υλικό που προέρχεται από ανακύκλωση, όπως φαίνεται και στους πίνακες Β.8.2.1 και Β.8.2.2 που ακολουθούν. Η οικονομία αυτή αποκτά μεγαλύτερη σημασία στη περίπτωση που οι πρώτες ύλες και τα καύσιμα που εξοικονομούνται εισάγονται από το εξωτερικό, οπότε επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση συναλλάγματος [374], [407], [426].

**Πίνακας Β.8.2.1 : Εξοικονόμηση ενέργειας στη παραγωγή γυαλιού**

Χρησιμοποίηση Υαλοθραυσμάτων (%)	10	20	30	40	50	60
Εξοικονόμηση Ενέργειας (%)	3,8	7,6	11,5	15,2	19,0	22,9

Πηγή {407}

**Πίνακας Β.8.2.2 : Εξοικονόμηση ενέργειας στη παραγωγή μετάλλων**

Είδος Παραγόμενου Μετάλλου	Αναγκαία ενέργεια για τη παραγωγή από πρωτογενή πρώτη ύλη (MJ/kg)	Αναγκαία ενέργεια για τη παραγωγή από ανακυκλούμενη πρωτη ύλη (MJ/kg)	Εξοικονόμηση Ενέργειας (MJ/kg)	Ποσοστό Εξοικονόμησης Ενέργειας (%)
Αλουμίνιο	185,02	7,12	177,90	96,15
Χαλκός	48,56	6,28	42,28	87,07
Μαγνήσιο	326,93	6,70	320,23	97,95
Τιτάνιο	454,18	188,79	265,39	58,43
Χυτοσίδηρος	15,49	5,86	9,63	62,17

Πηγή {407}

Εδிகότερα, η επαναχρησιμοποίηση προϊόντων και συνήθως συσκευασιών παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα μειωμένης κατανάλωσης πρώτων υλών και δημιουργίας μικρότερων ποσοτήτων στερεών αποβλήτων. Ωστόσο, αυτά τα πλεονεκτήματα αφορούν ένα τμήμα μόνο της περιβαλλοντικής διάστασης ενός προϊόντος και όχι το σύνολο της το οποίο περιλαμβάνει ζητήματα όπως η κατανάλωση ενέργειας, οι αέριες και υδάτινες εκπομπές κλπ. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να ελέγχεται με μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής εάν και κάτω από ποιές προϋποθέσεις (ποσοστό επαναχρησιμοποίησης κλπ) η μορφή αυτή της ανακύκλωσης είναι συνολικά συμφέρουσα για το περιβάλλον {449}, {463}.

Γενικά, η ανακύκλωση για να είναι επιτυχημένη πρέπει να είναι σωστά σχεδιασμένη και οργανωμένη και οικονομικά συμφέρουσα. Κάτι τέτοιο απαιτεί, πρώτα από όλα, να έχει ληφθεί υπόψη η αρχή της προσφοράς και της ζήτησης, δηλαδή να έχει προσδιοριστεί πόσο υλικό μπορεί να ανακυκλωθεί και πόσο από το υλικό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά. Με βάση αυτή τη προϋπόθεση είναι δυνατό να εξασφαλιστεί η αποδοτικότητα της μεθόδου η οποία επιτυγχάνεται μόνο όταν η επιβάρυνση του περιβάλλοντος που προκύπτει από τη διαδικασία της ανακύκλωσης είναι μικρότερη από την αντίστοιχη επιβάρυνση που

αποτρέπεται από την εφαρμογή της στη διαχείριση των απορριμμάτων [28].

Έτσι, δεν είναι σπάνια η περίπτωση που η αξία των πρώτων υλών και της ενέργειας που καταναλώνονται κατά τη διαδικασία της ανακύκλωσης είναι υψηλότερη σε σχέση με την αξία και την ποιότητα των ανακυκλώμενων υλικών καθώς και η περιβαλλοντική επιβάρυνση που συντελείται λόγω της ανακύκλωσης είναι μεγαλύτερη από αυτή η οποία θα προέκυπτε εάν τα απορρίμματα κατέληγαν σε χώρους ταφής ή καύσης. Αυτό συμβαίνει όταν οι διάφοροι φορείς θέτουν ως στόχους ποσοστά ανακύκλωσης τα οποία δεν προκύπτουν με βάση λεπτομερή ανάλυση του κόστους και της ωφέλειας από αυτήν αλλά τυχαία. Τα οφέλη τα οποία επιτυγχάνονται από την ανακύκλωση ενός απορρίμματος είναι η μείωση του κόστους διάθεσης του, η μείωση του περιβαλλοντικού κόστους που σχετίζεται με τη μη διάθεση του απορρίμματος (π.χ. αποφεύγεται η ρύπανση του αέρα η οποία προκύπτει στη περίπτωση που το απόρριμμα αντί να ανακυκλωθεί αποτεφρώνεται) και το έσοδο που προκύπτει από την πώληση του ανακυκλώμενου υλικού. Τα οφέλη αυτά πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσα με το συνολικό κόστος της ανακύκλωσης το οποίο συμπεριλαμβάνει το κόστος συλλογής και διαλογής του απορρίμματος που ανακυκλώνεται, το κόστος που σχετίζεται με τη κάθε είδους επεξεργασία του απορρίμματος και το περιβαλλοντικό κόστος της ανακύκλωσης. Έτσι, η συνθήκη με βάση την οποία προσδιορίζεται το ποσοστό ανακύκλωσης ώστε αυτή να είναι συμφέρουσα και αποδοτική είναι η εξής [334] :

$$E_{\Delta\gamma} + K_{\Delta} + ΠΚ_{\Delta} = K_{\Sigma\Delta} + K_A + ΠΚ_A$$

όπου :

$E_{\Delta\gamma}$  = έσοδο από την πώληση του ανακυκλώμενου υλικού

$K_{\Delta}$  = κόστος διάθεσης

$ΠΚ_{\Delta}$  = περιβαλλοντικό κόστος διάθεσης

$K_{\Sigma\Delta}$  = κόστος συλλογής - διαλογής στην ανακύκλωση απορριμμάτων

$K_A$  = κόστος ανακύκλωσης (καθαρισμός, επεξεργασία κλπ)

$ΠΚ_A$  = περιβαλλοντικό κόστος ανακύκλωσης

Το αριστερό τμήμα της παραπάνω εξίσωσης είναι το κέρδος από την ανακύκλωση και το δεξί το κόστος από αυτή. Αν θεωρήσουμε ότι το περιβαλλοντικό κόστος ανακύκλωσης είναι αμελητέο, δηλαδή  $ΠΚ_A = 0$ , τότε προκύπτει :

$$K_{\Sigma\Delta} + K_A - E_{AY} = K_{\Delta} + \Pi K_{\Delta}$$

Συνεπώς, από τη παραπάνω σχέση καταλήγουμε στο ότι το μέγιστο ποσοστό ανακύκλωσης για το οποίο η τελευταία κρίνεται συμφέρουσα επιτυγχάνεται όταν το συνολικό κόστος της ανακύκλωσης ( $K_{\Sigma\Delta} + K_A - E_{AY}$ ) δεν ξεπερνά το συνολικό κόστος διάθεσης ( $K_{\Delta} + \Pi K_{\Delta}$ ). Βέβαια, η εφαρμογή της παραπάνω σχέσης προϋποθέτει τον ακριβή προσδιορισμό του περιβαλλοντικού κόστους διάθεσης (ταφή, καύση κλπ) γεγονός το οποίο δεν είναι ιδιαίτερα εύκολο [334].

Η ανακύκλωση των υλικών περιλαμβάνει, εφόσον είναι πλήρης, τις εξής δραστηριότητες [469]:

- α. Συλλογή των απορριμμάτων.
- β. Διαλογή – διαχωρισμός των υλικών που πρόκειται να ανακυκλωθούν.
- γ. Κατεργασία των ανακυκλούμενων υλικών προκειμένου να μετασχηματιστούν σε επιθυμητή μορφή.
- δ. Πώληση των ανακυκλωμένων υλικών στη κατάλληλη αγορά (η οποία βέβαια πρέπει ήδη να υπάρχει ή να έχει δημιουργηθεί).

Απαραίτητη προϋπόθεση προκειμένου η ανακύκλωση να είναι αποτελεσματική και συμφέρουσα είναι να συμπεριλαμβάνονται και οι τέσσερις παραπάνω δραστηριότητες σε αυτή. Εκείνη, όμως, που είναι η πιο σημαντική καθώς τις περισσότερες φορές τη χαρακτηρίζει, είναι η δραστηριότητα της διαλογής η οποία συχνά συνδυάζεται και πραγματοποιείται ταυτόχρονα με την αντίστοιχη της συλλογής. Μάλιστα, πολλοί είναι εκείνοι οι οποίοι υποστηρίζουν ότι οι δραστηριότητες της συλλογής και της διαλογής επιβάλλεται να αντιμετωπίζονται ταυτοχρόνως ως μέρος ενός ολοκληρωμένου προγράμματος διαχείρισης των απορριμμάτων [381].

Τα συστήματα ανάκτησης ανακυκλωμένων υλικών από τα στερεά απορρίμματα μπορούν να διακριθούν στους εξής δύο κύριους τύπους [287], [426]:

- ♦ *Μηχανική διαλογή* : τα στερεά απορρίμματα διαχωρίζονται σε συγκεκριμένες κατηγορίες μέσα από μία σειρά μηχανικών και φυσικών μεθόδων.
- ♦ *Διαλογή στη πηγή* : μερικοί τύποι υλικών διαχωρίζονται στη πηγή της παραγωγής (συνήθως με τα χέρια), συγκεντρώνονται, μεταφέρονται με διάφορα μέσα και υφίστανται ξεχωριστή επεξεργασία είτε προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθούν είτε προκειμένου να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία [374].

## ➤ Μηχανική διαλογή

Τα συστήματα μηχανικής διαλογής και ανάκτησης πρώτων υλών απαιτούν προχωρημένη τεχνολογία και, κατά συνέπεια, σημαντική επένδυση, ενώ αποδίδουν περιορισμένης καθαρότητας προϊόντα. Σήμερα λειτουργεί ένας μικρός μόνο αριθμός τέτοιων εμπορικών εγκαταστάσεων όπως στη Βρετανία, στην Ιταλία και πιο πρόσφατα στην Ολλανδία. Άλλες εγκαταστάσεις είτε λειτουργούν πειραματικά ή δοκιμαστικά είτε ακόμα βρίσκονται στο στάδιο του σχεδιασμού. Επειδή υπάρχει περιορισμένος μόνο αριθμός δεδομένων για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων μηχανικής διαλογής, η πλήρης ανάλυση της μεθόδου αυτής δεν είναι δυνατή και δεν έχει νόημα η σύγκριση της με την αντίστοιχη της διαλογής στη πηγή. Πάντως, από τα λίγα δεδομένα τα οποία υπάρχουν ίσως μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι, λόγω της μεγάλης επένδυσης που απαιτείται, τέτοιες εγκαταστάσεις είναι βιώσιμες οικονομικά μόνο όταν λειτουργούν σε μεγάλη κλίμακα. Παρ' όλο που η δυναμικότητα για οικονομική βιωσιμότητα δεν έχει ακόμα καθοριστεί επακριβώς, φαίνεται ότι απαιτείται, ανάλογα με το τρόπο λειτουργίας της μονάδας, ένα επίπεδο μεταξύ 200 - 2000 τόννων απορριμμάτων ημερησίως. Ωστόσο, οι διάφορες πρότυπες εγκαταστάσεις που λειτουργούν σήμερα είναι μικρότερης δυναμικότητας [381].

Οι διεργασίες που περιλαμβάνει μία μονάδα μηχανικής διαλογής διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

- Υποβιβασμός του μεγέθους ή τεμαχισμός.
- Διαχωρισμός και ταξινόμηση.

Ο υποβιβασμός του μεγέθους πραγματοποιείται με τη χρήση διαφόρων τύπων μύλων σε όλη τη μάζα των απορριμμάτων ή και σε επιμέρους συστατικά. Ο διαχωρισμός γίνεται σε υγρή ή πιο συχνά σε ξηρή κατάσταση και βασίζεται στις διαφορές μεγέθους αλλά και στις φυσικοχημικές ιδιότητες που υπάρχουν ανάμεσα στα συστατικά των απορριμμάτων όπως για παράδειγμα των μαγνητικών ιδιοτήτων, του ειδικού βάρους για την ταξινόμηση σε βαριά και ελαφρά κλάσματα κλπ. Έτσι, τα συνηθέστερα στάδια του διαχωρισμού είναι το κοσκίνισμα, ο μαγνητικός διαχωρισμός και ο αεροδιαχωρισμός. Οι διεργασίες αυτές υποβάλλονται σε επιλογή και ιεράρχηση σύμφωνα με τη σύσταση των απορριμμάτων και τις δυνατότητες απορρόφησης των ανακτώμενων υλικών από την αγορά. Οι κατηγορίες των υλικών που προκύπτουν από το διαχωρισμό είναι σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα, γυαλιά, χαρτί και πλαστικά. Η ποσότητα που απομένει αποτελείται κυρίως από οργανικές ουσίες κατάλληλες για παραγωγή ζωοτροφών και βελτιωτικών του εδάφους [374], [426].

Η οικονομική απόδοση μιας εγκατάστασης μηχανικής διαλογής εξαρτάται κυρίως από τη δυνατότητα εμπορίας των παραγομένων



δευτερογενών υλικών, δυνατότητα που βρίσκεται σε συνάρτηση με τα φυσικά χαρακτηριστικά των υλικών καθώς και την τοποθεσία που είναι εγκατεστημένοι οι τελικοί χρήστες. Φαίνεται ότι η μηχανική διαλογή είναι κυρίως κατάλληλη για απορρίμματα σιδήρου (σκραπ) και για τη παραγωγή *καυσίμου από απόβλητα*. Το τελευταίο είναι πιθανό να εξελιχθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια λόγω των δυνατοτήτων του και λόγω του μικρού κόστους παραγωγής του, συγκριτικά με άλλα δευτερογενή υλικά που παράγονται μέσω της μηχανικής διαλογής των ανακυκλούμενων υλικών. Η μηχανική διαλογή των χαρτιών και του γυαλιού παρουσιάζει ειδικά προβλήματα λόγω της χαμηλής, γενικά, ποιότητας των ανακτώμενων υλικών. Η ζήτηση για τα προϊόντα αυτά είναι μάλλον περιορισμένη και συνεπώς έχει μεγάλη σημασία το επίπεδο των εξωγενών προσμίξεων να είναι χαμηλό. Όσον αφορά τα κομμάτια γυαλιού, υπάρχει το πρόβλημα της ανάμιξης των χρωμάτων που μειώνει τη ποιότητα του προϊόντος. Τέτοια προβλήματα δεν υπάρχουν στη περίπτωση του καυσίμου από απόβλητα το οποίο είναι ένα μικτό προϊόν [38].

### ➤ Διαλογή στη πηγή

Η διαλογή στη πηγή είναι εκείνο το σύστημα ανάκτησης κατά το οποίο ορισμένα υλικά διαχωρίζονται στη πηγή παραγωγής τους. Σε αντίθεση με τη μηχανική ανακύκλωση, η διαλογή στη πηγή δεν απαιτεί εγκαταστάσεις υψηλής τεχνολογίας. Για τη λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος απαιτείται η συνεργασία αφενός εκείνων που παράγουν τα απορρίμματα και αφετέρου ενός φορέα για τη συλλογή, αποθήκευση και μεταφορά των διαχωρισμένων υλικών στους εμπόρους. Η συνεργασία αυτή είναι η μία από τις δύο προϋποθέσεις για την επιτυχία του συστήματος αυτού. Η δεύτερη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη σχετικά σταθερής αγοράς για τα υπό ανάκτηση υλικά που θα αποφέρει έσοδα τουλάχιστον ίσα με τις απαιτούμενες δαπάνες. Από την άποψη αυτή, η απόσταση μεταφοράς μέχρι τις βιομηχανίες που θα απορροφήσουν τα ανακυκλώσιμα υλικά παίζει, και σε αυτή την περίπτωση, πολύ σημαντικό ρόλο. Τα υλικά τα οποία μπορούν να συμπεριληφθούν σε αυτό το τρόπο ανακύκλωσης είναι χαρτιά και χαρτοκιβώτια, γυαλιά, μέταλλα, υφάσματα, ορισμένα είδη πλαστικών κλπ [374].

Δύο είναι οι βασικές μεθοδολογίες με τις οποίες μπορεί να υλοποιηθεί ένα σύστημα διαλογής στη πηγή. Τα *μόνιμα* και τα *εθελοντικά προγράμματα ανακύκλωσης*. Τα μόνιμα προγράμματα εφαρμόζονται σε ορισμένες περιοχές (π.χ. δήμους) για ορισμένα υλικά σε συνεχή βάση. Αυτά απαιτούν μόνιμο προσωπικό, μηχανολογικό εξοπλισμό για τη αποθήκευση των ανακτώμενων υλικών, τη μεταφορά και μεταπώληση τους και τέλος ένα μηχανισμό συνεχούς ενημέρωσης των κατοίκων στη περιοχή που εφαρμόζεται το πρόγραμμα. Τα εθελοντικά προγράμματα έχουν εποχιακή διάρκεια, αφορούν συνήθως κάποιο συστατικό των απορριμμάτων το οποίο βρίσκεται σε άνοδο τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο και η οργάνωση τους αναλαμβάνεται από ορισμένες ομάδες ανθρώπων (π.χ.

σχολεία). Τα προγράμματα αυτά έχουν γενικά μικρό κόστος, μεγάλη συμμετοχή και δεν απαιτούν ιδιαίτερη υποδομή. Όμως, δεν αποτελούν αποδεκτή λύση στη σταθερή μείωση των απορριμμάτων, όπως συμβαίνει με τα μόνιμα προγράμματα. Ανεξάρτητα, πάντως, του προγράμματος που εφαρμόζεται, τα σημαντικότερα μοντέλα διαλογής στη πηγή είναι τα εξής :

- ⊙ Τα κέντρα συλλογής.
- ⊙ Η συλλογή σε κάδους.
- ⊙ Η συλλογή πόρτα - πόρτα.

Τα *κέντρα συλλογής* είναι εγκαταστάσεις υποδοχής ανακυκλούμενων υλικών στις οποίες ο δημότης μεταφέρει τα υλικά αυτά έναντι κάποιας ανταμοιβής η οποία αποτελεί κίνητρο για τη συμμετοχή του. Από εκεί τα υλικά υφίστανται κάποια επεξεργασία και μεταφέρονται στις αντίστοιχες βιομηχανίες για παραγωγή νέων προϊόντων. Σαν αντιστάθμισμα του σχεδόν μηδενικού κόστους συλλογής υπάρχει το κόστος επένδυσης και λειτουργίας της εγκατάστασης και το μειονέκτημα της απόστασης μεταφοράς των υλικών. Η *συλλογή σε κάδους* είναι το πιο συνηθισμένο μοντέλο διαλογής στη πηγή σύμφωνα με το οποίο τα ανακυκλούμενα υλικά τοποθετούνται από τον ίδιο τον δημότη είτε σε διαφορετικούς κάδους για κάθε υλικό είτε σε κοινούς. Με την αποκομιδή τους, τα υλικά μεταφέρονται σε βιομηχανίες για περαιτέρω επεξεργασία. Η αποθήκευση σε κοινούς κάδους έχει το πλεονέκτημα της συλλογής περισσοτέρων υλικών και το μειονέκτημα του πρόσθετου κόστους για την τελική διαλογή τους. Η *συλλογή πόρτα - πόρτα* εφαρμόζεται κυρίως για το χαρτί και μπορεί να συνδυασθεί με την αποκομιδή των απορριμμάτων. Υψηλό ποσοστό συμμετοχής μπορεί να αυξήσει το κόστος λόγω της παράτασης του χρόνου συλλογής ή της ανάγκης ενδιάμεσης μεταφοράς των υλικών για πώληση. Ένα άλλο χαρακτηριστικό αυτής της μορφής είναι το χαμηλό κόστος (δεν απαιτούνται κάδοι) αλλά και η μικρή συμμετοχή λόγω της ανάγκης πολύ καλής προδιαλογής [385], [426].

Θεωρητικά δεν υπάρχει τίποτα το οποίο να εμποδίζει τη συντονισμένη λειτουργία στη ίδια περιοχή και των δύο συστημάτων διαλογής (μηχανική και στη πηγή), αλλά εάν η μονάδα της μηχανικής διαλογής ειδικεύεται στη παραγωγή καυσίμου από απόβλητα τότε η ανακύκλωση του χαρτιού που διαχωρίζεται στη πηγή είναι δυνατό να μειώσει τη δυναμική ενέργεια που υπάρχει στο καύσιμο αυτό και ένα μέρος της οποίας οφείλεται στο χαρτί. Συνεπώς, η συντονισμένη λειτουργία απαιτεί προσεκτική οργάνωση και διαχείριση από τους αρμόδιους φορείς [381].

Στον επόμενο πίνακα Β.8.2.3 παρουσιάζεται η ενέργεια που απαιτείται για την ανάκτηση υλικών από ανακύκλωση οικιακών απορριμμάτων όπως υπολογίσθηκε σε συγκεκριμένα συστήματα ανακύκλωσης στη Βρετανία και τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής [338].

**Πίνακας Β.8.2.3 : Απαιτούμενη ενέργεια για την ανάκτηση γυαλιού, χάλυβα και αλουμινίου από διάφορα συστήματα ανακύκλωσης οικιακών απορριμμάτων**

Σύστημα Ανακύκλωσης	Ηλεκτρική Ενεργ. (MJ/kg)		Διάφορα Καύσιμα (MJ/kg)			Πετρελαϊκά Καυσ. (MJ/kg)		Συνολ. Ενεργ. (MJ/kg)
	A	B	A	B	Γ	A	B	
<b>Γυαλί</b>								
ΚΣ/1	0,08	0,03	-	0,02	-	0,05	0,26	0,44
ΠΠ/1	5,17	1,72	0,01	4,41	4,74	3,13	15,65	34,38
ΚΣ/2	0,05	0,02	0,01	0,14	-	1,98	9,38	11,58
ΜΔ/1	3,03	1,01	-	-	-	-	-	4,04
ΜΔ/2	2,28	0,76	-	-	-	0,11	0,54	3,69
<b>Παλαιοσίδηρος (σκραπ)</b>								
ΜΔ/1	0,65	0,21	-	0,05	0,03	0,23	1,14	2,31
ΜΔ/1	3,40	1,13	-	0,07	0,03	0,27	1,32	6,22
ΜΔ/1	1,46	0,48	-	0,04	0,03	0,21	1,02	3,24
ΜΔ/2	0,98	0,32	-	0,04	0,03	0,22	1,05	2,64
ΜΔ/2	1,28	0,42	-	0,04	0,03	0,22	1,05	3,04
<b>Αλουμίνιο</b>								
ΚΣ/2	1,00	0,34	1,23	14,98	-	2,56	13,48	33,59
ΚΣ/2	1,97	0,66	1,23	14,93	-	2,04	10,86	31,69
ΜΔ/2	5,16	1,73	1,23	14,93	-	0,12	0,60	23,77
Όπου :	Α = Ενέργεια Παραγωγής Καυσίμου, Β = Ενεργειακό Περιεχόμενο Καυσίμου, Γ = Ενεργειακό Περιεχόμενο Πρώτων Υλών  ΚΣ : Διαλογή στη πηγή - κέντρα συλλογής ή συλλογή σε κάδους ΠΠ : Διαλογή στη πηγή - συλλογή πόρτα - πόρτα ΜΔ : Μηχανική διαλογή							
και	1. Βρετανία 2. Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής							

Πηγή {338}

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ένας από τους κύριους παράγοντες στην εκτίμηση ενός προγράμματος ανακύκλωσης είναι η ύπαρξη αγοράς για τα επαναποκτώμενα υλικά. Στην πράξη τα ανακυκλωμένα υλικά ανταγωνίζονται στην αγορά τις άλλες πρώτες ύλες. Εάν δεν είναι ανταγωνιστικά όσον αφορά την τιμή, την ποιότητα και την ποσότητα διάθεσης, θα είναι δύσκολο να βρεθούν και να διατηρηθούν οι διέξοδοι τους στην αγορά. Για τα ανακυκλωμένα υλικά αυτοί οι τρεις παράγοντες μεταβάλλονται ανάλογα με το χρόνο και το τόπο και συνεπώς πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε οποιαδήποτε απόφαση αφορά πρόγραμμα ανακύκλωσης υλικών. Οι τελικές χρήσεις για τα σημαντικότερα ανακυκλούμενα υλικά είναι συνοπτικά οι εξής :

Χαρτί - χαρτόνι: Χαμηλής ποιότητας μεταχειρισμένο χαρτί χρησιμοποιήθηκε εδώ και χρόνια για τη παραγωγή ειδών συσκευασίας. Πρόσφατες τεχνικές στη τεχνολογία απομελάνωσης ανοίγουν νέες προοπτικές για τη χρήση του στη παραγωγή χαρτιού υψηλής ποιότητας (π.χ. χαρτί σχεδίασης, εκτύπωσης ή γραφής). Οπωσδήποτε, όμως, η δομή της βιομηχανίας χαρτιού είναι ο καθοριστικός παράγοντας που επιδρά στη χρησιμοποίηση του μεταχειρισμένου χαρτιού.

Γυαλί: Οι ακέραιες γυάλινες φιάλες μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν κατευθείαν, αλλά η μεγαλύτερη ποσότητα από το συλλεγόμενο γυαλί (κομμάτια) χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη στις υαλουργίες. Το γυαλί αυτό έχει το κύριο πλεονέκτημα ότι απαιτεί μικρότερες θερμοκρασίες φούρνου, γεγονός που μειώνει, όπως είδαμε, τη κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς τη μόλυνση του αέρα ενώ ταυτόχρονα εξοικονομεί πρώτη ύλη. Τα κομμάτια του γυαλιού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα στη βιομηχανία δαπέδων, καθώς και στη κατασκευή και επίστρωση δρόμων, αλλά ακόμη δεν έχει γίνει συστηματική εκμετάλλευση αυτής της δυνατότητας.

Μέταλλα: Σίδηρο και κασσίτερος από τα μεταλλικά δοχεία μπορούν να διαχωριστούν και να πουληθούν στα χαλυβουργεία ενώ ανακυκλούμενο αλουμίνιο από δοχεία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη με μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας [381].

Πλαστικά: Πολυαιθυλένιο σκληρό και μαλακό, πολυπροπυλένιο, τереφθαλικό πολυαιθυλένιο (PET) και πολυστυρένιο μπορούν να δώσουν με ανακύκλωση, ξεχωριστά, υλικά για παραγωγή άλλων αντικειμένων ή και τα ίδια αντικείμενα από τα οποία προήλθαν.

### B.8.3. Αποτέφρωση

Μία άλλη μέθοδος διάθεσης των απορριμμάτων είναι η *αποτέφρωση* ή *καύση*. Κατά την αποτέφρωση τα απορρίμματα αποσυντίθενται θερμικά με παρουσία αέρα, σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό ενώ παράγονται επίσης και μικρές ποσότητες υδροχλωρίου, οξειδίων του αζώτου, θείου, πτητικών ενώσεων κ.α. Κατάλοιπα της αποτέφρωσης είναι η τέφρα και η σκουριά. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται μείωση του όγκου των απορριμμάτων κατά περίπου 80 % του αρχικού [426], [438].

Επειδή, όπως φαίνεται και στον επόμενο πίνακα B.8.3.1, το μεγαλύτερο μέρος των οικιακών απορριμμάτων είναι οργανικά, η δυνατότητα για ανάκτηση ενέργειας είναι μεγάλη. Έτσι, στις μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης γίνεται ανάκτηση ενέργειας μετατρέποντας την παραγόμενη θερμότητα σε μορφή που μπορεί να αξιοποιηθεί ευκολότερα

όπως η ηλεκτρική ενέργεια. Η παραγόμενη ενέργεια μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση κτιρίων, για συσκευές κλιματισμού κλπ [62], [418].

**Πίνακας Β.8.3.1 : Σύνθεση και ανάλυση μέσων οικιακών απορριμμάτων (ΠΕΡΠΑ 1984)**

Αναλογία στο σύνολο των απορριμμάτων		Ανάλυση στη φυσική κατάσταση (% κατά βάρος)				Θερμογόνος Δύναμη
Είδος	%	Υγρασία	Πτητικά	Άνθρακας	Άκαυστα	kcal/kg
<i>Οργανικά, εκτός από υπολείμματα τροφών (64 %)</i>						
Χαρτιά	42,0	10,124	75,94	8,44	5,38	4210
Ξύλα	2,4	20,00	67,89	11,31	0,80	4789
Χορτάρι	4,0	65,00	-	-	2,37	4277
Βουρτσίσματα	1,5	40,00	-	-	5,00	4392
Πρασινάδες	1,5	62,00	26,74	6,32	4,94	3935
Φύλλα - κλαδιά	5,0	50,00	-	-	4,10	3930
Δέρματα	0,3	10,00	68,46	32,44	9,10	4921
Ελαστικά	0,6	1,20	83,93	4,94	9,88	6299
Πλαστικά	0,7	2,00	-	-	10,00	7989
Λάδια - χρώματα	0,8	0,00	-	-	16,30	7450
Λινέλαιο	0,1	2,10	64,50	6,60	26,80	4620
Ράκη	0,6	10,00	84,34	3,46	2,20	4255
Σκουπίδια δρόμων	3,0	20,00	54,00	6,00	20,00	3366
Ογκώδη αντικείμ.	1,0	3,20	20,54	6,26	70,00	2107
<i>Υπολείμματα τροφών (12 %)</i>						
Λαχανικά	10,0	72,00	20,26	3,26	4,48	4717
Λίπη	2,0	0,00	-	-	0	9285
<i>Άκαυστα (24 %)</i>						
Μεταλλικά	8,0	3,00	0,50	0,50	96,00	69
Γυαλί - Κεραμικά	6,0	2,00	0,40	0,40	97,20	36
Στάχτες	10,0	10,00	2,68	24,12	63,20	2320

Πηγή [418].

Η καύση των στερεών αποβλήτων δεν είναι νέα τεχνική. Ήδη από τη δεκαετία του 1870 στην ευρωπαϊκή ήπειρο και από το 1886 στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής έκαναν την εμφάνιση τους οι πρώτες μονάδες για τη αποτέφρωση και αποστείρωση των απορριμμάτων χωρίς όμως ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας. Κάτι τέτοιο κατέστη δυνατό τό 1905 σε ειδική μονάδα στις Η.Π.Α. η οποία, ωστόσο, λειτούργησε μόλις μέχρι το 1910 οπότε και σταμάτησε καθώς η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τον τρόπο αυτό κρίθηκε ασύμφορη. Σήμερα, λειτουργούν περίπου 120 μονάδες καύσης απορριμμάτων με ταυτόχρονη παραγωγή ενέργειας σε 33 χώρες του κόσμου. Στον ευρωπαϊκό χώρο η αποτέφρωση απορριμμάτων με ή χωρίς ταυτόχρονη ανάκτηση ενέργειας είναι, όπως φαίνεται και στον επόμενο πίνακα Β.8.3.2, αρκετά διαδεδομένη και συμμετέχει σημαντικά στη τελική διάθεση τους. [282].

**Πίνακας Β.8.3.2 : Χρήση αποτέφρωσης στη Δυτική Ευρώπη**

Χώρα	Ποσοστό (%)
Γερμανία (πρώην Δυτική)	27
Βέλγιο	24
Γαλλία	35
Ιρλανδία	-
Ιταλία	32
Βρετανία	8
Λουξεμβούργο	76

Πηγή [374]

Η αποτέφρωση, εκτός από τη διαλογή στην πηγή και στη συνέχεια ανακύκλωση των πλαστικών φιαλών και φιλμς, είναι ένας ιδανικός τρόπος διάθεσης των διαφόρων άλλων πλαστικών και των χαρτοθυλάκων συσκευασίας χυμών και φρέσκου γάλακτος (που ως γνωστόν αποτελούνται από χαρτόνι, πολυαιθυλένιο και αλουμίνιο) που περιέχονται στα απορρίμματα. Η μέθοδος αυτή έχει μεγάλη αξία αφού συχνά το κόστος καύσης είναι μικρότερο από το κόστος ταφής των πλαστικών, ενώ παράλληλα υπάρχει και ενεργειακό κέρδος. Το ενεργειακό περιεχόμενο των διαφόρων πλαστικών είναι υψηλό και - εκτός του PVC - εφάμιλλο με αυτό του πετρελαίου, όπως φαίνεται στον πίνακα Β.8.3.3 που ακολουθεί. Ωστόσο, οι μέθοδοι καύσης για παραγωγή θερμότητας που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα είναι αποτελεσματικές μόνο για σχετικά καθαρά πλαστικά και όχι για μίγματα. Για το λόγο αυτό έχουν προταθεί μέθοδοι διαχωρισμού, όπως για παράδειγμα επίπλευση με βάση τις διαφορετικές πυκνότητες, οι οποίες όμως είναι προς το παρόν ακριβές. Εκτός αυτού πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για να μην υπάρχει μόλυνση από την καύση των πλαστικών. Πάντως, παρά τα προβλήματα αυτά, στην Ελβετία ήδη ένα μεγάλο ποσοστό των πλαστικών απορριμμάτων αποτεφρώνεται. Η ενέργεια που αποδίδεται από την καύση των πλαστικών

είναι περίπου η μισή από την αντίστοιχη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τους [291], [295], [426].

### Πίνακας Β.8.3.3 : Αποδιδόμενη θερμότητα κατά τη καύση πλαστικών και λοιπών απορριμμάτων και καυσίμων υλικών

Υλικό	Θερμότητα (MJ/kg)
Πολυαιθυλένιο	43
Πολυστυρένιο	40
PET	31
PVC	19
Πολυεστερικές ίνες	27-30
Χαρτί	13-15
Χαρτοθύλακας	22
Πετρέλαιο	42
Λιθάνθρακας	29
Ξύλο	15-17

Πηγή [291], [295], [426]

Προκειμένου να προσδιοριστεί η μέση ανακτήσιμη ενέργεια (MAE) η οποία προκύπτει από την καύση των απορριμμάτων, χρησιμοποιείται η τροποποιημένη εξίσωση *Dulong* σύμφωνα με την οποία ισχύει :

$$MAE = 0,34 (\%C) + 1,42 (\%H) - 0,18 (\%O) + 0,09 (\%S) + 0,02 (\%N) \text{ σε MJ/kg}$$

Με βάση την εργαστηριακή ανάλυση διαφόρων δειγμάτων στερεών αποβλήτων, έχει υπολογιστεί ότι η χημική σύνθεση των καίόμενων υλικών που περιέχονται σε αυτά (αφού εξαιρεθούν η υγρασία και τα άκαυστα υλικά) είναι περίπου 53 % άνθρακας, 38 % οξυγόνο και 9 % υδρογόνο οπότε, από την παραπάνω εξίσωση, έχουμε ότι MAE = 23,9 MJ/kg. Βέβαια, το ποσό αυτό δεν μπορεί να αξιοποιηθεί πλήρως καθώς υπάρχουν διάφορες απώλειες οι οποίες εκτιμώνται σε 31 % περίπου, συνολικά. Έτσι, η πραγματική μέση ενέργεια η οποία μπορεί να ανακτηθεί από την καύση των απορριμμάτων ανέρχεται σε 16,5 MJ/kg [297].

#### ✦ Περιγραφή της Μεθοδολογίας

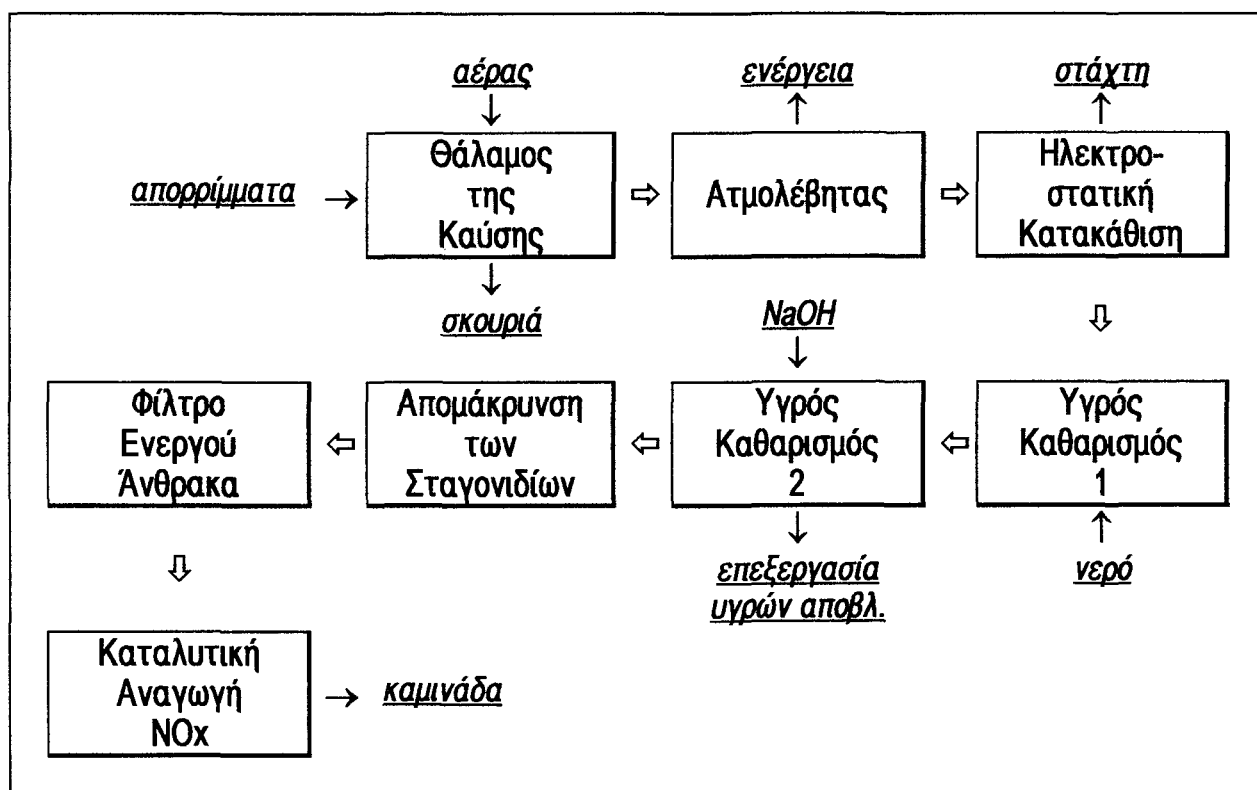
Καύση είναι η πλήρης οξείδωση του προϊόντος σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Κατά τη θερμική αυτή επεξεργασία των απορριμμάτων λαμβάνουν χώρα τα εξής φαινόμενα [374], [388] :

- *Ξήρανση* σε θερμοκρασία 100 °C περίπου.
- *Εξαέρωση* κατά την οποία απομακρύνονται τα πτητικά σε θερμοκρασία 250 °C περίπου.

- Έναυση όπου ο άνθρακας μετατρέπεται σε αέρια προϊόντα σε θερμοκρασίες μεταξύ 500 °C και 600 °C.
- Αποτέφρωση σε 800 °C έως 1100 °C όπου τα αέρια που προήλθαν από τις προηγούμενες φάσεις οξειδώνονται πλήρως.

Η θερμότητα η οποία αποδεσμεύεται κατά την καύση μπορεί να προσδωθεί σε ένα φορέα θερμότητας (όπως είναι για παράδειγμα το νερό οπότε λαμβάνεται είτε θερμό νερό είτε ατμός) και έτσι η αντίστοιχη ενέργεια μπορεί να ανακτηθεί και να αξιοποιηθεί. Μία εναλλακτική επιλογή είναι η διακοπή της παραπάνω διεργασίας μετά το τρίτο στάδιο. Με το τρόπο αυτό επιτυγχάνεται, ουσιαστικά, πυρόλυση. Τα προϊόντα τα οποία προκύπτουν είναι φορείς ενέργειας σε στέρεα, υγρή και αέρια μορφή και μπορούν να αποθηκευτούν για μελλοντική χρήση. Μία ανάλογη μέθοδος είναι και η αεριοποίηση κατά την οποία το οξυγόνο ή ο αέρας που χρησιμοποιείται είναι ανεπαρκής για πλήρη καύση, δίνοντας έτσι ένα, φτωχό σε θερμογόνο δύναμη, αέριο καύσιμο το οποίο, πάντως, μπορεί επίσης να αποθηκευτεί, να μεταφερθεί και να χρησιμοποιηθεί αλλού [331].

Στο διάγραμμα Β.8.3.1 που ακολουθεί απεικονίζεται σχηματικά μία σύγχρονη μονάδα αποτέφρωσης απορριμμάτων [405].



Διάγραμμα Β.8.3.1 : Σύγχρονη διεργασία καύσης απορριμμάτων



### ✧ Περιβαλλοντικά προβλήματα κατά την καύση απορριμμάτων

Η αποτέφρωση απορριμμάτων έχει σοβαρά επικριθεί λόγω των προβλημάτων που προκαλεί στην ατμόσφαιρα. Τις περισσότερες επικρίσεις συγκεντρώνουν κυρίως τα προϊόντα από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) και αφορούν στα εξής σημεία {305}, {426} :

#### (α) Διοξίνες

Διοξίνη είναι το γενικό όνομα το οποίο χρησιμοποιείται για να περιγράψει την οικογένεια των πολυχλωριωμένων διβενζοδιοξινών (PCDDs) η οποία αποτελείται από 75 ενώσεις καθώς και εκείνης των πολυχλωριωμένων διβενζοφουρανών η οποία αποτελείται από 135 ενώσεις παρόμοιας δομής. Οι ενώσεις αυτές, οι οποίες είναι φυσικά και βιολογικά σταθερές, δεν παρασκευάζονται σκόπιμα αλλά σχηματίζονται και ανιχνεύονται στη τέφρα και τις αέριες εκπομπές που προέρχονται από διάφορες διεργασίες καύσης μεταξύ των οποίων και της καύσης των στερεών αποβλήτων. Ορισμένες από τις διοξίνες είναι τοξικές και μάλιστα μία από αυτές (γνωστή ως 2,3,7,8 TCDD) αναφέρεται ως η πιο επικίνδυνη χημική ένωση στον άνθρωπο καθώς μία πολύ μικρή ποσότητα της ακόμα και σε μία μόνο δόση μπορεί να επιφέρει το θάνατο {486}.

Εκτεταμένες έρευνες σε πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα της Ευρώπης και της Αμερικής έχουν δείξει ότι οι συνθήκες λειτουργίας των αποτεφρωτήρων παίζουν το σημαντικότερο ρόλο στη ταχύτητα σχηματισμού και εκπομπής των διοξινών και ότι η σύνθεση των απορριμμάτων έχει μικρότερη σημασία. Άλλωστε, διοξίνες μπορούν να σχηματιστούν όχι μόνο από τη καύση του PVC αλλά, όπως φαίνεται και στο πίνακα Β.8.3.4, και από την καύση κάθε οργανικού υλικού που περιέχει χλώριο (π.χ. χαρτί που έχει λευκανθεί με χλώριο).

**Πίνακας Β.8.3.4 : Τυπικό ποσοστό συμμετοχής των διαφόρων πηγών στην συνολική παραγωγή διοξινών**

Δραστηριότητα	Ποσοστό (%)
Μεταλλουργικές διεργασίες	43,67
Καύση απορριμμάτων	32,75
Βιομηχανία χαρτιού	13,10
Εκπομπές αυτοκινήτων	4,37
Αποτεφρωτήρες νοσοκομείων	4,37
Επικίνδυνα απόβλητα	1,74

Πηγή {426}

Το πρόβλημα της εκπομπής των διοξινών μπορεί να αντιμετωπιστεί με τον κατάλληλο σχεδιασμό και τη σωστή επιλογή όλων των παραμέτρων λειτουργίας του αποτεφρωτήρα, σε συνδυασμό με ένα

περισσότερο αποτελεσματικό τρόπο καθαρισμού των αερίων που εκπέμπονται.

### *(β) Υδροχλωρικό οξύ*

Το υδροχλωρικό οξύ σχηματίζεται κατά τη καύση απορριμμάτων που περιέχουν κυρίως PVC (το 60 % του χλωρίου που περιέχεται στα αστικά απορρίμματα προέρχεται από τις συσκευασίες PVC, το 20 % από αντικείμενα κατασκευασμένα από PVC και το υπόλοιπο 20 % από άλλους τύπους αποβλήτων κυρίως οργανικής φύσεως συστατικά) και προκαλεί αύξηση της οξύτητας στην ατμόσφαιρα συμβάλλοντας έτσι στην όξινη βροχή. Βέβαια, η συμβολή αυτή του υδροχλωρικού οξέος είναι μικρή σε σχέση με εκείνη των οξειδίων του θείου και του αζώτου. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού έχουν προταθεί διάφοροι τρόποι αντιμετώπισης όπως, για παράδειγμα, η τοποθέτηση κατάλληλων φίλτρων. Ένας από τους πιο πρόσφατους, βασίζεται στη κατακράτηση του υδροχλωρίου από διάλυμα καυστικού νατρίου και τη μετατροπή του σε χλωριούχο νάτριο (NaCl).

### *(γ) Βαρέα και λοιπά μέταλλα*

Η αποδέσμευση στην ατμόσφαιρα βαρέων και λοιπών μετάλλων κατά την καύση απορριμμάτων οφείλεται κυρίως στα απορρίμματα τα οποία είναι φτιαγμένα από πλαστικό ή τα οποία περιέχουν σε κάποιο ποσοστό πλαστικές ύλες. Μάλιστα, όπως φαίνεται και στον επόμενο πίνακα Β.8.3.5, το είδος και η ποσότητα των αποδεσμευόμενων μετάλλων εξαρτάται από το είδος του πλαστικού που περιέχεται στα απορρίμματα που αποτεφρώνονται.

**Πίνακας Β.8.3.5 : Τυπική συμμετοχή των διαφόρων πλαστικών υλών στην συνολική αποδέσμευση βαρέων και λοιπών μετάλλων κατά την αποτέφρωση απορριμμάτων**

Είδος Μετάλλου	Πολυ-αιθυλένιο, Πολυ-προπυλένιο	PVC	Πολυ-στυρένιο	Χαρτόνι, Τυπωμένα αντικείμενα, Σύνθετες συσκευασίες
Ποσοστό (%)				
Κάδμιο	46,3	33,9	17,3	2,5
Χρώμιο	28,7	8,6	0,4	62,3
Χαλκός	9,3	3,6	23,4	63,7
Νικέλιο	6,2	2,2	34,8	56,8
Μόλυβδος	32,0	19,2	1,8	47,0
Ψευδάργυρος	18,3	4,0	39,6	38,1
Κασσίτερος	5,0	71,5	0,9	22,8

Πηγή {426}

Από τον πίνακα αυτό μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι οι διάφορες ομάδες πλαστικών περιέχουν διαφορετικές ποσότητες μετάλλων. Συγκεκριμένα, το κάδμιο, το χρώμιο και ο μόλυβδος προέρχονται κυρίως από την ομάδα πλαστικών από πολυαιθυλένιο και πολυπροπυλένιο. Ο χαλκός, το νικέλιο και ο ψευδάργυρος προέρχονται κυρίως από το πολυστυρένιο. Ο κασσίτερος προέρχεται από τα είδη από πολυβινυλοχλωρίδιο και από σύνθετες συσκευασίες. Σε σύγκριση με άλλα βαρέα μέταλλα, η παρουσία του κασσίτερου στα αστικά απορρίμματα οφείλεται κυρίως στα υλικά συσκευασίας. Οι γνώσεις σχετικά με το μηχανισμό μεταφοράς των ενώσεων αυτών των μετάλλων από τις μονάδες αποτέφρωσης των απορριμμάτων προς την ατμόσφαιρα είναι, προς το παρόν, αρκετά περιορισμένος [426].

Προκειμένου να μειωθεί η ρύπανση της ατμόσφαιρας που προέρχεται από την καύση των στερεών αποβλήτων, έχουν θεσπισθεί αυστηρά όρια και περιορισμοί τους οποίους οφείλουν να τηρούν οι μονάδες και εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αστικών απορριμμάτων. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια το κόστος μετατροπής και συμμόρφωσης των ήδη υπάρχουσών μονάδων να είναι ιδιαίτερα υψηλό (της τάξης μερικών εκατομμυρίων ECU για το κάθε ένα) ενώ, λόγω του αυξημένου κόστους, προβλέπεται ότι στο μέλλον θα κατασκευάζονται λιγότερες τέτοιες μονάδες μεγαλύτερης όμως δυναμικότητας [305]. Το ολικό κόστος διαχείρισης των απορριμμάτων με την μέθοδο αυτή εκτιμάται σε :

- ♦ 15 – 40 ECU ανά τόννο επεξεργαζομένων απορριμμάτων όταν δεν γίνεται ανάκτηση ενέργειας, και
- ♦ 9 – 20 ECU ανά τόννο επεξεργαζομένων απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας [534].

Πέρα από το πρόβλημα των αέριων εκπομπών, άλλα σημαντικά μειονεκτήματα είναι :

- Η τοξικότητα των κατάλοιπων των ηλεκτροστατικών φίλτρων.
- Η ανάγκη αντικατάστασης των ηλεκτροστατικών φίλτρων σε τακτά χρονικά διαστήματα (κάθε 5 χρόνια περίπου).
- Η διάθεση της τέφρας η οποία περιέχει μεγάλες ποσότητες βαρέων μετάλλων.
- Το υψηλό κόστος επένδυσης και λειτουργίας.
- Η ανάγκη για εξειδικευμένο προσωπικό.
- Η προϋπόθεση τα στερεά απόβλητα να περιέχουν μικρές ποσότητες υγρασίας (γεγονός το οποίο δεν συμβαίνει στις μεσογειακές χώρες και την Ελλάδα) προκειμένου η καύση να είναι αποτελεσματική και χωρίς προβλήματα.

Τα παραπάνω εξασθενίζουν τα δύο κυριότερα και ιδιαίτερα σημαντικά πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου, δηλαδή τη μεγάλη μείωση του όγκου των απορριμμάτων και τη δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας σε διάφορες μορφές [374].

#### B.8.4. Βιοσταθεροποίηση

Η *βιοσταθεροποίηση* ή *οργανική ανακύκλωση* ή απλά *λιπασματοποίηση* (*composting*) είναι μέθοδος διάθεσης των απορριμμάτων η οποία αποβλέπει στην ανάκτηση των οργανικών υλικών με προοπτική τη χρήση τους σε ορισμένες καλλιέργειες. Όλα τα οργανικά συστατικά των απορριμμάτων (και κυρίως των οικιακών) είναι δυνατόν να μετατραπούν σε *βελτιωτικό εδάφους* (*compost*) κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Ωστόσο, επειδή όλος ο όγκος των απορριμμάτων δεν είναι οργανικά υλικά, πρέπει να προβλεφθεί και ένα συμπληρωματικό σύστημα διάθεσης (ταφή ή αποτέφρωση) προκειμένου να διοχετεύονται, αφού περάσουν προηγουμένως από διαδικασία μηχανικής διαλογής, τα υπόλοιπα υλικά τα οποία αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό (από 20 έως 60 %) της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων που φτάνουν στη μονάδα βιοσταθεροποίησης. Η βιοσταθεροποίηση, η οποία εφαρμόζεται ήδη σε αρκετές χώρες της Ευρώπης (στη Γαλλία κατά 11 %, στην Ιταλία κατά 10 %, στο Βέλγιο κατά 7 % περίπου κ.α.), στηρίζεται στην αρχή της αερόβιας ζύμωσης των αποικοδομήσιμων υλικών κάτω από την επίδραση μικροοργανισμών που βρίσκονται ήδη στα απορρίμματα [312].

**Αποικοδόμηση (αποδόμηση) των υλικών :** Η αποικοδόμηση των υλικών συμβαίνει όταν αυτά εκτίθενται σε ορισμένα μέσα τα οποία διευκολύνουν τη διάσπαση τους. Υπάρχουν δύο βασικοί λόγοι για τους οποίους ένα υλικό (και ιδίως ένα υλικό συσκευασίας) επιθυμείται να είναι αποικοδομήσιμο : ο πρώτος λόγος είναι ότι ένα υλικό σαν διάσπαρτο σκουπίδι πρέπει να εξαφανίζεται από το περιβάλλον σε σύντομο χρονικό διάστημα και ο δεύτερος ότι αν το υλικό αυτό θάβεται στις χωματερές σαν στερεό απόβλητο, τότε πάλι θα πρέπει να εξαφανίζεται όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Μόνη επιφύλαξη στη δεύτερη αυτή περίπτωση είναι ο τρόπος ταφής καθώς θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι τα κάτω στρώματα θα παρέχουν την απαραίτητη υποστήριξη στα νέα αποθέματα. Συνήθως, τα οικιακά απορρίμματα σε ένα μεγάλο ποσοστό (50 % περίπου) περιέχουν αποικοδομήσιμα υλικά όπως χαρτιά, τρόφιμα, απόβλητα κήπων κλπ. ενώ γίνονται προσπάθειες ώστε ορισμένα υλικά συσκευασίας και κυρίως τα πλαστικά να αποικοδομούνται γρήγορα [281].

Προκειμένου για αποικοδόμηση πλαστικών μετά τη χρήση τους εφαρμόζεται κυρίως η βιοαποικοδόμηση η οποία στηρίζεται στην αρχή της αερόβιας ζύμωσης των υλικών [293], [362], [444]. Η ζύμωση αυτή ολοκληρώνεται σε τέσσερις φάσεις :

1. Λανθάνουσα: αντιστοιχεί στο χρόνο που απαιτείται για τον εποικισμό όλης της μάζας των απορριμμάτων από τους μικροοργανισμούς.
2. Αυξητική: κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής ανέρχεται η θερμοκρασία.
3. Θερμοφιλική: η θερμοκρασία φτάνει τους 60 °C. Η φάση αυτή δεν πρέπει να διαρκέσει περισσότερο από κάποιο ορισμένο χρόνο γιατί αλλιώς το περιεχόμενο του βελτιωτικού σε οργανικές ενώσεις μειώνεται πολύ σε αντίθεση με τα ανόργανα άλατα που αυξάνονται και δεν είναι ωφέλιμα για το έδαφος.
4. Ωρίμανση: η φάση αυτή πραγματοποιείται με διασπορά του υλικού σε μεγάλες επιφάνειες [374].

Η δραστηριότητα των μικροοργανισμών (βακτηρίδια, μύκητες, πρωτόζωα κλπ) που συντελεί στην αερόβια ζύμωση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως :

- την αναλογία C/N δηλαδή άνθρακα (πηγή ενέργειας) προς άζωτο (τροφή μικροοργανισμών) που πρέπει να είναι 35 : 1 περίπου,
- την υγρασία των απορριμμάτων που πρέπει να φθάνει το 40 % έως 60 % του βάρους τους,
- την παροχή οξυγόνου σε όλη τη μάζα των απορριμμάτων,
- το pH, και
- την θερμοκρασία [388].

Το τελικό προϊόν που προκύπτει από μία μονάδα βιοσταθεροποίησης πρέπει να ελέγχεται για την ενδεχόμενη περιεκτικότητα του σε τοξικές ουσίες ή βαρέα μέταλλα και για την καταλληλότητα του ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο προορίζεται. Πάντως, δεν είναι σε θέση να αντικαταστήσει το λίπασμα που χρειάζεται σε μία καλλιέργεια παρά μόνο να περιορίσει τη χρήση του [374]. Στο διάγραμμα Β.8.4.1 δίνεται το διάγραμμα ροής μιας τυπικής μονάδας βιοσταθεροποίησης [300].

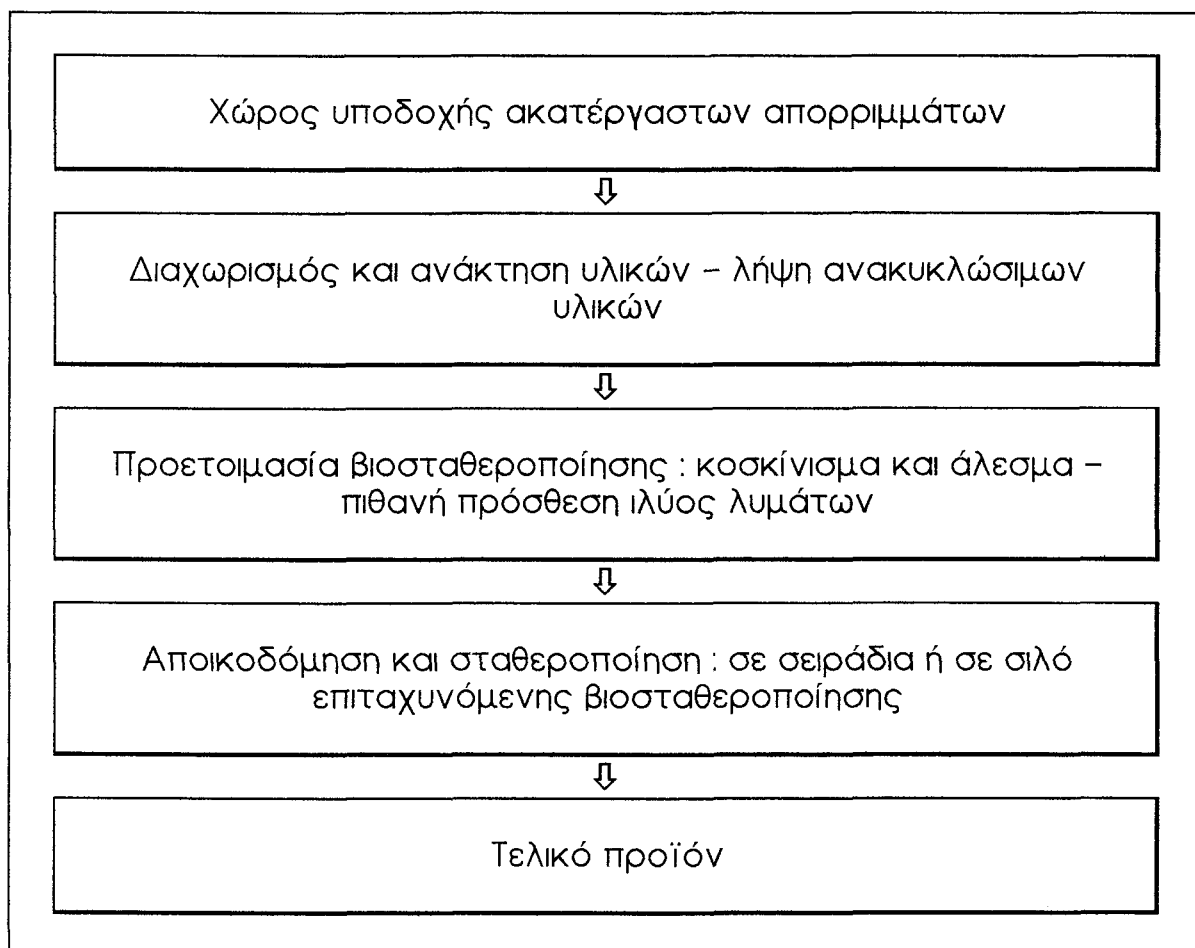
Τα κυριότερα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου διάθεσης των απορριμμάτων είναι τα ακόλουθα :

- ο Αξιοποίηση του 50 % τουλάχιστον των απορριμμάτων.

- ο Καλή συμπληρωματική μέθοδος της ανακύκλωσης.
- ο Ανάκτηση του οργανικού περιεχομένου των απορριμμάτων.

Εκτός, όμως, από τα πλεονεκτήματα αυτά υπάρχουν και τα εξής μειονεκτήματα :

- ο Απαιτείται μεγάλος χρόνος παραμονής στη μονάδα ζύμωσης.
- ο Προβλήματα δυσοσμίας στην ευρύτερη περιοχή.
- ο Πρόβλημα διάθεσης μεγάλων ποσοτήτων του τελικού προϊόντος.
- ο Υψηλό κόστος επένδυσης λειτουργίας.
- ο Ανάγκη ύπαρξης συμπληρωματικού τρόπου διάθεσης (ταφή, καύση κλπ) για το μη αξιοποιούμενο μέρος των απορριμμάτων [426].



**Διάγραμμα Β.8.4.1 : Διάγραμμα ροής τυπικής μονάδας βιοσταθεροποίησης**

## **B.9. Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Η μέση παραγωγή στερεών αποβλήτων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι περίπου 310 kg ανά κάτοικο το χρόνο ενώ, όπως φαίνεται στον πίνακα B.9.1, η αντίστοιχη τιμή για την Ελλάδα είναι 290 kg. Η παραγωγή αυτή των απορριμμάτων, η οποία παρουσιάζει κάθε χρόνο αύξηση που κυμαίνεται μεταξύ 1 έως 3 %, οδηγείται κατά το μεγαλύτερο μέρος της σε χώρους υγειονομικής ταφής και σε μονάδες καύσης (πίνακας B.9.2) [288], [456].

**Πίνακας B.9.1 : Παραγωγή στερεών αποβλήτων στην Ευρώπη**

<b>Χώρα</b>	<b>Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (kg/κάτοικο ανά έτος)</b>
Ελλάδα	290
Φινλανδία	260
Αυστρία	333
Σουηδία	375
Ελβετία	385
Νορβηγία	190
Πορτογαλία	267
Ισπανία	320
Ιταλία	300
Ολλανδία	363
Λουξεμβούργο	334
Ιρλανδία	320
Βρετανία	340
Γαλλία	358
Δανία	372
Βέλγιο	350
Γερμανία	365

Πηγή [456]

Στην Ελλάδα, όπου από τα δέκα εκατομμύρια κατοίκους σχεδόν το ένα τρίτο κατοικεί στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών, η διάθεση των απορριμμάτων βρίσκεται ακόμα σε σχετικά χαμηλό επίπεδο. Η δραστηριότητα της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων ανήκει κυρίως στη δικαιοδοσία των 360 δήμων και 5600 περίπου κοινοτήτων της χώρας καθώς και, σε ορισμένες περιπτώσεις, σε διάφορες ενώσεις τοπικών φορέων (υπάρχουν περίπου 30 τέτοιες ενώσεις στη Αττική και μία στη ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης). Το σύνολο των απορριμμάτων καταλήγει, θεωρητικά, στην υγειονομική (και μη) ταφή. Έτσι, σήμερα στην

Ελλάδα εκτιμάται ότι υπάρχουν 4840 χωματερές στις οποίες καταλήγει ο κύριος όγκος των απορριμμάτων από τις οποίες οι 3220 είναι παράνομες και μόλις οι 1620 ελεγχόμενες και ημιελεγχόμενες. Το μεγαλύτερο μέρος των ελεγχόμενων χωματερών έχει φθάσει σε επίπεδο κορεσμού ενώ το πρόβλημα οξύνεται και από το γεγονός της ανεξέλεγκτης εναπόθεσης στις υπάρχουσες χωματερές κάθε είδους απορρίμματος (οικιακά απορρίμματα, επικίνδυνα ή τοξικά απόβλητα, ειδικά βιομηχανικά κατάλοιπα κλπ) ενώ επιπλέον οι χώροι αυτοί δεν φυλάσσονται με αποτέλεσμα η λειτουργία τους να εγκυμονεί κινδύνους για τη δημόσια υγεία [290], [453].

### Πίνακας Β.9.2 : Εφαρμογή μεθόδων διάθεσης των απορριμμάτων στην Ευρώπη

Μέθοδος Διάθεσης των Απορριμμάτων	Ποσοστό (%)
Υγειονομική Ταφή	63
Καύση με Ανάκτηση Ενέργειας	18
Ανεξέλεγκτη Απόρριψη	8
Βιοσταθεροποίηση	5
Καύση χωρίς Ανάκτηση Ενέργειας	4
Λοιπές Μέθοδοι	2

Πηγή [288]

Στην Αττική λειτουργεί σήμερα μόνο ένας οργανωμένος χώρος τελικής διάθεσης απορριμμάτων, ο χώρος διάθεσης (χωματερή) Άνω Λιοσίων, ο οποίος δέχεται το 95 % των παραγόμενων στην Αττική απορριμμάτων. Λειτουργεί επίσης ο σταθμός μεταφόρτωσης απορριμμάτων (ΣΜΑ) Σχιστού Περάματος με μέση ημερήσια υποδοχή 1000 τόννων και πραγματική ημερήσια δυναμικότητα 1400 τόννων. Τα απορρίμματα καταλήγουν στο τελικό ή ενδιάμεσο προορισμό τους μέσω ενός συστήματος αποκομιδής που ακόμη χαρακτηρίζεται ως χειρωνακτικό. Στη πόλη της Θεσσαλονίκης οι οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης εναποθέτουν τα οικιακά απορρίμματα σε δύο χωματερές, μία στη περιοχή της κοινότητας Ταγαράδων ανατολικά της πόλης η οποία παρουσιάζει έντονα προβλήματα μόλυνσης των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων και μία στη περιοχή της κοινότητας Λητής στα βορειοδυτικά της πόλης η οποία έχει ήδη κορεσθεί και επιπλέον παρουσιάζει έντονα προβλήματα ρύπανσης της ατμόσφαιρας και μόλυνσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών. Πέρα από τους νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης καθώς και των άλλων μεγάλων πόλεων, ο μισός περίπου πληθυσμός της ελληνικής περιφέρειας (49,63 %) ζει σε μικρές οικιστικές κοινότητες των 500 κατά μέσο όρο κατοίκων οι οποίες παράγουν 300 περίπου κιλά απορριμμάτων την ημέρα η κάθε μία. Τα απορρίμματα αυτά μαζί με άλλους 515 τόννους την ημέρα που παράγουν οι οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης των 2000 - 5000 κατοίκων σπάνια διατίθενται με μεθόδους περιβαλλοντικά αποδεκτές, για λόγους προφανείς : η ορθή διάθεση των απορριμμάτων συνεπάγεται τόσο ένα πολύ υψηλό κόστος επένδυσης όσο και πολύ μεγάλες λειτουργικές δαπάνες ανά κάτοικο [374], [407], [478].



Στους επόμενους πίνακες δίνονται στοιχεία γύρω από την ποσότητα ανά κατηγορία προέλευσης καθώς και τη σύνθεση των στερεών αποβλήτων στον ελληνικό χώρο :

**Πίνακας Β.9.3 : Στερεά απόβλητα στην Ελλάδα (στοιχεία 1990)**

Προέλευση Στερεών Αποβλήτων	Ποσότητα (χιλ. τόνοι)
Αγροτικά	90
Απόβλ. Μεταλλείων - Ορυχείων	3900
Βιομηχανικά	4300
Οικιακά - Δημοτικά	3000
Επικίνδυνα	450
Λοιπά	34

Πηγή {290}

**Πίνακας Β.9.4 : Στερεά απόβλητα που απορρίπτονται στο χώρο διάθεσης απορριμμάτων των Άνω Λιουσίων (στοιχεία 1990 - 91)**

Προέλευση Στερεών Αποβλήτων	Ποσότητα (χιλ. τόνοι)
Οικιακά	1270
Βιομηχανικά και Εμπορικά	100
Ιλύς από Επεξεργασία Λυμάτων	95
Υλικά Εκσκαφών - Κατεδαφίσεων	900 (χιλ. m <sup>3</sup> )
Πετρελαιοειδή Κατάλοιπα	18
Παθογόνα Νοσοκομειακά	0,165

Πηγή {476}, {477}

**Πίνακας Β.9.5 : Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων σε σχέση με το βαθμό οικονομικής ανάπτυξης μιας χώρας**

Σύσταση (%)	Υποανάπτυκτες	Αναπτυσσόμενες	Βιομηχανικές	Ελλάδα
Οργανικά	40-85	20-65	20-50	59
Χαρτί	1-10	15-40	15-50	20
Γυαλί	1-10	1-10	4-12	3
Μέταλλα	1-5	1-5	3-13	4
Πλαστικά	1-5	2-6	2-10	7
Αδρανή	1-40	1-30	1-20	0,7

Πηγή {426}

**Πίνακας Β.9.6 : Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων (% κατά βάρος)  
σε Αθήνα (1991) και Θεσσαλονίκη (1984)**

Είδος	Αθήνα	Θεσσαλονίκη
Οργανικά	48,5	63,7
Χαρτί - Χαρτόνι	22,0	16,6
Υφάσματα - Ξύλο - Λάστιχο	3,5	-
Πλαστικά	10,5	10,7
Μέταλλα	4,2	4,1
Γυαλί	3,5	4,9
Αδρανή	3,3	-
Λοιπά	4,5	-

Πηγή {369}, {407}, {477}

Σε ότι αφορά στην επιμέρους σύσταση της κάθε κατηγορίας απορριμμάτων, από μελέτες στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, προέκυψε ο επόμενος πίνακας Β.9.7 σχετικά με τη σύσταση των αποβλήτων συσκευασιών {426}.

**Πίνακας Β.9.7 : Επιμέρους σύσταση της κάθε κατηγορίας  
αποβλήτων συσκευασιών**

Είδος Απόβλητης Συσκευασίας	Ποσοστό (%)
<i>Απόβλητες Γυάλινες Συσκευασίες</i>	
Φιάλες μπίρας - αναψυκτικών	42,1
Φιάλες για κρασί και λικέρ	19,7
Φιάλες και βάζα για τρόφιμα	31,2
<i>Απόβλητες Συσκευασίες από Χάλυβα</i>	
Κουτιά μπίρας - αναψυκτικών	5,3
Κουτιά γενικής χρήσης	89,5
Άλλες συσκευασίες	5,2
<i>Απόβλητες Συσκευασίες Αλουμινίου</i>	
Κουτιά μπίρας - αναψυκτικών	71,5
Πώματα και φιλμ	28,5
<i>Απόβλητες Συσκευασίες από Χαρτί - Χαρτόνι</i>	
Χαρτοκιβώτια	55,8
Άλλο χαρτόνι	24,8
Χάρτινες συσκευασίες	19,4
<i>Απόβλητες Πλαστικές Συσκευασίες</i>	
Δοχεία και φιάλες	50,0
Άλλες συσκευασίες	50,0

Πηγή {426}

Από τον πίνακα Β.9.5 φαίνεται ότι η σύνθεση των απορριμμάτων μίας περιοχής εξαρτάται από το επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης της. Το ίδιο συμβαίνει και με τους ρυθμούς αύξησης της ποσότητας των

απορριμμάτων. Για παράδειγμα, κατά τη πενταετία μεταξύ 1985 και 1990 η αύξηση αυτή στην περιοχή των Αθηνών κυμαίνεται από 28 % περίπου στους δήμους υψηλής οικονομικής ανάπτυξης έως 14 % σε αυτούς χαμηλής οικονομικής ανάπτυξης [290].

Όπως αναφέρθηκε, η διάθεση των απορριμμάτων στην Ελλάδα περιορίζεται σχεδόν αποκλειστικά στην ταφή τους. Ωστόσο, όπως φαίνεται αναλυτικά και στον επόμενο πίνακα Β.9.8, ορισμένες μικρές ποσότητες αυτών ανακυκλώνονται ενώ κάποιες ακόμα μικρότερες αποτεφρώνονται. Η βιοσταθεροποίηση δεν έχει ακόμα εφαρμοσθεί αν και γίνονται προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση όπως είναι, για παράδειγμα, αυτή του δήμου της Καλαμάτας [288], [292].

**Πίνακας Β.9.8 : Μέθοδοι διαχείρισης των απορριμμάτων στην Ελλάδα (1992)**

Μέθοδος Διαχείρισης Απορριμμάτων	Ποσοστό (%)	Ποσότητες (χιλ. τόνοι ανά έτος)
Ταφή	93,9	2817
Ανακύκλωση	5,96	178
Αποτέφρωση	0,02	0,73
Λοιπές	0,13	4
ΣΥΝΟΛΟ	100	3000

Πηγή [290]

Πέρα από την τελική διάθεση των απορριμμάτων, ιδιαίτερη σημασία στις αναλύσεις κύκλου ζωής έχει και το στάδιο της συλλογής και μεταφοράς αυτών από τους τελικούς χρήστες των προϊόντων στα σημεία απόρριψης και διαχείρισης τους. Σχετικά με αυτό το θέμα, τα διαθέσιμα στοιχεία για τον ελληνικό χώρο είναι τα ακόλουθα :

Γενικοί Δείκτες :

- ✧ *Μέσος αριθμός δρομολογίων ανά όχημα και βάρδια εργασίας (ΜΑΔΟ) :* Για όλους τους δήμους του λεκανοπεδίου της Αθήνας (εκτός των δήμων του Πειραιά) έχει μέση τιμή 1,3. Για τους δήμους του Πειραιά ο δείκτης αυτός είναι 1,7 χάρη στη γεινίαση τους με το σταθμό μεταφόρτωσης απορριμμάτων του Σχιστού.
- ✧ *Μέσο φορτίο ανά δρομολόγιο (ΜΦΔ) :* Για τους δήμους του λεκανοπεδίου της Αθήνας ο δείκτης αυτός ανέρχεται σε 4,5 τόννους.
- ✧ *Μέσο φορτίο ανά όχημα και βάρδια εργασίας (ΜΦΟ) :* Προκύπτει ως γινόμενο των δύο προηγούμενων δεικτών, δηλαδή  $(ΜΦΟ) = (ΜΑΔΟ) \times (ΜΦΔ)$ . Για τους δήμους του λεκανοπεδίου της Αθήνας ο δείκτης αυτός ανέρχεται σε 5,8 τόννους [478].

Σε ότι αφορά στην απόσταση που διανύουν τα απορριμματοφόρα για τη συλλογή και μεταφορά των απορριμμάτων, μια μέση τιμή της διαδρομής για την Αθήνα είναι 18 χιλιόμετρα περίπου (αν και υπάρχουν μακρινοί δήμοι όπως ο δήμος Βουλιαγμένης όπου η διανυόμενη απόσταση είναι σημαντικά μεγαλύτερη) ενώ για την Θεσσαλονίκη δίνεται αναλυτικά στον πίνακα Β.9.9. Η μέση κατανάλωση ενός απορριμματοφόρου οχήματος είναι περίπου 0,40 λίτρα πετρελαίου κίνησης ανά χιλιόμετρο [368], [407], [479].

### Πίνακας Β.9.9 : Συλλογή – μεταφορά απορριμμάτων σε δήμους και κοινότητες της Θεσσαλονίκης

Δήμοι και Κοινότητες	Απόσταση (km)
Θεσσαλονίκη	19
Καλαμαριά	10
Αμπελόκηποι	10
Πολίχνη	7
Εύοσμος	11
Ευκαρπία	2
Μενεμένη	11
Νεάπολη	15
Σταυρούπολη	8

Πηγή [407]

Από τον πίνακα Β.9.8 φαίνεται ότι μια μικρή ποσότητα των απορριμμάτων στην Ελλάδα ανακυκλώνεται. Η ανακύκλωση αυτή είναι περιορισμένης έκτασης διότι μέχρι στιγμής βασίζεται κυρίως σε μεμονωμένες προσπάθειες και πειραματικά προγράμματα τα σημαντικότερα από τα οποία εφαρμόστηκαν από τον Ενιαίο Σύνδεσμο Δήμων και Κοινοτήτων Ν. Αττικής τα τελευταία δέκα χρόνια περίπου. Τα προγράμματα αυτά, αν και βρήκαν σχετική ανταπόκριση από το κοινό, δεν είχαν ιδιαίτερη επιτυχία λόγω κυρίως οικονομικών προβλημάτων και ελλιπούς υποδομής. Επίσης, ανάλογες προσπάθειες καταβάλλονται και από την Ελληνική Εταιρεία Αλουμινίου, το Σύνδεσμο Οργανισμού Τοπικής Αυτοδιοίκησης μείζονος Θεσσαλονίκης κ.α. συχνά με την οικονομική συνδρομή της Ευρωπαϊκής Ένωσης [426]. Στη συνέχεια παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με την ανακύκλωση υλικών συσκευασίας στην Ελλάδα.

#### Γυαλί

Στην Ελλάδα η βιομηχανική ανακύκλωση άρχισε περίπου το 1960. Από το 1986 έχει αρχίσει η οικολογική ανακύκλωση σε διάφορους δήμους κυρίως της Αθήνας. Οι γυάλινες φιάλες που ανακυκλώνονται οδηγούνται σε κέντρα εμπορίας φιαλών όπου ταξινομούνται και επεξεργάζονται. Όσες πληρούν τις προϋποθέσεις προωθούνται προς επαναπλήρωση αφού προηγουμένως καθαριστούν και αποστειρωθούν. Οι υπόλοιπες που δεν παρουσιάζουν εμπορικό ενδιαφέρον σαν αυτούσιο προϊόν, διοχετεύονται στις βιομηχανίες υαλοργιάς σαν υαλότριμμα. Ωστόσο, η ποσότητα αυτή

δεν επαρκεί να καλύψει τη ζήτηση και για το λόγο αυτό το μεγαλύτερο ποσοστό υαλοτρίμματος εισάγεται [415].

**Πίνακας Β.9.10 : Ποσοστό ανακύκλωσης γυαλιού (%)**

Χώρα	1989	1990	1991	1992
Ελλάδα	13	16	22	22
Γερμανία	53	54	63	65
Βέλγιο	60	59	55	54
Δανία	36	40	35	48
Ισπανία	24	27	27	27
Γαλλία	38	41	41	44
Βρετανία	17	21	21	26
Ιταλία	42	49	53	53
Ολλανδία	57	66	70	73
Πορτογαλία	14	23	30	30

Πηγή [294], [309], [391], [408], [454], [470], [471]

#### Χαρτί - Χαρτόνι

Τα χαρτιά συσκευασίας - περιτυλίξεως αποτελούν το 40 % του συνόλου της κατανάλωσης χάρτου στην Ελλάδα και το 65,5 % του συνόλου των ποσοτήτων που μπορούν να ανακυκλωθούν. Αν συνυπολογιστεί και η κατηγορία χαρτονιού, που ουσιαστικά αναφέρεται στη συσκευασία, τότε η τελευταία αποτελεί το σημαντικότερο τμήμα των χρήσεων χάρτου που είναι δυνατόν να ανακυκλωθεί με ποσοστό που ανέρχεται στο 70 % του συνόλου.

**Πίνακας Β.9.11 : Ποσοστό ανακύκλωσης χάρτου (%)**

Χώρα	1989	1993
Ελλάδα	30	36
Γερμανία	41	51
Βέλγιο	33	23
Δανία	30	63
Ισπανία	41	64
Γαλλία	36	46
Βρετανία	30	60
Ιταλία	23	47
Ολλανδία	53	66
Ελβετία	38	46

Πηγή [294], [309], [454]

### Μέταλλα

Η λευκοσιδηρούχος συσκευασία παρουσιάζει πτωτική τάση, παρότι είναι η παλαιότερη μεταλλική συσκευασία, λόγω της πίεσης που δέχεται από ελαφρότερα υλικά όπως το αλουμίνιο και το πλαστικό. Σε ότι αφορά στην ανακύκλωση, στην Ελλάδα γίνεται μόνο αποκασιτέρωση του σκράπ των κυτιοποιίων. Αντίθετα η ανακύκλωση κουτιών από αλουμίνιο είναι περισσότερο ανεπτυγμένη παρουσιάζοντας σημαντικές προοπτικές λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει [454], [467].

**Πίνακας Β.9.12 : Ποσοστό ανακύκλωσης μετάλλων (%) το 1992**

Χώρα	Αλουμίνιο	Λευκοσίδηρος
Ελλάδα	28	-
Γερμανία	-	43
Ιταλία	18	-
Βέλγιο	-	30
Σουηδία	86	-
Γαλλία	-	32
Βρετανία	16	12.5
Ολλανδία	-	50

Πηγή [303], [309], [467]

### Πλαστικά

Η ανακύκλωση των πλαστικών στην Ελλάδα αν και βρίσκεται ακόμα στο αρχικό στάδιο φαίνεται να έχει προοπτικές. Έτσι, στην Κρήτη ήδη λειτουργεί μονάδα μηχανικής ανακύκλωσης δυναμικότητας 500 kg/hr ενώ παράλληλα έχει εκπονηθεί μελέτη από το ΤΕΕ και τον ΕΟΜΜΕΧ η οποία αναφέρεται στη δυνατότητα δημιουργίας, επίσης στην Κρήτη, μονάδας ανακύκλωσης φύλλων πολυαιθυλενίου για την παραγωγή κόκκων πολυαιθυλενίου (υποβαθμισμένης ποιότητας) δυναμικότητας 1200 περίπου τόννων ετησίως [250], [426].

Σημαντικό ρόλο στην ανακύκλωση πλαστικών και άλλων υλικών θα ασκήσει η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των συσκευασιών και αποβλήτων συσκευασιών που υπογράφηκε στις αρχές του 1995.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

### **ΑΚΖ ΦΙΑΛΩΝ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ – ΕΞΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

Γ.1. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ, ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ  
ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΑΚΖ

Γ.2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ  
Η/Υ

Γ.3. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ



## Γ.1. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ, ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΑΚΖ

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν σχετικά με την ανάλυση κύκλου ζωής (ΑΚΖ) των φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς, η συνολική κατανάλωση ενέργειας στο σύστημα ( $E_{ΣΥΝ}$ ) υπολογίζεται με τη βοήθεια της ακόλουθης σχέσης 3.1.3.3 :

$$\begin{aligned}
 E_{ΣΥΝ} = & (e_A + e_B) \cdot (1 - f) \cdot (1 - k) \cdot m + (e_\Gamma + e_\Delta) \cdot (1 - f) \cdot m + \\
 & + (e_E + e_{ΣΤ} + e_Z) \cdot m + e_H \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot m + \\
 & + e_\Theta \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot c \cdot m + e_{I\chi\alpha\epsilon} \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot (1 - c) \cdot m \cdot (1 - c_R) + \\
 & + e_{I\mu\alpha\epsilon} \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot (1 - c) \cdot m \cdot c_R + e_{I_A} \cdot f \cdot m + e_{I_B} \cdot (1 - f) \cdot a \cdot m
 \end{aligned}$$

Επίσης, η συνολική κατανάλωση πρώτων υλών καθώς και η συνολική αποδέσμευση αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων στο σύστημα ( $X_{ΣΥΝ}$ ) υπολογίζεται με τη βοήθεια της (αντίστοιχης με την παραπάνω) σχέσης 3.1.3.11 :

$$\begin{aligned}
 X_{ΣΥΝ} = & (x_A + x_B) \cdot (1 - f) \cdot (1 - k) \cdot m + \\
 & + (x_\Gamma + x_\Delta) \cdot (1 - f) \cdot m + (x_E + x_{ΣΤ} + x_Z) \cdot m + x_H \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot m + \\
 & + x_\Theta \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot c \cdot m + x_{I\chi\alpha\epsilon} \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot (1 - c) \cdot m \cdot (1 - c_R) + \\
 & + x_{I\mu\alpha\epsilon} \cdot (1 - f) \cdot [1 - a \cdot (1 - b)] \cdot (1 - c) \cdot m \cdot c_R + x_{I_A} \cdot f \cdot m + x_{I_B} \cdot (1 - f) \cdot a \cdot m
 \end{aligned}$$

Από τις παραπάνω σχέσεις και χρησιμοποιώντας ως δεδομένα τα στοιχεία που συλλέχθηκαν στο τρίτο κεφάλαιο, είναι δυνατή η εκτίμηση της ΑΚΖ για τις εξής συσκευασίες της ελληνικής αγοράς :

- Φιάλη από γυαλί χωρητικότητας 1 lt.
- Φιάλη από PET χωρητικότητας 0,5 lt, 1,5 lt και 2 lt.
- Φιάλη από PVC χωρητικότητας 0,5 lt, 0,75 lt, 1,5 lt και 2 lt.
- Φιάλη από HDPE χωρητικότητας 1 lt.

Συγκεκριμένα, για κάθε μία από τις περιπτώσεις που εξετάζονται, εφαρμόζονται οι δύο αυτές σχέσεις χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα στοιχεία αντίστοιχα (όσα από αυτά έχουν μηδενικές τιμές δεν αναφέρονται ενώ στις παρενθέσεις δίνεται η πηγή προέλευσης τους):

### ❖ Φιάλη από γυαλί χωρητικότητας 1 lt

#### - Μεταβλητές

$$m = 466 \text{ kg}/1000 \text{ lt}$$

$$a = 0,253$$

$$b = 0$$

$$c = 1$$

$$c_R = 0$$

$$f = 0$$

$$k = 0,4118$$

#### - Ενέργεια

$$e_A = 8,93 \text{ MJ/kg (πίνακας 3.2.2.2 - περίπτωση 1)}$$

$$e_B = 0,51 \text{ MJ/kg (πίνακας 3.2.2.19 - περίπτωση 2)}$$

$$e_T = 56,7 \text{ MJ/kg (πίνακας 3.2.2.21 - περίπτωση 1)}$$

$$e_{\Delta} = 1,12 \text{ MJ/kg (πίνακας 3.2.2.36)}$$

$$E_E = 1200 \text{ MJ}/1000 \text{ lt (πίνακας 3.2.2.38 - περίπτωση 1a)}$$

$$e_{\Sigma T} = 1,4 \text{ MJ/kg (πίνακας 3.2.2.40)}$$

$$E_Z = 5079,7 \text{ MJ}/1000 \text{ lt (πίνακας 3.2.2.42)}$$

$$e_H = 0,07 \text{ MJ/kg (πίνακας 3.2.2.44)}$$

$$e_{\Theta} = 0,16 \text{ MJ/kg (πίνακας 3.2.2.46)}$$

$$e_{\chi_{\alpha\epsilon}} = 0,75 \text{ MJ/kg (πίνακας 3.2.2.49)}$$

$$e_{\mu_{\alpha\epsilon}} = 0 \text{ MJ/kg (πίνακας 3.2.2.51 - περίπτωση 1a)}$$

$$e_{\Gamma_A} = 0,07 \text{ MJ/kg (πίνακας 3.2.2.54)}$$

$$e_{\Pi_B} = 0,954 \text{ MJ/kg (πίνακας 3.2.2.56 - περίπτωση 1)}$$

#### - Πρώτες Ύλες

$$\text{Χαλαζιακή Άμμος} : x_A = 640 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.3 - περίπτωση 2)}$$

$$\text{Ασβεστόλιθος} : x_A = 250 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.3 - περίπτωση 2)}$$

$$\text{Σόδα} : x_A = 200 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.3 - περίπτωση 2)}$$

$$\text{Βοηθητικές Ύλες} : x_A = 200 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.3 - περίπτωση 2)}$$

$$\text{Νερό} : x_A = 235000 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.3 - περίπτωση 2)}$$

#### - Αέρια Απόβλητα

Σωματίδια :

$$\begin{aligned}
 x_A &= 8,027 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.4)} \\
 x_B &= 0,062 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)} \\
 x_\Gamma &= 0,0097 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.22)} \\
 x_E &= 147,01 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)} \\
 x_Z &= 132,6 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)} \\
 x_\Theta &= 0,006 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)} \\
 x_{\chi\alpha\epsilon} &= 0,145 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.50)} \\
 x_{\mu\alpha\epsilon} &= 0 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)} \\
 x_{\lambda} &= 0,013 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.55)} \\
 x_{\beta} &= 0,08 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}
 \end{aligned}$$

*Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO):*

$$\begin{aligned}
 x_A &= 0,069 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.4)} \\
 x_B &= 0,008 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)} \\
 x_\Gamma &= 0,0172 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.22)} \\
 x_\Delta &= 0,124 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.37)} \\
 x_E &= 11,47 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)} \\
 x_{\Sigma\Gamma} &= 0,154 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.41)} \\
 x_Z &= 55,8 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)} \\
 x_H &= 0,031 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.45)} \\
 x_\Theta &= 0,003 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)} \\
 x_{\mu\alpha\epsilon} &= 0 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)} \\
 x_{\beta} &= 0,01 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}
 \end{aligned}$$

*Υδρογονάνθρακες:*

$$\begin{aligned}
 x_A &= 1,624 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.4)} \\
 x_\Gamma &= 0,104 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.22)} \\
 x_Z &= 33,1 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)} \\
 x_\Theta &= 0,002 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)} \\
 x_{\beta} &= 0,006 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}
 \end{aligned}$$

*Οξείδια του Αζώτου (NOx):*

$$\begin{aligned}
 x_A &= 1,863 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.4)} \\
 x_B &= 0,15 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)} \\
 x_\Gamma &= 0,061 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.22)} \\
 x_\Delta &= 0,148 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.37)} \\
 x_E &= 393,95 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)} \\
 x_{\Sigma\Gamma} &= 0,186 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.41)} \\
 x_Z &= 1625,1 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)} \\
 x_H &= 0,027 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.45)} \\
 x_\Theta &= 0,038 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)} \\
 x_{\chi\alpha\epsilon} &= 0,38 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.50)} \\
 x_{\mu\alpha\epsilon} &= 0 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)} \\
 x_{\lambda} &= 0,034 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.55)} \\
 x_{\beta} &= 0,31 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}
 \end{aligned}$$

*Πρωτοξείδιο του Αζώτου (N<sub>2</sub>O) :*

$$x_A = 0,052 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.4)}$$

$$x_T = 0,0028 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.22)}$$

*Διοξείδιο του Θείου (SO<sub>2</sub>) :*

$$x_A = 3,075 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.4)}$$

$$x_B = 0,25 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)}$$

$$x_T = 0,1235 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.22)}$$

$$X_E = 913,44 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)}$$

$$X_Z = 2934,1 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)}$$

$$x_{\Theta} = 0,022 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)}$$

$$x_{\chi_{\alpha\epsilon}} = 1,137 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.50)}$$

$$x_{\chi_{\mu\alpha\epsilon}} = 0 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)}$$

$$x_{\chi_A} = 0,102 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.55)}$$

$$x_{\chi_B} = 0,58 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}$$

*Αλδεΐδες :*

$$x_A = 0,006 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.4)}$$

$$x_T = 0,0001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.22)}$$

$$X_Z = 22,2 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)}$$

$$x_{\Theta} = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)}$$

$$x_{\chi_B} = 0,004 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}$$

*Οργανικές Ενώσεις :*

$$x_A = 0,009 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.4)}$$

$$x_T = 0,0002 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.22)}$$

*Αμμωνία (NH<sub>3</sub>) :*

$$x_A = 0,003 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.4)}$$

$$x_T = 0,00002 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.22)}$$

*Υδροχλώριο (HCl) :*  $x_A = 0,06 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.4)}$

*Υδροφθόριο (HF) και Φθοριούχες Ενώσεις :*

$$x_A = 0,014 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.4)}$$

$$x_T = 7 \times 10^{-7} \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.22)}$$

*Μόλυβδος (Pb) :*  $x_A = 0,009 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.4)}$

*Οργανικές Πτητικές Ενώσεις (VOC) :*

$$x_B = 0,002 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)}$$

$$x_{\Delta} = 0,054 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.37)}$$

$$X_E = 3,45 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)}$$

$$X_{\Sigma T} = 0,068 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.41)}$$

$$X_Z = 27,6 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)}$$

$$X_H = 0,011 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.45)}$$

$$X_{\Theta} = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)}$$

$$X_{IB} = 0,005 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}$$

- Υγρά Απόβλητα

*Αιωρούμενα Σωματίδια :*

$$x_A = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.5)}$$

$$x_T = 7 \times 10^{-6} \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.24)}$$

*Διαλελυμένα Σωματίδια :*

$$x_A = 1,782 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.5)}$$

$$x_T = 0,0156 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.24)}$$

*BOD :*

$$x_A = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.5)}$$

$$x_T = 7 \times 10^{-6} \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.24)}$$

*COD :*

$$x_A = 0,003 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.5)}$$

$$x_T = 2 \times 10^{-5} \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.24)}$$

*Έλαια :*

$$x_A = 0,024 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.5)}$$

$$x_T = 0,0002 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.24)}$$

*Φθοριούχες Ενώσεις :*  $x_T = 7 \times 10^{-5} \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.24)}$

*Αμμωνία (NH<sub>3</sub>) :*  $x_T = 3 \times 10^{-5} \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.24)}$

*Άλατα Θεικού Οξέος :*  $x_T = 1 \times 10^{-5} \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.24)}$

*Νιτρικά Άλατα :*  $x_T = 2 \times 10^{-5} \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.24)}$

*Χλωριούχα Άλατα :*  $x_T = 8 \times 10^{-7} \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.24)}$

*Ιόντα Νατρίου :*  $x_T = 1 \times 10^{-5} \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.24)}$

*Ιόντα Σιδήρου :*  $x_T = 1 \times 10^{-7} \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.24)}$

- Στερεά Απόβλητα

$\chi_A = 15,4 \text{ cm}^3/\text{kg}$  (πίνακας 3.2.2.5)  
 $\chi_\Gamma = 2,7 \text{ cm}^3/\text{kg}$  (πίνακας 3.2.2.23)  
 $\chi_\Theta = 510 \text{ cm}^3/\text{kg}$  (πίνακας 3.2.2.48)  
 $\chi_{\mu\alpha\epsilon} = 510 \text{ cm}^3/\text{kg}$  (πίνακας 3.2.2.53)

❖ **Φιάλη από PET χωρητικότητας 0,5 lt, 1,5 lt και 2 lt**

- Μεταβλητές

	<i>PET 0,5 lt</i>	<i>PET 1,5 lt</i>	<i>PET 2 lt</i>
m (kg/1000 lt)	54	28,2	24,5
a	0,0086	0,0086	0,0086
b	0	0	0
c	1	1	1
c <sub>R</sub>	0	0	0
f	0	0	0
k	0,0093	0,0093	0,0093

- Ενέργεια

$e_A = 156,25 \text{ MJ/kg}$  (πίνακας 3.2.2.6 – περίπτωση 1)  
 $e_B = 0,51 \text{ MJ/kg}$  (πίνακας 3.2.2.19 – περίπτωση 2)  
 $e_\Gamma = 68,75 \text{ MJ/kg}$  (πίνακας 3.2.2.25 – περίπτωση 1)  
 $e_\Delta = 1,12 \text{ MJ/kg}$  (πίνακας 3.2.2.36)  
 $e_E = 950 \text{ MJ/1000 lt}$  (πίνακας 3.2.2.38 – περίπτωση 1β)  
 $e_{\Sigma T} = 1,4 \text{ MJ/kg}$  (πίνακας 3.2.2.40)  
 $e_Z = 5079,7 \text{ MJ/1000 lt}$  (πίνακας 3.2.2.42)  
 $e_H = 0,07 \text{ MJ/kg}$  (πίνακας 3.2.2.44)  
 $e_\Theta = 0,16 \text{ MJ/kg}$  (πίνακας 3.2.2.46)  
 $e_{\lambda\alpha\epsilon} = 0,75 \text{ MJ/kg}$  (πίνακας 3.2.2.49)  
 $e_{\mu\alpha\epsilon} = - 31,4 \text{ MJ/kg}$  (πίνακας 3.2.2.51 – περίπτωση 1β)  
 $e_{\lambda A} = 0,07 \text{ MJ/kg}$  (πίνακας 3.2.2.54)  
 $e_{\lambda B} = 0,954 \text{ MJ/kg}$  (πίνακας 3.2.2.56 – περίπτωση 1)

- Πρώτες Ύλες

Υδρογόνο :  $\chi_A = 23,52 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.7)

Οξυγόνο :  $\chi_A = 527,0 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.7)

NaOH :  $\chi_A = 0,45 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.7)

Βοηθητικές Ύλες :  $\chi_A = 20 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.7)

## - Αέρια Απόβλητα

*Σωματίδια :*

$$\begin{aligned}
 x_A &= 1,01 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.8)} \\
 x_B &= 0,062 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)} \\
 x_\Gamma &= 0,4129 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.26)} \\
 X_E &= 147,01 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)} \\
 X_Z &= 132,6 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)} \\
 x_\Theta &= 0,006 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)} \\
 x_{\chi\alpha\epsilon} &= 0,145 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.50)} \\
 x_{\mu\alpha\epsilon} &= 0,05 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)} \\
 x_{\text{IA}} &= 0,013 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.55)} \\
 x_{\text{IB}} &= 0,08 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}
 \end{aligned}$$

*Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO) :*

$$\begin{aligned}
 x_A &= 21,687 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.8)} \\
 x_B &= 0,008 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)} \\
 x_\Gamma &= 0,7328 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.26)} \\
 x_\Delta &= 0,124 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.37)} \\
 X_E &= 11,47 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)} \\
 x_{\Sigma\text{T}} &= 0,154 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.41)} \\
 X_Z &= 55,8 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)} \\
 x_H &= 0,031 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.45)} \\
 x_\Theta &= 0,003 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)} \\
 x_{\mu\alpha\epsilon} &= 1,25 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)} \\
 x_{\text{IB}} &= 0,01 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}
 \end{aligned}$$

*Υδρογονάνθρακες :*

$$\begin{aligned}
 x_A &= 28,154 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.8)} \\
 x_\Gamma &= 4,4357 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.26)} \\
 X_Z &= 33,1 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)} \\
 x_\Theta &= 0,002 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)} \\
 x_{\text{IB}} &= 0,006 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}
 \end{aligned}$$

*Οξείδια του Αζώτου (NOx) :*

$$\begin{aligned}
 x_A &= 7,153 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.8)} \\
 x_B &= 0,15 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)} \\
 x_\Gamma &= 2,5961 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.26)} \\
 x_\Delta &= 0,148 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.37)} \\
 X_E &= 393,95 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)} \\
 x_{\Sigma\text{T}} &= 0,186 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.41)} \\
 X_Z &= 1625,1 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)} \\
 x_H &= 0,027 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.45)} \\
 x_\Theta &= 0,038 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)} \\
 x_{\chi\alpha\epsilon} &= 0,38 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.50)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{\text{I}\mu\alpha\epsilon} &= 5 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)} \\x_{\text{I}\Delta} &= 0,034 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.55)} \\x_{\text{I}\text{B}} &= 0,31 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}\end{aligned}$$

*Πρωτοξείδιο του Αζώτου (N<sub>2</sub>O) :*

$$\begin{aligned}x_{\text{A}} &= 1,979 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.8)} \\x_{\text{Γ}} &= 0,1196 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.26)}\end{aligned}$$

*Διοξείδιο του Θείου (SO<sub>2</sub>) :*

$$\begin{aligned}x_{\text{A}} &= 6,031 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.8)} \\x_{\text{B}} &= 0,25 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)} \\x_{\text{Γ}} &= 5,2548 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.26)} \\x_{\text{E}} &= 913,44 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)} \\x_{\text{Z}} &= 2934,1 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)} \\x_{\text{Θ}} &= 0,022 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)} \\x_{\text{I}\chi\alpha\epsilon} &= 1,137 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.50)} \\x_{\text{I}\mu\alpha\epsilon} &= 0,36 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)} \\x_{\text{I}\Delta} &= 0,102 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.55)} \\x_{\text{I}\text{B}} &= 0,58 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}\end{aligned}$$

*Αλδεύδες :*

$$\begin{aligned}x_{\text{A}} &= 0,003 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.8)} \\x_{\text{Γ}} &= 0,0054 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.26)} \\x_{\text{Z}} &= 22,2 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)} \\x_{\text{Θ}} &= 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)} \\x_{\text{I}\text{B}} &= 0,004 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}\end{aligned}$$

*Οργανικές Ενώσεις :*

$$\begin{aligned}x_{\text{A}} &= 0,21 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.8)} \\x_{\text{Γ}} &= 0,0098 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.26)}\end{aligned}$$

*Αμμωνία (NH<sub>3</sub>) :*

$$\begin{aligned}x_{\text{A}} &= 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.8)} \\x_{\text{Γ}} &= 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.26)}\end{aligned}$$

*Υδροχλώριο (HCl) :*  $x_{\text{A}} = 0,114 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.8)}$

*Υδροφθόριο (HF) και Φθοριούχες Ενώσεις :*  $x_{\text{Γ}} = 2 \times 10^{-5} \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.26)}$

*Οργανικές Πτητικές Ενώσεις (VOC) :*

$$\begin{aligned}x_{\text{B}} &= 0,002 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)} \\x_{\text{Δ}} &= 0,054 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.37)}\end{aligned}$$



$$X_E = 3,45 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)}$$

$$x_{\Sigma T} = 0,068 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.41)}$$

$$X_Z = 27,6 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)}$$

$$x_H = 0,011 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.45)}$$

$$x_{\Theta} = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)}$$

$$x_B = 0,005 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}$$

- Υγρά Απόβλητα

*Αιωρούμενα Σωματίδια*:  $x_T = 0,0004 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.27)}$

*Διαλελυμένα Σωματίδια*:

$$x_A = 52,66 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.9)}$$

$$x_T = 0,6648 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.27)}$$

*BOD*:  $x_T = 0,0004 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.27)}$

*COD*:

$$x_A = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.9)}$$

$$x_T = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.27)}$$

*Έλαια*:

$$x_A = 0,649 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.9)}$$

$$x_T = 0,01 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.27)}$$

*Φαινόλη*:  $x_A = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.9)}$

*Φθοριούχες Ενώσεις*:

$$x_A = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.9)}$$

$$x_T = 0,0028 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.27)}$$

*Αμμωνία (NH<sub>3</sub>)*:  $x_T = 0,0014 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.27)}$

*Άλατα Θεικού Οξέος*:  $x_T = 0,0006 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.27)}$

*Νιτρικά Άλατα*:  $x_T = 0,0006 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.27)}$

*Χλωριούχα Άλατα*:  $x_T = 0,00004 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.27)}$

*Ιόντα Νατρίου*:  $x_T = 0,0004 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.27)}$

*Ιόντα Σιδήρου*:  $x_T = 6 \times 10^{-6} \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.27)}$

- Στερεά Απόβλητα

$$x_A = 103,3 \text{ cm}^3/\text{kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.9)}$$

$$x_{\Gamma} = 114,66 \text{ cm}^3/\text{kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.27)}$$

$$x_{\Theta} = 790 \text{ cm}^3/\text{kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.48)}$$

$$x_{\mu\alpha\epsilon} = 43,375 \text{ cm}^3/\text{kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.53)}$$

❖ **Φιάλη από PVC χωρητικότητας 0,5 lt, 0,75 lt, 1,5 lt και 2 lt**

- Μεταβλητές

*PVC 0,5 lt    PVC 0,75 lt    PVC 1,5 lt    PVC 2 lt*

m (kg/1000 lt)	50	52	32,7	41
a	0,0086	0,0086	0,0086	0,0086
b	0	0	0	0
c	1	1	1	1
c <sub>R</sub>	0	0	0	0
f	0	0	0	0
k	0,0093	0,0093	0,0093	0,0093

- Ενέργεια

$$e_A = 51,1 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.10 - περίπτωση 2)}$$

$$e_B = 0,51 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.19 - περίπτωση 2)}$$

$$e_{\Gamma} = 14 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.28 - περίπτωση 2)}$$

$$e_{\Delta} = 1,12 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.36)}$$

$$E_E = 950 \text{ MJ/1000 lt} \text{ (πίνακας 3.2.2.38 - περίπτωση 1β)}$$

$$e_{\Sigma T} = 1,4 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.40)}$$

$$E_Z = 5079,7 \text{ MJ/1000 lt} \text{ (πίνακας 3.2.2.42)}$$

$$e_H = 0,07 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.44)}$$

$$e_{\Theta} = 0,16 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.46)}$$

$$e_{\chi\alpha\epsilon} = 0,75 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.49)}$$

$$e_{\mu\alpha\epsilon} = -18 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.51 - περίπτωση 1γ)}$$

$$e_{\Lambda} = 0,07 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.54)}$$

$$e_B = 0,954 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.56 - περίπτωση 1)}$$

- Πρώτες Ύλες

$$\text{Υδρογόνο : } x_A = 0,87 \text{ gr/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.11)}$$

$$\text{Αλάτι : } x_A = 1016,43 \text{ gr/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.11)}$$

$$\text{Βοηθητικές Ύλες : } x_A = 7 \text{ gr/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.11)}$$

- Αέρια Απόβλητα

*Σωματίδια :*

$$\begin{aligned}
 x_A &= 0,631 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.12)} \\
 x_B &= 0,062 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 – περίπτωση 2)} \\
 x_\Gamma &= 0,289 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.29)} \\
 X_E &= 147,01 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)} \\
 X_Z &= 132,6 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)} \\
 x_\Theta &= 0,006 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)} \\
 x_{\chi\alpha\epsilon} &= 0,145 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.50)} \\
 x_{\mu\alpha\epsilon} &= 0,02 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)} \\
 x_{\text{IA}} &= 0,013 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.55)} \\
 x_{\text{IB}} &= 0,08 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}
 \end{aligned}$$

*Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO) :*

$$\begin{aligned}
 x_A &= 1,063 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.12)} \\
 x_B &= 0,008 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 – περίπτωση 2)} \\
 x_\Gamma &= 0,5129 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.29)} \\
 x_\Delta &= 0,124 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.37)} \\
 X_E &= 11,47 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)} \\
 x_{\Sigma\text{T}} &= 0,154 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.41)} \\
 X_Z &= 55,8 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)} \\
 x_H &= 0,031 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.45)} \\
 x_\Theta &= 0,003 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)} \\
 x_{\mu\alpha\epsilon} &= 0,4 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)} \\
 x_{\text{IB}} &= 0,01 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}
 \end{aligned}$$

*Υδρογονάνθρακες :*

$$\begin{aligned}
 x_A &= 10,519 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.12)} \\
 x_\Gamma &= 3,1048 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.29)} \\
 X_Z &= 33,1 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)} \\
 x_\Theta &= 0,002 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)} \\
 x_{\text{IB}} &= 0,006 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}
 \end{aligned}$$

*Οξείδια του Αζώτου (NOx) :*

$$\begin{aligned}
 x_A &= 3,034 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.12)} \\
 x_B &= 0,15 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 – περίπτωση 2)} \\
 x_\Gamma &= 1,8174 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.29)} \\
 x_\Delta &= 0,148 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.37)} \\
 X_E &= 393,95 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)} \\
 x_{\Sigma\text{T}} &= 0,186 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.41)} \\
 X_Z &= 1625,1 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)} \\
 x_H &= 0,027 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.45)} \\
 x_\Theta &= 0,038 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)} \\
 x_{\chi\alpha\epsilon} &= 0,38 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.50)} \\
 x_{\mu\alpha\epsilon} &= 1,6 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)} \\
 x_{\text{IA}} &= 0,034 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.55)} \\
 x_{\text{IB}} &= 0,31 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}
 \end{aligned}$$

*Πρωτοξείδιο του Αζώτου (N<sub>2</sub>O) :*

$$x_A = 0,634 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.12)}$$

$$x_{\Gamma} = 0,0837 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.29)}$$

*Διοξείδιο του Θείου (SO<sub>2</sub>) :*

$$x_A = 5,962 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.12)}$$

$$x_B = 0,25 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)}$$

$$x_{\Gamma} = 3,6784 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.29)}$$

$$X_E = 913,44 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)}$$

$$X_Z = 2934,1 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)}$$

$$x_{\Theta} = 0,022 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)}$$

$$x_{\chi_{\alpha\epsilon}} = 1,137 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.50)}$$

$$x_{\chi_{\mu\alpha\epsilon}} = 0,36 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)}$$

$$x_{\chi_A} = 0,102 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.55)}$$

$$x_{\chi_B} = 0,58 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}$$

*Αλδεύδες :*

$$x_A = 0,005 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.12)}$$

$$x_{\Gamma} = 0,0038 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.29)}$$

$$X_Z = 22,2 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)}$$

$$x_{\Theta} = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)}$$

$$x_{\chi_B} = 0,004 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}$$

*Οργανικές Ενώσεις :*

$$x_A = 0,508 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.12)}$$

$$x_{\Gamma} = 0,0069 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.29)}$$

*Αμμωνία (NH<sub>3</sub>) :*

$$x_A = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.12)}$$

$$x_{\Gamma} = 0,0007 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.29)}$$

$$\text{Υδροχλώριο (HCl) : } x_{\chi_{\mu\alpha\epsilon}} = 29,02 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)}$$

*Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες :*

$$x_A = 0,169 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.12)}$$

$$x_{\Gamma} = 0,000014 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.29)}$$

*Οργανικές Πτητικές Ενώσεις (VOC) :*

$$x_B = 0,002 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)}$$

$$x_{\Delta} = 0,054 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.37)}$$

$$X_E = 3,45 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)}$$

$$x_{\Sigma\Gamma} = 0,068 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.41)}$$

$$X_Z = 27,6 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)}$$

$$x_H = 0,011 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.45)}$$

$$x_{\Theta} = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)}$$

$$x_B = 0,005 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}$$

- Υγρά Απόβλητα

*Αιωρούμενα Σωματίδια :*

$$x_A = 0,062 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.13)}$$

$$x_T = 0,00026 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.30)}$$

*Διαλελυμένα Σωματίδια :*

$$x_A = 31,383 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.13)}$$

$$x_T = 0,4654 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.30)}$$

$$BOD : x_T = 0,00026 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.30)}$$

*COD :*

$$x_A = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.13)}$$

$$x_T = 0,0007 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.30)}$$

*Έλαια :*

$$x_A = 0,156 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.13)}$$

$$x_T = 0,007 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.30)}$$

$$\text{Φαινόλη} : x_A = 0,0046 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.13)}$$

*Φθοριούχες Ενώσεις :*

$$x_A = 0,002 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.13)}$$

$$x_T = 0,002 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.30)}$$

$$\text{Αμμωνία (NH}_3\text{)} : x_T = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.30)}$$

$$\text{Άλατα Θεικού Οξέος} : x_T = 0,0004 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.30)}$$

$$\text{Νιτρικά Άλατα} : x_T = 0,0004 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.30)}$$

$$\text{Χλωριούχα Άλατα} : x_T = 0,000027 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.30)}$$

$$\text{Ιόντα Νατρίου} : x_T = 0,00029 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.30)}$$

$$\text{Ιόντα Σιδήρου} : x_T = 0,000004 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.30)}$$

- Στερεά Απόβλητα

$$x_A = 209,6 \text{ cm}^3/\text{kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.13)}$$

$$x_{\Gamma} = 80,26 \text{ cm}^3/\text{kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.31)}$$

$$x_{\Theta} = 790 \text{ cm}^3/\text{kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.48)}$$

$$x_{\mu\alpha\epsilon} = 43,375 \text{ cm}^3/\text{kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.53)}$$

❖ **Φιάλη από HDPE χωρητικότητας 1 lt**

- Μεταβλητές

$$m \text{ (kg/1000 lt)} = 36$$

$$a = 0,0086$$

$$b = 0$$

$$c = 1$$

$$c_R = 0$$

$$f = 0$$

$$k = 0,0093$$

- Ενέργεια

$$e_A = 67,6 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.14 - περίπτωση 3)}$$

$$e_B = 0,51 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.19 - περίπτωση 2)}$$

$$e_{\Gamma} = 20 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.32 - περίπτωση 2)}$$

$$e_{\Delta} = 1,12 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.36)}$$

$$E_E = 950 \text{ MJ/1000 lt} \text{ (πίνακας 3.2.2.38 - περίπτωση 1β)}$$

$$e_{\Sigma\Gamma} = 1,4 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.40)}$$

$$E_Z = 5079,7 \text{ MJ/1000 lt} \text{ (πίνακας 3.2.2.42)}$$

$$e_H = 0,07 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.44)}$$

$$e_{\Theta} = 0,16 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.46)}$$

$$e_{\chi\alpha\epsilon} = 0,75 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.49)}$$

$$e_{\mu\alpha\epsilon} = -43,3 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.51 - περίπτωση 1δ)}$$

$$e_{\Lambda} = 0,07 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.54)}$$

$$e_B = 0,954 \text{ MJ/kg} \text{ (πίνακας 3.2.2.56 - περίπτωση 1)}$$

- Πρώτες Ύλες

Ασβεστόλιθος :  $x_A = 0,2 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.15)

Σιδηρομετάλλευμα :  $x_A = 0,3 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.15)

Αλάτι :  $x_A = 4 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.15)

Βωξίτης :  $x_A = 0,2 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.15)

Άργιλος :  $x_A = 0,00002 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.15)

Νερό :  $x_A = 9500 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.15)

## - Αέρια Απόβλητα

*Σωματίδια :*

$$x_B = 0,062 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)}$$

$$x_{\Gamma} = 0,4129 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.33)}$$

$$x_E = 147,01 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)}$$

$$x_Z = 132,6 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)}$$

$$x_{\Theta} = 0,006 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)}$$

$$x_{\chi_{\alpha\epsilon}} = 0,145 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.50)}$$

$$x_{\mu_{\alpha\epsilon}} = 0,052 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)}$$

$$x_{\iota\Delta} = 0,013 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.55)}$$

$$x_{\iota\beta} = 0,08 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}$$

*Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO) :*

$$x_A = 0,67 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.16 - περίπτωση 1)}$$

$$x_B = 0,008 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)}$$

$$x_{\Gamma} = 0,7328 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.33)}$$

$$x_{\Delta} = 0,124 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.37)}$$

$$x_E = 11,47 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)}$$

$$x_{\Sigma\Gamma} = 0,154 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.41)}$$

$$x_Z = 55,8 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)}$$

$$x_H = 0,031 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.45)}$$

$$x_{\Theta} = 0,003 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)}$$

$$x_{\mu_{\alpha\epsilon}} = 1,3 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)}$$

$$x_{\iota\beta} = 0,01 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}$$

*Υδρογονάνθρακες :*

$$x_A = 11,34 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.16 - περίπτωση 1)}$$

$$x_{\Gamma} = 4,4357 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.33)}$$

$$x_Z = 33,1 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)}$$

$$x_{\Theta} = 0,002 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)}$$

$$x_{\iota\beta} = 0,006 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.57)}$$

*Οξείδια του Αζώτου (NOx) :*

$$x_A = 1,091 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.16 - περίπτωση 1)}$$

$$x_B = 0,15 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.20 - περίπτωση 2)}$$

$$x_{\Gamma} = 2,5961 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.33)}$$

$$x_{\Delta} = 0,148 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.37)}$$

$$x_E = 393,95 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.39)}$$

$$x_{\Sigma\Gamma} = 0,186 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.41)}$$

$$x_Z = 1625,1 \text{ gr/1000 lt (πίνακας 3.2.2.43)}$$

$$x_H = 0,027 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.45)}$$

$$x_{\Theta} = 0,038 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.47)}$$

$$x_{\chi_{\alpha\epsilon}} = 0,38 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.50)}$$

$$x_{\mu_{\alpha\epsilon}} = 5,2 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.52)}$$

$x_{IA} = 0,034 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.55)

$x_{IB} = 0,31 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.57)

*Πρωτοξείδιο του Αζώτου ( $N_2O$ ):*  $x_T = 0,1196 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.33)

*Διοξείδιο του Θείου ( $SO_2$ ):*

$x_A = 0,987 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.16 – περίπτωση 1)

$x_B = 0,25 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.20 – περίπτωση 2)

$x_T = 5,2548 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.33)

$x_E = 913,44 \text{ gr/1000 lt}$  (πίνακας 3.2.2.39)

$x_Z = 2934,1 \text{ gr/1000 lt}$  (πίνακας 3.2.2.43)

$x_\Theta = 0,022 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.47)

$x_{\chi_{ae}} = 1,137 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.50)

$x_{\mu_{ae}} = 0,36 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.52)

$x_{IA} = 0,102 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.55)

$x_{IB} = 0,58 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.57)

*Αλδεύδες :*

$x_T = 0,0054 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.33)

$x_Z = 22,2 \text{ gr/1000 lt}$  (πίνακας 3.2.2.43)

$x_\Theta = 0,001 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.47)

$x_{IB} = 0,004 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.57)

*Οργανικές Ενώσεις :*  $x_T = 0,0098 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.33)

*Αμμωνία ( $NH_3$ ):*  $x_T = 0,001 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.33)

*Υδροφθόριο (HF) και Φθοριούχες Ενώσεις :*  $x_T = 0,00002 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.33)

*Οργανικές Πτητικές Ενώσεις (VOC):*

$x_B = 0,002 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.20 – περίπτωση 2)

$x_D = 0,054 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.37)

$x_E = 3,45 \text{ gr/1000 lt}$  (πίνακας 3.2.2.39)

$x_{\Sigma T} = 0,068 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.41)

$x_Z = 27,6 \text{ gr/1000 lt}$  (πίνακας 3.2.2.43)

$x_H = 0,011 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.45)

$x_\Theta = 0,001 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.47)

$x_{IB} = 0,005 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.57)

- Υγρά Απόβλητα

*Αιωρούμενα Σωματίδια :*  $x_T = 0,0004 \text{ gr/kg}$  (πίνακας 3.2.2.34)

*Διαλελυμένα Σωματίδια :*



$$x_A = 24,795 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.17 - περίπτωση 1)}$$

$$x_T = 0,6648 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.34)}$$

$$BOD : x_T = 0,0004 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.34)}$$

$$COD : x_T = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.34)}$$

*Έλαια :*

$$x_A = 0,304 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.17 - περίπτωση 1)}$$

$$x_T = 0,01 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.34)}$$

$$\text{Φαινόλη} : x_A = 0,004 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.17 - περίπτωση 1)}$$

*Φθοριούχες Ενώσεις :*

$$x_A = 0,001 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.17 - περίπτωση 1)}$$

$$x_T = 0,0028 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.34)}$$

$$\text{Αμμωνία (NH}_3\text{)} : x_T = 0,0014 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.34)}$$

$$\text{Άλατα Θεικού Οξέος} : x_T = 0,0006 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.34)}$$

$$\text{Νιτρικά Άλατα} : x_T = 0,0006 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.34)}$$

$$\text{Χλωριούχα Άλατα} : x_T = 0,00004 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.34)}$$

$$\text{Ιόντα Νατρίου} : x_T = 0,0004 \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.34)}$$

$$\text{Ιόντα Σιδήρου} : x_T = 6 \times 10^{-6} \text{ gr/kg (πίνακας 3.2.2.34)}$$

- Στερεά Απόβλητα

$$x_A = 12,1 \text{ cm}^3/\text{kg (πίνακας 3.2.2.18 - περίπτωση 1)}$$

$$x_T = 114,66 \text{ cm}^3/\text{kg (πίνακας 3.2.2.35)}$$

$$x_{\Theta} = 1160 \text{ cm}^3/\text{kg (πίνακας 3.2.2.48)}$$

$$x_{\mu\alpha\epsilon} = 43,375 \text{ cm}^3/\text{kg (πίνακας 3.2.2.53)}$$

## **Γ.2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ Η/Υ**

Χρησιμοποιώντας τα αριθμητικά δεδομένα που παρουσιάστηκαν συγκεντρωμένα στην προηγούμενη παράγραφο, αναπτύχθηκε υπολογιστικό υπόδειγμα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για τον υπολογισμό τόσο της κατανάλωσης ενέργειας και πρώτων υλών όσο και της παραγωγής των αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων κατά τον κύκλο ζωής των φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς. Το υπολογιστικό αυτό υπόδειγμα βασίζεται στο μοντέλο που αναπτύχθηκε αναλυτικά στο τρίτο κεφάλαιο και το οποίο περιγράφεται μαθηματικά από τις σχέσεις 3.1.3.3 και 3.1.3.11. Για την ανάπτυξη του υπολογιστικού υποδείγματος χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον του ιδιαίτερα διαδεδομένου λογιστικού φύλλου Microsoft Excel 5.0 συνδυάζοντας έτσι, πέρα από την ακριβή και αξιόπιστη μεταφορά του μοντέλου που εξετάζουμε στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, απλότητα και φιλικότητα προς το χρήστη.

Σε ότι αφορά στην μορφή που έχει το υπολογιστικό υπόδειγμα, αποτελείται αφενός από την περιοχή εισαγωγής των δεδομένων και εξαγωγής των τελικών αποτελεσμάτων (γενική εκτύπωση της οποίας παρουσιάζεται στις σελίδες που ακολουθούν) και αφετέρου από την περιοχή όπου πραγματοποιούνται οι υπολογισμοί με βάση το μαθηματικό μοντέλο και τα στοιχεία που αναφέρθηκαν έως τώρα. Στο τμήμα εισαγωγής των δεδομένων χρειάζεται να οριστούν τα μεγέθη **m** (σε kg/1000 lt), **a**, **f**, **c**, **c<sub>R</sub>**, **b** και **k** (σε δεκαδική μορφή), το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένη η φιάλη που εξετάζεται καθώς και το μέγεθος της.

Εφαρμόζοντας για κάθε μία από τις εννέα φιάλες νερού της ελληνικής αγοράς που εξετάζουμε (φιάλη από γυαλί χωρητικότητας 1 lt, φιάλη από PET χωρητικότητας 0,5 lt, 1,5 lt και 2 lt, φιάλη από PVC χωρητικότητας 0,5 lt, 0,75 lt, 1,5 lt και 2 lt και φιάλη από HDPE χωρητικότητας 1 lt) το υπολογιστικό αυτό υπόδειγμα, καταλήγουμε στα αποτελέσματα της ΑΚΖ τα οποία παρουσιάζονται κατά σειρά στη συνέχεια (μετά από τη γενική εκτύπωση της περιοχής εισαγωγής των δεδομένων και εξαγωγής των τελικών αποτελεσμάτων) όπως προκύπτουν από τον Η/Υ. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, είναι δυνατός ο προσδιορισμός της ολικής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης η οποία προκύπτει κατά την διάρκεια της ζωής του κάθε υλικού συσκευασίας.

# Ανάλυση Κύκλου Ζωής Φιαλών Νερού της Ελληνικής Αγοράς

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### *1.1. Καθορισμός Μεταβλητών*

1.1.1.	Μάζα Αναφοράς : m (kg / 1000 lt) =	
1.1.2.	Ανακύλωση : α (%) =	
1.1.3.	Επαναχρησιμοποίηση : f (%) =	
1.1.4.	Ταφή Αστικών Απορριμμάτων : c (%) =	
1.1.5.	Καύση Αστ. Απορ. με Ανακτ. Ενέργειας : cr (%) =	
1.1.6.	Απώλειες Ανακύκλωσης : b (%) =	
1.1.7.	Περιεχόμενο Ανακυκλώσιμου Υλικού : k (%) =	

### *1.2. Καθορισμός Υλικού Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.2.1.	Γυαλί	
1.2.2.	Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο (PET)	
1.2.3.	Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	
1.2.4.	Πλουαιθυλένιο Σκληρό (HDPE)	

### *1.3. Καθορισμός Χωρητικότητας Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.3.1.	0,5 lt	
1.3.2.	0,75 lt	
1.3.3.	1,0 lt	
1.3.4.	1,5 lt	
1.3.5.	2,0 lt	

## 2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.1. Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ / 1000 It) =

0

2.2. Συνολική Κατανάλωση Πρώτων Υλών (gr / 1000 It)

2.2.1.	Χαλαζιακή Άμμος	0
2.2.2.	Ασβεστόλιθος	0
2.2.3.	Σόδα	0
2.2.4.	Βοηθητικές Ύλες	0
2.2.5.	Νερό	0
2.2.6.	Υδρογόνο	0
2.2.7.	Οξυγόνο	0
2.2.8.	NaOH	0
2.2.9.	Αλάτι	0
2.2.10.	Σιδηρομετάλλευμα	0
2.2.11.	Βωξίτης	0
2.2.12.	Άργιλος	0

2.3. Συνολική Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr / 1000 It)

2.3.1.	Σωματίδια	0
2.3.2.	Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	0
2.3.3.	Υδρογονάνθρακες (HC)	0
2.3.4.	Οξείδια του Αζώτου (NOx)	0
2.3.5.	Πρωτοξείδιο του Αζώτου	0
2.3.6.	Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	0
2.3.7.	Αλδεύδες	0
2.3.8.	Οργανικές Ενώσεις	0
2.3.9.	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0
2.3.10.	Υδροχλώριο (HCl)	0
2.3.11.	HF και Φθοριούχες Ενώσεις	0
2.3.12.	Μόλυβδος (Pb)	0
2.3.13.	Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρ.	0
2.3.14.	Οργ. Πτητικές Ενώσεις	0

**2.4. Συνολική Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (gr / 1000 lt)**

2.4.1.	Αιωρούμενα Σωματίδια	0
2.4.2.	Διαλυμένα Σωματίδια	0
2.4.3.	BOD	0
2.4.4.	COD	0
2.4.5.	Έλαια	0
2.4.6.	Φαινόλη	0
2.4.7.	Φθοριούχες Ενώσεις	0
2.4.8.	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0
2.4.9.	Άλατα Θεικού Οξέος	0
2.4.10.	Νιτρικά Άλατα	0
2.4.11.	Χλωριούχα Άλατα	0
2.4.12.	Ιόντα Νατρίου	0
2.4.13.	Ιόντα Σιδήρου	0

**2.5. Συνολική Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup> / 1000 lt) =****0**

# Ανάλυση Κύκλου Ζωής Φιαλών Νερού της Ελληνικής Αγοράς

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### *1.1. Καθορισμός Μεταβλητών*

1.1.1.	Μάζα Αναφοράς : m (kg / 1000 lt) =	466
1.1.2.	Ανακύλωση : α (%) =	0,253
1.1.3.	Επαναχρησιμοποίηση : f (%) =	0
1.1.4.	Ταφή Αστικών Απορριμμάτων : c (%) =	1
1.1.5.	Καύση Αστ. Απορ. με Ανακτ. Ενέργειας : cr (%) =	0
1.1.6.	Απώλειες Ανακύκλωσης : b (%) =	0
1.1.7.	Περιεχόμενο Ανακυκλώσιμου Υλικού : k (%) =	0,4118

### *1.2. Καθορισμός Υλικού Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.2.1.	Γυαλί	1
1.2.2.	Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο (PET)	0
1.2.3.	Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	0
1.2.4.	Πλουαιθυλένιο Σκληρό (HDPE)	0

### *1.3. Καθορισμός Χωρητικότητας Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.3.1.	0,5 lt	0
1.3.2.	0,75 lt	0
1.3.3.	1,0 lt	1
1.3.4.	1,5 lt	0
1.3.5.	2,0 lt	0

## 2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.1. Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ / 1000 lt) =	36656,27
---	----------

### 2.2. Συνολική Κατανάλωση Πρώτων Υλών (gr / 1000 lt)

2.2.1.	Χαλαζιακή Άμμος	175424,8
2.2.2.	Ασβεστόλιθος	68525,3
2.2.3.	Σόδα	54820,24
2.2.4.	Βοηθητικές Ύλες	54820,24
2.2.5.	Νερό	644137,8
2.2.6.	Υδρογόνο	0
2.2.7.	Οξυγόνο	0
2.2.8.	NaOH	0
2.2.9.	Αλάτι	0
2.2.10.	Σιδηρομετάλλευμα	0
2.2.11.	Βωξίτης	0
2.2.12.	Άργιλος	0

### 2.3. Συνολική Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr / 1000 lt)

2.3.1.	Σωματίδια	2512,855
2.3.2.	Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	238,9534
2.3.3.	Υδρογονάνθρακες (HC)	528,1079
2.3.4.	Οξείδια του Αζώτου (NOx)	2814,061
2.3.5.	Πρωτοξείδιο του Αζώτου	15,55806
2.3.6.	Διοξείδιο του Θείου (SO2)	4892,517
2.3.7.	Αλδεύδες	24,7109
2.3.8.	Οργανικές Ενώσεις	3,398911
2.3.9.	Αμμωνία (NH3)	0,831624
2.3.10.	Υδροχλώριο (HCl)	9,867643
2.3.11.	HF και Φθοριούχες Ενώσεις	3,837743
2.3.12.	Μόλυβδος (Pb)	2,466911
2.3.13.	Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρ.	0
2.3.14.	Οργ. Πτητικές Ενώσεις	93,21692

**2.4. Συνολική Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (gr / 1000 lt)**

2.4.1.	Αιωρούμενα Σωματίδια	0,277363
2.4.2.	Διαλυμένα Σωματίδια	495,7179
2.4.3.	BOD	0,277363
2.4.4.	COD	0,831624
2.4.5.	Έλαια	6,671629
2.4.6.	Φαινόλη	0
2.4.7.	Φθοριούχες Ενώσεις	0,019187
2.4.8.	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,01398
2.4.9.	Άλατα Θεικού Οξέος	0,00466
2.4.10.	Νιτρικά Άλατα	0,00932
2.4.11.	Χλωριούχα Άλατα	0,000373
2.4.12.	Ιόντα Νατρίου	0,00466
2.4.13.	Ιόντα Σιδήρου	4,66E-05

**2.5. Συνολική Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup> / 1000 lt) =****183011,4**



# Ανάλυση Κύκλου Ζωής Φιαλών Νερού της Ελληνικής Αγοράς

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### *1.1. Καθορισμός Μεταβλητών*

1.1.1.	Μάζα Αναφοράς : m (kg / 1000 lt) =	54
1.1.2.	Ανακύλωση : α (%) =	0,0086
1.1.3.	Επαναχρησιμοποίηση : f (%) =	0
1.1.4.	Ταφή Αστικών Απορριμμάτων : c (%) =	1
1.1.5.	Καύση Αστ. Απορ. με Ανακτ. Ενέργειας : cr (%) =	0
1.1.6.	Απώλειες Ανακύκλωσης : b (%) =	0
1.1.7.	Περιεχόμενο Ανακυκλώσιμου Υλικού : k (%) =	0,0093

### *1.2. Καθορισμός Υλικού Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.2.1.	Γυαλί	0
1.2.2.	Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο (PET)	1
1.2.3.	Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	0
1.2.4.	Πλουαιθυλένιο Σκληρό (HDPE)	0

### *1.3. Καθορισμός Χωρητικότητας Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.3.1.	0,5 lt	1
1.3.2.	0,75 lt	0
1.3.3.	1,0 lt	0
1.3.4.	1,5 lt	0
1.3.5.	2,0 lt	0

## 2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.1. Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ / 1000 It) =	18277,35
---	----------

### 2.2. Συνολική Κατανάλωση Πρώτων Υλών (gr / 1000 It)

2.2.1.	Χαλαζιακή Άμμος	0
2.2.2.	Ασβεστόλιθος	0
2.2.3.	Σόδα	0
2.2.4.	Βοηθητικές Ύλες	1069,956
2.2.5.	Νερό	0
2.2.6.	Υδρογόνο	1258,268
2.2.7.	Οξυγόνο	28193,34
2.2.8.	NaOH	24,07401
2.2.9.	Αλάτι	0
2.2.10.	Σιδηρομετάλλευμα	0
2.2.11.	Βωξίτης	0
2.2.12.	Άργιλος	0

### 2.3. Συνολική Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr / 1000 It)

2.3.1.	Σωματίδια	359,6146
2.3.2.	Μονοξειδίο του Άνθρακα (CO)	1284,42
2.3.3.	Υδρογονάνθρακες (HC)	1778,915
2.3.4.	Οξειδία του Αζώτου (NOx)	2571,594
2.3.5.	Πρωτοξειδίο του Αζώτου	112,3305
2.3.6.	Διοξειδίο του Θείου (SO2)	4468,766
2.3.7.	Αλδεύδες	22,70749
2.3.8.	Οργανικές Ενώσεις	11,76374
2.3.9.	Αμμωνία (NH3)	0,107498
2.3.10.	Υδροχλώριο (HCl)	6,098749
2.3.11.	HF και Φθοριούχες Ενώσεις	0,00108
2.3.12.	Μόλυβδος (Pb)	0
2.3.13.	Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρ.	0
2.3.14.	Οργ. Πτητικές Ενώσεις	38,38974

**2.4. Συνολική Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (gr / 1000 lt)**

2.4.1.	Αιωρούμενα Σωματίδια	0,0216
2.4.2.	Διαλυμένα Σωματίδια	2853,093
2.4.3.	BOD	0,0216
2.4.4.	COD	0,107498
2.4.5.	Έλαια	35,26007
2.4.6.	Φαινόλη	0,053498
2.4.7.	Φθοριούχες Ενώσεις	0,203292
2.4.8.	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,0756
2.4.9.	Άλατα Θεικού Οξέος	0,0324
2.4.10.	Νιτρικά Άλατα	0,0324
2.4.11.	Χλωριούχα Άλατα	0,00216
2.4.12.	Ιόντα Νατρίου	0,0216
2.4.13.	Ιόντα Σιδήρου	0,000324

**2.5. Συνολική Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup> / 1000 lt) =**

**54011,09**

# Ανάλυση Κύκλου Ζωής Φιαλών Νερού της Ελληνικής Αγοράς

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### *1.1. Καθορισμός Μεταβλητών*

1.1.1.	Μάζα Αναφοράς : m (kg / 1000 lt) =	28,2
1.1.2.	Ανακύλωση : α (%) =	0,0086
1.1.3.	Επαναχρησιμοποίηση : f (%) =	0
1.1.4.	Ταφή Αστικών Απορριμμάτων : c (%) =	1
1.1.5.	Καύση Αστ. Απορ. με Ανακτ. Ενέργειας : cr (%) =	0
1.1.6.	Απώλειες Ανακύκλωσης : b (%) =	0
1.1.7.	Περιεχόμενο Ανακυκλώσιμου Υλικού : k (%) =	0,0093

### *1.2. Καθορισμός Υλικού Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.2.1.	Γυαλί	0
1.2.2.	Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο (PET)	1
1.2.3.	Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	0
1.2.4.	Πλουαιθυλένιο Σκληρό (HDPE)	0

### *1.3. Καθορισμός Χωρητικότητας Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.3.1.	0,5 lt	0
1.3.2.	0,75 lt	0
1.3.3.	1,0 lt	0
1.3.4.	1,5 lt	1
1.3.5.	2,0 lt	0

## 2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.1. Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ / 1000 lt) =

12425,7

2.2. Συνολική Κατανάλωση Πρώτων Υλών (gr / 1000 lt)

2.2.1.	Χαλαζιακή Άμμος	0
2.2.2.	Ασβεστόλιθος	0
2.2.3.	Σόδα	0
2.2.4.	Βοηθητικές Ύλες	558,7548
2.2.5.	Νερό	0
2.2.6.	Υδρογόνο	657,0956
2.2.7.	Οξυγόνο	14723,19
2.2.8.	NaOH	12,57198
2.2.9.	Αλάτι	0
2.2.10.	Σιδηρομέταλλευμα	0
2.2.11.	Βωξίτης	0
2.2.12.	Άργιλος	0

2.3. Συνολική Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr / 1000 lt)

2.3.1.	Σωματίδια	321,3902
2.3.2.	Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	702,8927
2.3.3.	Υδρογονάνθρακες (HC)	944,8032
2.3.4.	Οξείδια του Αζώτου (NOx)	2307,601
2.3.5.	Πρωτοξείδιο του Αζώτου	58,66151
2.3.6.	Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	4171,958
2.3.7.	Αλδεύδες	22,46502
2.3.8.	Οργανικές Ενώσεις	6,143285
2.3.9.	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,056138
2.3.10.	Υδροχλώριο (HCl)	3,184902
2.3.11.	HF και Φθοριούχες Ενώσεις	0,000564
2.3.12.	Μόλυβδος (Pb)	0
2.3.13.	Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρ.	0
2.3.14.	Οργ. Πτητικές Ενώσεις	34,88298

**2.4. Συνολική Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (gr / 1000 lt)**

2.4.1.	Αιωρούμενα Σωματίδια	0,01128
2.4.2.	Διαλυμένα Σωματίδια	1489,949
2.4.3.	BOD	0,01128
2.4.4.	COD	0,056138
2.4.5.	Έλαια	18,41359
2.4.6.	Φαινόλη	0,027938
2.4.7.	Φθοριούχες Ενώσεις	0,106163
2.4.8.	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,03948
2.4.9.	Άλατα Θεικού Οξέος	0,01692
2.4.10.	Νιτρικά Άλατα	0,01692
2.4.11.	Χλωριούχα Άλατα	0,001128
2.4.12.	Ιόντα Νατρίου	0,01128
2.4.13.	Ιόντα Σιδήρου	0,000169

**2.5. Συνολική Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup> / 1000 lt) =****28205,79**

# Ανάλυση Κύκλου Ζωής Φιαλών Νερού της Ελληνικής Αγοράς

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### *1.1. Καθορισμός Μεταβλητών*

1.1.1.	Μάζα Αναφοράς : m (kg / 1000 lt) =	24,5
1.1.2.	Ανακύλωση : α (%) =	0,0086
1.1.3.	Επαναχρησιμοποίηση : f (%) =	0
1.1.4.	Ταφή Αστικών Απορριμμάτων : c (%) =	1
1.1.5.	Καύση Αστ. Απορ. με Ανακτ. Ενέργειας : cr (%) =	0
1.1.6.	Απώλειες Ανακύκλωσης : b (%) =	0
1.1.7.	Περιεχόμενο Ανακυκλώσιμου Υλικού : k (%) =	0,0093

### *1.2. Καθορισμός Υλικού Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.2.1.	Γυαλί	0
1.2.2.	Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο (PET)	1
1.2.3.	Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	0
1.2.4.	Πλουαιθυλένιο Σκληρό (HDPE)	0

### *1.3. Καθορισμός Χωρητικότητας Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.3.1.	0,5 lt	0
1.3.2.	0,75 lt	0
1.3.3.	1,0 lt	0
1.3.4.	1,5 lt	0
1.3.5.	2,0 lt	1

## 2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.1. Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ / 1000 It) =

11586,5

2.2. Συνολική Κατανάλωση Πρώτων Υλών (gr / 1000 It)

2.2.1.	Χαλαζιακή Άμμος	0
2.2.2.	Ασβεστόλιθος	0
2.2.3.	Σόδα	0
2.2.4.	Βοηθητικές Ύλες	485,443
2.2.5.	Νερό	0
2.2.6.	Υδρογόνο	570,881
2.2.7.	Οξυγόνο	12791,42
2.2.8.	NaOH	10,92247
2.2.9.	Αλάτι	0
2.2.10.	Σιδηρομετάλλευμα	0
2.2.11.	Βωξίτης	0
2.2.12.	Άργιλος	0

2.3. Συνολική Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr / 1000 It)

2.3.1.	Σωματίδια	315,9084
2.3.2.	Μονοξειδίο του Άνθρακα (CO)	619,4954
2.3.3.	Υδρογονάνθρακες (HC)	825,1826
2.3.4.	Οξειδία του Αζώτου (NOx)	2269,741
2.3.5.	Πρωτοξειδίο του Αζώτου	50,96478
2.3.6.	Διοξειδίο του Θείου (SO2)	4129,393
2.3.7.	Αλδεύδες	22,43025
2.3.8.	Οργανικές Ενώσεις	5,337252
2.3.9.	Αμμωνία (NH3)	0,048772
2.3.10.	Υδροχλώριο (HCl)	2,767025
2.3.11.	HF και Φθοριούχες Ενώσεις	0,00049
2.3.12.	Μόλυβδος (Pb)	0
2.3.13.	Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρ.	0
2.3.14.	Οργ. Πτητικές Ενώσεις	34,38007



**2.4. Συνολική Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (gr / 1000 lt)**

2.4.1.	Αιωρούμενα Σωματίδια	0,0098
2.4.2.	Διαλυμένα Σωματίδια	1294,459
2.4.3.	BOD	0,0098
2.4.4.	COD	0,048772
2.4.5.	Έλαια	15,99763
2.4.6.	Φαινόλη	0,024272
2.4.7.	Φθοριούχες Ενώσεις	0,092234
2.4.8.	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,0343
2.4.9.	Άλατα Θεικού Οξέος	0,0147
2.4.10.	Νιτρικά Άλατα	0,0147
2.4.11.	Χλωριούχα Άλατα	0,00098
2.4.12.	Ιόντα Νατρίου	0,0098
2.4.13.	Ιόντα Σιδήρου	0,000147

**2.5. Συνολική Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup> / 1000 lt) =****24505,03**

# Ανάλυση Κύκλου Ζωής Φιαλών Νερού της Ελληνικής Αγοράς

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### *1.1. Καθορισμός Μεταβλητών*

1.1.1.	Μάζα Αναφοράς : m (kg / 1000 lt) =	50
1.1.2.	Ανακύλωση : a (%) =	0,0086
1.1.3.	Επαναχρησιμοποίηση : f (%) =	0
1.1.4.	Ταφή Αστικών Απορριμμάτων : c (%) =	1
1.1.5.	Καύση Αστ. Απορ. με Ανακτ. Ενέργειας : cr (%) =	0
1.1.6.	Απώλειες Ανακύκλωσης : b (%) =	0
1.1.7.	Περιεχόμενο Ανακυκλώσιμου Υλικού : k (%) =	0,0093

### *1.2. Καθορισμός Υλικού Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.2.1.	Γυαλί	0
1.2.2.	Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο (PET)	0
1.2.3.	Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	1
1.2.4.	Πλουαιθυλένιο Σκληρό (HDPE)	0

### *1.3. Καθορισμός Χωρητικότητας Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.3.1.	0,5 lt	1
1.3.2.	0,75 lt	0
1.3.3.	1,0 lt	0
1.3.4.	1,5 lt	0
1.3.5.	2,0 lt	0

## 2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.1. Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ / 1000 lt) =

9424,013

2.2. Συνολική Κατανάλωση Πρώτων Υλών (gr / 1000 lt)

2.2.1.	Χαλαζιακή Άμμος	0
2.2.2.	Ασβεστόλιθος	0
2.2.3.	Σόδα	0
2.2.4.	Βοηθητικές Ύλες	346,745
2.2.5.	Νερό	0
2.2.6.	Υδρογόνο	43,09545
2.2.7.	Οξυγόνο	0
2.2.8.	NaOH	0
2.2.9.	Αλάτι	50348,86
2.2.10.	Σιδηρομέταλλευμα	0
2.2.11.	Βωξίτης	0
2.2.12.	Άργιλος	0

2.3. Συνολική Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr / 1000 lt)

2.3.1.	Σωματίδια	328,7196
2.3.2.	Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	161,5567
2.3.3.	Υδρογονάνθρακες (HC)	709,5004
2.3.4.	Οξείδια του Αζώτου (NOx)	2287,695
2.3.5.	Πρωτοξείδιο του Αζώτου	35,59019
2.3.6.	Διοξείδιο του Θείου (SO <sub>2</sub> )	4340,511
2.3.7.	Αλδεύδες	22,68897
2.3.8.	Οργανικές Ενώσεις	25,50878
2.3.9.	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,084535
2.3.10.	Υδροχλώριο (HCl)	0
2.3.11.	HF και Φθοριούχες Ενώσεις	0
2.3.12.	Μόλυβδος (Pb)	0
2.3.13.	Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρ.	8,372115
2.3.14.	Οργ. Πτητικές Ενώσεις	37,84606

**2.4. Συνολική Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (gr / 1000 lt)**

2.4.1.	Αιωρούμενα Σωματίδια	3,08417
2.4.2.	Διαλελυμένα Σωματίδια	1577,827
2.4.3.	BOD	0,013
2.4.4.	COD	0,084535
2.4.5.	Έλαια	8,07746
2.4.6.	Φαινόλη	0,227861
2.4.7.	Φθοριούχες Ενώσεις	0,19814
2.4.8.	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,05
2.4.9.	Άλατα Θεικού Οξέος	0,02
2.4.10.	Νιτρικά Άλατα	0,02
2.4.11.	Χλωριούχα Άλατα	0,00135
2.4.12.	Ίόντα Νατρίου	0,0145
2.4.13.	Ίόντα Σιδήρου	0,0002

<b>2.5. Συνολική Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup> / 1000 lt) =</b>	<b>53555,84</b>
--	-----------------

# Ανάλυση Κύκλου Ζωής Φιαλών Νερού της Ελληνικής Αγοράς

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### *1.1. Καθορισμός Μεταβλητών*

1.1.1.	Μάζα Αναφοράς : m (kg / 1000 lt) =	52
1.1.2.	Ανακύλωση : a (%) =	0,0086
1.1.3.	Επαναχρησιμοποίηση : f (%) =	0
1.1.4.	Ταφή Αστικών Απορριμμάτων : c (%) =	1
1.1.5.	Καύση Αστ. Απορ. με Ανακτ. Ενέργειας : cr (%) =	0
1.1.6.	Απώλειες Ανακύκλωσης : b (%) =	0
1.1.7.	Περιεχόμενο Ανακυκλώσιμου Υλικού : k (%) =	0,0093

### *1.2. Καθορισμός Υλικού Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.2.1.	Γυαλί	0
1.2.2.	Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο (PET)	0
1.2.3.	Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	1
1.2.4.	Πλουαιθυλένιο Σκληρό (HDPE)	0

### *1.3. Καθορισμός Χωρητικότητας Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.3.1.	0,5 lt	0
1.3.2.	0,75 lt	1
1.3.3.	1,0 lt	0
1.3.4.	1,5 lt	0
1.3.5.	2,0 lt	0

## 2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.1. Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ / 1000 It) =

9559,785

2.2. Συνολική Κατανάλωση Πρώτων Υλών (gr / 1000 It)

2.2.1.	Χαλαζιακή Άμμος	0
2.2.2.	Ασβεστόλιθος	0
2.2.3.	Σόδα	0
2.2.4.	Βοηθητικές Ύλες	360,6148
2.2.5.	Νερό	0
2.2.6.	Υδρογόνο	44,81927
2.2.7.	Οξυγόνο	0
2.2.8.	NaOH	0
2.2.9.	Αλάτι	52362,81
2.2.10.	Σιδηρομετάλλευμα	0
2.2.11.	Βωξίτης	0
2.2.12.	Άργιλος	0

2.3. Συνολική Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr / 1000 It)

2.3.1.	Σωματίδια	330,684
2.3.2.	Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	165,3281
2.3.3.	Υδρογονάνθρακες (HC)	736,5564
2.3.4.	Οξειδία του Αζώτου (NOx)	2298,441
2.3.5.	Πρωτοξείδιο του Αζώτου	37,0138
2.3.6.	Διοξείδιο του Θείου (SO2)	4360,23
2.3.7.	Αλδεύδες	22,70852
2.3.8.	Οργανικές Ενώσεις	26,52913
2.3.9.	Αμμωνία (NH3)	0,087916
2.3.10.	Υδροχλώριο (HCl)	0
2.3.11.	HF και Φθοριούχες Ενώσεις	0
2.3.12.	Μόλυβδος (Pb)	0
2.3.13.	Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρ.	8,707
2.3.14.	Οργ. Πτητικές Ενώσεις	38,1179

**2.4. Συνολική Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (gr / 1000 lt)**

2.4.1.	Αιωρούμενα Σωματίδια	3,207537
2.4.2.	Διαλυμένα Σωματίδια	1640,94
2.4.3.	BOD	0,01352
2.4.4.	COD	0,087916
2.4.5.	Έλαια	8,400558
2.4.6.	Φαινόλη	0,236975
2.4.7.	Φθοριούχες Ενώσεις	0,206066
2.4.8.	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,052
2.4.9.	Άλατα Θεικού Οξέος	0,0208
2.4.10.	Νιτρικά Άλατα	0,0208
2.4.11.	Χλωριούχα Άλατα	0,001404
2.4.12.	Ιόντα Νατρίου	0,01508
2.4.13.	Ιόντα Σιδήρου	0,000208

**2.5. Συνολική Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup> / 1000 lt) =****55698,07**

# Ανάλυση Κύκλου Ζωής Φιαλών Νερού της Ελληνικής Αγοράς

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### *1.1. Καθορισμός Μεταβλητών*

1.1.1.	Μάζα Αναφοράς : m (kg / 1000 lt) =	32,7
1.1.2.	Ανακύλωση : α (%) =	0,0086
1.1.3.	Επαναχρησιμοποίηση : f (%) =	0
1.1.4.	Ταφή Αστικών Απορριμμάτων : c (%) =	1
1.1.5.	Καύση Αστ. Απορ. με Ανακτ. Ενέργειας : cr (%) =	0
1.1.6.	Απώλειες Ανακύκλωσης : b (%) =	0
1.1.7.	Περιεχόμενο Ανακυκλώσιμου Υλικού : k (%) =	0,0093

### *1.2. Καθορισμός Υλικού Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.2.1.	Γυαλί	0
1.2.2.	Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο (PET)	0
1.2.3.	Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	1
1.2.4.	Πλουαιθυλένιο Σκληρό (HDPE)	0

### *1.3. Καθορισμός Χωρητικότητας Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.3.1.	0,5 lt	0
1.3.2.	0,75 lt	0
1.3.3.	1,0 lt	0
1.3.4.	1,5 lt	1
1.3.5.	2,0 lt	0



## 2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.1. Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ / 1000 It) =

8249,58

2.2. Συνολική Κατανάλωση Πρώτων Υλών (gr / 1000 It)

2.2.1.	Χαλαζιακή Άμμος	0
2.2.2.	Ασβεστόλιθος	0
2.2.3.	Σόδα	0
2.2.4.	Βοηθητικές Ύλες	226,7712
2.2.5.	Νερό	0
2.2.6.	Υδρογόνο	28,18442
2.2.7.	Οξυγόνο	0
2.2.8.	NaOH	0
2.2.9.	Αλάτι	32928,15
2.2.10.	Σιδηρομετάλλευμα	0
2.2.11.	Βωξίτης	0
2.2.12.	Άργιλος	0

2.3. Συνολική Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr / 1000 It)

2.3.1.	Σωματίδια	311,7277
2.3.2.	Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	128,9335
2.3.3.	Υδρογονάνθρακες (HC)	475,4659
2.3.4.	Οξείδια του Αζώτου (NOx)	2194,744
2.3.5.	Πρωτοξείδιο του Αζώτου	23,27598
2.3.6.	Διοξείδιο του Θείου (SO2)	4169,943
2.3.7.	Αλδεύδες	22,51978
2.3.8.	Οργανικές Ενώσεις	16,68274
2.3.9.	Αμμωνία (NH3)	0,055286
2.3.10.	Υδροχλώριο (HCl)	0
2.3.11.	HF και Φθοριούχες Ενώσεις	0
2.3.12.	Μόλυβδος (Pb)	0
2.3.13.	Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρ.	5,475363
2.3.14.	Οργ. Πτητικές Ενώσεις	35,49462

**2.4. Συνολική Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (gr / 1000 lt)**

2.4.1.	Αιωρούμενα Σωματίδια	2,017047
2.4.2.	Διαλυμένα Σωματίδια	1031,899
2.4.3.	BOD	0,008502
2.4.4.	COD	0,055286
2.4.5.	Έλαια	5,282659
2.4.6.	Φαινόλη	0,149021
2.4.7.	Φθοριούχες Ενώσεις	0,129584
2.4.8.	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,0327
2.4.9.	Άλατα Θεικού Οξέος	0,01308
2.4.10.	Νιτρικά Άλατα	0,01308
2.4.11.	Χλωριούχα Άλατα	0,000883
2.4.12.	Ιόντα Νατρίου	0,009483
2.4.13.	Ιόντα Σιδήρου	0,000131

**2.5. Συνολική Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup> / 1000 lt) =****35025,52**

# Ανάλυση Κύκλου Ζωής Φιαλών Νερού της Ελληνικής Αγοράς

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### *1.1. Καθορισμός Μεταβλητών*

1.1.1.	Μάζα Αναφοράς : m (kg / 1000 lt) =	41
1.1.2.	Ανακύλωση : α (%) =	0,0086
1.1.3.	Επαναχρησιμοποίηση : f (%) =	0
1.1.4.	Ταφή Αστικών Απορριμμάτων : c (%) =	1
1.1.5.	Καύση Αστ. Απορ. με Ανακτ. Ενέργειας : cr (%) =	0
1.1.6.	Απώλειες Ανακύκλωσης : b (%) =	0
1.1.7.	Περιεχόμενο Ανακυκλώσιμου Υλικού : k (%) =	0,0093

### *1.2. Καθορισμός Υλικού Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.2.1.	Γυαλί	0
1.2.2.	Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο (PET)	0
1.2.3.	Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	1
1.2.4.	Πλουαιθυλένιο Σκληρό (HDPE)	0

### *1.3. Καθορισμός Χωρητικότητας Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.3.1.	0,5 lt	0
1.3.2.	0,75 lt	0
1.3.3.	1,0 lt	0
1.3.4.	1,5 lt	0
1.3.5.	2,0 lt	1

## 2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.1. Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ / 1000 It) =	8813,036
---	----------

### 2.2. Συνολική Κατανάλωση Πρώτων Υλών (gr / 1000 It)

2.2.1.	Χαλαζιακή Άμμος	0
2.2.2.	Ασβεστόλιθος	0
2.2.3.	Σόδα	0
2.2.4.	Βοηθητικές Ύλες	284,3309
2.2.5.	Νερό	0
2.2.6.	Υδρογόνο	35,33827
2.2.7.	Οξυγόνο	0
2.2.8.	NaOH	0
2.2.9.	Αλάτι	41286,07
2.2.10.	Σιδηρομετάλλευμα	0
2.2.11.	Βωξίτης	0
2.2.12.	Άργιλος	0

### 2.3. Συνολική Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr / 1000 It)

2.3.1.	Σωματίδια	319,8799
2.3.2.	Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	144,5851
2.3.3.	Υδρογονάνθρακες (HC)	587,7483
2.3.4.	Οξειδία του Αζώτου (NOx)	2239,339
2.3.5.	Πρωτοξείδιο του Αζώτου	29,18396
2.3.6.	Διοξείδιο του Θείου (SO2)	4251,777
2.3.7.	Αλδεύδες	22,60095
2.3.8.	Οργανικές Ενώσεις	20,9172
2.3.9.	Αμμωνία (NH3)	0,069319
2.3.10.	Υδροχλώριο (HCl)	0
2.3.11.	HF και Φθοριούχες Ενώσεις	0
2.3.12.	Μόλυβδος (Pb)	0
2.3.13.	Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρ.	6,865134
2.3.14.	Οργ. Πτητικές Ενώσεις	36,62277

**2.4. Συνολική Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (gr / 1000 lt)**

2.4.1.	Αιωρούμενα Σωματίδια	2,529019
2.4.2.	Διαλυμένα Σωματίδια	1293,818
2.4.3.	BOD	0,01066
2.4.4.	COD	0,069319
2.4.5.	Έλαια	6,623517
2.4.6.	Φαινόλη	0,186846
2.4.7.	Φθοριούχες Ενώσεις	0,162475
2.4.8.	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,041
2.4.9.	Άλατα Θεικού Οξέος	0,0164
2.4.10.	Νιτρικά Άλατα	0,0164
2.4.11.	Χλωριούχα Άλατα	0,001107
2.4.12.	Ιόντα Νατρίου	0,01189
2.4.13.	Ιόντα Σιδήρου	0,000164

<b>2.5. Συνολική Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup> / 1000 lt) =</b>	<b>43915,79</b>
--	-----------------

# Ανάλυση Κύκλου Ζωής Φιαλών Νερού της Ελληνικής Αγοράς

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### *1.1. Καθορισμός Μεταβλητών*

1.1.1.	Μάζα Αναφοράς : m (kg / 1000 lt) =	36
1.1.2.	Ανακύλωση : α (%) =	0,0086
1.1.3.	Επαναχρησιμοποίηση : f (%) =	0
1.1.4.	Ταφή Αστικών Απορριμμάτων : c (%) =	1
1.1.5.	Καύση Αστ. Απορ. με Ανακτ. Ενέργειας : cγ (%) =	0
1.1.6.	Απώλειες Ανακύκλωσης : b (%) =	0
1.1.7.	Περιεχόμενο Ανακυκλώσιμου Υλικού : k (%) =	0,0093

### *1.2. Καθορισμός Υλικού Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.2.1.	Γυαλί	0
1.2.2.	Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο (PET)	0
1.2.3.	Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	0
1.2.4.	Πλουαιθυλένιο Σκληρό (HDPE)	1

### *1.3. Καθορισμός Χωρητικότητας Φιάλης (ΝΑΙ = 1, ΟΧΙ = 0)*

1.3.1.	0,5 lt	0
1.3.2.	0,75 lt	0
1.3.3.	1,0 lt	1
1.3.4.	1,5 lt	0
1.3.5.	2,0 lt	0

## 2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.1. Συνολική Κατανάλωση Ενέργειας (MJ / 1000 It) =	9278,081
---	----------

### 2.2. Συνολική Κατανάλωση Πρώτων Υλών (gr / 1000 It)

2.2.1.	Χαλαζιακή Άμμος	0
2.2.2.	Ασβεστόλιθος	7,13304
2.2.3.	Σόδα	0
2.2.4.	Βοηθητικές Ύλες	0
2.2.5.	Νερό	338819,4
2.2.6.	Υδρογόνο	0
2.2.7.	Οξυγόνο	0
2.2.8.	NaOH	0
2.2.9.	Αλάτι	142,6608
2.2.10.	Σιδηρομέταλλευμα	10,69956
2.2.11.	Βωξίτης	7,13304
2.2.12.	Άργιλος	0,000713

### 2.3. Συνολική Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων (gr / 1000 It)

2.3.1.	Σωματίδια	296,9246
2.3.2.	Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	129,0564
2.3.3.	Υδρογονάνθρακες (HC)	597,3018
2.3.4.	Οξείδια του Αζώτου (NOx)	2171,21
2.3.5.	Πρωτοξείδιο του Αζώτου	4,3056
2.3.6.	Διοξείδιο του Θείου (SO2)	4081,795
2.3.7.	Αλδεύδες	22,43133
2.3.8.	Οργανικές Ενώσεις	0,3528
2.3.9.	Αμμωνία (NH3)	0,036
2.3.10.	Υδροχλώριο (HCl)	0
2.3.11.	HF και Φθοριούχες Ενώσεις	0,00072
2.3.12.	Μόλυβδος (Pb)	0
2.3.13.	Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρ.	0
2.3.14.	Οργ. Πτητικές Ενώσεις	35,94316

**2.4. Συνολική Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων (gr / 1000 lt)**

2.4.1.	Αιωρούμενα Σωματίδια	0,0144
2.4.2.	Διαλυμένα Σωματίδια	908,2514
2.4.3.	BOD	0,0144
2.4.4.	COD	0,036
2.4.5.	Έλαια	11,20222
2.4.6.	Φαινόλη	0,142661
2.4.7.	Φθοριούχες Ενώσεις	0,135528
2.4.8.	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	0,0504
2.4.9.	Άλατα Θεικού Οξέος	0,0216
2.4.10.	Νιτρικά Άλατα	0,0216
2.4.11.	Χλωριούχα Άλατα	0,00144
2.4.12.	Ιόντα Νατρίου	0,0144
2.4.13.	Ιόντα Σιδήρου	0,000216

**2.5. Συνολική Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup> / 1000 lt) =****45960,17**



### **Γ.3. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

Στους πίνακες που ακολουθούν δίνονται συγκεντρωμένα τα αποτελέσματα της ΑΚΖ των φιαλών νερού της ελληνικής αγοράς. Με τα αποτελέσματα αυτά προσδιορίζεται η συνολική επιβάρυνση που προκύπτει στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια της ζωής των εξεταζόμενων φιαλών. Εκτός όμως από την επιβάρυνση αυτή, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η σύγκριση των φιαλών μεταξύ τους ως προς την περιβαλλοντική τους απόδοση. Η σύγκριση αυτή επιτυγχάνεται με την βοήθεια των διαγραμμάτων Γ.3.1 έως Γ.3.30 στα οποία οι φιάλες συγκρίνονται για κάθε μία από τις παρακάτω περιβαλλοντικές παραμέτρους :

❖ Κατανάλωση ενέργειας και νερού.

❖ Παραγωγή αέριων αποβλήτων :

σωματίδια, μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, οξείδια του αζώτου, πρωτοξείδιο του αζώτου, διοξείδιο του θείου, αλδεΐδες, οργανικές ενώσεις, αμμωνία, υδροχλώριο, υδροθόριο και φθοριούχες ενώσεις, μόλυβδος, χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, οργανικές πτητικές ενώσεις και διοξείδιο του άνθρακα.

❖ Παραγωγή υγρών αποβλήτων :

αιωρούμενα σωματίδια, διαλελυμένα σωματίδια, BOD, COD, έλαια, φαινόλη, φθοριούχες ενώσεις, αμμωνία, άλατα θειικού οξέος, νιτρικά άλατα, χλωριούχα άλατα, ιόντα νατρίου και ιόντα σιδήρου.

❖ Παραγωγή στερεών αποβλήτων.

Με την βοήθεια των διαγραμμάτων αυτών μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα, όπως για παράδειγμα, σχετικά με την επίδραση στην περιβαλλοντική απόδοση των υλικών από τα οποία είναι φτιαγμένες οι φιάλες, της χωρητικότητας τους κλπ.

Πίνακας Γ.3.1 : Αποτελέσματα ΑΚΖ γυάλινης φιάλης 1 lt της ελληνικής αγοράς εμφιαλωμένου νερού

Στοιχεία Ανάλυσης	Αποτέλεσμα	Μονάδα Μέτρησης
Κατανάλωση Ενέργειας	36656,27	MJ/1000 lt
Κατανάλωση Πρώτων Υλών		
<i>Χαλαζιακή Άμμος</i>	175424,8	gr/1000 lt
<i>Ασβεστόλιθος</i>	68525,3	gr/1000 lt
<i>Σόδα</i>	54820,2	gr/1000 lt
<i>Βοηθητικές Υλες</i>	54820,2	gr/1000 lt
<i>Νερό</i>	644137,8	gr/1000 lt
Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων		
<i>Σωματίδια</i>	2512,86	gr/1000 lt
<i>Μονοξειδίο του Άνθρακα</i>	238,95	gr/1000 lt
<i>Υδρογονάνθρακες</i>	528,11	gr/1000 lt
<i>Οξείδια του Αζώτου</i>	2814,06	gr/1000 lt
<i>Πρωτοξειδίο του Αζώτου</i>	15,56	gr/1000 lt
<i>Διοξειδίο του Θείου</i>	4892,52	gr/1000 lt
<i>Αλδεύδες</i>	24,71	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Ενώσεις</i>	3,40	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,83	gr/1000 lt
<i>Υδροχλώριο</i>	9,87	gr/1000 lt
<i>Υδροφθόριο και Φθοριούχες Ενώσεις</i>	3,84	gr/1000 lt
<i>Μόλυβδος</i>	2,47	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</i>	93,22	gr/1000 lt
Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων		
<i>Αιωρούμενα Σωματίδια</i>	0,28	gr/1000 lt
<i>Διαλελυμένα Σωματίδια</i>	495,72	gr/1000 lt
<i>BOD</i>	0,27	gr/1000 lt
<i>COD</i>	0,83	gr/1000 lt
<i>Έλαια</i>	6,67	gr/1000 lt
<i>Φαινόλη</i>	0	gr/1000 lt
<i>Φθοριούχες Ενώσεις</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>Άλατα Θεικού Οξέος</i>	0,004	gr/1000 lt
<i>Νιτρικά Άλατα</i>	0,009	gr/1000 lt
<i>Χλωριούχα Άλατα</i>	0,0004	gr/1000 lt
<i>Ίόντα Νατρίου</i>	0,005	gr/1000 lt
<i>Ίόντα Σιδήρου</i>	0,00005	gr/1000 lt
Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων	183011,4	cm <sup>3</sup> /1000 lt

**Πίνακας Γ.3.2 : Αποτελέσματα ΑΚΖ φιάλης από PET 0,5 lt της ελληνικής αγοράς εμφιαλωμένου νερού**

<b>Στοιχεία Ανάλυσης</b>	<b>Αποτέλεσμα</b>	<b>Μονάδα Μέτρησης</b>
Κατανάλωση Ενέργειας	18277,35	MJ/1000 lt
Κατανάλωση Πρώτων Υλών		
<i>Υδρογόνο</i>	1258,3	gr/1000 lt
<i>Οξυγόνο</i>	28193,3	gr/1000 lt
<i>NaOH</i>	24,7	gr/1000 lt
<i>Βοηθητικές Υλεις</i>	1070,0	gr/1000 lt
<i>Νερό</i>	79711,72	gr/1000 lt
Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων		
<i>Σωματίδια</i>	359,61	gr/1000 lt
<i>Μονοξειδίο του Άνθρακα</i>	1284,42	gr/1000 lt
<i>Υδρογονάνθρακες</i>	1778,92	gr/1000 lt
<i>Οξειδία του Αζώτου</i>	2571,59	gr/1000 lt
<i>Πρωτοξειδίο του Αζώτου</i>	112,33	gr/1000 lt
<i>Διοξειδίο του Θείου</i>	4468,77	gr/1000 lt
<i>Αλδεύδες</i>	11,71	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Ενώσεις</i>	11,76	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,11	gr/1000 lt
<i>Υδροχλώριο</i>	6,10	gr/1000 lt
<i>Υδροφθόριο και Φθοριούχες Ενώσεις</i>	0,001	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</i>	38,39	gr/1000 lt
Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων		
<i>Αιωρούμενα Σωματίδια</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Διαλελυμένα Σωματίδια</i>	2853,09	gr/1000 lt
<i>BOD</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>COD</i>	0,11	gr/1000 lt
<i>Έλαια</i>	35,26	gr/1000 lt
<i>Φαινόλη</i>	0,05	gr/1000 lt
<i>Φθοριούχες Ενώσεις</i>	0,20	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,08	gr/1000 lt
<i>Άλατα Θεικού Οξέος</i>	0,03	gr/1000 lt
<i>Νιτρικά Άλατα</i>	0,03	gr/1000 lt
<i>Χλωριούχα Άλατα</i>	0,002	gr/1000 lt
<i>Ίοντα Νατρίου</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Ίοντα Σιδήρου</i>	0,0003	gr/1000 lt
Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων	54011,09	cm <sup>3</sup> /1000 lt

**Πίνακας Γ.3.3 : Αποτελέσματα ΑΚΖ φιάλης από PET 1,5 lt της ελληνικής αγοράς εμφιαλωμένου νερού**

<b>Στοιχεία Ανάλυσης</b>	<b>Αποτέλεσμα</b>	<b>Μονάδα Μέτρησης</b>
Κατανάλωση Ενέργειας	12425,7	MJ/1000 lt
Κατανάλωση Πρώτων Υλών		
<i>Υδρογόνο</i>	657,10	gr/1000 lt
<i>Οξυγόνο</i>	14723,19	gr/1000 lt
<i>NaOH</i>	12,57	gr/1000 lt
<i>Βοηθητικές Υλες</i>	558,80	gr/1000 lt
<i>Νερό</i>	41657,23	gr/1000 lt
Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων		
<i>Σωματίδια</i>	321,39	gr/1000 lt
<i>Μονοξείδιο του Άνθρακα</i>	702,89	gr/1000 lt
<i>Υδρογονάνθρακες</i>	944,80	gr/1000 lt
<i>Οξείδια του Αζώτου</i>	2307,60	gr/1000 lt
<i>Πρωτοξείδιο του Αζώτου</i>	58,66	gr/1000 lt
<i>Διοξείδιο του Θείου</i>	4171,96	gr/1000 lt
<i>Αλδεύδες</i>	22,47	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Ενώσεις</i>	6,14	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,06	gr/1000 lt
<i>Υδροχλώριο</i>	3,18	gr/1000 lt
<i>Υδροφθόριο και Φθοριούχες Ενώσεις</i>	0,0006	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</i>	34,88	gr/1000 lt
Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων		
<i>Αιωρούμενα Σωματίδια</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>Διαλελυμένα Σωματίδια</i>	1489,95	gr/1000 lt
<i>BOD</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>COD</i>	0,06	gr/1000 lt
<i>Έλαια</i>	18,41	gr/1000 lt
<i>Φαινόλη</i>	0,03	gr/1000 lt
<i>Φθοριούχες Ενώσεις</i>	0,11	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,04	gr/1000 lt
<i>Άλατα Θεικού Οξέος</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Νιτρικά Άλατα</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Χλωριούχα Άλατα</i>	0,001	gr/1000 lt
<i>Ιόντα Νατρίου</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>Ιόντα Σιδήρου</i>	0,0002	gr/1000 lt
Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων	28205,79	cm <sup>3</sup> /1000 lt

**Πίνακας Γ.3.4 : Αποτελέσματα ΑΚΖ φιάλης από PET 2 lt της ελληνικής αγοράς εμφιαλωμένου νερού**

<b>Στοιχεία Ανάλυσης</b>	<b>Αποτέλεσμα</b>	<b>Μονάδα Μέτρησης</b>
Κατανάλωση Ενέργειας	11586,5	MJ/1000 lt
Κατανάλωση Πρώτων Υλών		
<i>Υδρογόνο</i>	570,9	gr/1000 lt
<i>Οξυγόνο</i>	12791,42	gr/1000 lt
<i>NaOH</i>	10,92	gr/1000 lt
<i>Βοηθητικές Υλεις</i>	485,44	gr/1000 lt
<i>Νερό</i>	36165,5	gr/1000 lt
Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων		
<i>Σωματίδια</i>	315,91	gr/1000 lt
<i>Μονοξειδίο του Άνθρακα</i>	619,50	gr/1000 lt
<i>Υδρογονάνθρακες</i>	825,18	gr/1000 lt
<i>Οξειδία του Αζώτου</i>	2269,74	gr/1000 lt
<i>Πρωτοξειδίο του Αζώτου</i>	50,96	gr/1000 lt
<i>Διοξειδίο του Θείου</i>	4129,39	gr/1000 lt
<i>Αλδεύδες</i>	22,43	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Ενώσεις</i>	5,34	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,05	gr/1000 lt
<i>Υδροχλώριο</i>	2,77	gr/1000 lt
<i>Υδροφθόριο και Φθοριούχες Ενώσεις</i>	0,0005	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</i>	34,38	gr/1000 lt
Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων		
<i>Αιωρούμενα Σωματίδια</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>Διαλυμένα Σωματίδια</i>	1294,46	gr/1000 lt
<i>BOD</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>COD</i>	0,05	gr/1000 lt
<i>Έλαια</i>	16,00	gr/1000 lt
<i>Φαινόλη</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Φθοριούχες Ενώσεις</i>	0,09	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,03	gr/1000 lt
<i>Άλατα Θεικού Οξέος</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>Νιτρικά Άλατα</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>Χλωριούχα Άλατα</i>	0,001	gr/1000 lt
<i>Ίοντα Νατρίου</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>Ίοντα Σιδήρου</i>	0,0001	gr/1000 lt
Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων	24505,03	cm <sup>3</sup> /1000 lt

**Πίνακας Γ.3.5 : Αποτελέσματα ΑΚΖ φιάλης από PVC 0,5 lt της ελληνικής αγοράς εμφιαλωμένου νερού**

<b>Στοιχεία Ανάλυσης</b>	<b>Αποτέλεσμα</b>	<b>Μονάδα Μέτρησης</b>
Κατανάλωση Ενέργειας	9424,01	MJ/1000 lt
Κατανάλωση Πρώτων Υλών		
<i>Αλάτι</i>	50348,86	gr/1000 lt
<i>Υδρογόνο</i>	43,10	gr/1000 lt
<i>Βοηθητικές Υλεις</i>	346,75	gr/1000 lt
<i>Νερό</i>	284826,3	gr/1000 lt
Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων		
<i>Σωματίδια</i>	328,72	gr/1000 lt
<i>Μονοξειδίο του Άνθρακα</i>	161,56	gr/1000 lt
<i>Υδρογονάνθρακες</i>	709,50	gr/1000 lt
<i>Οξειδία του Αζώτου</i>	2287,70	gr/1000 lt
<i>Πρωτοξειδίο του Αζώτου</i>	35,59	gr/1000 lt
<i>Διοξειδίο του Θείου</i>	4340,51	gr/1000 lt
<i>Αλδεύδες</i>	22,69	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Ενώσεις</i>	25,51	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,084	gr/1000 lt
<i>Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες</i>	8,37	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</i>	37,85	gr/1000 lt
Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων		
<i>Αιωρούμενα Σωματίδια</i>	3,08	gr/1000 lt
<i>Διαλελυμένα Σωματίδια</i>	1577,83	gr/1000 lt
<i>BOD</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>COD</i>	0,08	gr/1000 lt
<i>Έλαια</i>	8,08	gr/1000 lt
<i>Φαινόλη</i>	0,23	gr/1000 lt
<i>Φθοριούχες Ενώσεις</i>	0,20	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,05	gr/1000 lt
<i>Άλατα Θεικού Οξέος</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Νιτρικά Άλατα</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Χλωριούχα Άλατα</i>	0,001	gr/1000 lt
<i>Ίόντα Νατρίου</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>Ίόντα Σιδήρου</i>	0,0002	gr/1000 lt
Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων	53555,84	cm <sup>3</sup> /1000 lt

**Πίνακας Γ.3.6 : Αποτελέσματα ΑΚΖ φιάλης από PVC 0,75 lt της ελληνικής αγοράς εμφιαλωμένου νερού**

<b>Στοιχεία Ανάλυσης</b>	<b>Αποτέλεσμα</b>	<b>Μονάδα Μέτρησης</b>
Κατανάλωση Ενέργειας	9559,79	MJ/1000 lt
Κατανάλωση Πρώτων Υλών		
<i>Αλάτι</i>	52362,81	gr/1000 lt
<i>Υδρογόνο</i>	44,82	gr/1000 lt
<i>Βοηθητικές Υλεις</i>	360,61	gr/1000 lt
<i>Νερό</i>	296219,3	gr/1000 lt
Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων		
<i>Σωματίδια</i>	360,68	gr/1000 lt
<i>Μονοξειδίο του Άνθρακα</i>	165,33	gr/1000 lt
<i>Υδρογονάνθρακες</i>	736,56	gr/1000 lt
<i>Οξειδία του Αζώτου</i>	2298,44	gr/1000 lt
<i>Πρωτοξειδίο του Αζώτου</i>	37,01	gr/1000 lt
<i>Διοξειδίο του Θείου</i>	4360,23	gr/1000 lt
<i>Αλδεύδες</i>	22,71	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Ενώσεις</i>	26,53	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,09	gr/1000 lt
<i>Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες</i>	8,71	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</i>	38,12	gr/1000 lt
Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων		
<i>Αιωρούμενα Σωματίδια</i>	3,21	gr/1000 lt
<i>Διαλελυμένα Σωματίδια</i>	1640,94	gr/1000 lt
<i>BOD</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>COD</i>	0,088	gr/1000 lt
<i>Έλαια</i>	8,40	gr/1000 lt
<i>Φαινόλη</i>	0,24	gr/1000 lt
<i>Φθοριούχες Ενώσεις</i>	0,21	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,05	gr/1000 lt
<i>Άλατα Θεικού Οξέος</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Νιτρικά Άλατα</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Χλωριούχα Άλατα</i>	0,001	gr/1000 lt
<i>Ιόντα Νατρίου</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Ιόντα Σιδήρου</i>	0,0002	gr/1000 lt
Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων	55698,07	cm <sup>3</sup> /1000 lt

Πίνακας Γ.3.7 : Αποτελέσματα ΑΚΖ φιάλης από PVC 1,5 lt της ελληνικής αγοράς εμφιαλωμένου νερού

Στοιχεία Ανάλυσης	Αποτέλεσμα	Μονάδα Μέτρησης
Κατανάλωση Ενέργειας	8249,58	MJ/1000 lt
Κατανάλωση Πρώτων Υλών		
<i>Αλάτι</i>	32928,15	gr/1000 lt
<i>Υδρογόνο</i>	28,18	gr/1000 lt
<i>Βοηθητικές Υλεις</i>	226,77	gr/1000 lt
<i>Νερό</i>	186276,4	gr/1000 lt
Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων		
<i>Σωματίδια</i>	311,73	gr/1000 lt
<i>Μονοξείδιο του Άνθρακα</i>	128,93	gr/1000 lt
<i>Υδρογονάνθρακες</i>	475,47	gr/1000 lt
<i>Οξείδια του Αζώτου</i>	2194,74	gr/1000 lt
<i>Πρωτοξείδιο του Αζώτου</i>	23,28	gr/1000 lt
<i>Διοξείδιο του Θείου</i>	4169,94	gr/1000 lt
<i>Αλδεύδες</i>	22,52	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Ενώσεις</i>	16,68	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,06	gr/1000 lt
<i>Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες</i>	5,48	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</i>	35,49	gr/1000 lt
Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων		
<i>Αιωρούμενα Σωματίδια</i>	2,02	gr/1000 lt
<i>Διαλυμένα Σωματίδια</i>	1031,90	gr/1000 lt
<i>BOD</i>	0,009	gr/1000 lt
<i>COD</i>	0,06	gr/1000 lt
<i>Έλαια</i>	5,28	gr/1000 lt
<i>Φαινόλη</i>	0,15	gr/1000 lt
<i>Φθοριούχες Ενώσεις</i>	0,13	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,03	gr/1000 lt
<i>Άλατα Θεικού Οξέος</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>Νιτρικά Άλατα</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>Χλωριούχα Άλατα</i>	0,0009	gr/1000 lt
<i>Ίόντα Νατρίου</i>	0,009	gr/1000 lt
<i>Ίόντα Σιδήρου</i>	0,0001	gr/1000 lt
Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων	35025,52	cm <sup>3</sup> /1000 lt



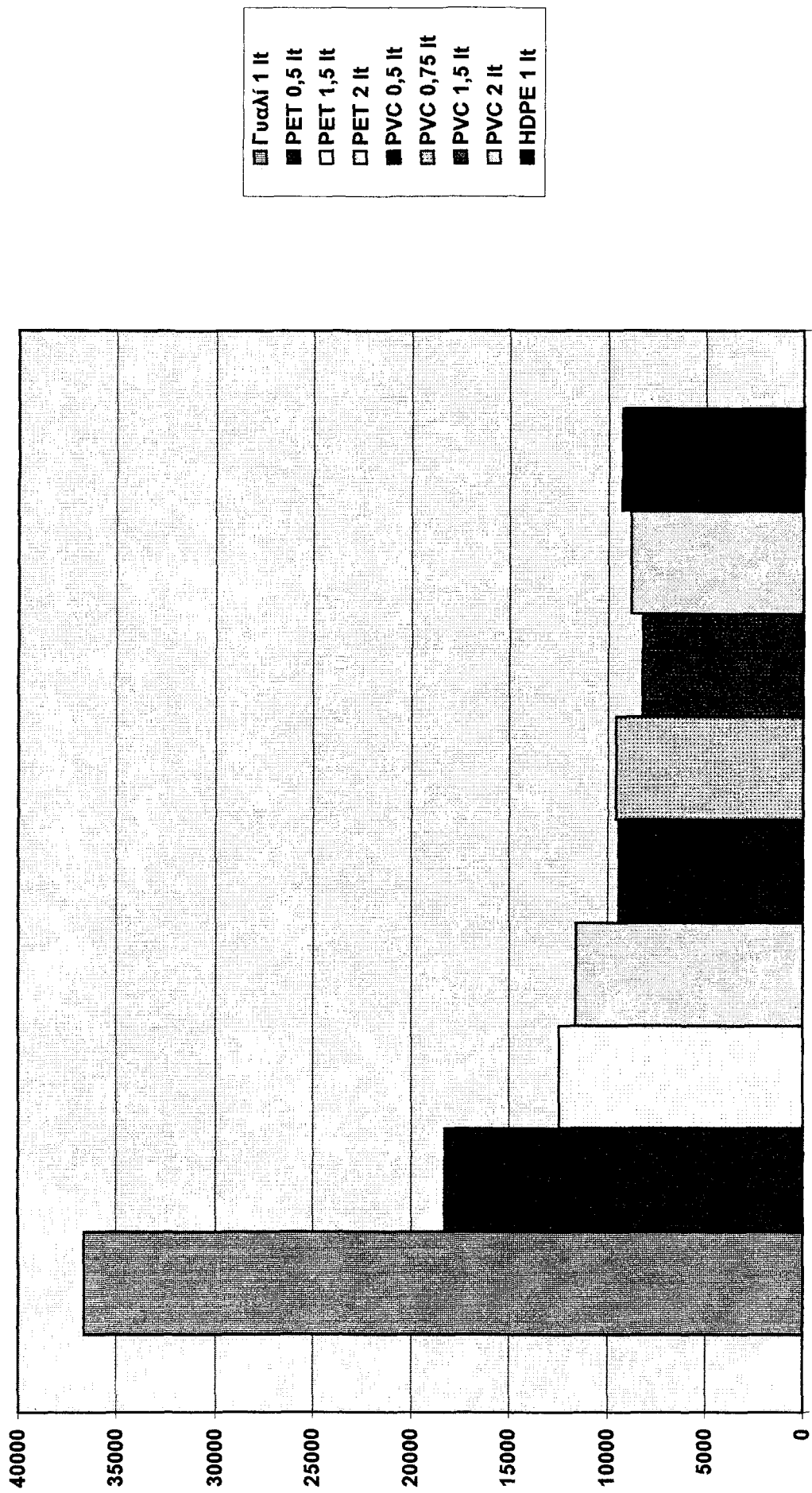
**Πίνακας Γ.3.8 : Αποτελέσματα ΑΚΖ φιάλης από PVC 2 lt της ελληνικής αγοράς εμφιαλωμένου νερού**

Στοιχεία Ανάλυσης	Αποτέλεσμα	Μονάδα Μέτρησης
Κατανάλωση Ενέργειας	8813,04	MJ/1000 lt
Κατανάλωση Πρώτων Υλών		
<i>Αλάτι</i>	41286,07	gr/1000 lt
<i>Υδρογόνο</i>	35,34	gr/1000 lt
<i>Βοηθητικές Υλες</i>	284,33	gr/1000 lt
<i>Νερό</i>	233557,5	gr/1000 lt
Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων		
<i>Σωματίδια</i>	319,88	gr/1000 lt
<i>Μονοξείδιο του Ανθρακα</i>	144,59	gr/1000 lt
<i>Υδρογονάνθρακες</i>	587,74	gr/1000 lt
<i>Οξείδια του Αζώτου</i>	2239,34	gr/1000 lt
<i>Πρωτοξείδιο του Αζώτου</i>	29,18	gr/1000 lt
<i>Διοξείδιο του Θείου</i>	4251,78	gr/1000 lt
<i>Αλδεύδες</i>	22,60	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Ενώσεις</i>	2,092	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,07	gr/1000 lt
<i>Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες</i>	6,87	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</i>	36,62	gr/1000 lt
Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων		
<i>Αιωρούμενα Σωματίδια</i>	2,53	gr/1000 lt
<i>Διαλελυμένα Σωματίδια</i>	1293,82	gr/1000 lt
<i>BOD</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>COD</i>	0,07	gr/1000 lt
<i>Έλαια</i>	6,62	gr/1000 lt
<i>Φαινόλη</i>	0,19	gr/1000 lt
<i>Φθοριούχες Ενώσεις</i>	0,16	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,04	gr/1000 lt
<i>Άλατα Θεικού Οξέος</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Νιτρικά Άλατα</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Χλωριούχα Άλατα</i>	0,001	gr/1000 lt
<i>Ιόντα Νατρίου</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>Ιόντα Σιδήρου</i>	0,0002	gr/1000 lt
Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων	43915,79	cm <sup>3</sup> /1000 lt

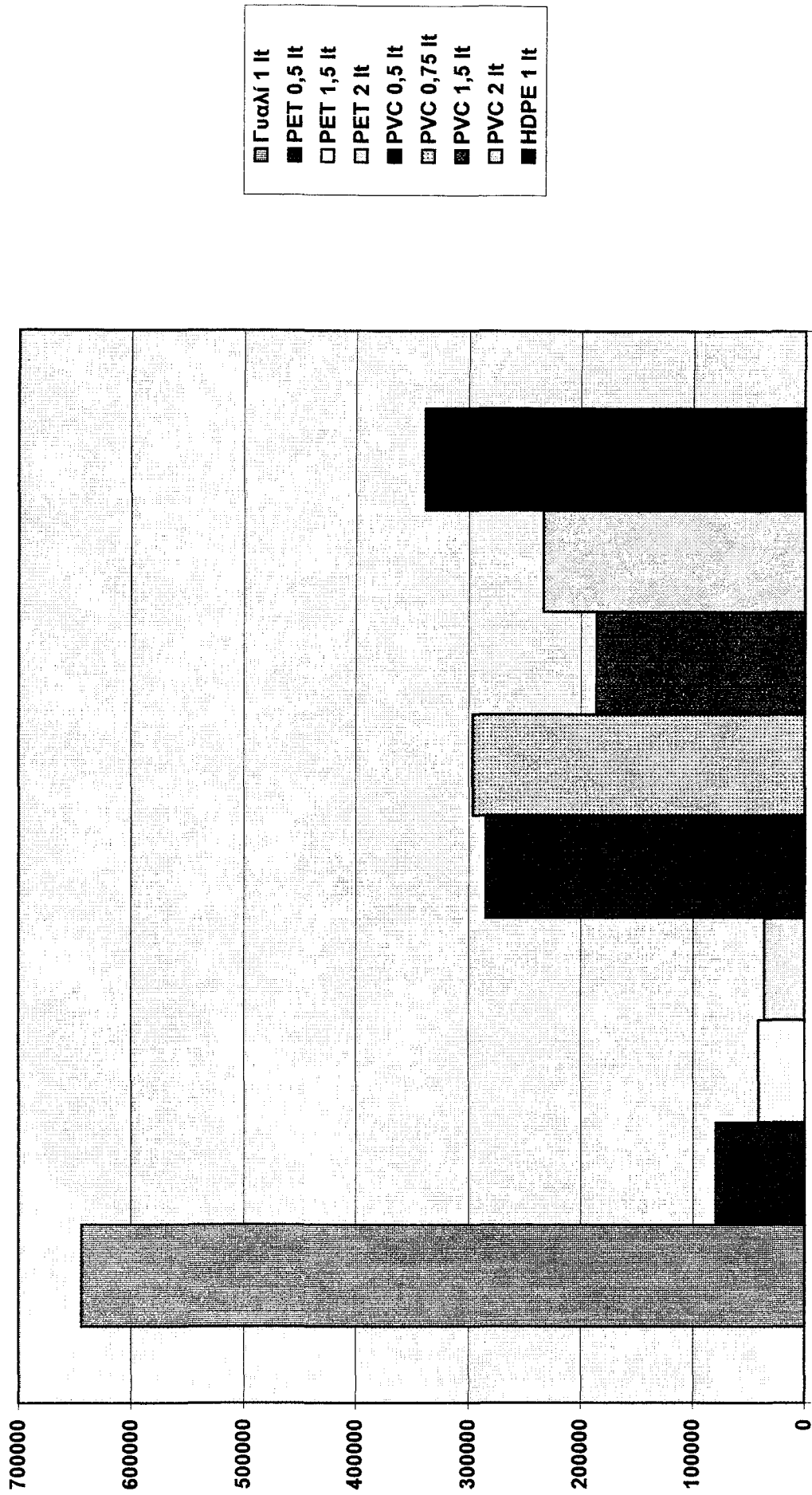
**Πίνακας Γ.3.9 : Αποτελέσματα ΑΚΖ φιάλης από HDPE 1 lt της ελληνικής αγοράς εμφιαλωμένου νερού**

<b>Στοιχεία Ανάλυσης</b>	<b>Αποτέλεσμα</b>	<b>Μονάδα Μέτρησης</b>
Κατανάλωση Ενέργειας	9278,08	MJ/1000 lt
Κατανάλωση Πρώτων Υλών		
<i>Αλάτι</i>	142,66	gr/1000 lt
<i>Ασβεστόλιθος</i>	7,13	gr/1000 lt
<i>Σιδηρομετάλλευμα</i>	10,70	gr/1000 lt
<i>Βωξίτης</i>	7,13	gr/1000 lt
<i>Αργίλος</i>	0,0007	gr/1000 lt
<i>Νερό</i>	338819,4	gr/1000 lt
Παραγωγή Αέριων Αποβλήτων		
<i>Σωματίδια</i>	296,92	gr/1000 lt
<i>Μονοξείδιο του Άνθρακα</i>	129,06	gr/1000 lt
<i>Υδρογονάνθρακες</i>	597,30	gr/1000 lt
<i>Οξείδια του Αζώτου</i>	2171,21	gr/1000 lt
<i>Πρωτοξείδιο του Αζώτου</i>	4,31	gr/1000 lt
<i>Διοξείδιο του Θείου</i>	4081,80	gr/1000 lt
<i>Αλδεύδες</i>	22,43	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Ενώσεις</i>	0,35	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,036	gr/1000 lt
<i>Υδροφθόριο και Φθοριούχες Ενώσεις</i>	0,0007	gr/1000 lt
<i>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</i>	35,94	gr/1000 lt
Παραγωγή Υγρών Αποβλήτων		
<i>Αιωρούμενα Σωματίδια</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>Διαλυμένα Σωματίδια</i>	908,25	gr/1000 lt
<i>BOD</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>COD</i>	0,04	gr/1000 lt
<i>Έλαια</i>	11,20	gr/1000 lt
<i>Φαινόλη</i>	0,14	gr/1000 lt
<i>Φθοριούχες Ενώσεις</i>	0,14	gr/1000 lt
<i>Αμμωνία</i>	0,05	gr/1000 lt
<i>Άλατα Θεικού Οξέος</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Νιτρικά Άλατα</i>	0,02	gr/1000 lt
<i>Χλωριούχα Άλατα</i>	0,001	gr/1000 lt
<i>Ίόντα Νατρίου</i>	0,01	gr/1000 lt
<i>Ίόντα Σιδήρου</i>	0,0002	gr/1000 lt
Παραγωγή Στερεών Αποβλήτων	45960,17	cm <sup>3</sup> /1000 lt

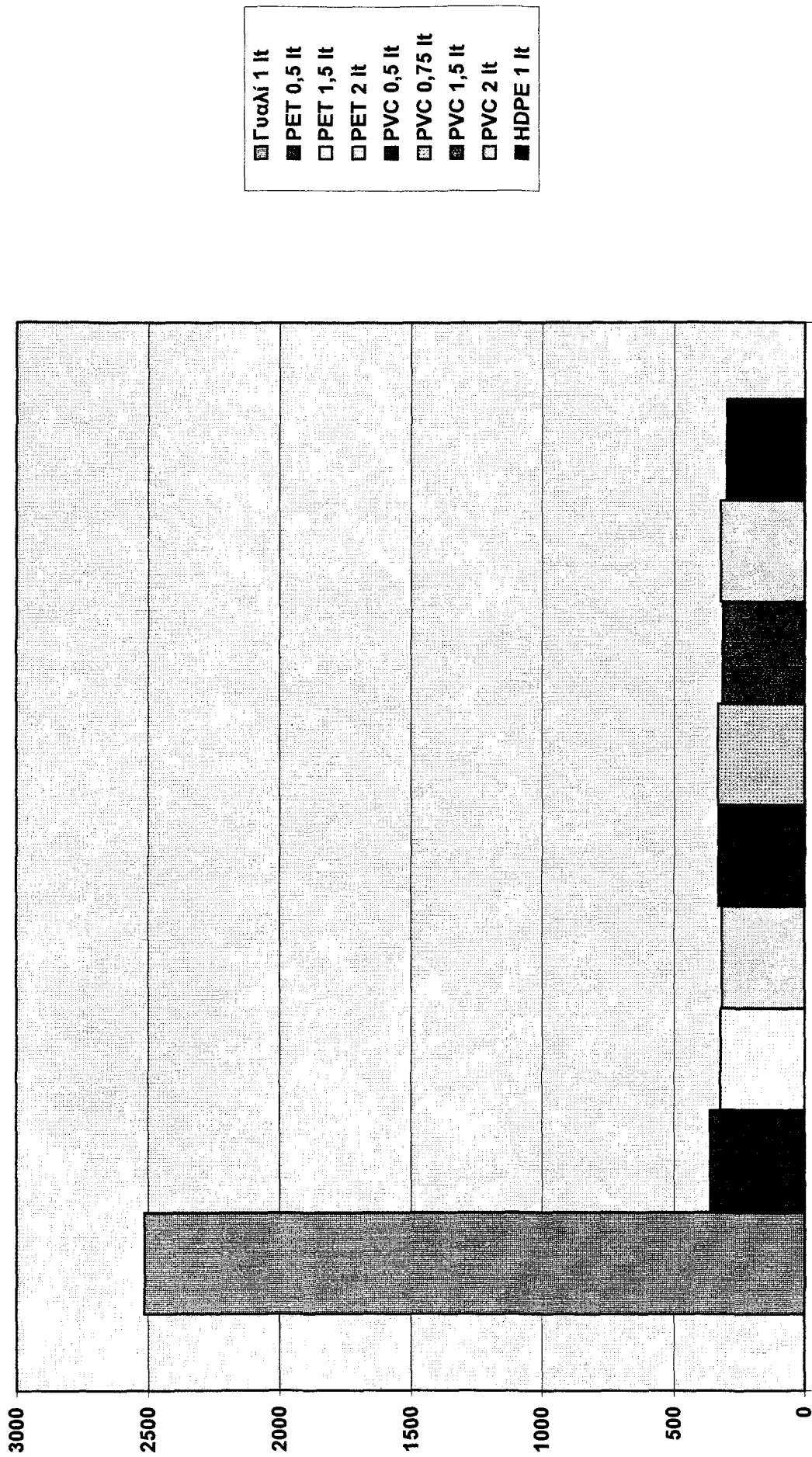
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.1 : ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/1000 lt)



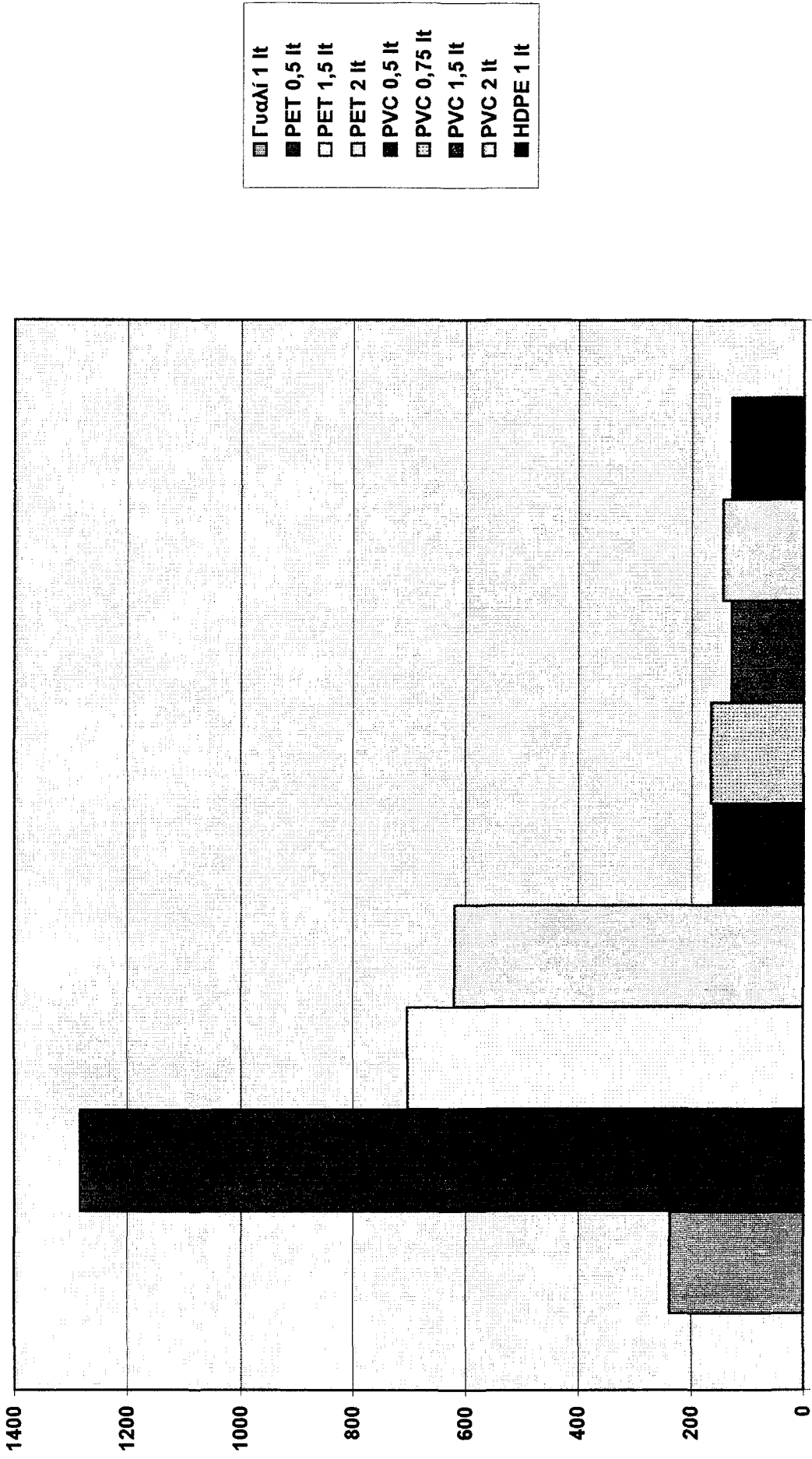
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.2 : ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ (gr/1000 lt)



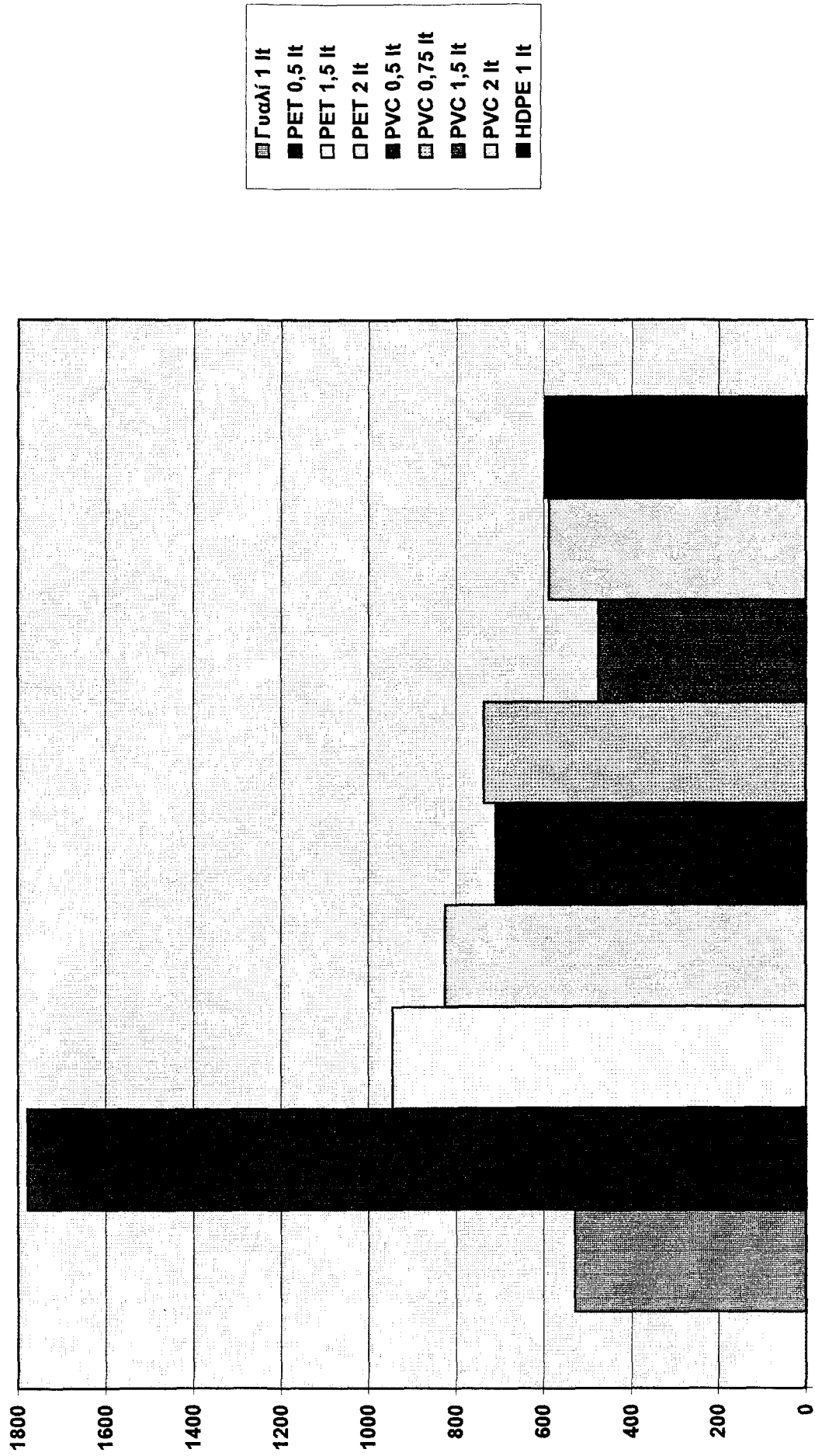
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.3 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (gr/1000 lt)



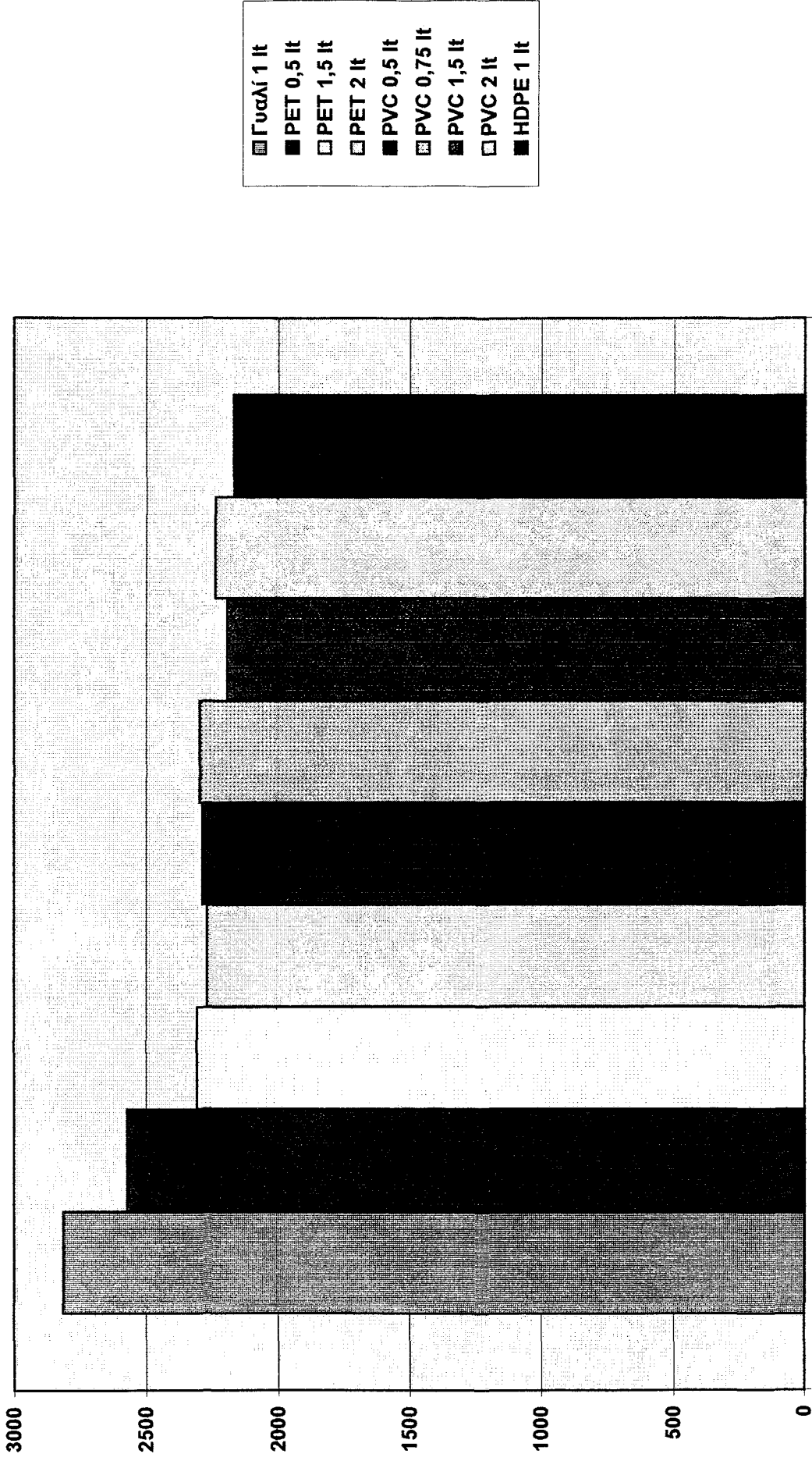
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.4 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (gr/1000 lt)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.5 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (gr/1000 lt)

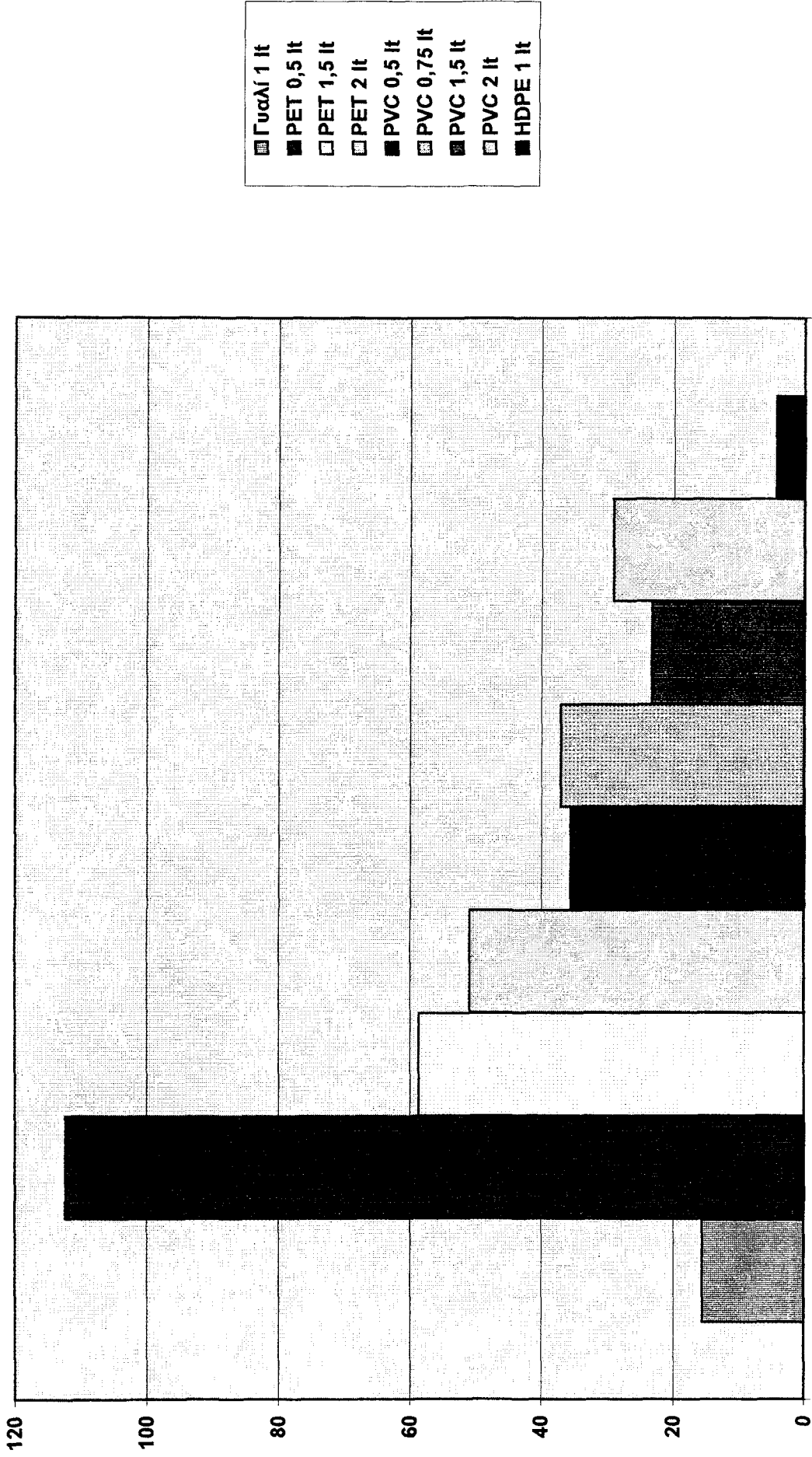


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.6 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (gr/1000 lt)

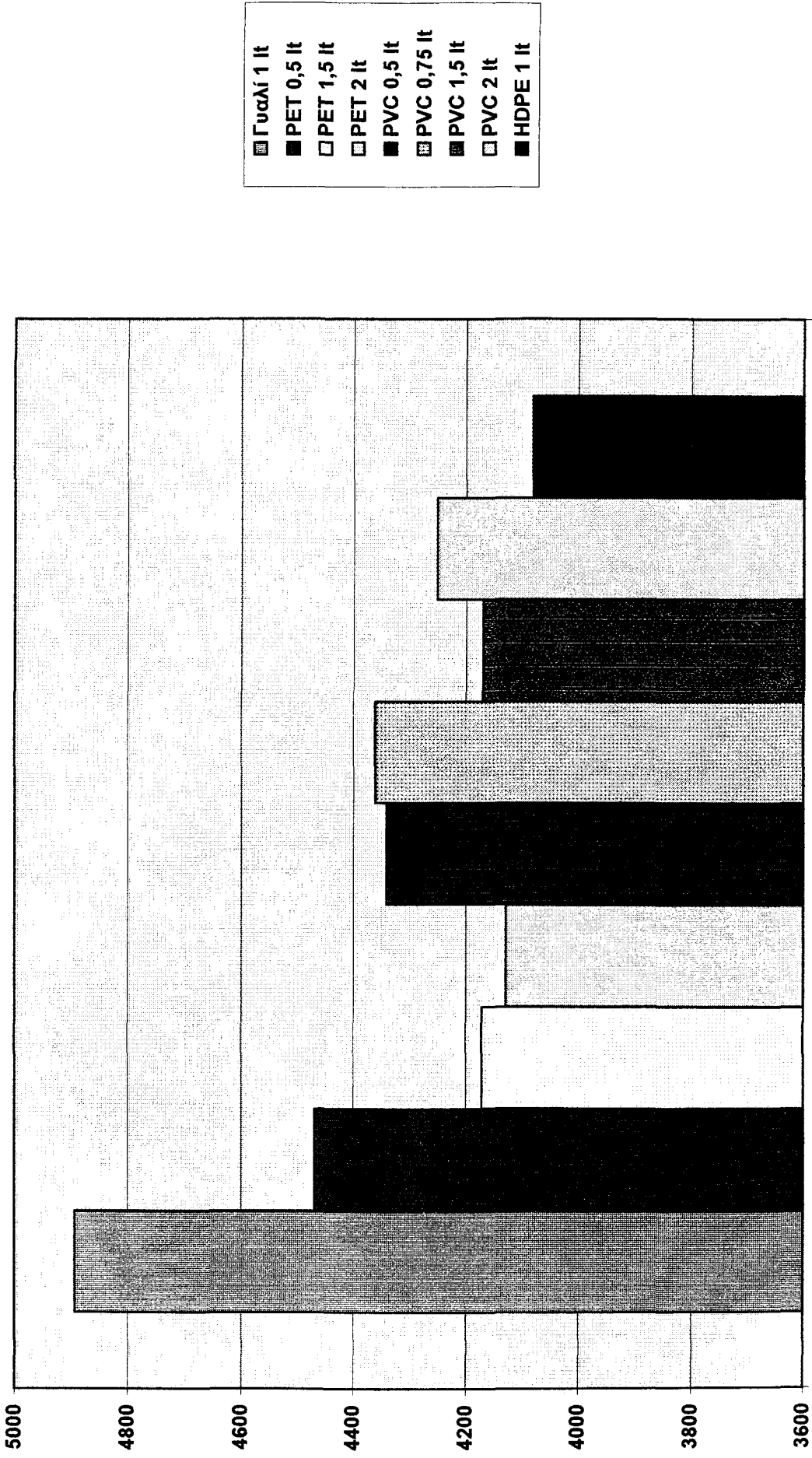




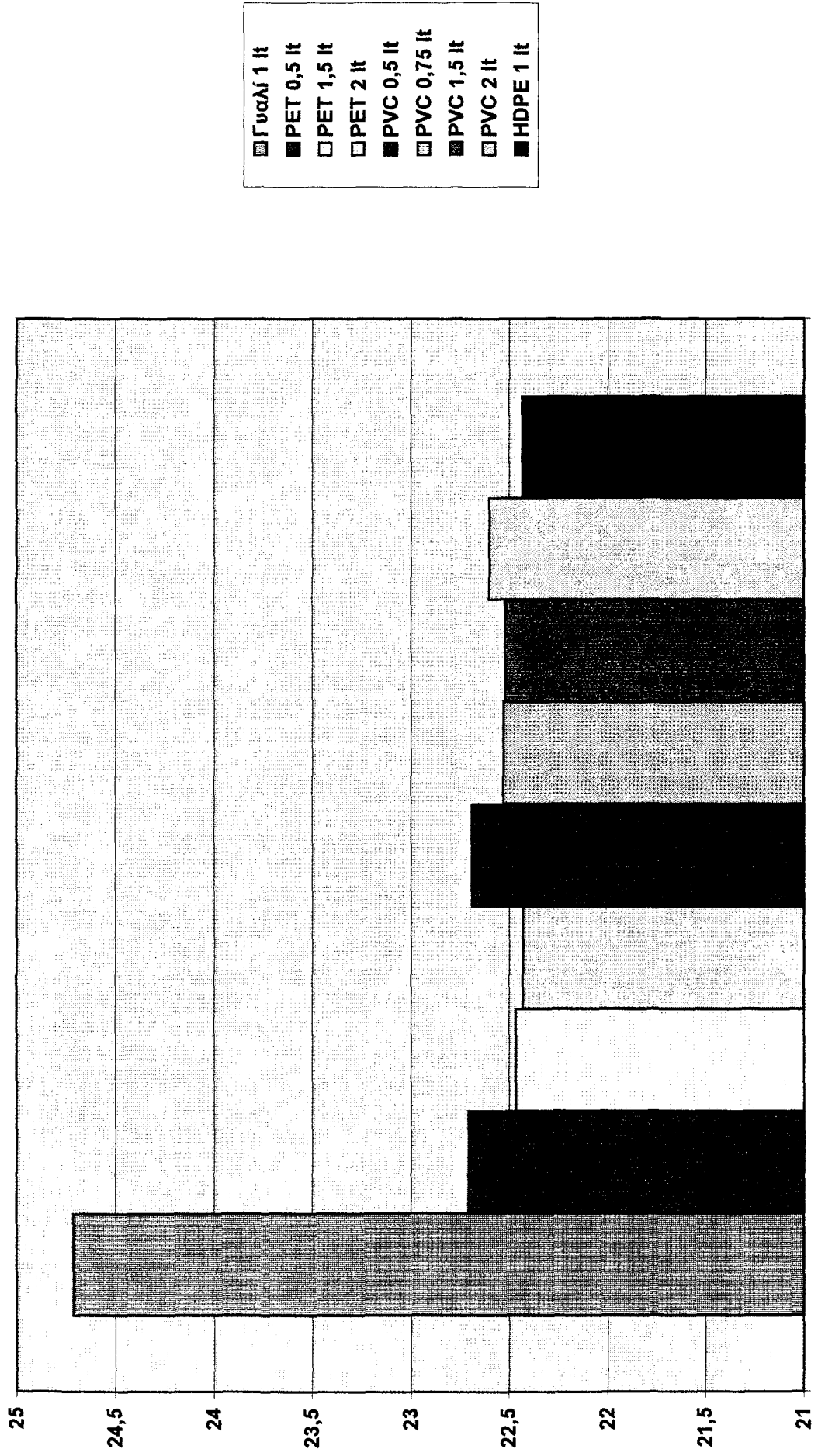
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.7 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΠΡΩΤΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (gr/1000 lt)



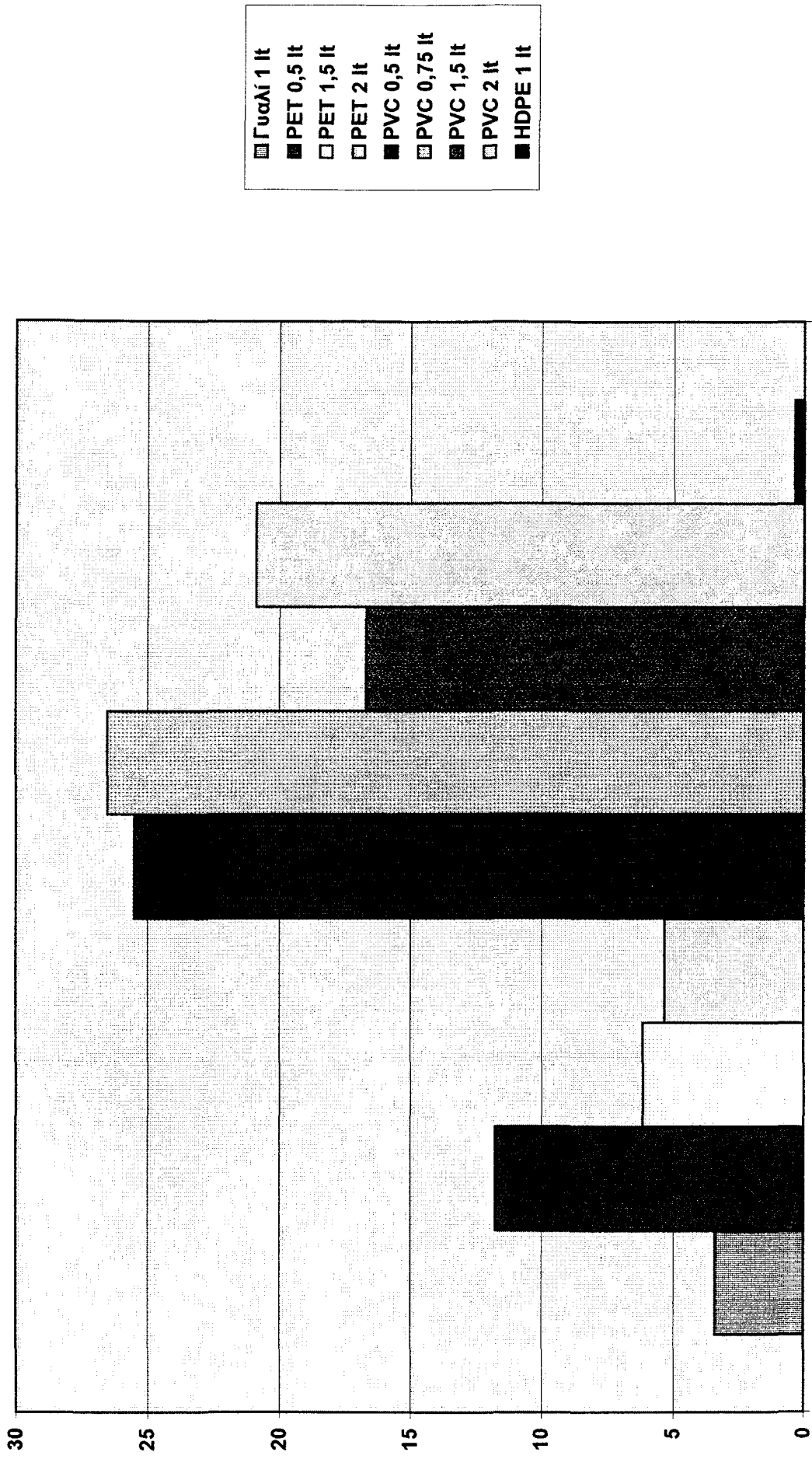
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.8 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (gr/1000 lt)



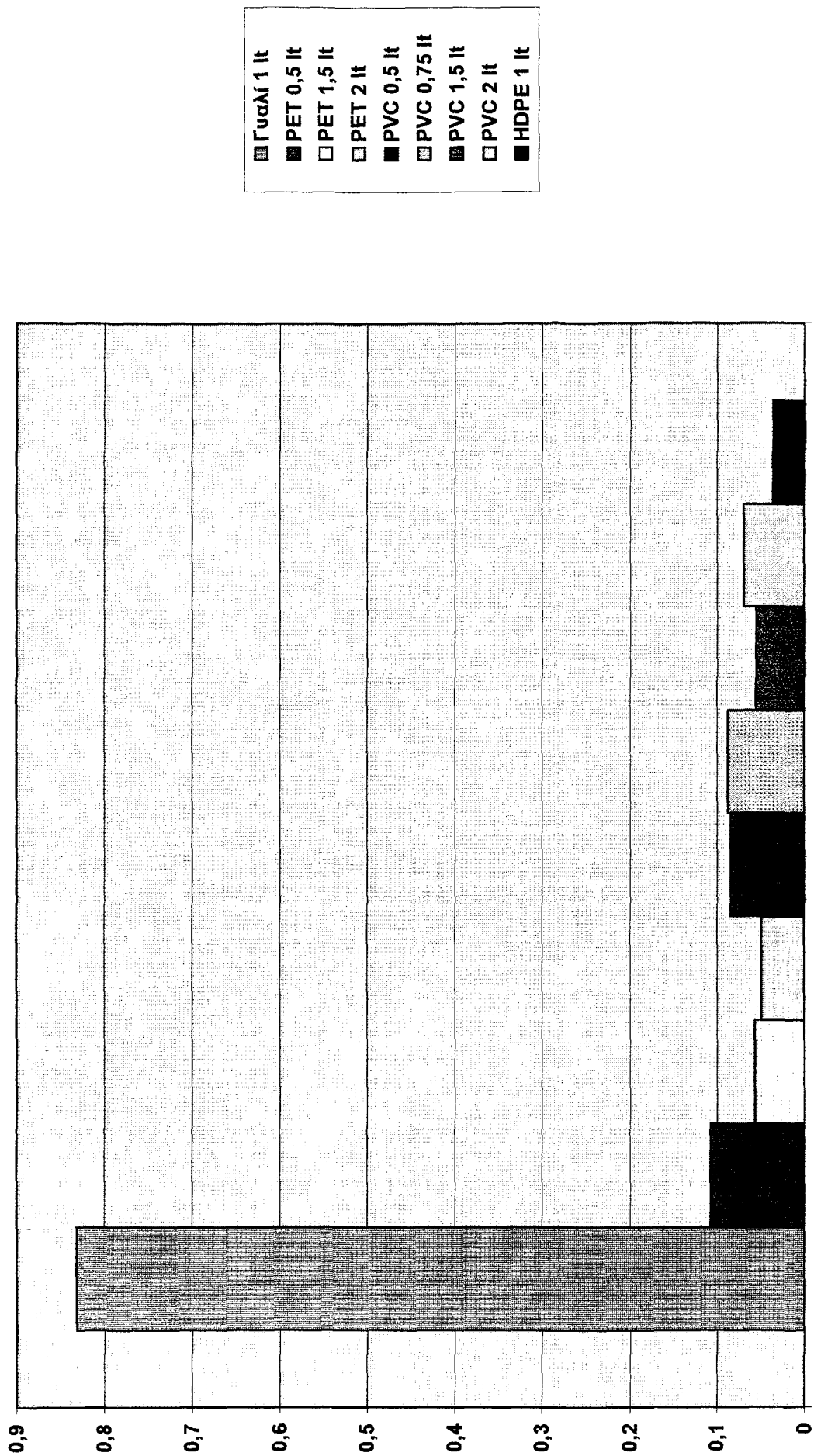
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.9 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΑΛΔΕΥΔΕΣ (gr/1000 lt)



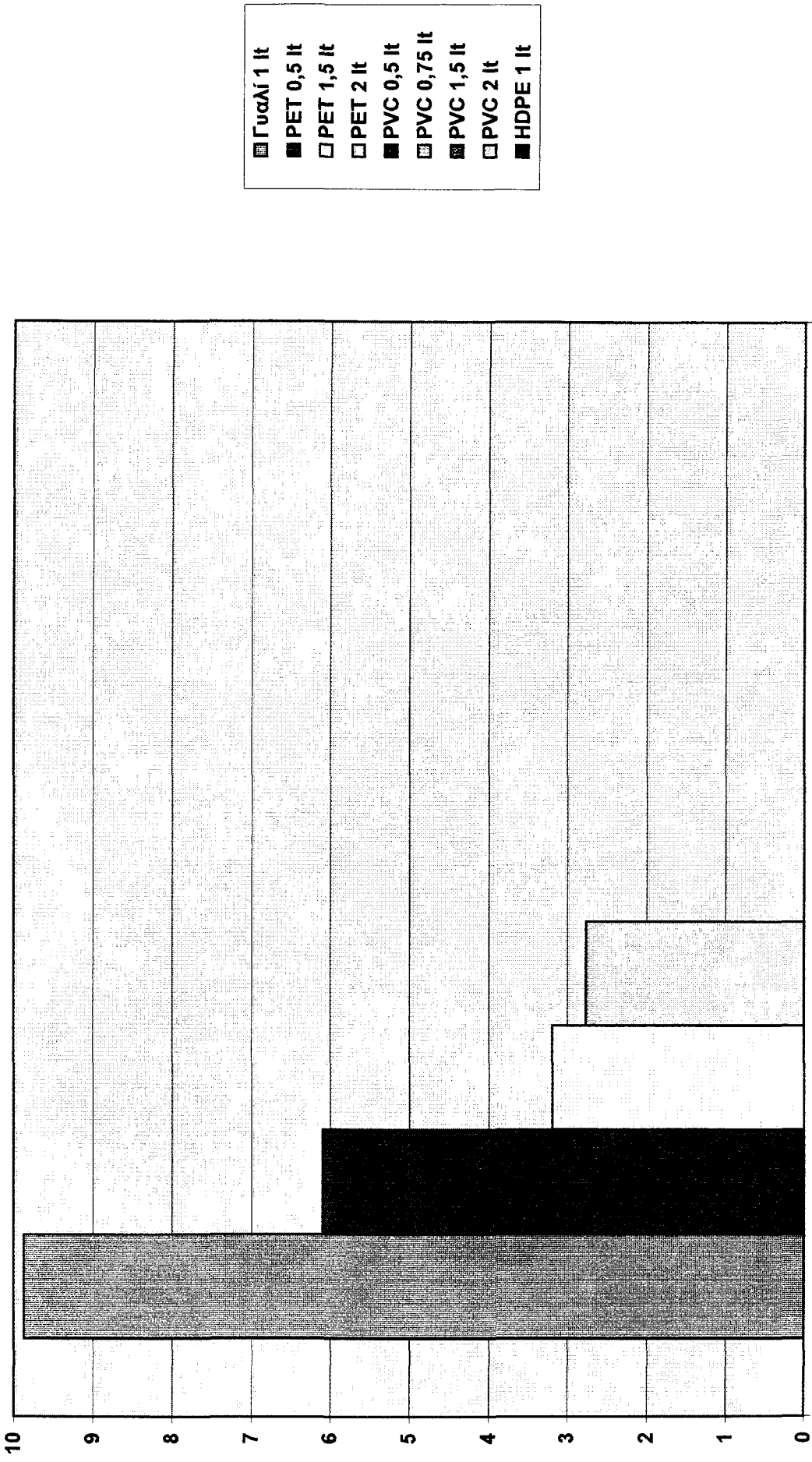
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.10 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ (gr/1000 lt)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.11 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΑΜΜΩΝΙΑ (gr/1000 lt)

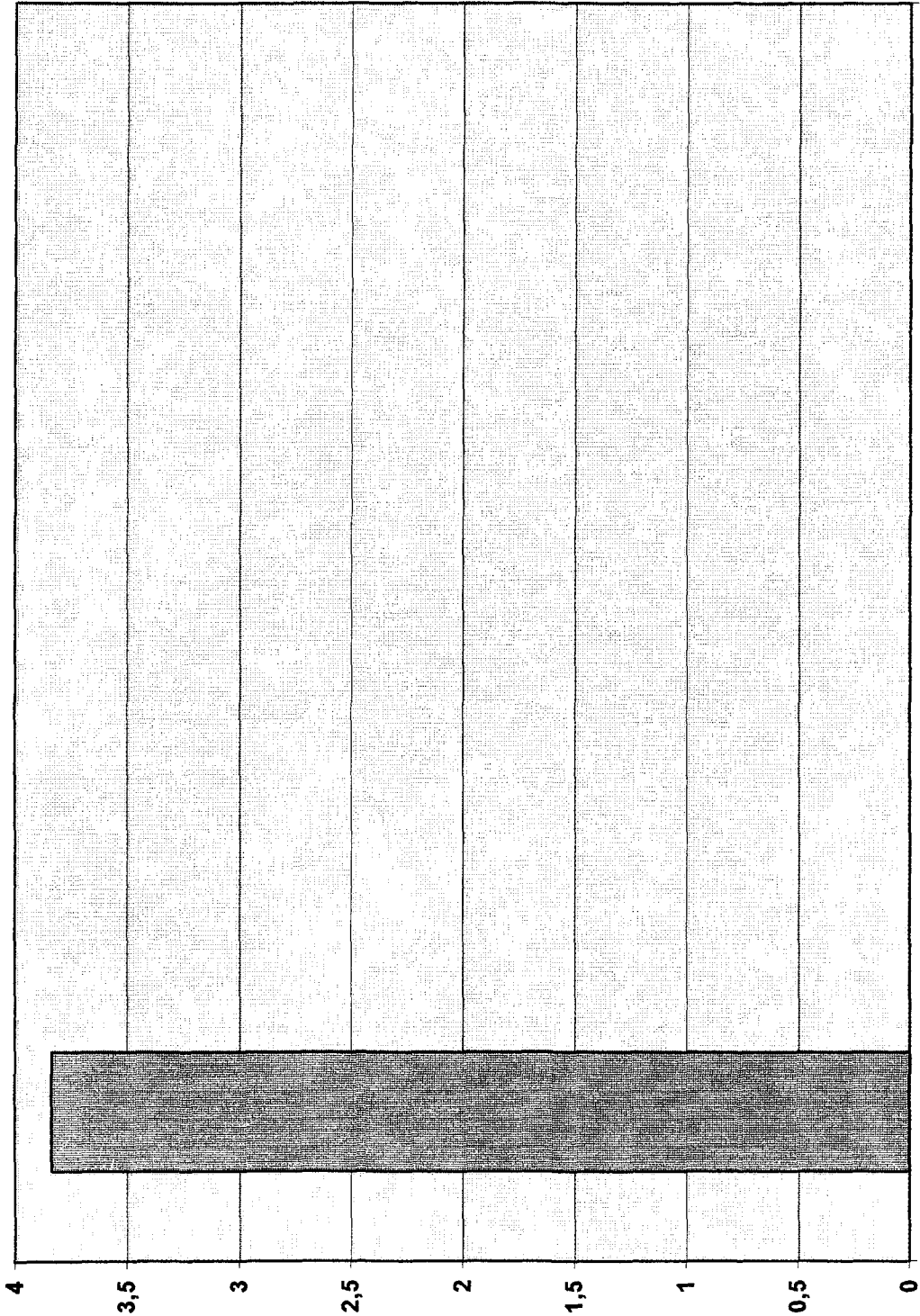


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.12 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΥΔΡΟΧΛΩΡΙΟ (gr/1000 lt)



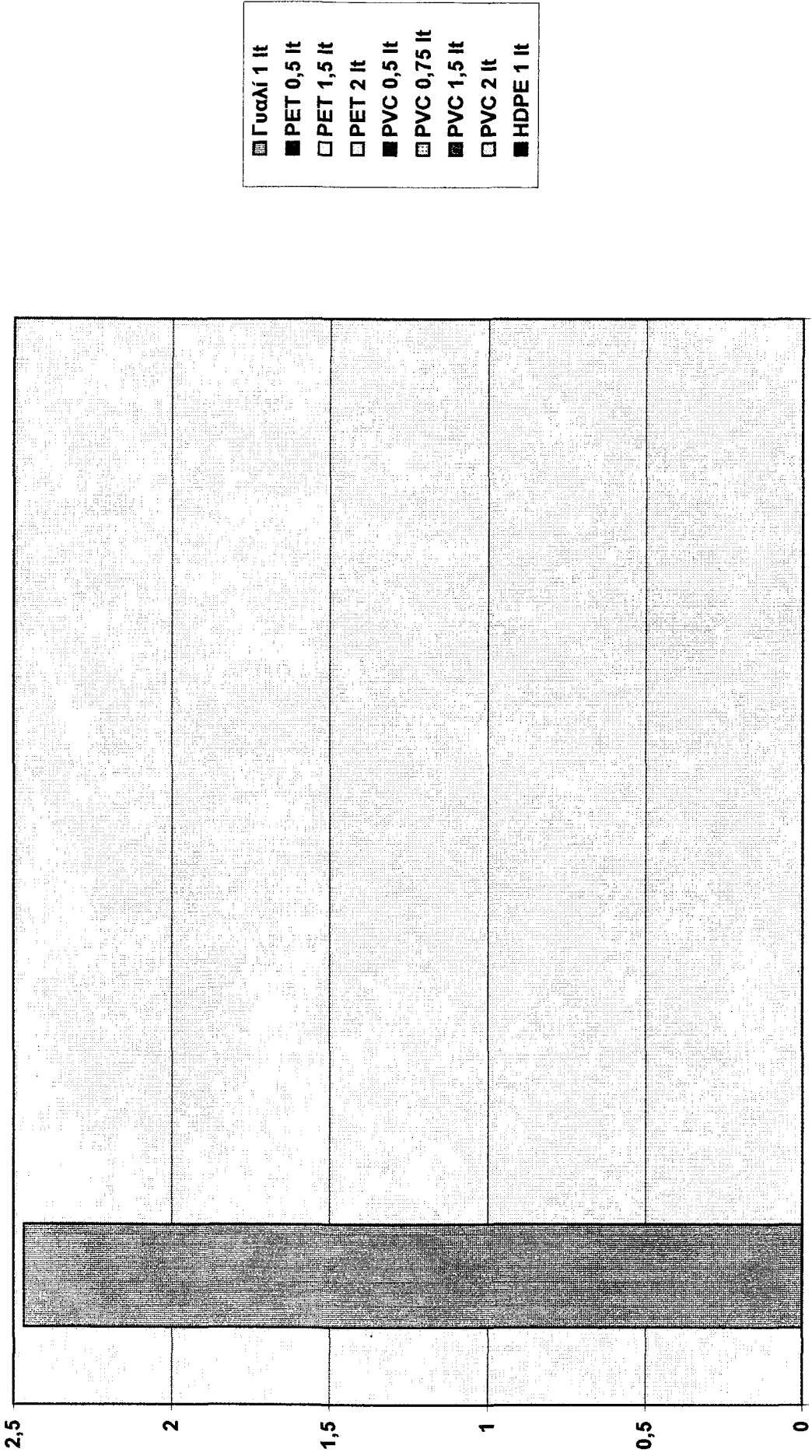
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.13 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΥΔΡΟΦΘΟΡΙΟ ΚΑΙ ΦΘΟΡΙΟΥΧΕΣ

ΕΝΩΣΕΙΣ (gr/1000 lt)



- Γυαλί 1 lt
- PET 0,5 lt
- PET 1,5 lt
- PET 2 lt
- PVC 0,5 lt
- PVC 0,75 lt
- PVC 1,5 lt
- PVC 2 lt
- HDPE 1 lt

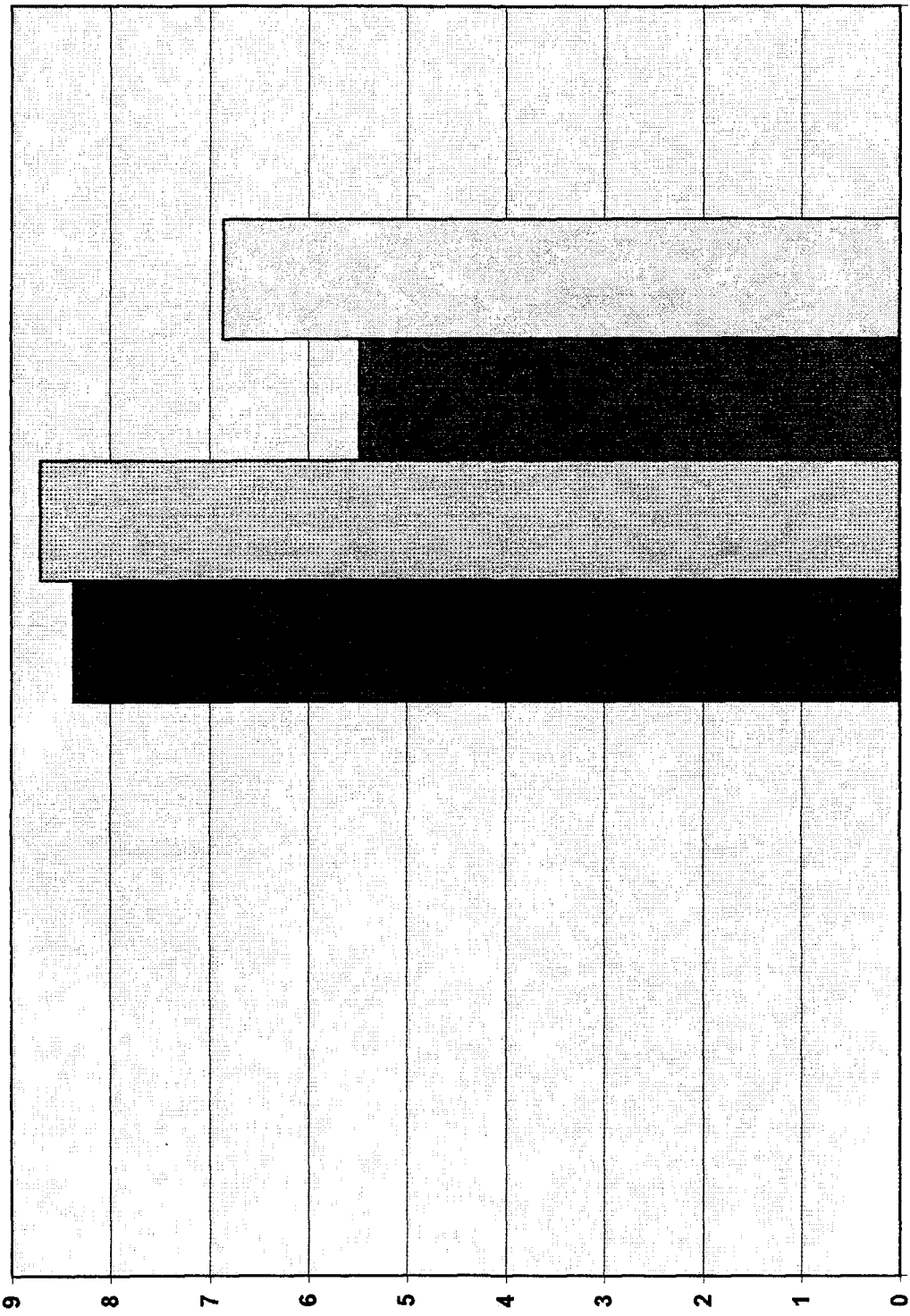
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.14 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΜΟΛΥΒΔΟΣ (gr/1000 lt)





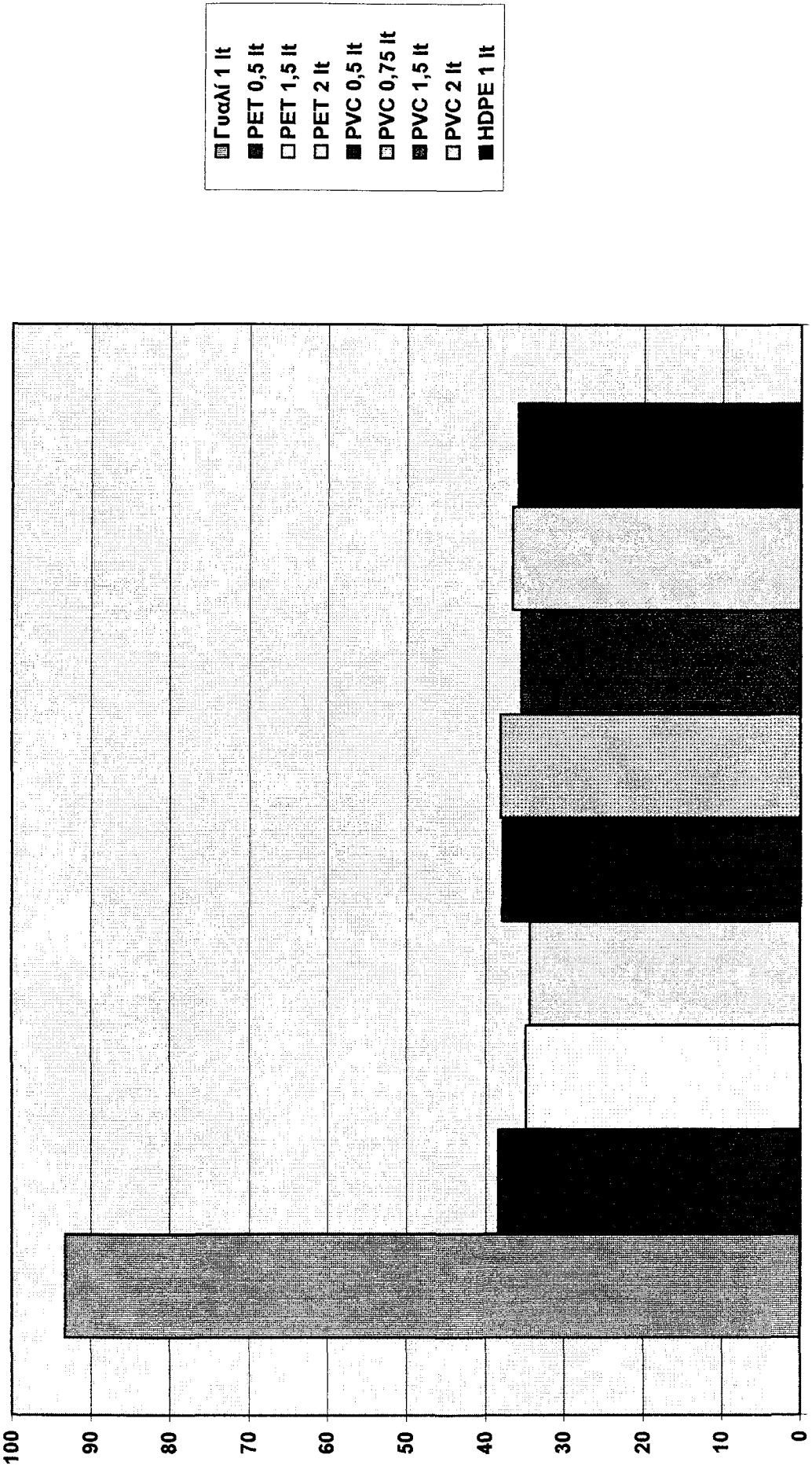
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.15 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΧΛΩΡΙΩΜΕΝΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ

(gr/1000 lt)

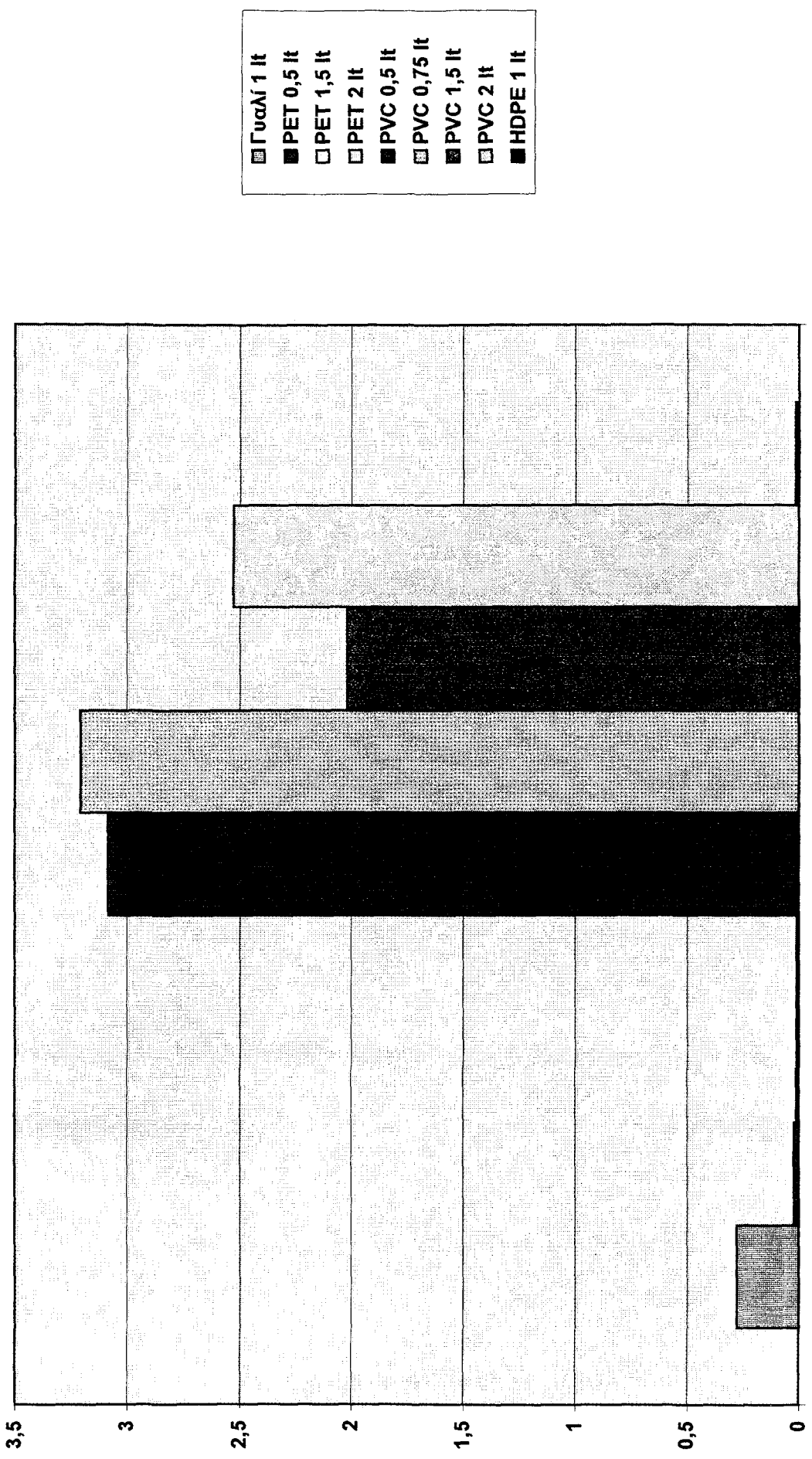


- Γυαλί 1 lt
- PET 0,5 lt
- PET 1,5 lt
- PET 2 lt
- PVC 0,5 lt
- PVC 0,75 lt
- PVC 1,5 lt
- PVC 2 lt
- HDPE 1 lt

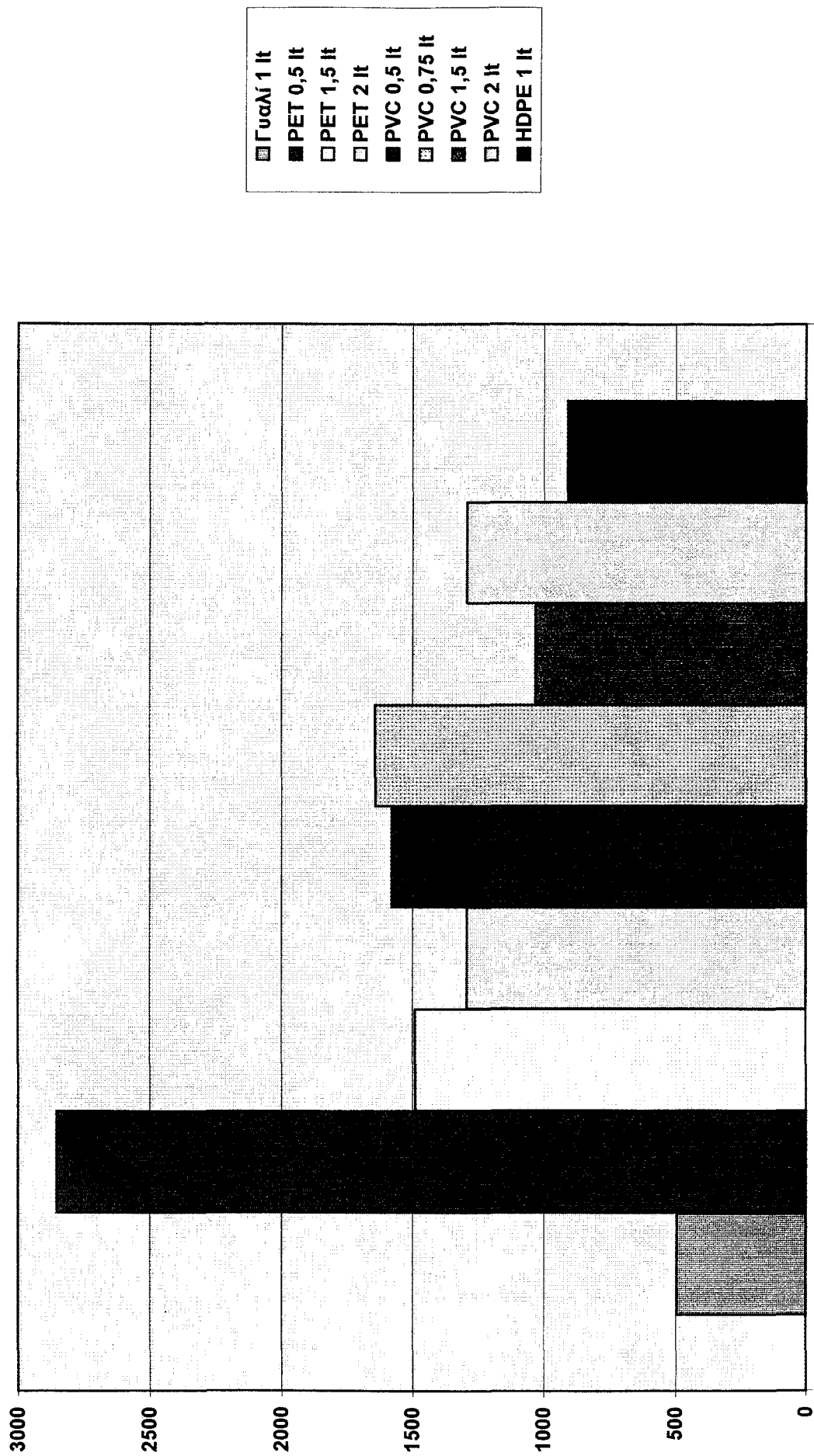
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.16 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ  
(gr/1000 lt)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.17 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (gr/1000 lt)



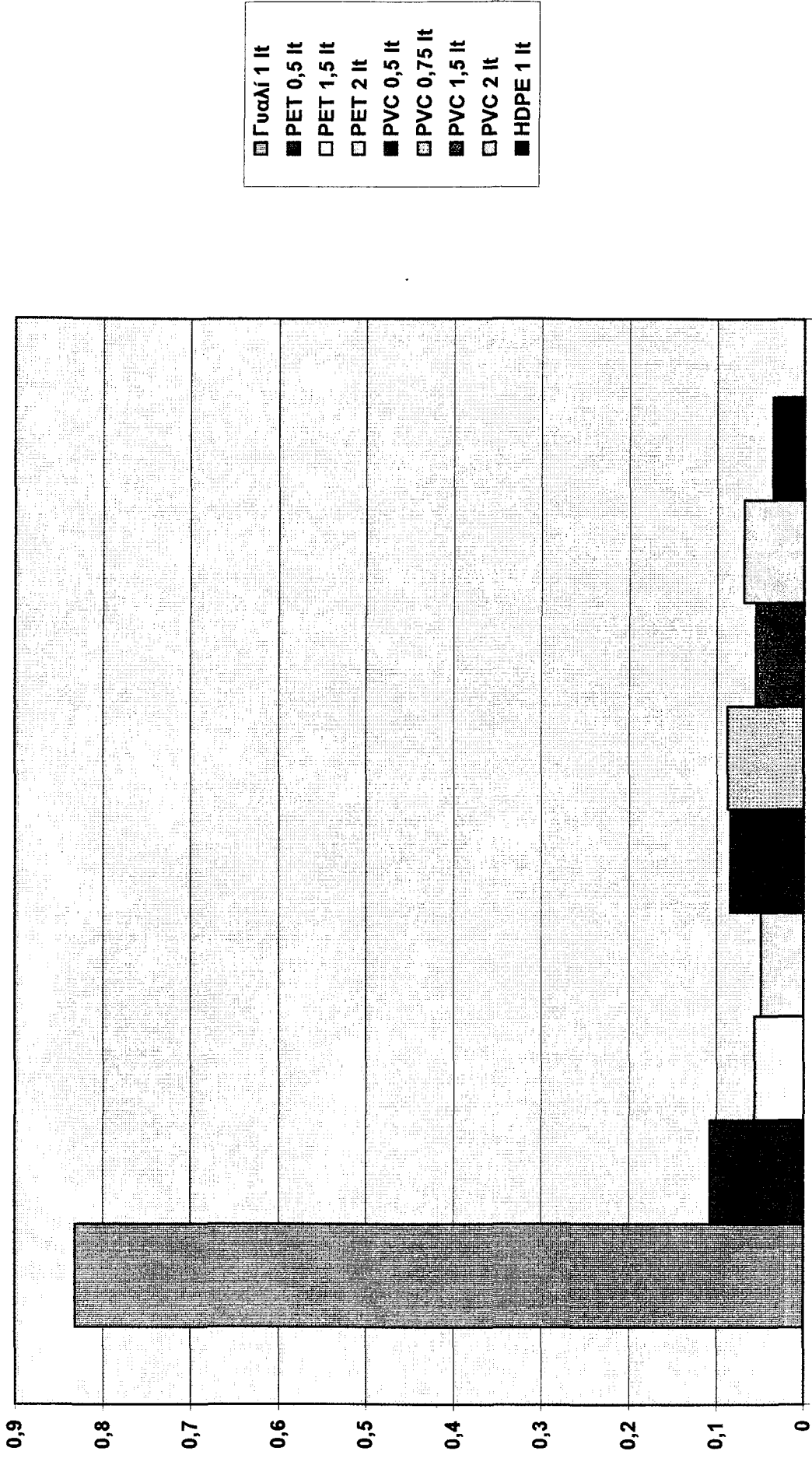
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.18 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΔΙΑΔΕΛΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (gr/1000 lt)



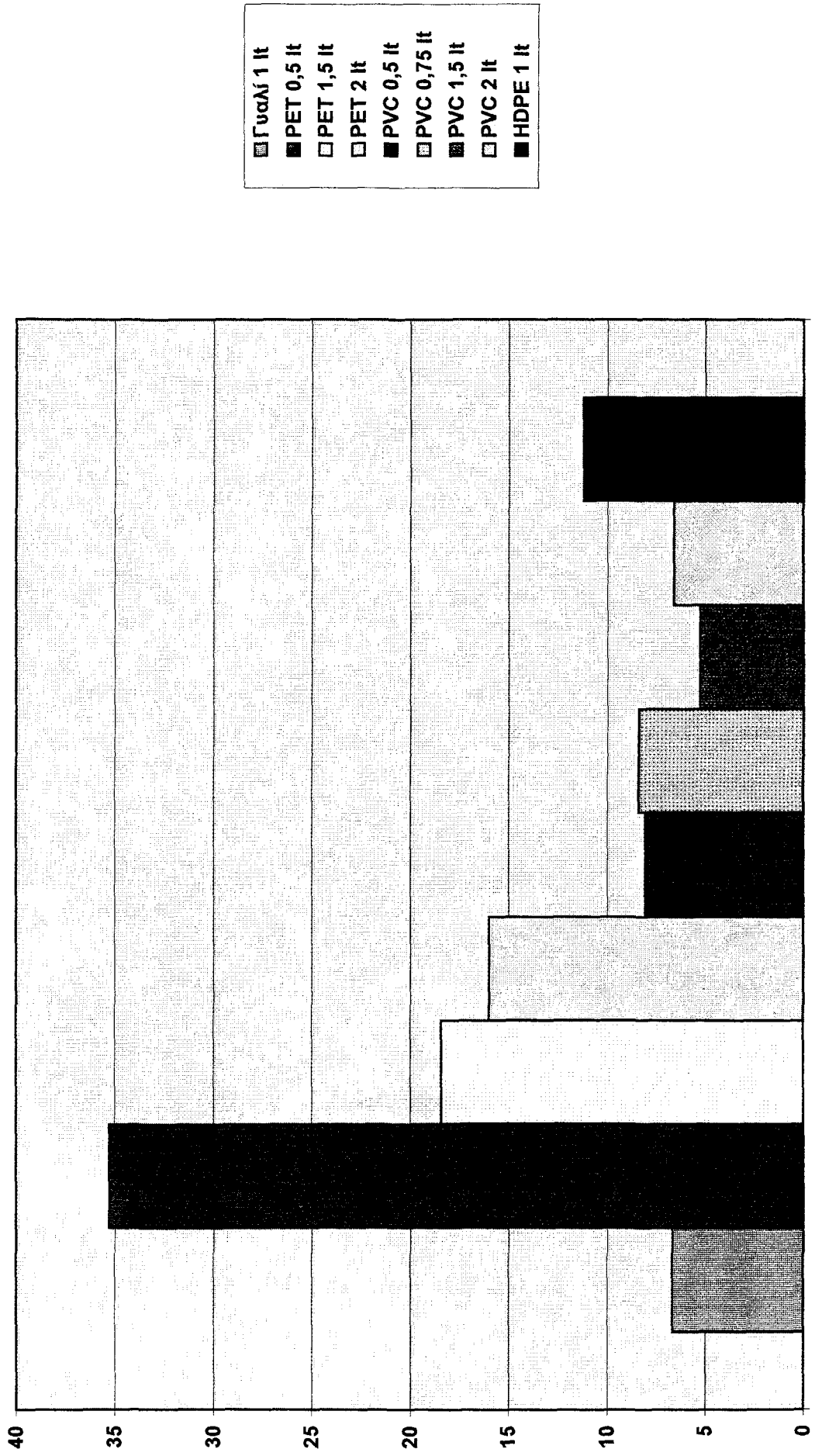
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.19 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΒΟΔ (gr/1000 lt)



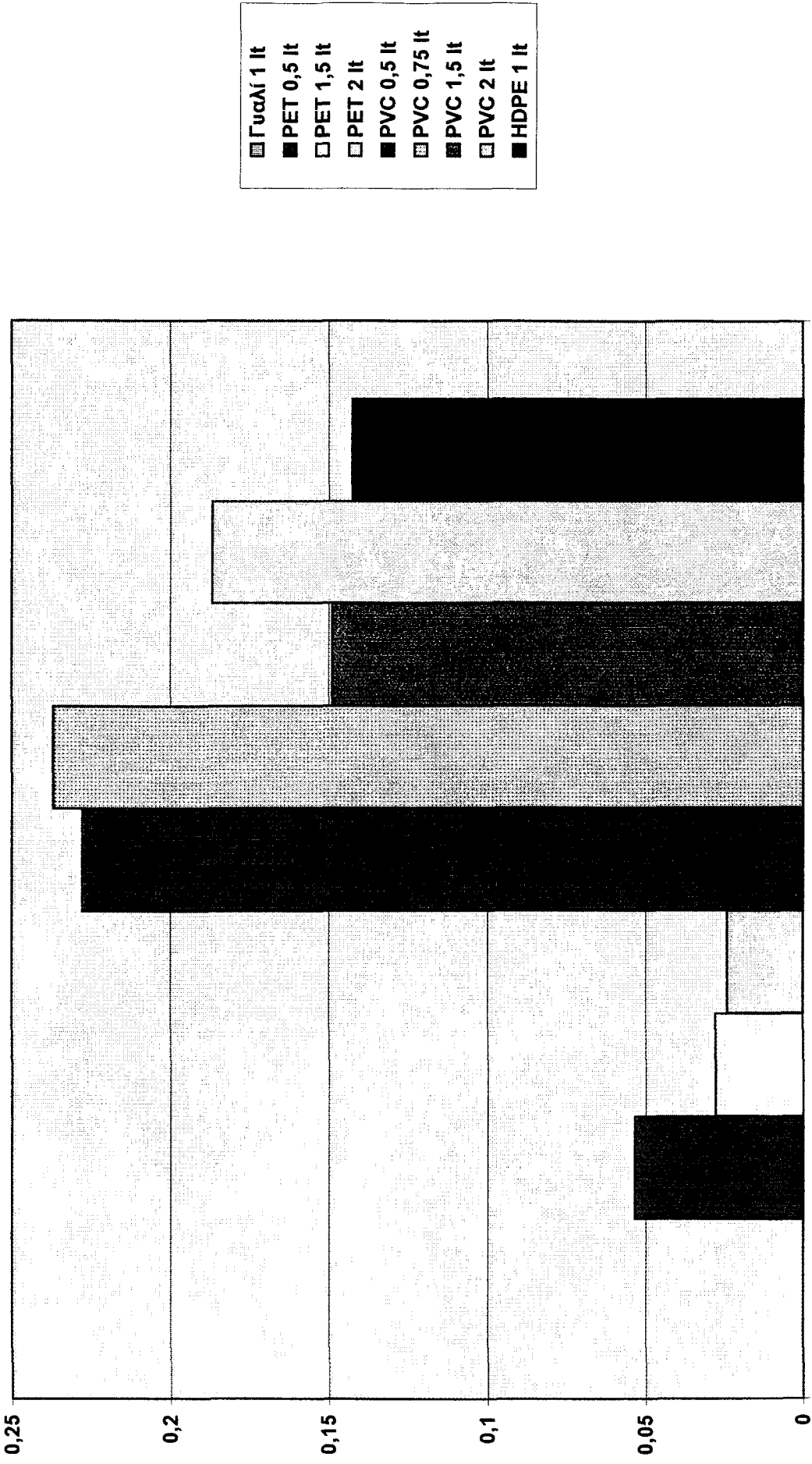
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.20 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - COD (gr/1000 lt)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.21 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΕΛΑΙΑ (gr/1000 lt)

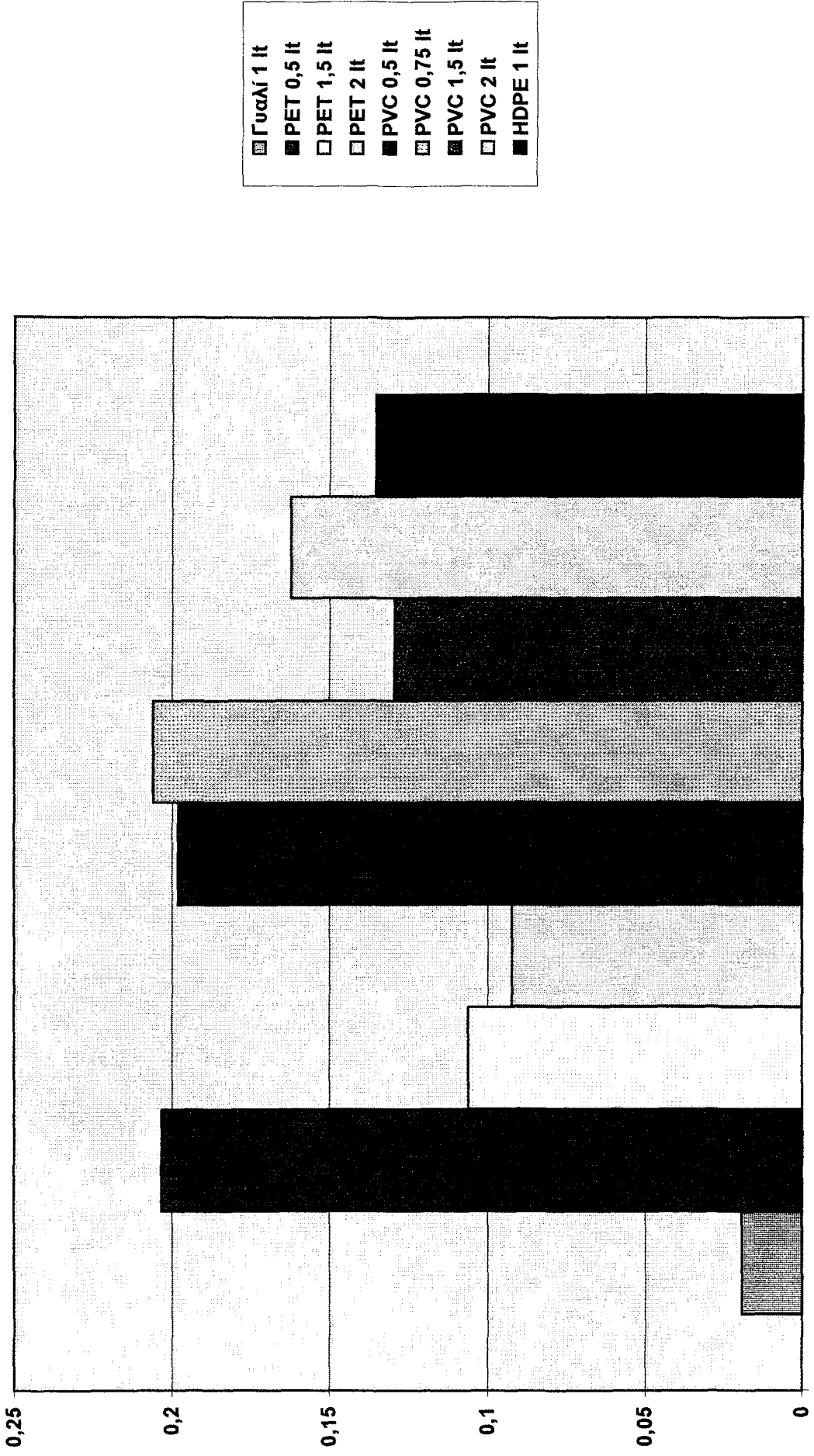


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.22 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΦΑΙΝΟΛΗ (gr/1000 lt)

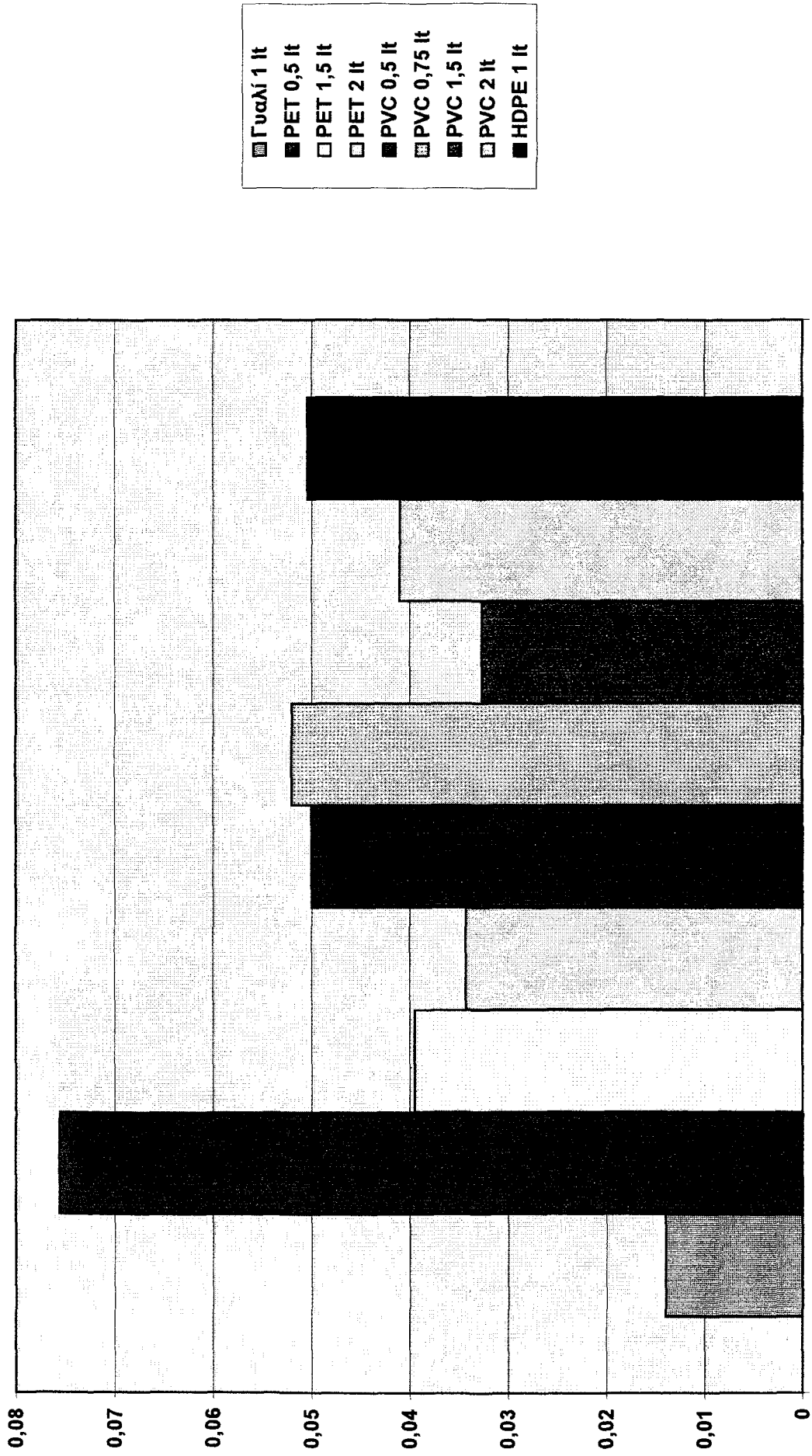




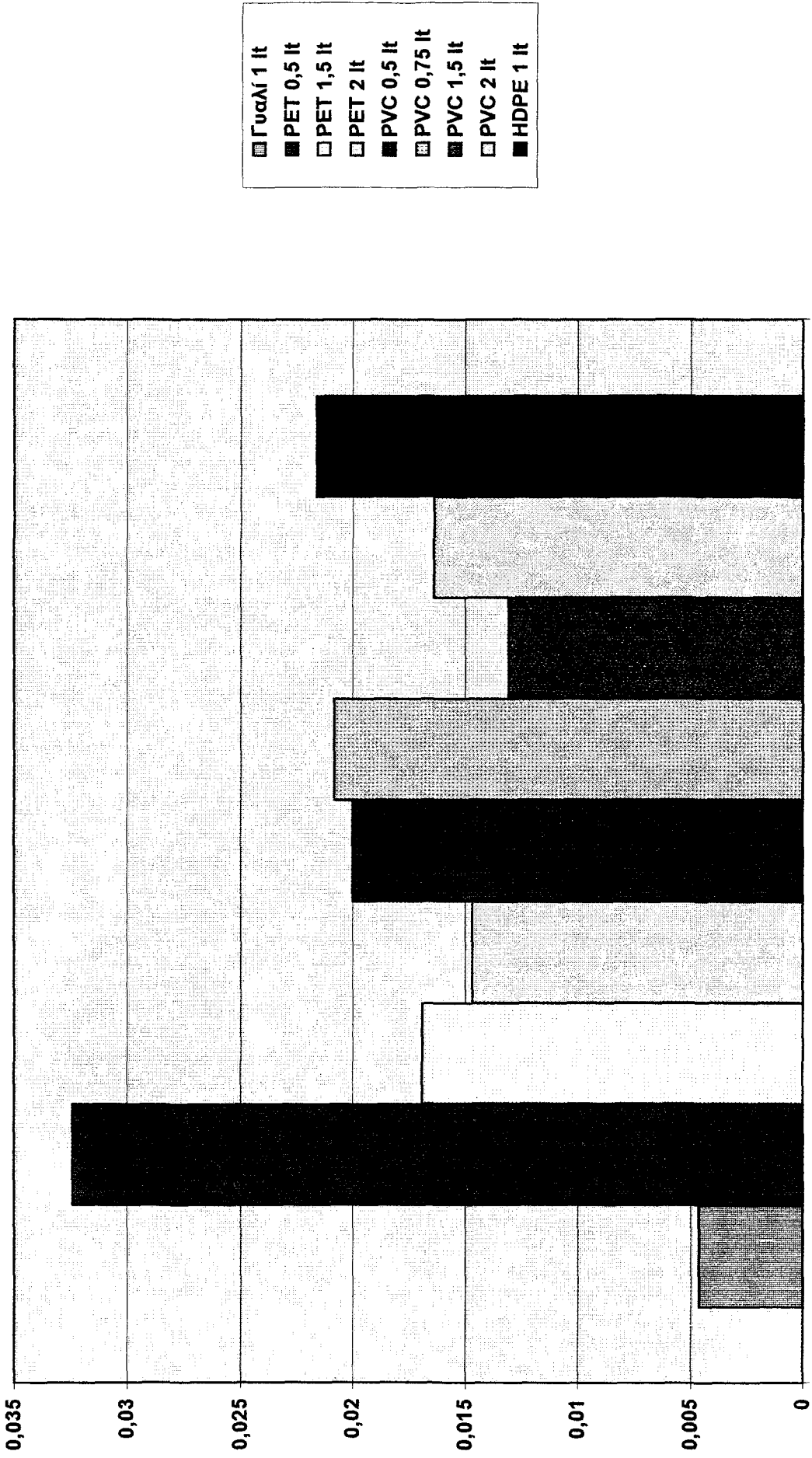
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.23 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΦΘΟΡΙΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ (gr/1000 lt)



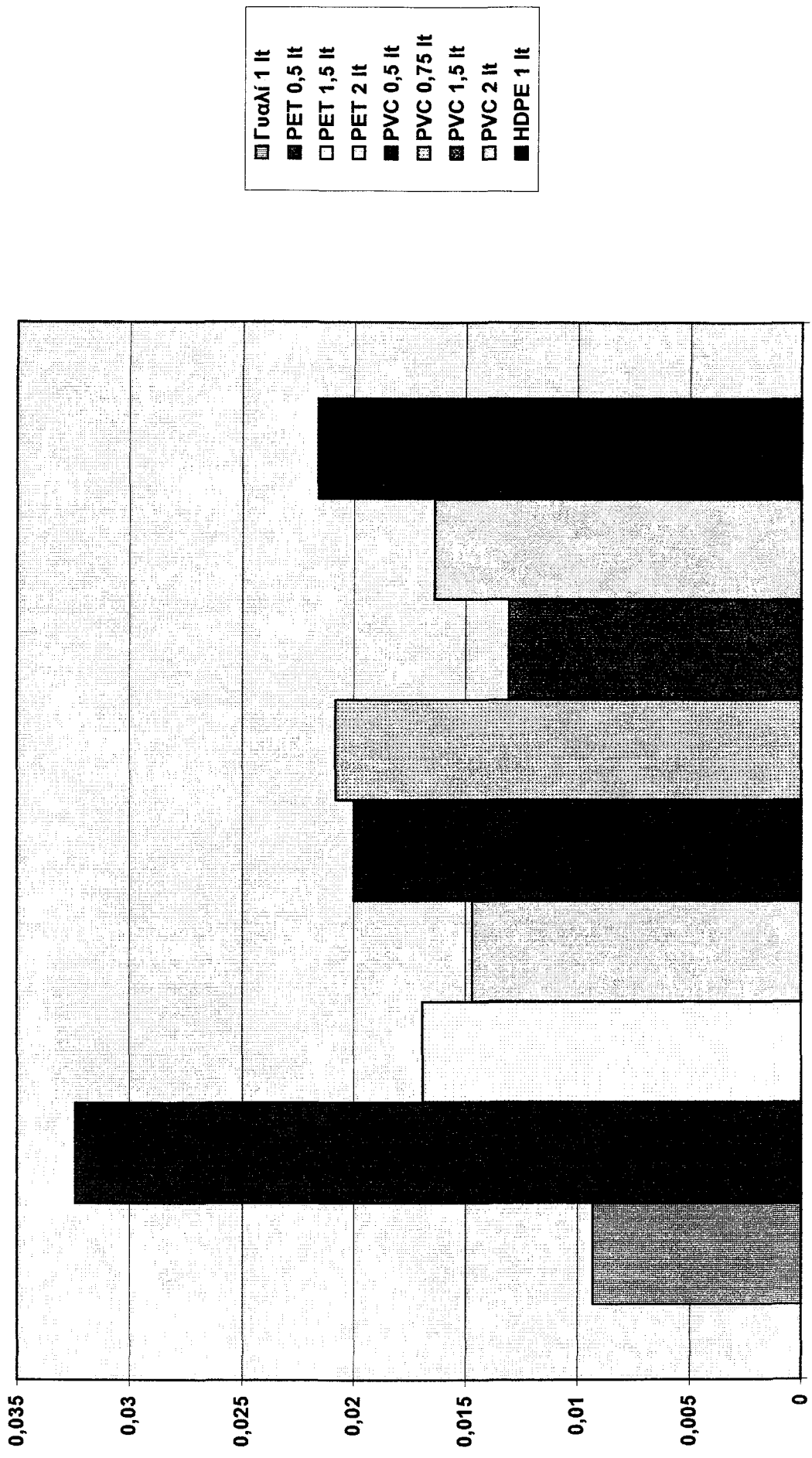
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.24 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΑΜΜΩΝΙΑ (gr/1000 lt)



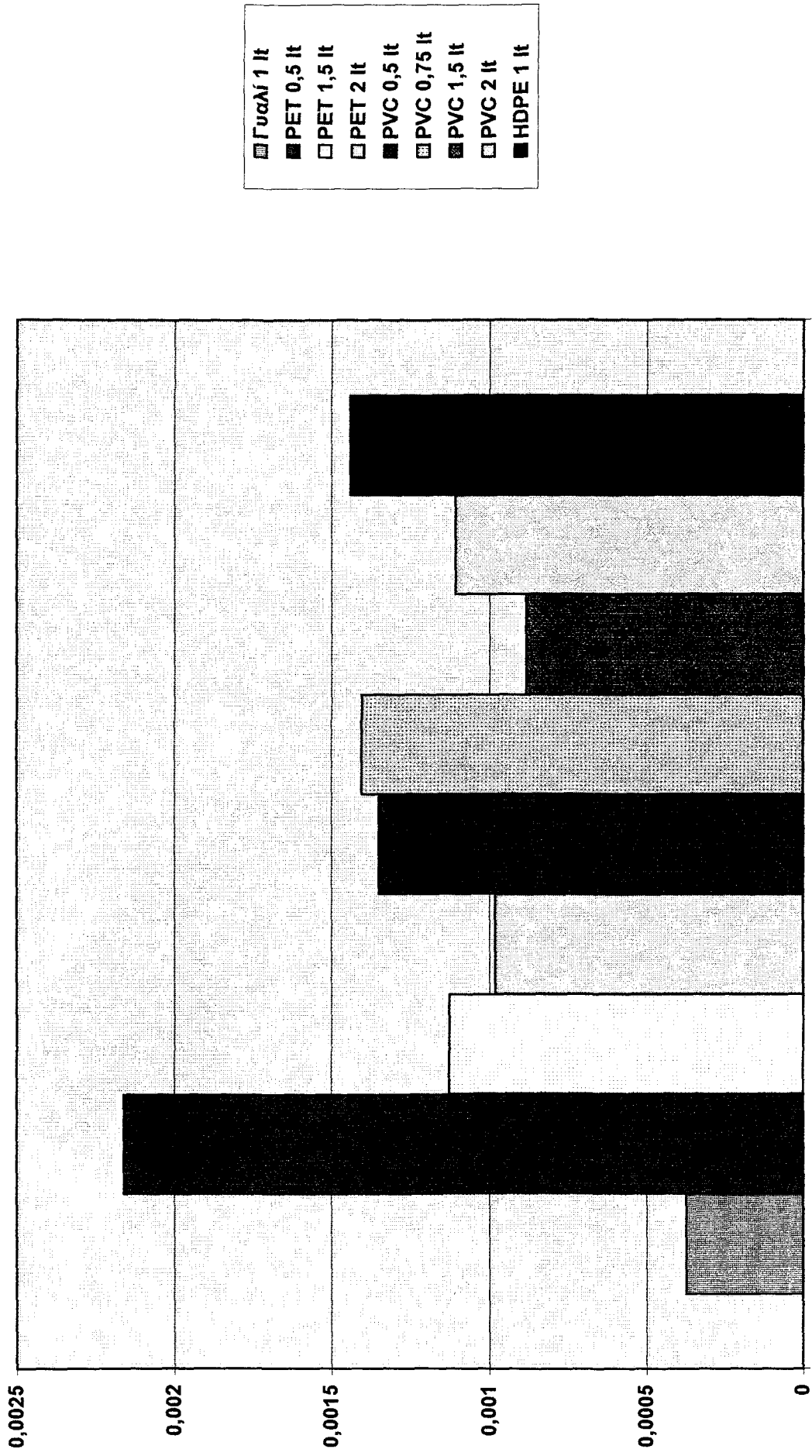
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.25 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΑΛΑΤΑ ΘΕΙΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ (gr/1000 lt)



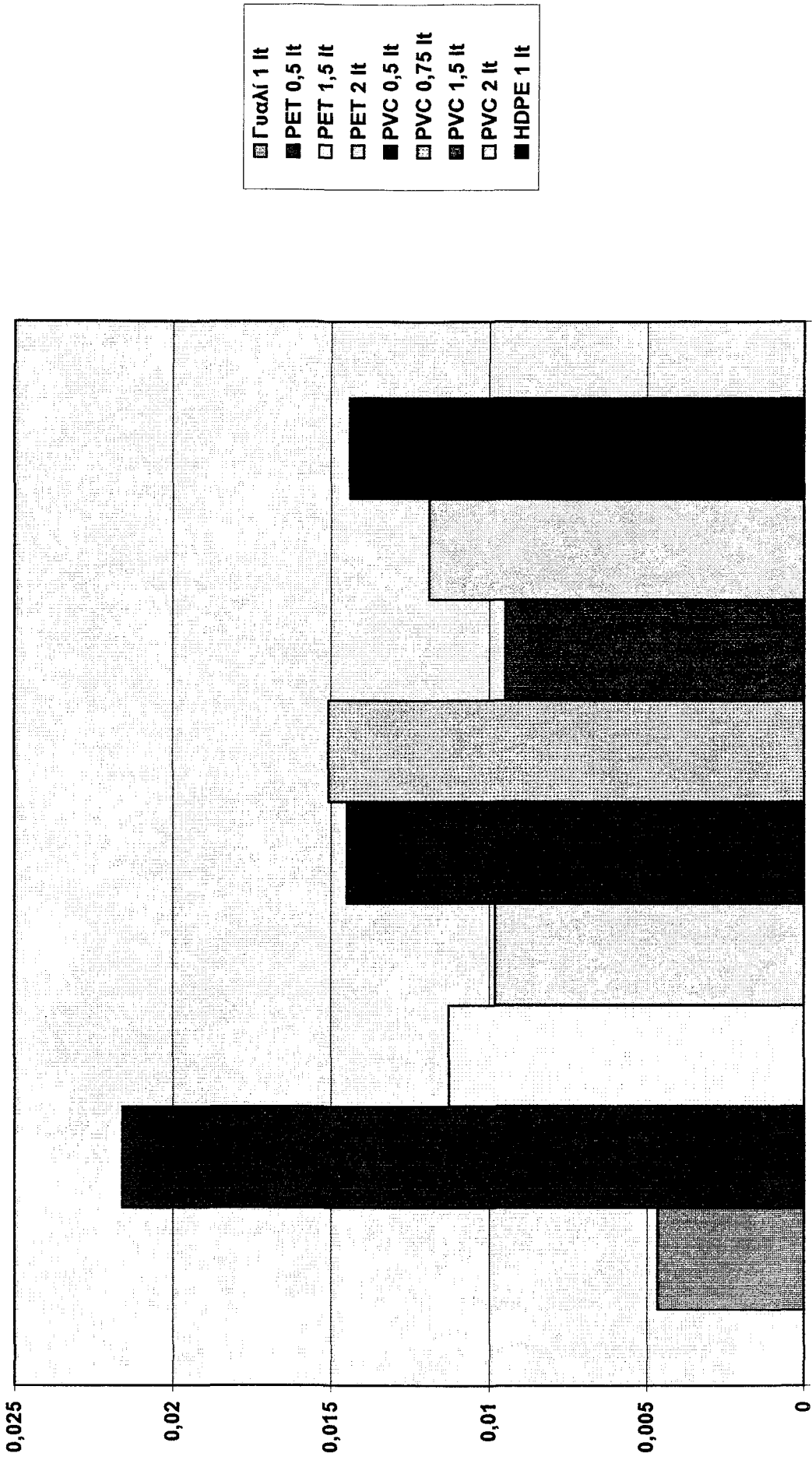
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.26 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΝΙΤΡΙΚΑ ΑΛΑΤΑ (gr/1000 lt)



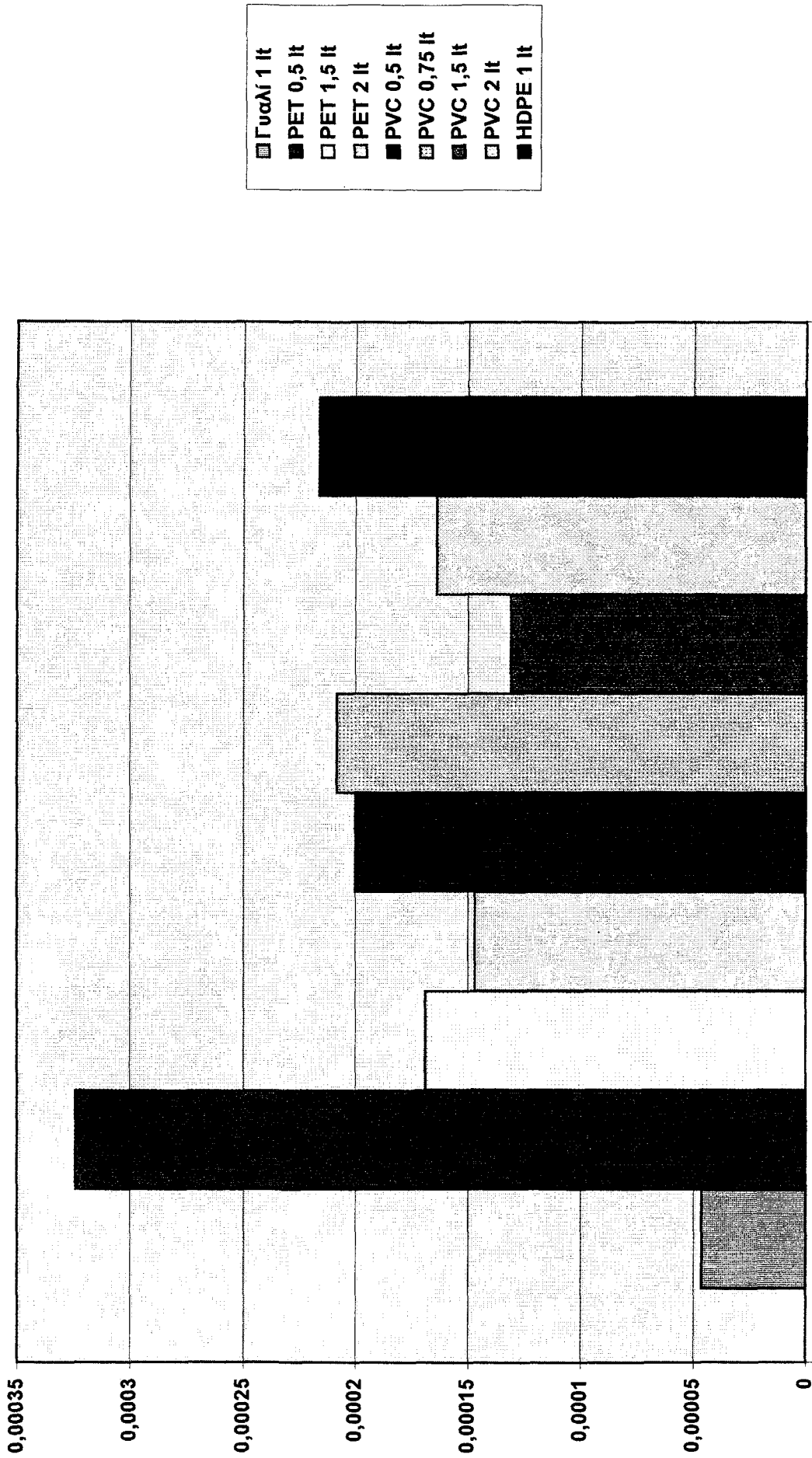
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.27 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΧΛΩΡΙΟΥΧΑ ΑΛΑΤΑ (gr/1000 lt)



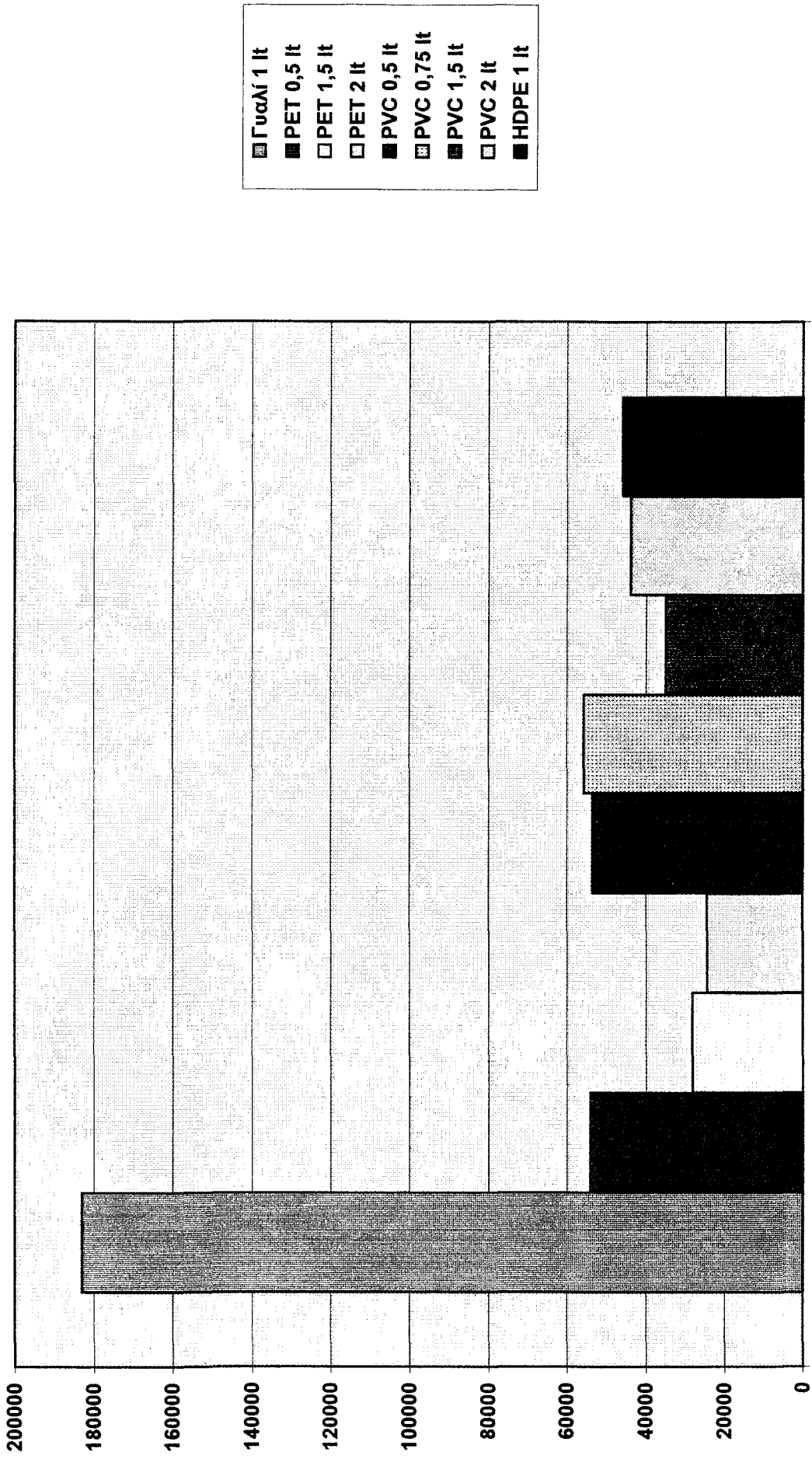
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.28 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΙΟΝΤΑ ΝΑΤΡΙΟΥ (gr/1000 lt)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.29 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ - ΙΟΝΤΑ ΣΙΔΗΡΟΥ (gr/1000 lt)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ.3.30 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (cm<sup>3</sup>/1000 lt)







## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

### **ΑΚΖ ΦΙΑΛΩΝ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

Δ.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΙΜΕΣ  
ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Δ.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΑΚΖ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ

Δ.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΜΒΑΔΟΥ ΤΟΥ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ ΑΚΖ

## **Δ.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ**

Στους πίνακες και τα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν όταν ορισμένες από τις παραμέτρους και τα δεδομένα της παρούσας ΑΚΖ μεταβάλλονται. Με τον τρόπο αυτό διερευνάται η επίδραση που έχουν οι παράμετροι αυτές στα αποτελέσματα επιτρέποντας την ορθότερη, ακριβέστερη και αντικειμενικότερη αξιολόγηση εναλλακτικών προτάσεων, λύσεων και πολιτικών σχετικά με την καλύτερη διαχείριση του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, μελετώνται τα εξής :

- ☞ η επίδραση των ποσοστών επαναχρησιμοποίησης "f", ανακύκλωσης "α" και περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "k" στα κυριότερα από τα αποτελέσματα της ΑΚΖ της γυάλινης φιάλης 1 lt,
- ☞ η επίδραση των ποσοστών ανακύκλωσης "α" και περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "k" στα κυριότερα από τα αποτελέσματα της ΑΚΖ των φιαλών PET 1,5 lt, PVC 1,5 lt και HDPE 1 lt,
- ☞ η κατανάλωση ενέργειας συναρτήσει των ποσοστών ανακύκλωσης "α" και περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "k" για τις φιάλες από γυαλί 1 lt, PET 1,5 lt, PVC 1,5 lt και HDPE 1 lt,
- ☞ η κατανάλωση ενέργειας συναρτήσει του ποσοστού ανακύκλωσης ( $\alpha = k$ ) για τις φιάλες από γυαλί 1 lt, PET 1,5 lt, PVC 1,5 lt και HDPE 1 lt,
- ☞ η παραγωγή στερεών αποβλήτων συναρτήσει του ποσοστού ανακύκλωσης ( $\alpha = k$ ) για τις φιάλες από γυαλί 1 lt, PET 1,5 lt, PVC 1,5 lt και HDPE 1 lt, και
- ☞ η κατανάλωση ενέργειας συναρτήσει του ποσοστού ταφής - καύσης (χωρίς ή με ανάκτηση ενέργειας) των απορριμμάτων για τις φιάλες από γυαλί 1 lt, PET 1,5 lt, PVC 1,5 lt και HDPE 1 lt.

Πίνακας Δ.1.1 : Επίδραση του ποσοστού επαναχρησιμοποίησης "f" στα κυριότερα από τα αποτελέσματα της ΑΚΖ της γυάλινης φιάλης 1 lt

Ποσοστό (%) Επαναπλήρωσης "f"	0	50	80	90	95	96	97	100
Αριθμός Διαδρομών "f"	1	2	5	10	20	25	30	∞
<i>Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/1000 lt) και Νερού (kg/1000 lt)</i>								
Ενέργεια	36656,3	21810,5	12903,0	9933,9	8449,3	8152,4	7855,5	6964,7
Νερό	644,13	322,1	128,8	64,4	32,2	25,8	19,3	0
<i>Αποδέσμευση Αέριων Αποβλήτων (gr/1000 lt)</i>								
Σωματίδια	2512,9	1399,3	731,1	508,4	397,0	374,8	352,5	285,7
Μονοξείδιο του Άνθρακα	238,9	188,9	159,0	149,0	144,0	143,0	142,0	139,0
Υδρογονάν-θρακες	528,1	280,6	132,1	82,6	57,9	52,9	48,0	33,1
Οξείδια του Αζώτου	2814,1	2467,8	2260,1	2190,8	2156,2	2149,3	2142,3	2121,6
Διοξείδιο του Θείου	4892,5	4393,8	4094,6	3994,8	3944,9	3935,0	3925,0	3895,1
Οργανικές Πτητικές Ενώσεις	93,2	78,0	68,8	65,8	64,3	64,0	63,7	62,7
<i>Αποδέσμευση Υγρών (gr/1000 lt) και Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup>/1000 lt)</i>								
Αιωρούμενα Σωματίδια	0,277	0,139	0,055	0,028	0,014	0,011	0,008	0
Διαλελυμένα Σωματίδια	495,7	247,9	99,1	49,6	24,8	19,8	14,9	0
BOD	0,277	0,139	0,055	0,028	0,014	0,011	0,008	0
COD	0,83	0,42	0,17	0,08	0,04	0,03	0,02	0
Στερεά Απόβλητα	183011	91505,7	36602,3	18301,1	9150,6	7320,5	5490,3	0

Πίνακας Δ.1.2 : Επίδραση του ποσοστού ανακύκλωσης "α" στα αποτελέσματα της ΑΚΖ της γυάλινης φιάλης 1 lt

Ποσοστό (%) Ανακύκλωσης "α"	25,3	50	75	100
<i>Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/1000 lt) και Νερού (kg/1000 lt)</i>				
<b>Ενέργεια</b>	36656,3	36739,61	36823,95	36908,3
<b>Νερό</b>	644,13	644,13	644,13	644,13
<i>Αποδέσμευση Αέριων Αποβλήτων (gr/1000 lt)</i>				
<b>Σωματίδια</b>	2512,9	2521,4	2530,0	2538,6
<b>Μονοξείδιο του Άνθρακα</b>	238,9	236,2	233,4	230,6
<b>Υδρογονάνθρακες</b>	528,1	528,6	529,0	529,5
<b>Οξείδια του Αζώτου</b>	2814,1	2842,3	2870,8	2899,3
<b>Διοξείδιο του Θείου</b>	4892,5	4956,7	5021,8	5086,8
<b>Υδροχλώριο</b>	9,87	9,87	9,87	9,87
<b>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</b>	93,2	92,4	91,6	90,8
<i>Αποδέσμευση Υγρών (gr/1000 lt) και Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup>/1000 lt)</i>				
<b>Αιωρούμενα Σωματίδια</b>	0,277	0,277	0,277	0,277
<b>Διαλελυμένα Σωματίδια</b>	495,7	495,7	495,7	495,7
<b>BOD</b>	0,277	0,277	0,277	0,277
<b>COD</b>	0,83	0,83	0,83	0,83
<b>Έλαια</b>	6,67	6,67	6,67	6,67
<b>Στερεά Απόβλητα</b>	183011,4	124309,4	64894,4	5479,4

Πίνακας Δ.1.3 : Επίδραση του ποσοστού περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ" στα αποτελέσματα της ΑΚΖ της γυάλινης φιάλης 1 lt

Ποσοστό Περιεχόμενου Ανακυκλούμενου Υλικού "κ" (%)	41,18	50	75	100
<i>Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/1000 lt) και Νερού (kg/1000 lt)</i>				
<b>Ενέργεια</b>	36656,3	36268,3	35168,5	34068,8
<b>Νερό</b>	644,13	547,55	273,78	0
<i>Αποδέσμευση Αέριων Αποβλήτων (gr/1000 lt)</i>				
<b>Σωματίδια</b>	2512,9	2180,4	1238,0	295,7
<b>Μονοξείδιο του Άνθρακα</b>	238,9	235,8	226,8	217,8
<b>Υδρογονάνθρακες</b>	528,1	461,4	272,2	83,0
<b>Οξείδια του Αζώτου</b>	2814,1	2731,3	2496,8	2262,3
<b>Διοξείδιο του Θείου</b>	4892,5	4755,9	4368,5	3981,1
<b>Υδροχλώριο</b>	9,87	8,39	4,19	0
<b>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</b>	93,2	93,1	92,9	92,7
<i>Αποδέσμευση Υγρών (gr/1000 lt) και Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup>/1000 lt)</i>				
<b>Αιωρούμενα Σωματίδια</b>	0,277	0,236	0,120	0,003
<b>Διαλυμένα Σωματίδια</b>	495,7	422,5	214,9	7,27
<b>BOD</b>	0,277	0,236	0,120	0,003
<b>COD</b>	0,83	0,71	0,36	0,01
<b>Έλαια</b>	6,67	5,69	2,89	0,01
<b>Στερεά Απόβλητα</b>	183011,4	182378,4	180584,3	178790,2

**Πίνακας Δ.1.4 : Επίδραση του ποσοστού ανακύκλωσης "α" στα αποτελέσματα της ΑΚΖ της φιάλης PET 1,5 lt**

Ποσοστό (%) Ανακύκλωσης "α"	0,86	25	50	75	100
<i>Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/1000 lt) και Νερού (kg/1000 lt)</i>					
<b>Ενέργεια</b>	12425,7	12430,6	12435,7	12440,8	12445,9
<b>Νερό</b>	41,63	41,63	41,63	41,63	41,63
<i>Αποδέσμευση Αέριων Αποβλήτων (gr/1000 lt)</i>					
<b>Σωματίδια</b>	321,4	321,9	322,4	322,9	323,5
<b>Μονοξείδιο του Άνθρακα</b>	702,9	702,7	702,6	702,4	702,2
<b>Υδρογονάνθρακες</b>	944,8	944,8	944,8	944,9	944,9
<b>Οξείδια του Αζώτου</b>	2307,6	2309,3	2311,0	2312,7	2314,5
<b>Διοξείδιο του Θείου</b>	4172,0	4175,8	4179,7	4183,6	4187,6
<b>Υδροχλώριο</b>	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18
<b>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</b>	34,9	34,8	34,8	34,7	34,7
<i>Αποδέσμευση Υγρών (gr/1000 lt) και Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup>/1000 lt)</i>					
<b>Αιωρούμενα Σωματίδια</b>	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
<b>Διαλυμένα Σωματίδια</b>	1489,9	1489,9	1489,9	1489,9	1489,9
<b>BOD</b>	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
<b>COD</b>	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056
<b>Έλαια</b>	18,41	18,41	18,41	18,41	18,41
<b>Στερεά Απόβλητα</b>	28205,79	22827,88	17258,38	11688,88	6119,38

Πίνακας Δ.1.5 : Επίδραση του ποσοστού περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ" στα αποτελέσματα της ΑΚΖ της φιάλης PET 1,5 lt

Ποσοστό (%) Περιεχ. Ανακυκλούμενου Υλικού "κ"	0,93	25	50	75	100
<i>Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/1000 lt) και Νερού (kg/1000 lt)</i>					
<b>Ενέργεια</b>	12425,7	11361,7	10256,5	9151,3	8046,2
<b>Νερό</b>	41,63	31,51	21,01	10,50	0
<i>Αποδέσμευση Αέριων Αποβλήτων (gr/1000 lt)</i>					
<b>Σωματίδια</b>	321,4	314,1	306,6	299,0	291,4
<b>Μονοξείδιο του Άνθρακα</b>	702,9	555,6	402,7	249,7	96,7
<b>Υδρογονάνθρακες</b>	944,8	753,7	555,2	356,7	158,2
<b>Οξείδια του Αζώτου</b>	2307,6	2258,0	2206,5	2155,1	2103,6
<b>Διοξείδιο του Θείου</b>	4172,0	4129,3	4085,0	4040,8	3996,5
<b>Υδροχλώριο</b>	3,18	2,41	1,61	0,80	0
<b>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</b>	34,9	34,9	34,9	34,8	34,8
<i>Αποδέσμευση Υγρών (gr/1000 lt) και Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup>/1000 lt)</i>					
<b>Αιωρούμενα Σωματίδια</b>	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
<b>Διαλυμένα Σωματίδια</b>	1489,9	1132,5	761,3	390,0	18,75
<b>BOD</b>	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
<b>COD</b>	0,056	0,049	0,042	0,035	0,03
<b>Έλαια</b>	18,41	14,01	9,43	4,86	0,28
<b>Στερεά Απόβλητα</b>	28205,79	27504,62	26776,35	26048,1	25319,8



**Πίνακας Δ.1.6 : Επίδραση του ποσοστού ανακύκλωσης "α" στα αποτελέσματα της ΑΚΖ της φιάλης PVC 1,5 lt**

Ποσοστό (%) Ανακύκλωσης "α"	0,86	25	50	75	100
<i>Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/1000 lt) και Νερού (kg/1000 lt)</i>					
<b>Ενέργεια</b>	8249,6	8255,3	8261,2	8267,1	8273,1
<b>Νερό</b>	186,28	186,28	186,28	186,28	186,28
<i>Αποδέσμευση Αέριων Αποβλήτων (gr/1000 lt)</i>					
<b>Σωματίδια</b>	311,7	312,3	312,9	313,5	314,1
<b>Μονοξείδιο του Άνθρακα</b>	128,9	128,7	128,5	128,4	128,2
<b>Υδρογονάνθρακες</b>	475,5	475,5	475,5	475,6	475,6
<b>Οξείδια του Αζώτου</b>	2194,7	2196,7	2198,7	2200,7	2202,7
<b>Διοξείδιο του Θείου</b>	4169,9	4174,3	4178,9	4183,5	4188,0
<b>Αλδεύδες</b>	22,52	22,54	22,57	22,59	22,62
<b>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</b>	35,5	35,4	35,4	35,3	35,3
<i>Αποδέσμευση Υγρών (gr/1000 lt) και Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup>/1000 lt)</i>					
<b>Αιωρούμενα Σωματίδια</b>	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02
<b>Διαλελυμένα Σωματίδια</b>	1031,9	1031,9	1031,9	1031,9	1031,9
<b>BOD</b>	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
<b>COD</b>	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>Έλαια</b>	5,28	5,28	5,28	5,28	5,28
<b>Στερεά Απόβλητα</b>	35025,5	28789,4	22331,2	15872,9	9414,7

Πίνακας Δ.1.7 : Επίδραση του ποσοστού περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ" στα αποτελέσματα της ΑΚΖ της φιάλης PVC 1,5 lt

Ποσοστό (%) Περιεχ. Ανακυκλού- μενου Υλικού "κ"	0,93	25	50	75	100
<i>Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/1000 lt) και Νερού (kg/1000 lt)</i>					
<b>Ενέργεια</b>	8249,6	7843,4	7421,5	6999,5	6577,6
<b>Νερό</b>	186,28	141,02	94,01	47,01	0
<i>Αποδέσμευση Αέριων Αποβλήτων (gr/1000 lt)</i>					
<b>Σωματίδια</b>	311,7	306,3	300,6	294,9	289,3
<b>Μονοξείδιο του Άνθρακα</b>	128,9	120,5	111,7	103,0	94,2
<b>Υδρογονάνθρακες</b>	475,5	392,7	306,7	220,7	134,7
<b>Οξείδια του Αζώτου</b>	2194,7	2169,7	2143,7	2117,6	2091,6
<b>Διοξείδιο του Θείου</b>	4169,9	4121,0	4070,3	4019,5	3968,7
<b>Αλδεύδες</b>	22,52	22,48	22,44	22,40	22,36
<b>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</b>	35,5	35,5	35,5	35,4	35,4
<i>Αποδέσμευση Υγρών (gr/1000 lt) και Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup>/1000 lt)</i>					
<b>Αιωρούμενα Σωματίδια</b>	2,02	1,53	1,02	0,52	0,01
<b>Διαλυμένα Σωματίδια</b>	1031,9	784,9	528,3	271,8	15,2
<b>BOD</b>	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
<b>COD</b>	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
<b>Έλαια</b>	5,28	4,05	2,78	1,50	0,2
<b>Στερεά Απόβλητα</b>	35025,5	33375,8	31662,3	29948,8	28235,3

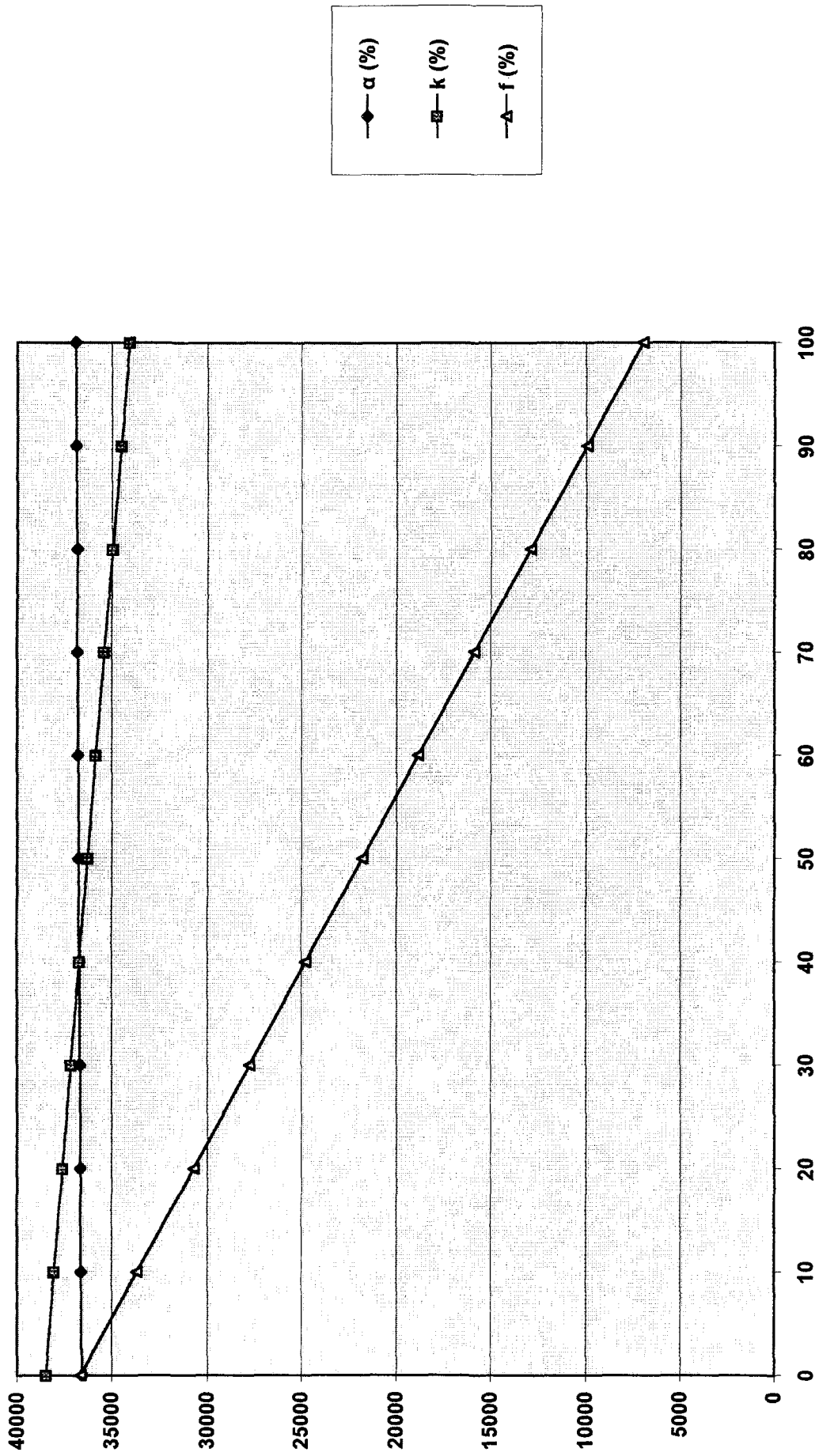
Πίνακας Δ.1.8 : Επίδραση του ποσοστού ανακύκλωσης "α" στα αποτελέσματα της ΑΚΖ της φιάλης HDPE 1 lt

Ποσοστό (%) Ανακύκλωσης "α"	0,86	25	50	75	100
<i>Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/1000 lt) και Νερού (kg/1000 lt)</i>					
<b>Ενέργεια</b>	9278,1	9284,4	9290,9	9297,4	9303,9
<b>Νερό</b>	338,82	338,82	338,82	338,82	338,82
<i>Αποδέσμευση Άεριων Αποβλήτων (gr/1000 lt)</i>					
<b>Σωματίδια</b>	296,9	297,6	298,2	298,9	299,6
<b>Μονοξείδιο του Άνθρακα</b>	129,1	128,8	128,6	128,4	128,2
<b>Υδρογονάνθρακες</b>	597,3	597,3	297,4	597,4	597,4
<b>Οξείδια του Αζώτου</b>	2171,2	2173,3	2175,5	2177,7	2180,0
<b>Διοξείδιο του Θείου</b>	4081,8	4086,6	4091,7	4096,7	4101,7
<b>Αλδεύδες</b>	22,43	22,46	22,48	22,51	22,54
<b>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</b>	35,9	35,9	35,8	35,8	35,7
<i>Αποδέσμευση Υγρών (gr/1000 lt) και Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup>/1000 lt)</i>					
<b>Αιωρούμενα Σωματίδια</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Διαλελυμένα Σωματίδια</b>	908,3	908,3	908,3	908,3	908,3
<b>BOD</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>COD</b>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>Έλαια</b>	11,20	11,20	11,20	11,20	11,20
<b>Στερεά Απόβλητα</b>	45960,2	35879,3	25439,3	14999,3	4559,3

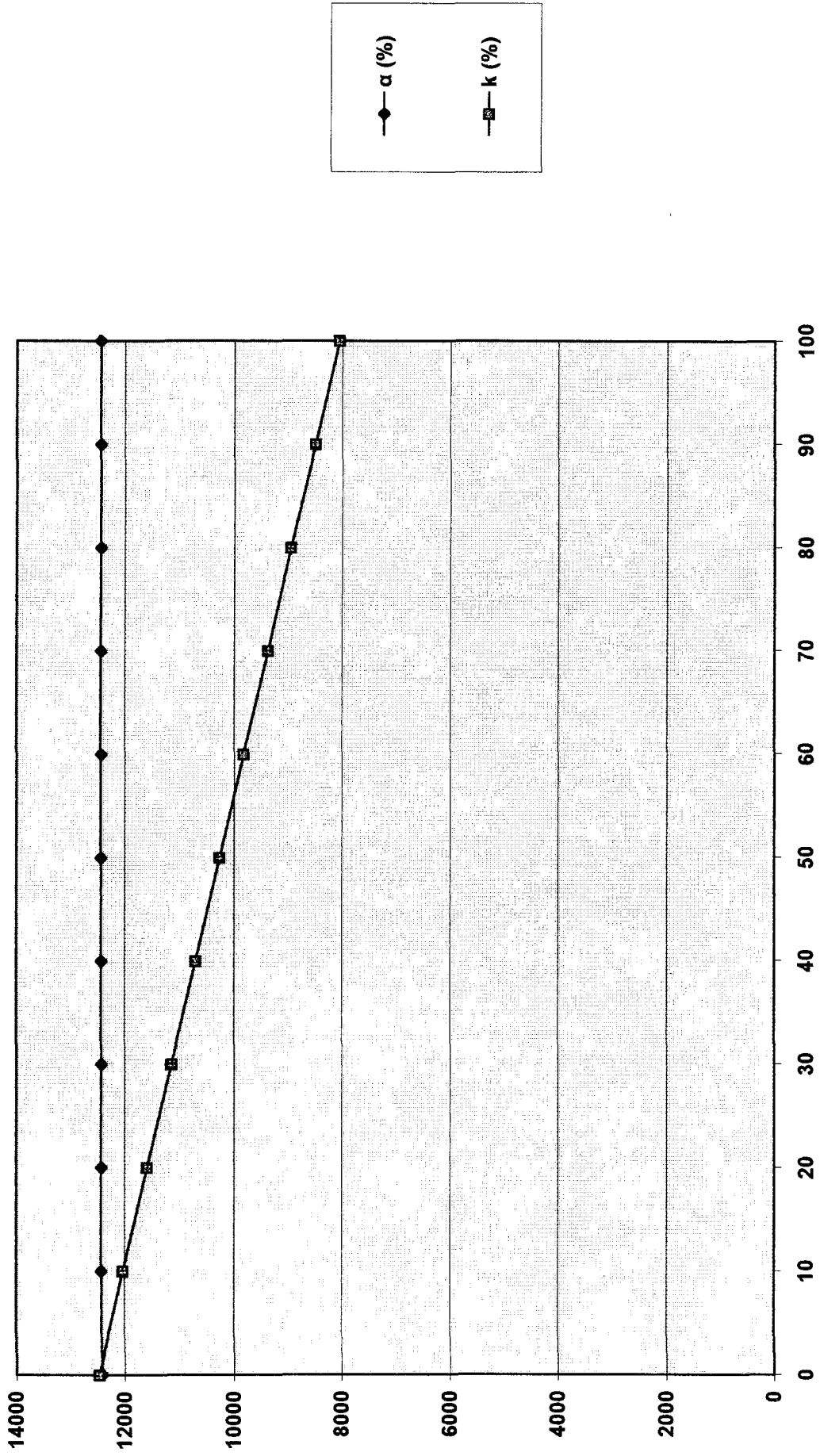
Πίνακας Δ.1.9 : Επίδραση του ποσοστού περιεχόμενου ανακυκλούμενου υλικού "κ" στα αποτελέσματα της ΑΚΖ της φιάλης HDPE 1 lt

Ποσοστό (%) Περιεχ. Ανακυκλού- μενου Υλικού "κ"	0,93	25	50	75	100
<i>Κατανάλωση Ενέργειας (MJ/1000 lt) και Νερού (kg/1000 lt)</i>					
<b>Ενέργεια</b>	9278,1	8687,9	8074,9	7461,9	6848,9
<b>Νερό</b>	338,82	256,50	171,00	85,50	0
<i>Αποδέσμευση Αέριων Αποβλήτων (gr/1000 lt)</i>					
<b>Σωματίδια</b>	296,9	296,4	295,8	295,3	294,7
<b>Μονοξείδιο του Άνθρακα</b>	129,1	123,2	117,1	111,0	104,9
<b>Υδρογονάνθρακες</b>	597,3	499,0	397,0	294,9	192,9
<b>Οξείδια του Αζώτου</b>	2171,2	2160,5	2149,3	2138,1	2126,9
<b>Διοξείδιο του Θείου</b>	4081,8	4071,1	4059,9	4048,8	4037,7
<b>Αλδεύδες</b>	22,43	22,43	22,43	22,43	22,43
<b>Οργανικές Πτητικές Ενώσεις</b>	35,9	35,9	35,9	35,9	35,9
<i>Αποδέσμευση Υγρών (gr/1000 lt) και Στερεών Αποβλήτων (cm<sup>3</sup>/1000 lt)</i>					
<b>Αιωρούμενα Σωματίδια</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Διαλελυμένα Σωματίδια</b>	908,3	693,4	470,2	247,1	23,9
<b>BOD</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>COD</b>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>Έλαια</b>	11,20	8,57	5,83	3,10	0,36
<b>Στερεά Απόβλητα</b>	45960,2	45855,3	45746,4	45637,5	45528,6

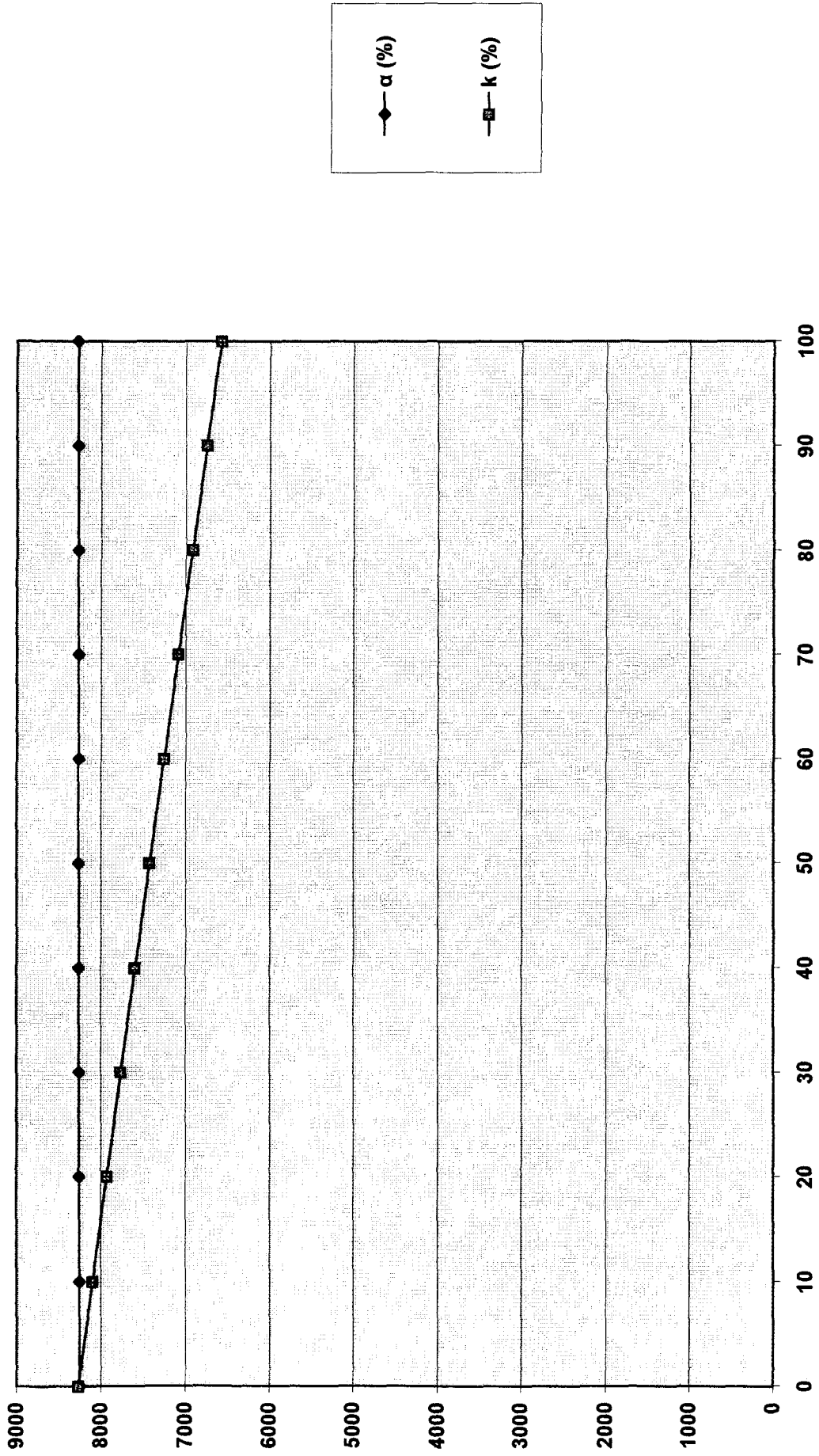
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.1.1: Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/1000 LT) ΩΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ "α", "κ" ΚΑΙ "f" ΣΤΗ ΓΥΑΛΙΝΗ ΦΙΑΛΗ 1 LT



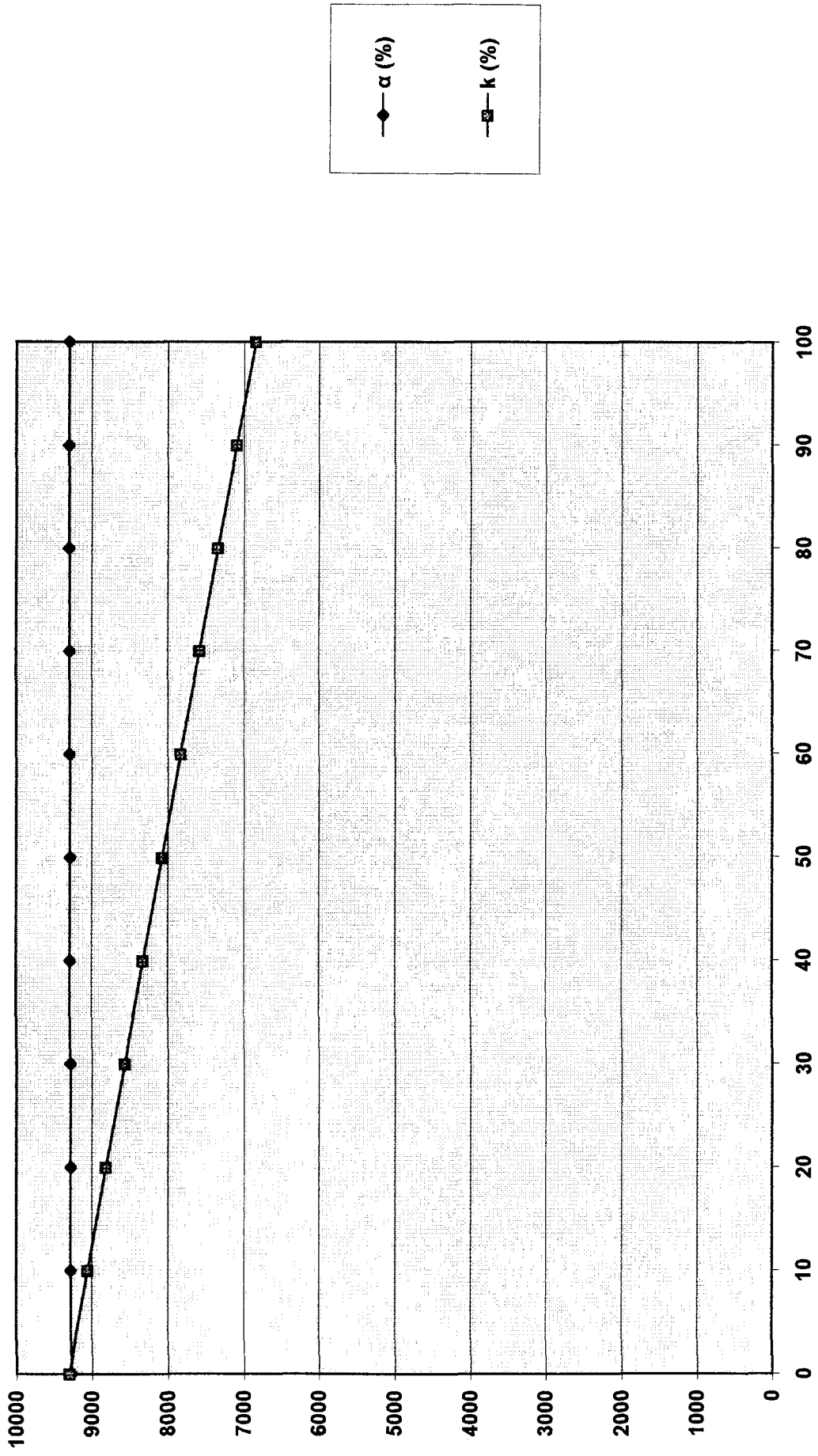
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.1.2: Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/1000 LT) ΩΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ "α" ΚΑΙ "κ" ΣΤΗ ΦΙΑΛΗ ΡΕΤ 1,5 LT



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.1.3: Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/1000 LT) ΩΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ "α" ΚΑΙ "κ" ΣΤΗ ΦΙΑΛΗ PVC 1,5 LT

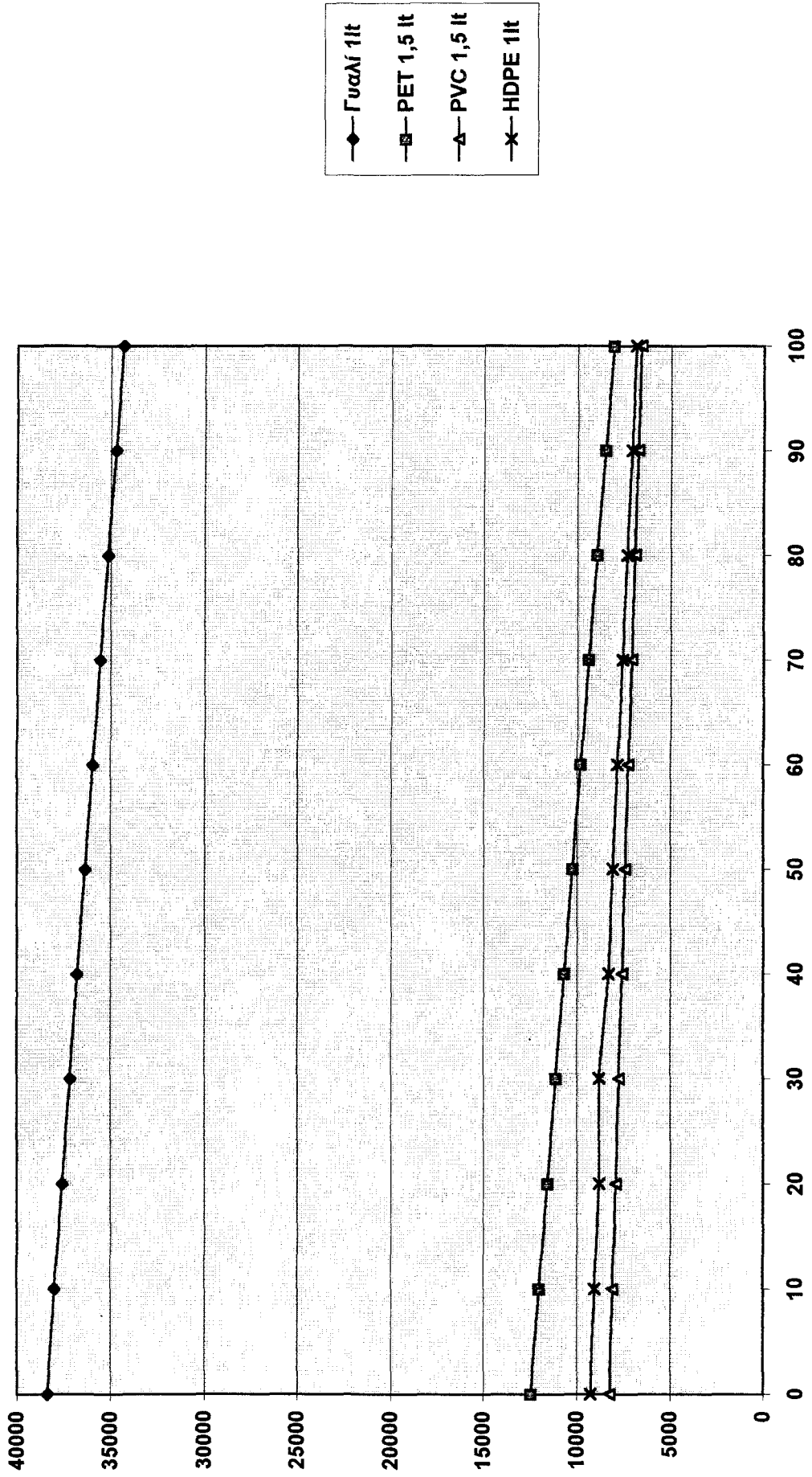


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.1.4: Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/1000 LT) ΩΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ "α" ΚΑΙ "κ" ΣΤΗ ΦΙΑΛΗ ΗΔΡΕ 1 LT

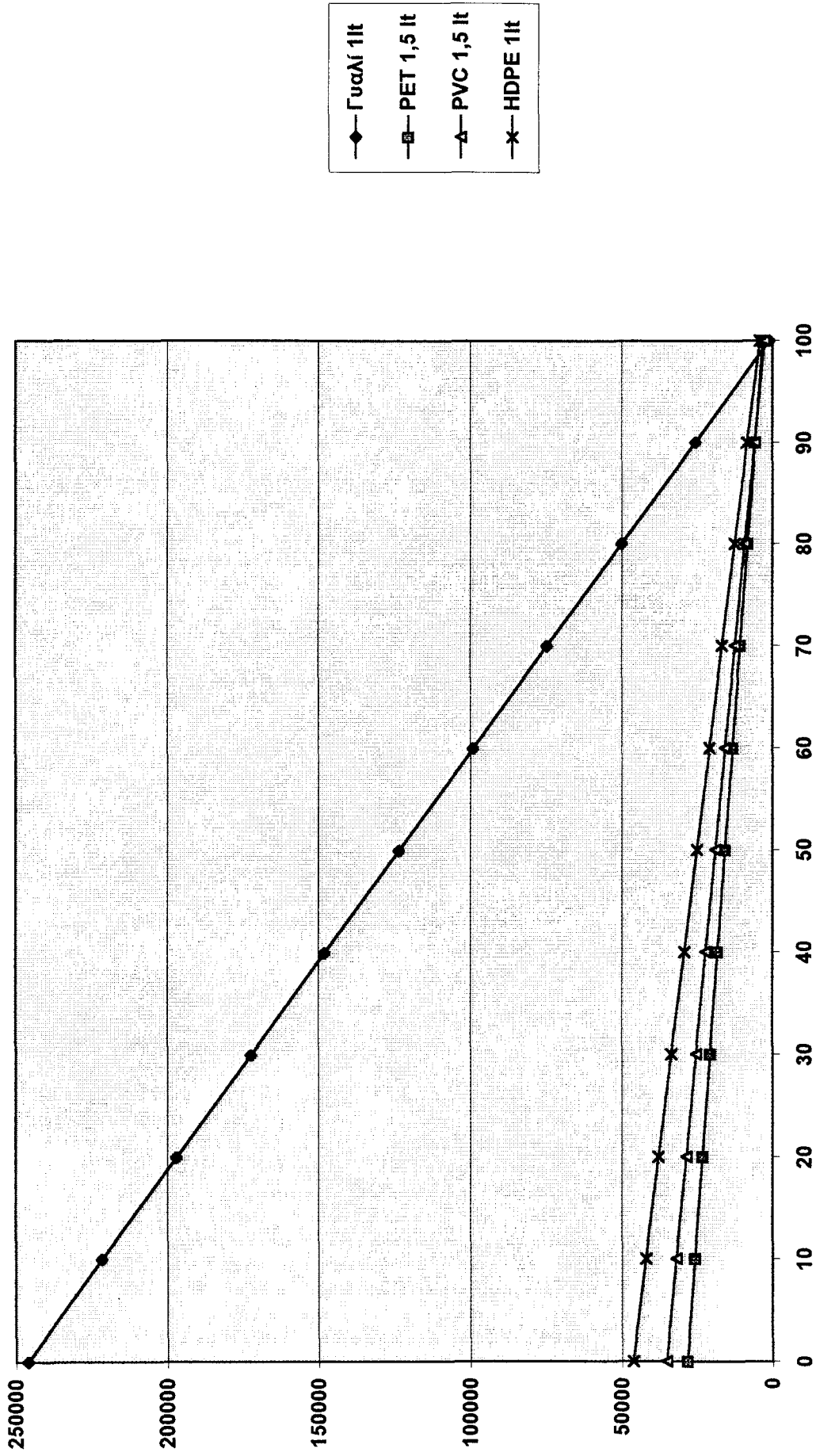




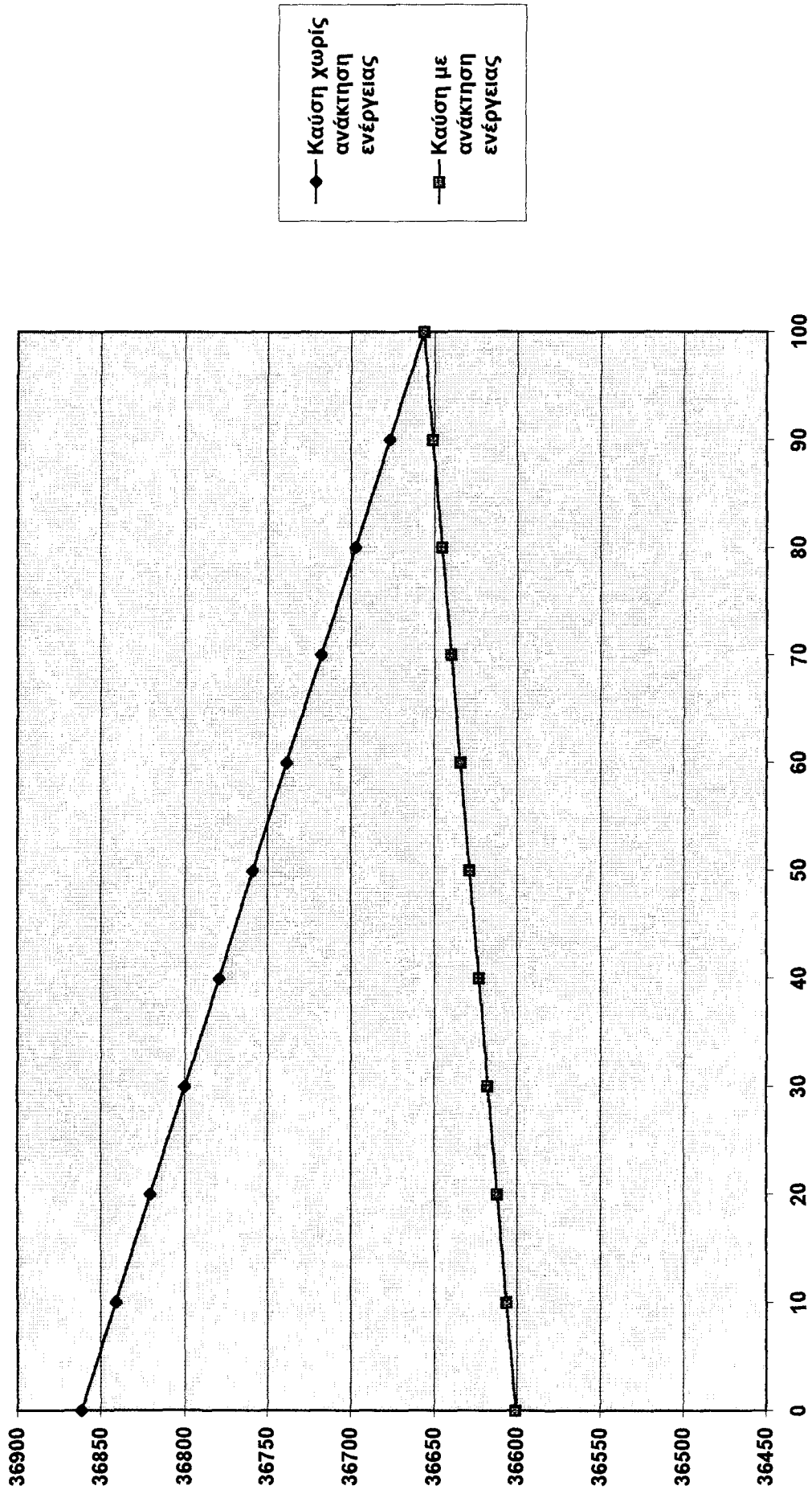
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.1.5: Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/1000 LT) ΩΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ( $\alpha = k$ )



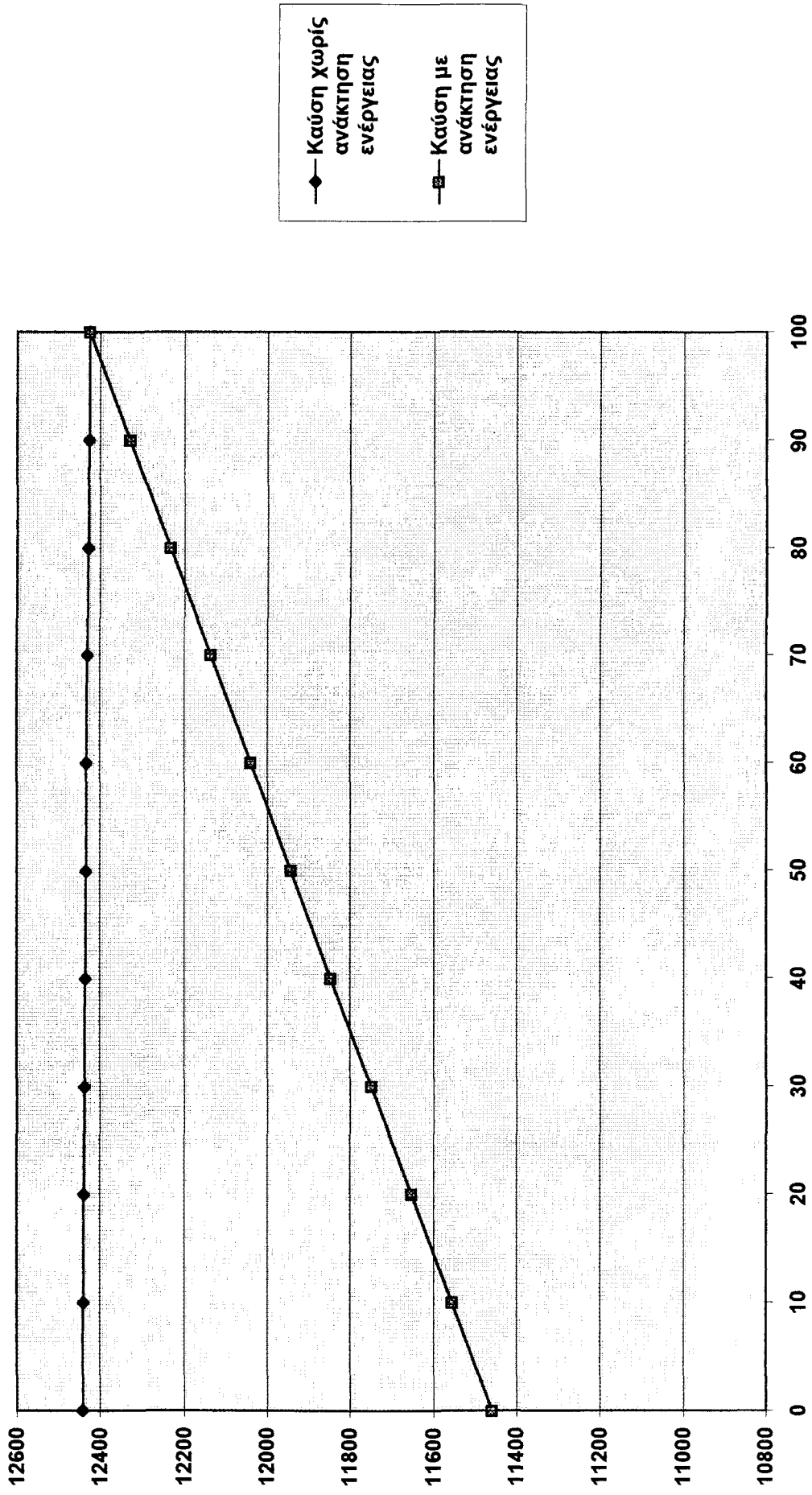
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.1.6: Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (cm<sup>3</sup>/1000 LT) ΩΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ (α = κ)



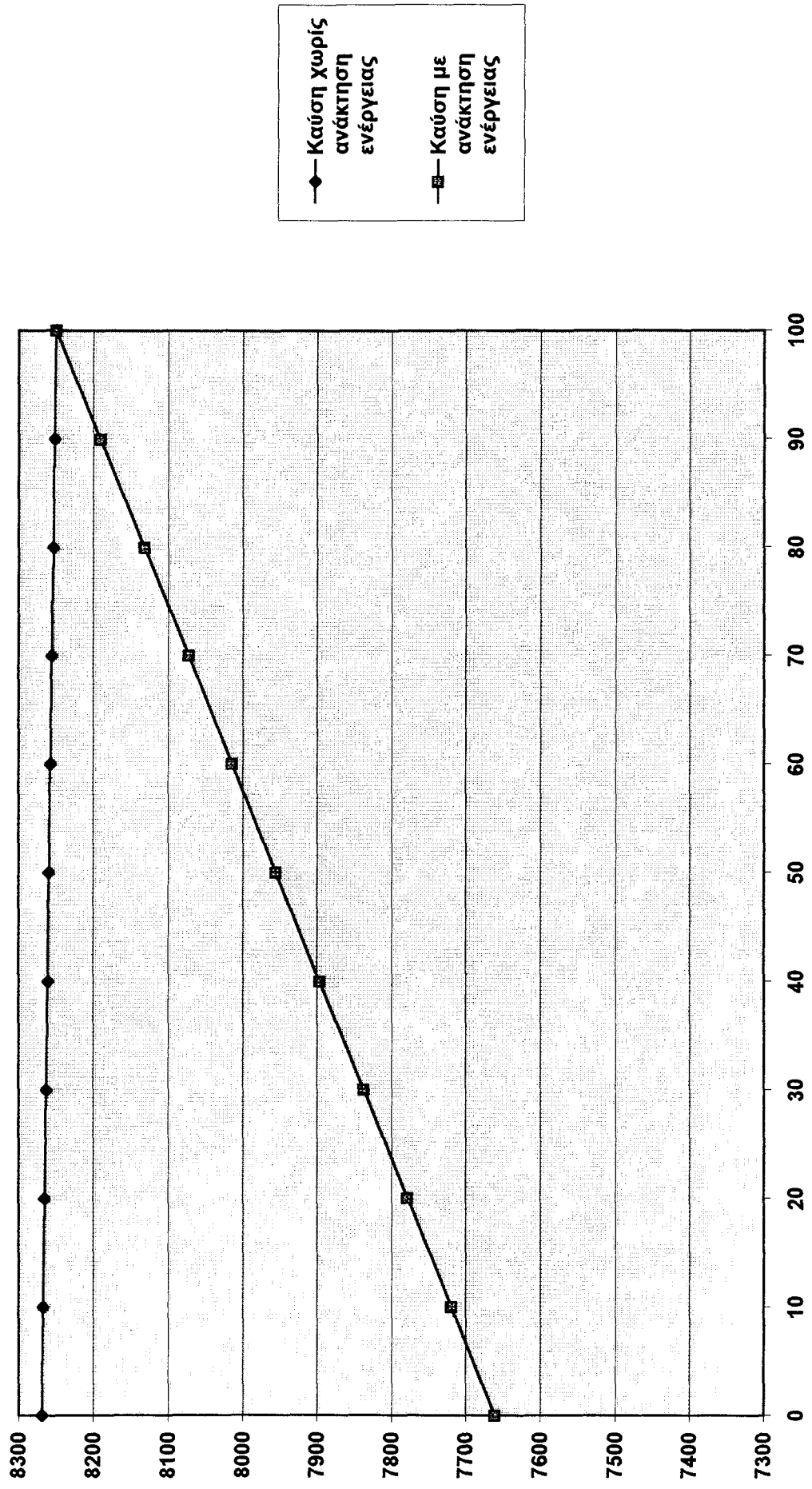
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.1.7: Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/1000 LT) ΩΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΤΑΦΗΣ (100 %) - ΚΑΥΣΗΣ (0 %) ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΧΩΡΙΣ Ή ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΓΥΑΛΙΝΗ ΦΙΑΛΗ 1 LT



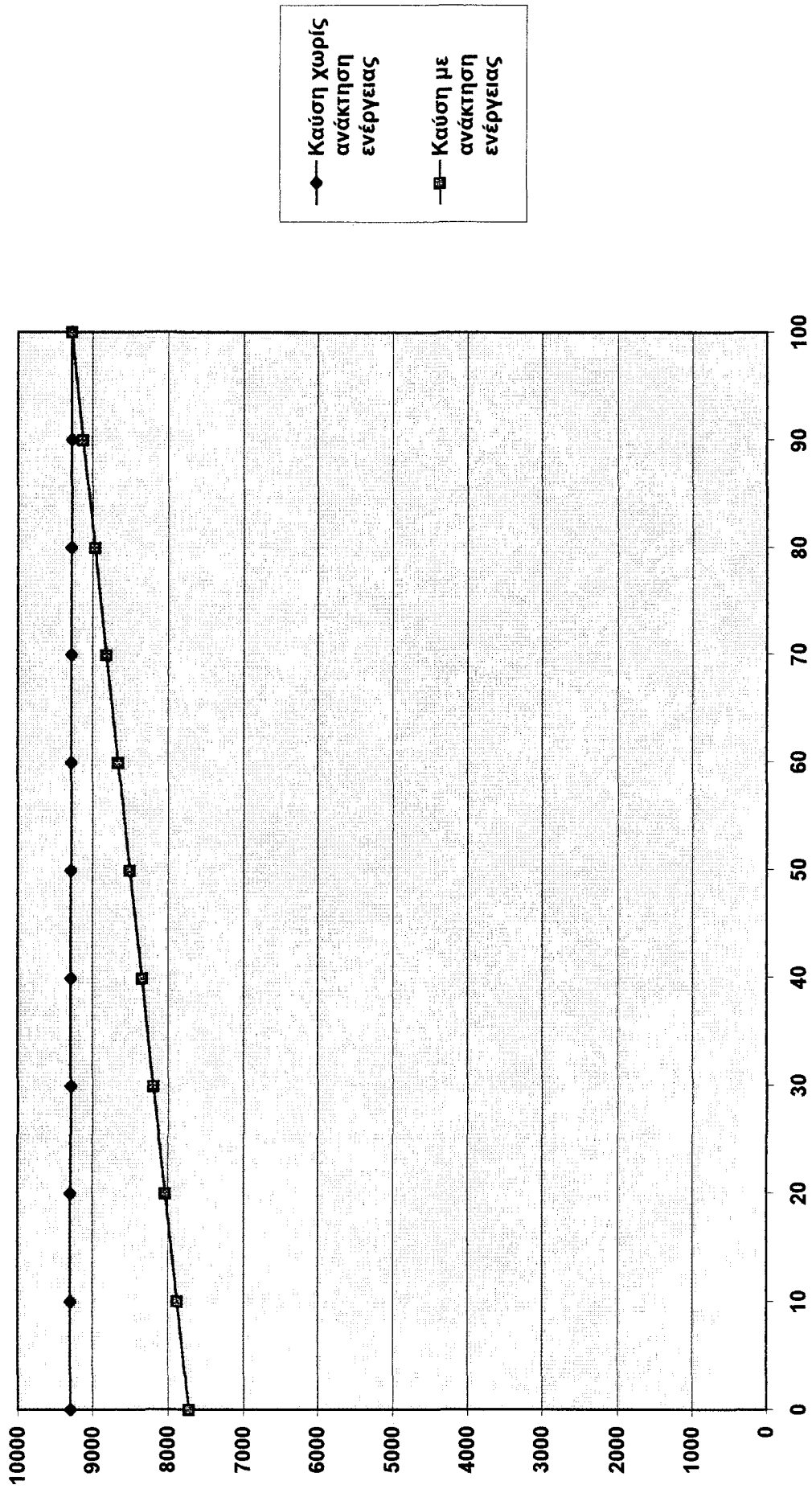
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.1.8: Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/1000 LT) ΩΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΤΑΦΗΣ (100 %) - ΚΑΥΣΗΣ (0 %) ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΧΩΡΙΣ Ή ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΦΙΑΛΗ ΡΕΤ 1,5 LT



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.1.9: Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/1000 LT) ΩΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΤΑΦΗΣ (100 %) - ΚΑΥΣΗΣ (0 %) ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΧΩΡΙΣ Ή ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΦΙΑΛΗ PVC 1,5 LT



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.1.10: Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/1000 LT) ΩΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΤΑΦΗΣ (100 %) - ΚΑΥΣΗΣ (0 %) ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΧΩΡΙΣ Ή ΜΕ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΦΙΑΛΗ ΗΔΡΕ 1 LT

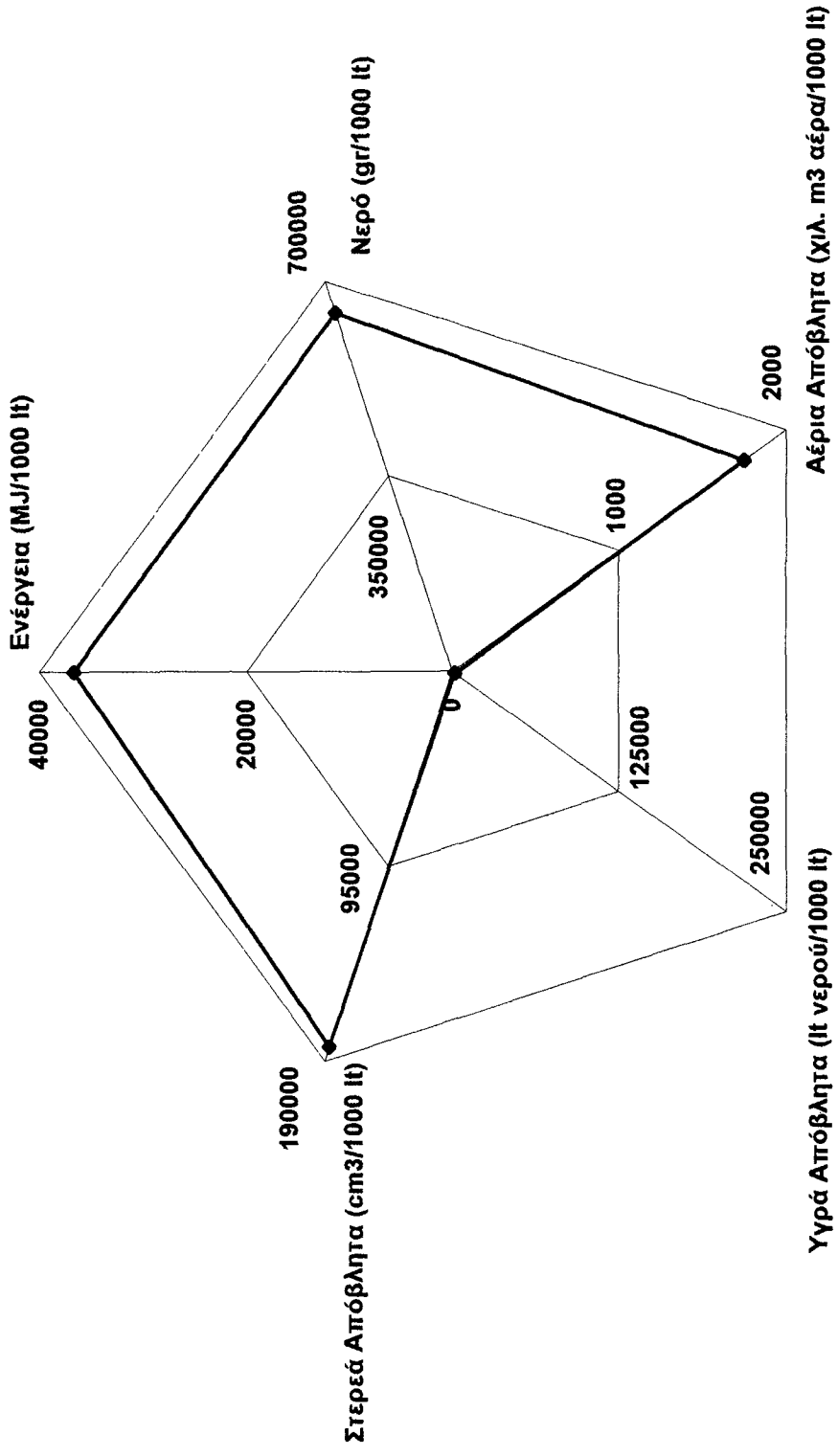


## **Δ.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΑΚΖ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ**

Εφαρμόζοντας, για κάθε μία από τις επόμενες εννέα περιπτώσεις που εξετάζουμε, την ανάλυση κύκλου ζωής με την μέθοδο του πολυγώνου η οποία αναπτύχθηκε στο τέταρτο κεφάλαιο, προκύπτουν τα αντίστοιχα διαγράμματα που παρουσιάζονται, κατά σειρά, στις σελίδες που ακολουθούν.

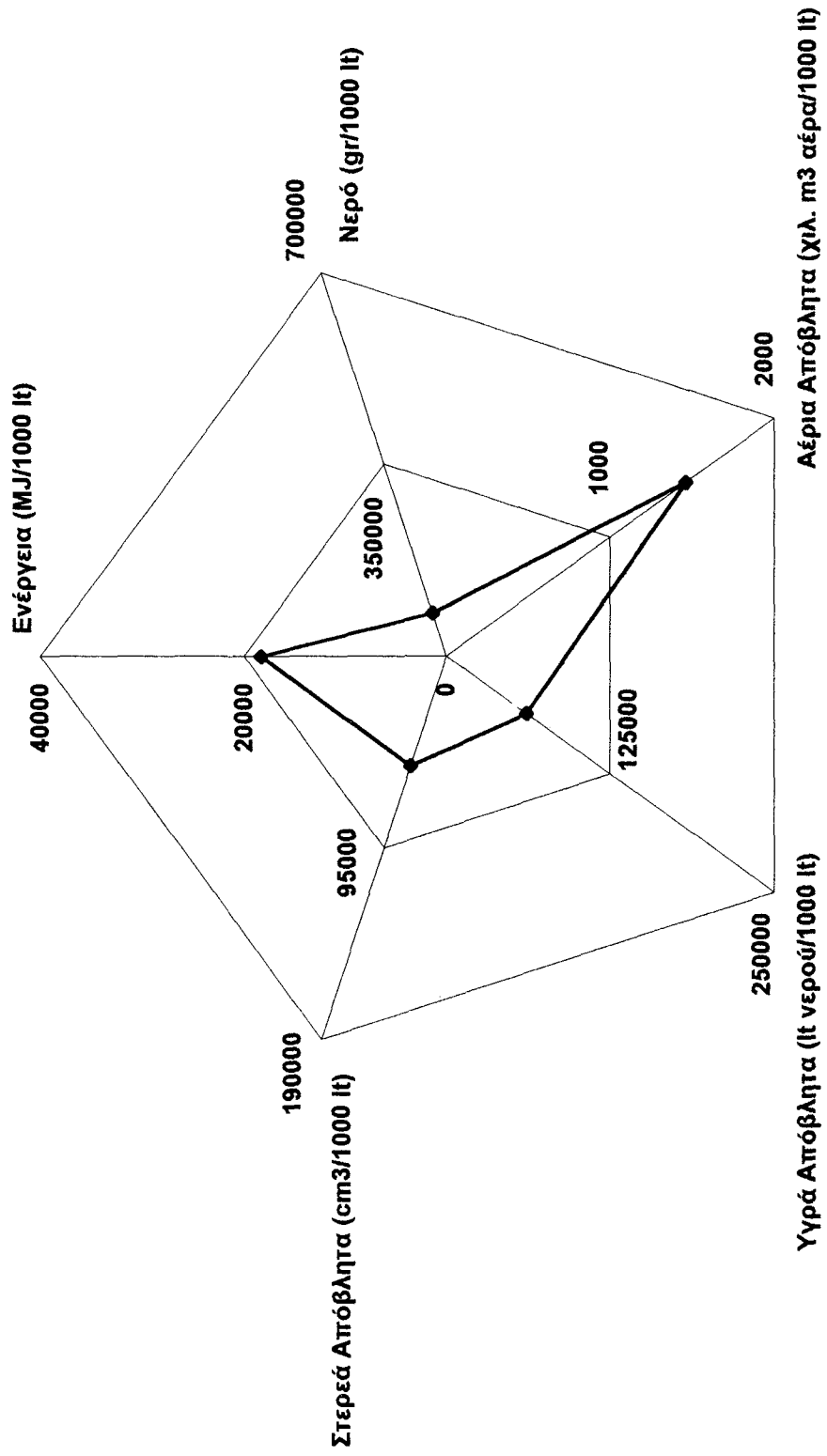
- (1) Φιάλη από γυαλί χωρητικότητας 1 lt.
- (2) Φιάλη από PET χωρητικότητας 0,5 lt.
- (3) Φιάλη από PET χωρητικότητας 1,5 lt.
- (4) Φιάλη από PET χωρητικότητας 2 lt.
- (5) Φιάλη από PVC χωρητικότητας 0,5 lt.
- (6) Φιάλη από PVC χωρητικότητας 0,75 lt.
- (7) Φιάλη από PVC χωρητικότητας 1,5 lt.
- (8) Φιάλη από PVC χωρητικότητας 2 lt.
- (9) Φιάλη από HDPE χωρητικότητας 1 lt.

**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.2.1 : ΠΟΛΥΓΩΝΟ ΑΚΖ ΓΥΑΛΙΝΗΣ ΦΙΑΛΗΣ 1,0 lt**

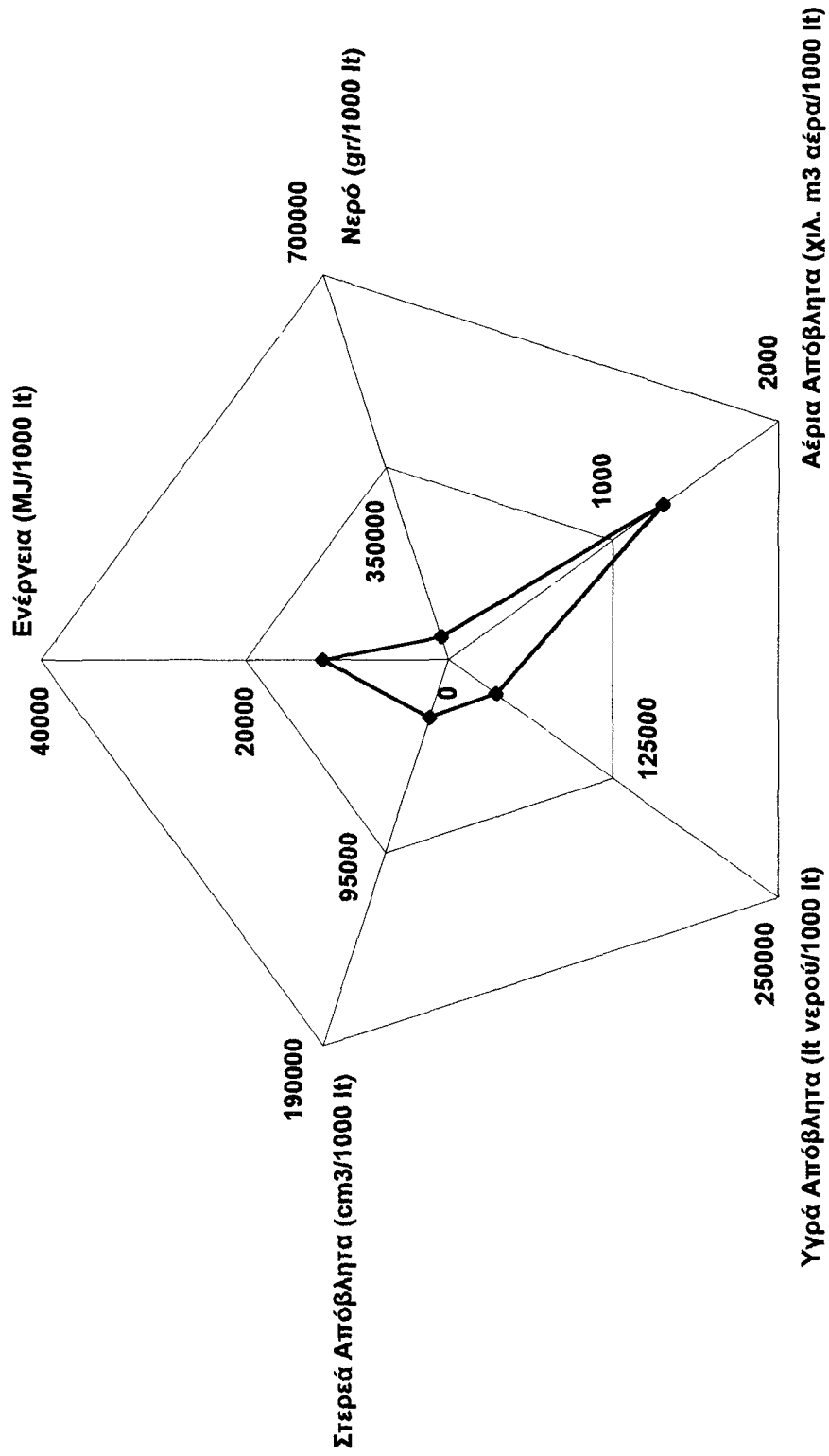




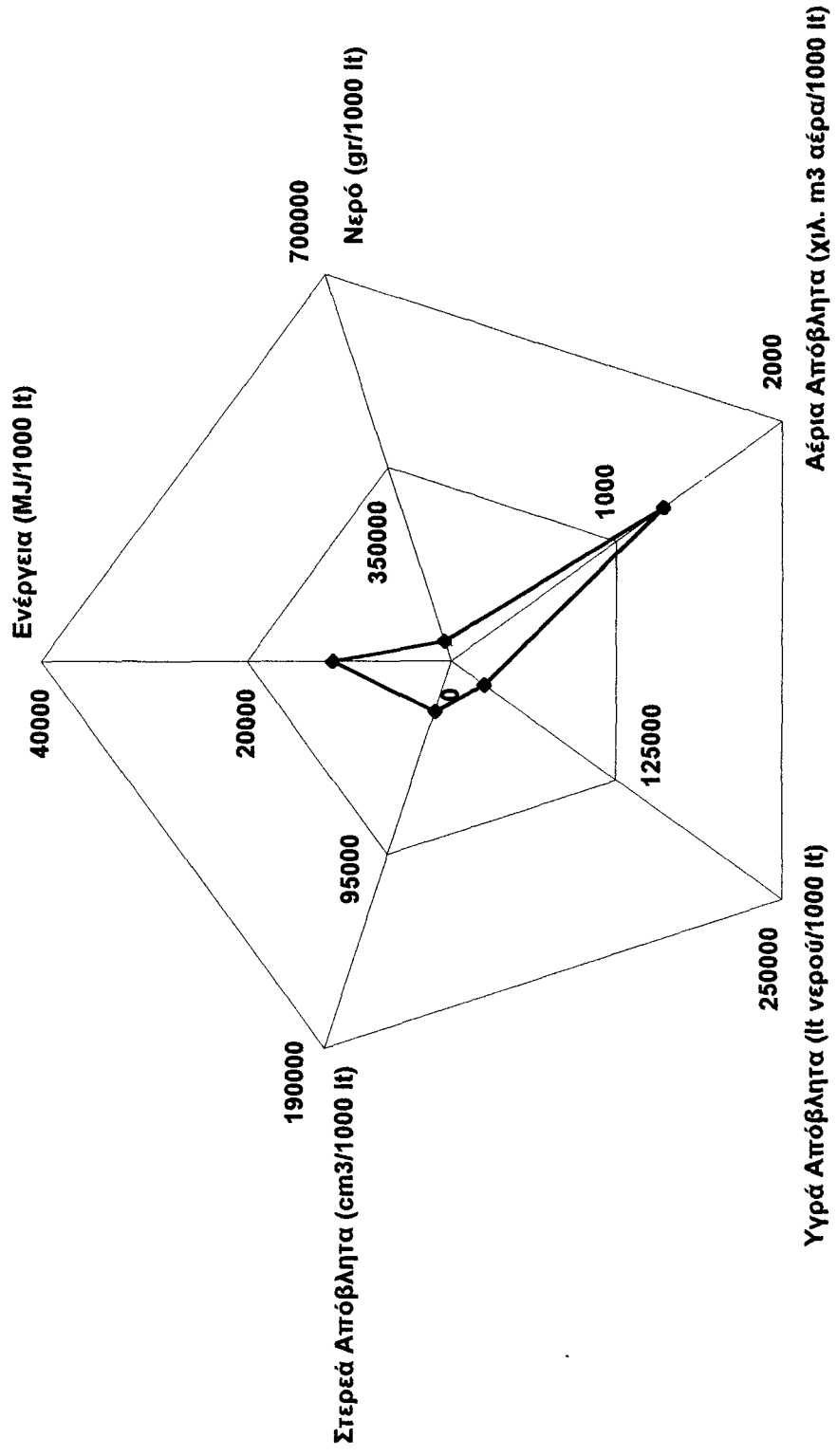
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.2.2 : ΠΟΛΥΓΩΝΟ ΑΚΖ ΦΙΑΛΗΣ ΡΕΤ 0,5 lt**



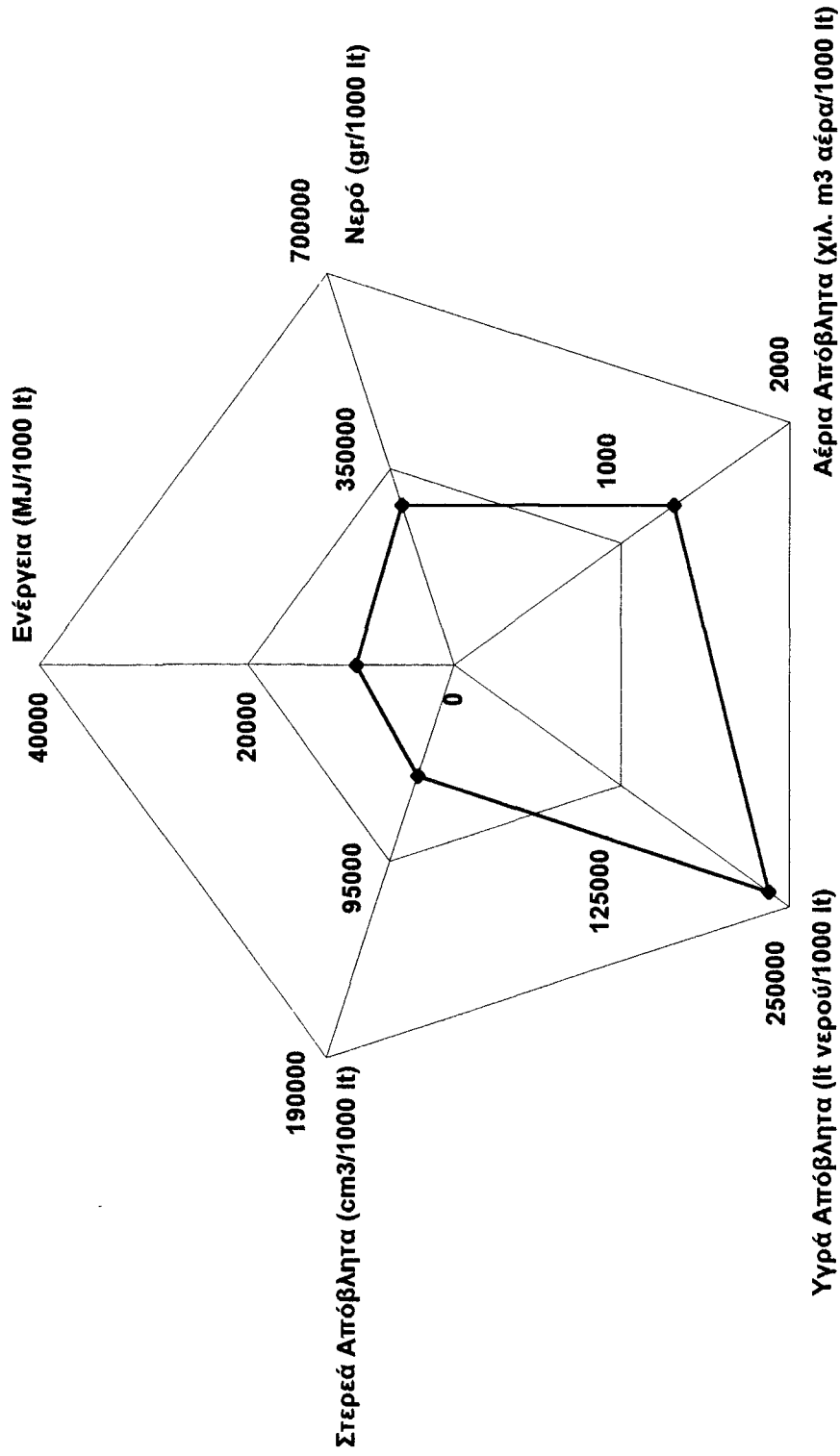
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.2.3 : ΠΟΛΥΓΩΝΟ ΑΚΖ ΦΙΑΛΗΣ ΡΕΤ 1,5 lt**



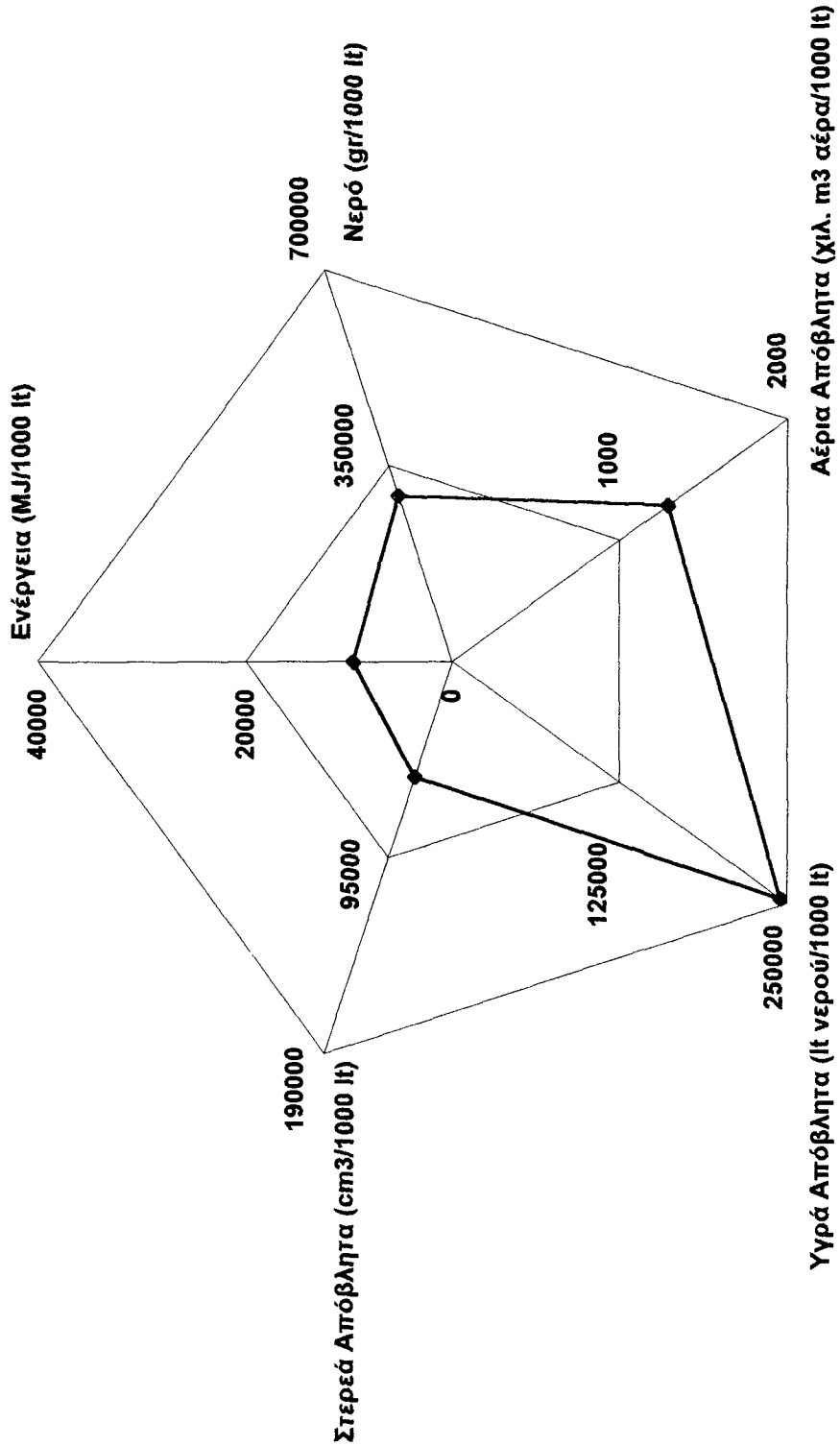
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.2.4 : ΠΟΛΥΓΩΝΟ ΑΚΖ ΦΙΑΛΗΣ ΡΕΤ 2,0 lt**



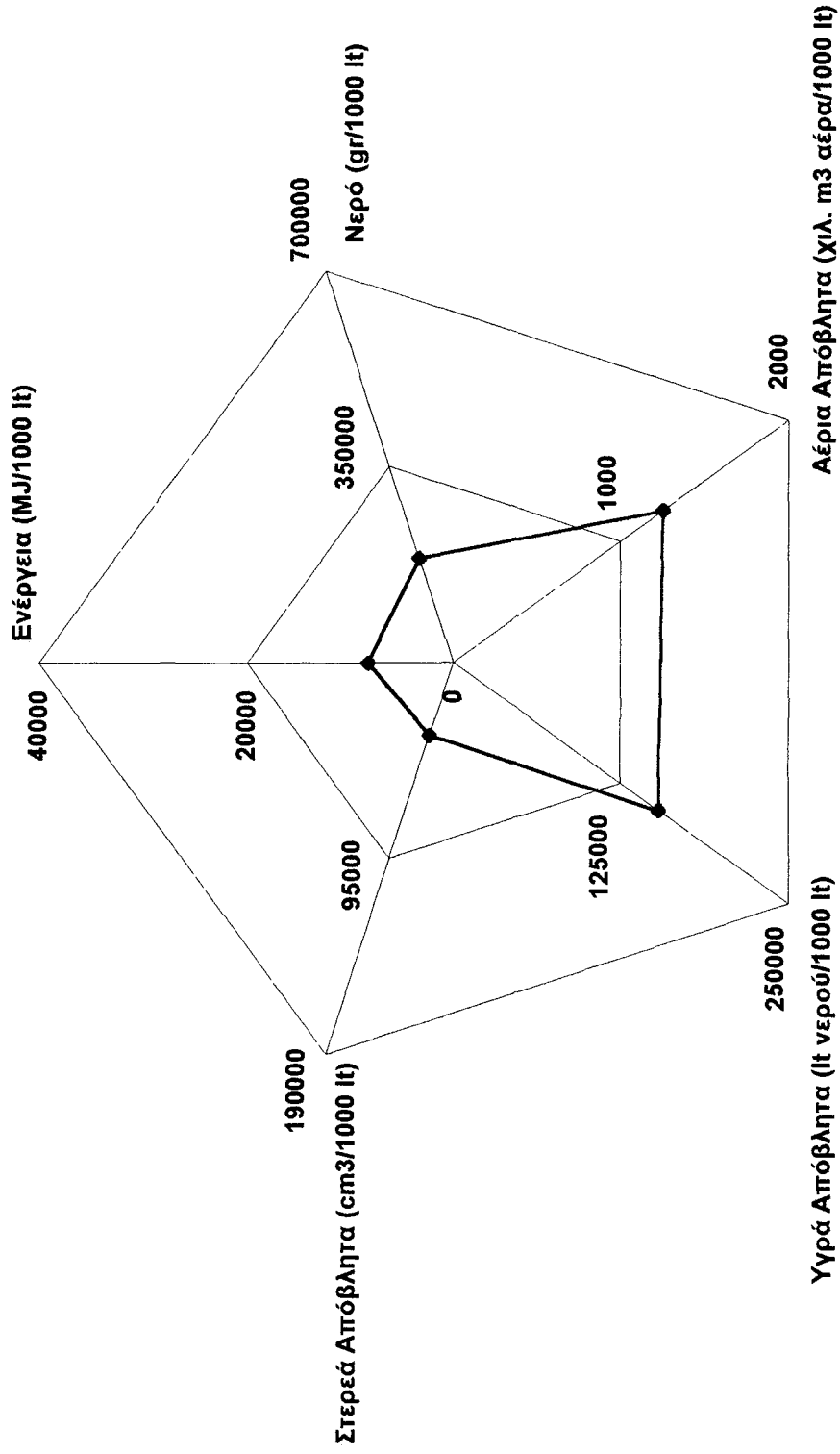
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.2.5 : ΠΟΛΥΓΩΝΟ ΑΚΖ ΦΙΑΛΗΣ ΡΥΣ 0,5 lt**



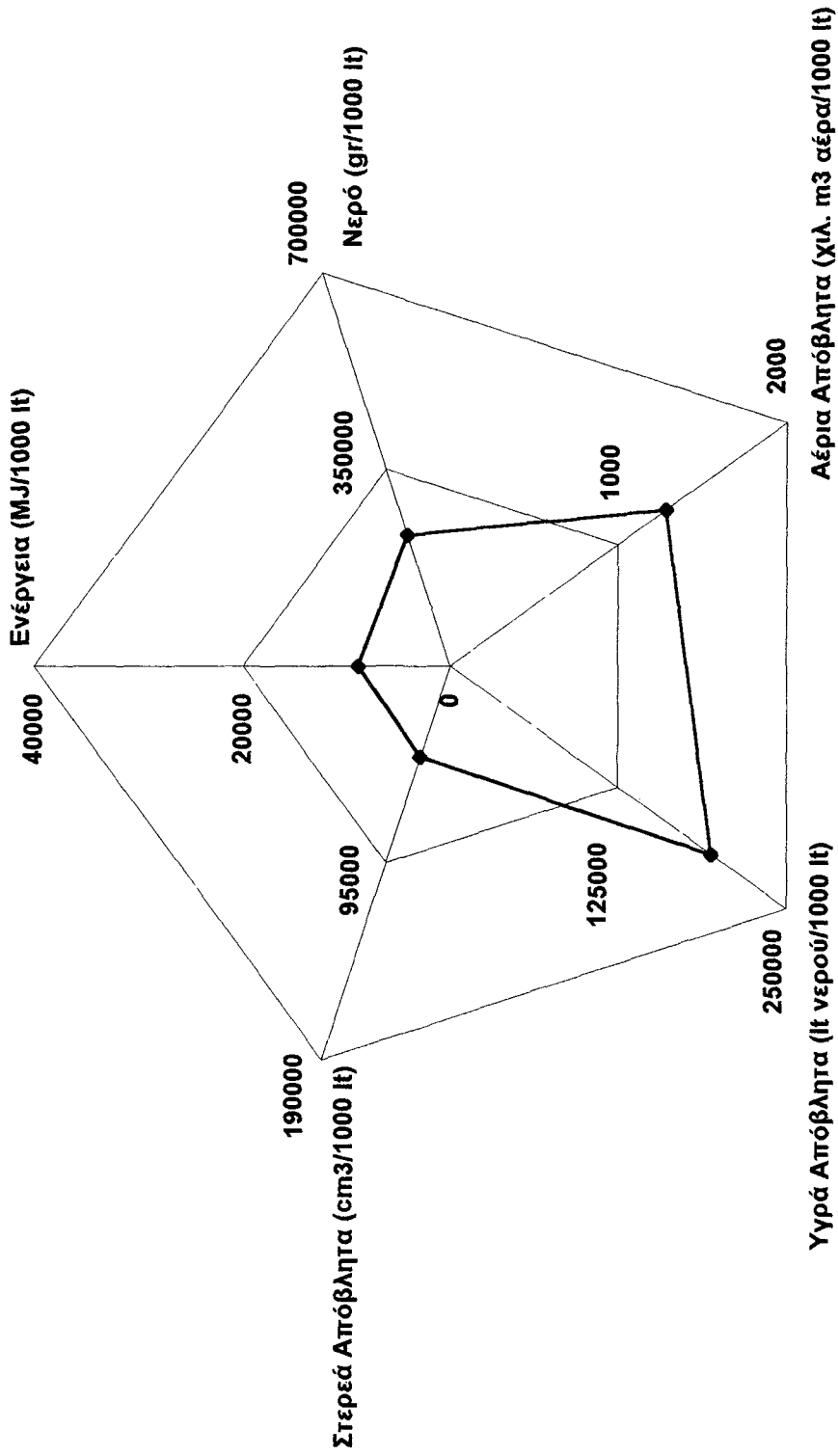
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.2.6 : ΠΟΛΥΓΩΝΟ ΑΚΖ ΦΙΑΛΗΣ ΡΥΣ 0,75 lt**



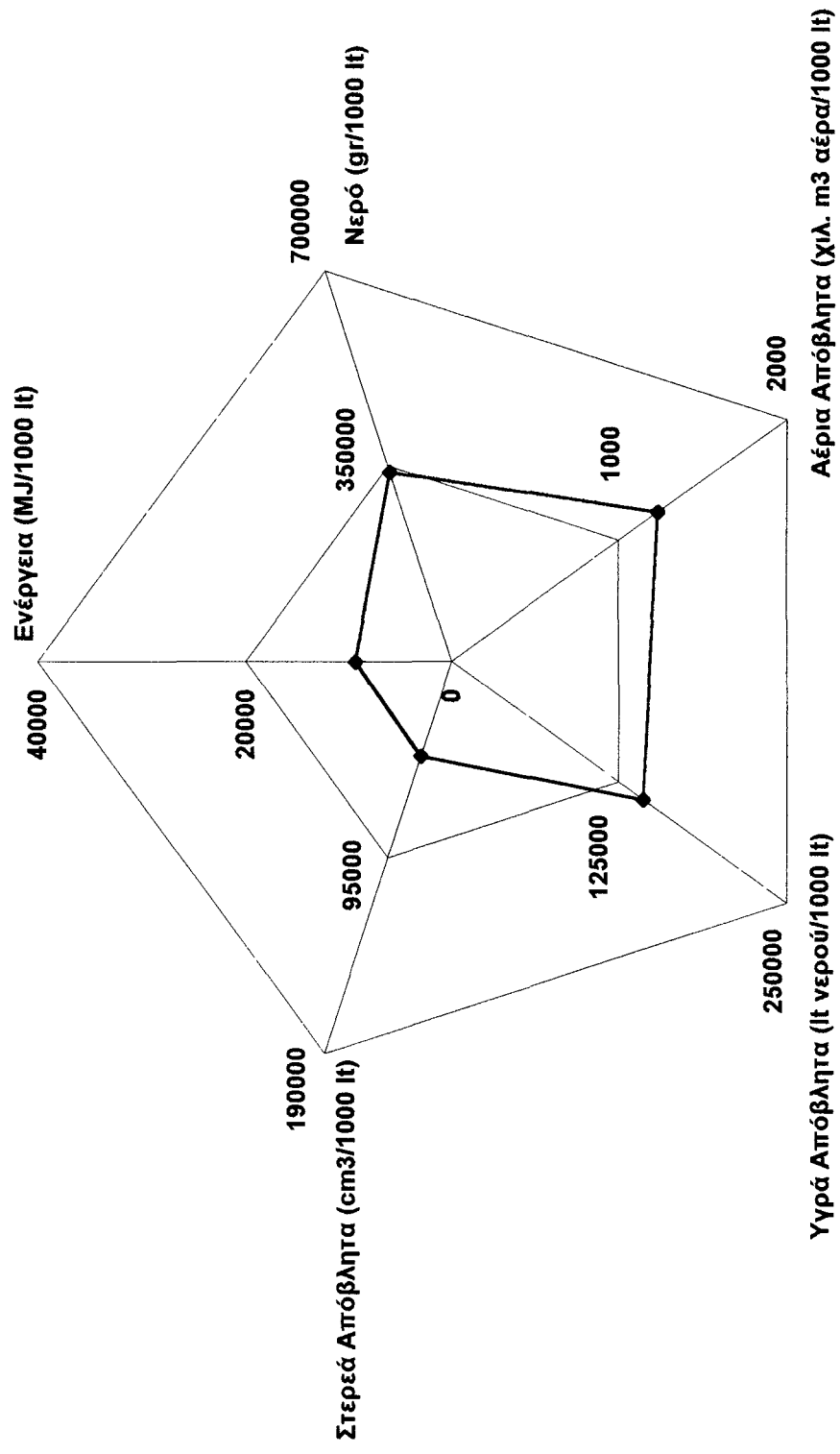
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.2.7 : ΠΟΛΥΓΩΝΟ ΑΚΖ ΦΙΑΛΗΣ ΡVC 1,5 lt**



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.2.8 : ΠΟΛΥΓΩΝΟ ΑΚΖ ΦΙΑΛΗΣ ΡVС 2,0 lt**



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.2.9 : ΠΟΛΥΓΩΝΟ ΑΚΖ ΦΙΑΛΗΣΗΣ ΗΔΡΕ 1,0 lt





### Δ.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΜΒΑΔΟΥ ΤΟΥ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ ΑΚΖ

Όπως αναφέρθηκε στο τέταρτο κεφάλαιο, το εμβαδόν του πολυγώνου ΑΚΖ δίνεται ως ποσοστό του συνολικού εμβαδού του πολυγώνου (πενταγώνου) που σχηματίζεται από τους πέντε άξονες (κατανάλωση ενέργειας, κατανάλωση νερού, παραγωγή αέριων αποβλήτων, παραγωγή υγρών αποβλήτων και παραγωγή στερεών αποβλήτων). Έτσι, με βάση το συμβολισμό που ακολουθείται στο διάγραμμα Δ.3.1, το εμβαδόν του πολυγώνου ΑΚΖ (πεντάγωνο Α'Β'Γ'Δ'Ε') υπολογίζεται ως ποσοστό του πενταγώνου ΑΒΓΔΕ. Ωστόσο, προκειμένου να είναι δυνατός ο υπολογισμός των εμβαδών αυτών και δεδομένου ότι οι μονάδες μέτρησης και οι κλίμακες στον κάθε άξονα των πενταγώνων δεν είναι ίδιες, είναι αναγκαία η κατάλληλη μετατροπή τους. Συγκεκριμένα, διαιρώντας κάθε άξονα με την μέγιστη τιμή της κλίμακας του (ο άξονας της ενέργειας, δηλαδή, διαιρείται με 40000 MJ/1000 lt, ο άξονας του νερού με 700000 gr/1000 lt, ο άξονας των αέριων αποβλήτων με  $2 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ αέρα}/1000 \text{ lt}$ , ο άξονας των υγρών αποβλήτων με 250000 lt νερού/1000 lt και ο άξονας των στερεών αποβλήτων με 190000  $\text{cm}^3/1000 \text{ lt}$ ) η κλίμακα όλων των αξόνων γίνεται η ίδια (ελάχιστη τιμή 0 και μέγιστη τιμή 1 χωρίς μονάδα μέτρησης) επιτρέποντας, έτσι, το υπολογισμό των ζητούμενων εμβαδών.

Το πεντάγωνο ΑΒΓΔΕ είναι κανονικό ( $AB = BG = ΓΔ = ΔΕ = ΕΑ$ ) εγγεγραμμένο σε κύκλο ακτίνας  $R$  ( $R = OA = OB = OG = OD = OE = 1$ ) και συνεπώς το εμβαδόν του "S" υπολογίζεται με βάση τον ακόλουθο τύπο [546]:

$$S = 0,5 \cdot 5 \cdot R^2 \cdot \eta\mu(360^\circ/5) \quad (\text{σχέση } \Delta.3.1)$$

Το πεντάγωνο Α'Β'Γ'Δ'Ε' δεν είναι κανονικό και για το λόγο αυτό το εμβαδόν του "S'" υπολογίζεται ως άθροισμα των εμβαδών "S'<sub>i</sub>" (όπου  $i = 1, \dots, 5$ ) των τριγώνων Α'ΟΒ', Β'ΟΓ', Γ'ΟΔ', Δ'ΟΕ' και Ε'ΟΑ' αντίστοιχα.

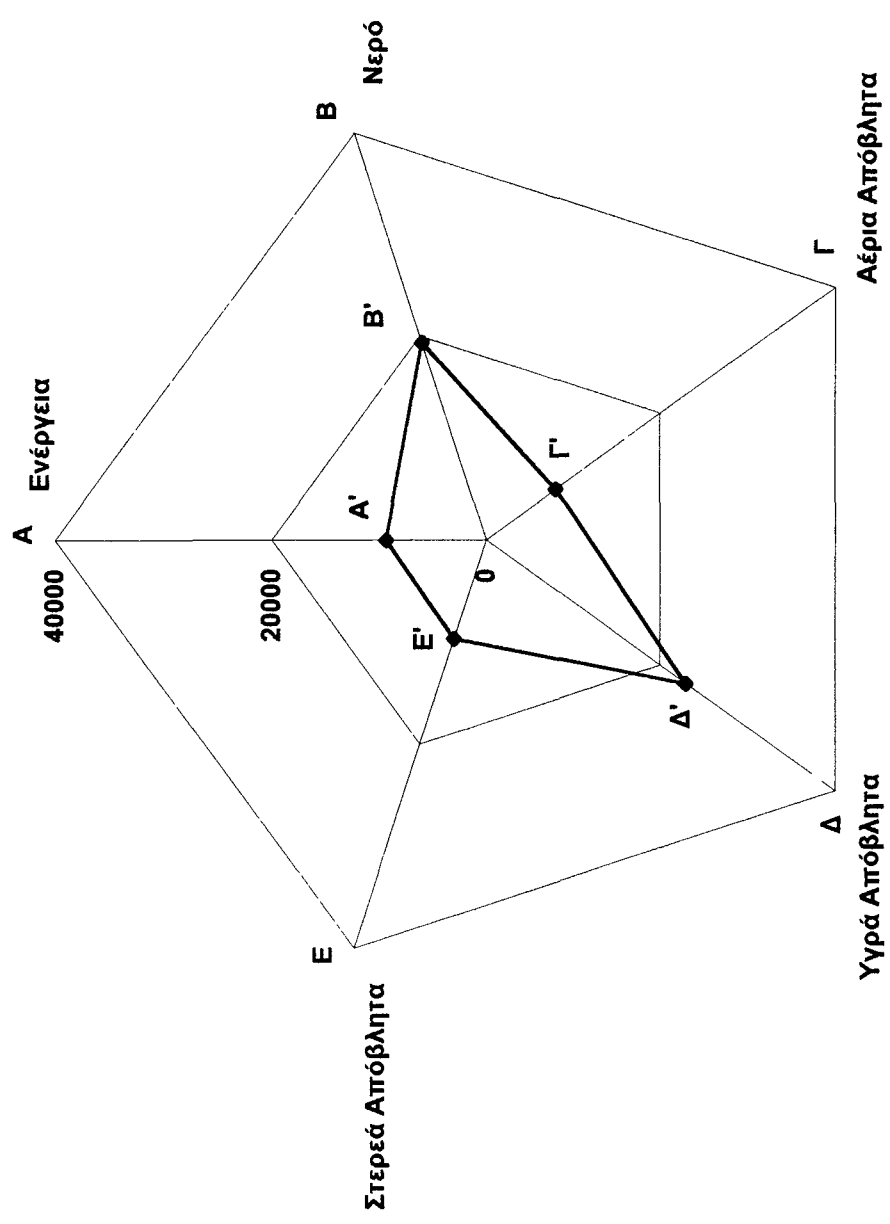
Δηλαδή, ισχύει:

$$S' = S'_1 + S'_2 + S'_3 + S'_4 + S'_5 \quad (\text{σχέση } \Delta.3.2)$$

Τα εμβαδά "S'<sub>i</sub>" (όπου  $i = 1, \dots, 5$ ) των τριγώνων Α'ΟΒ', Β'ΟΓ', Γ'ΟΔ', Δ'ΟΕ' και Ε'ΟΑ' υπολογίζονται ως εξής [546]:

$$S'_1 = 0,5 \cdot OA' \cdot OB' \cdot \eta\mu\theta \quad (\text{σχέση } \Delta.3.3.a)$$

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ.3.1 : ΠΟΛΥΓΩΝΟ ΑΚΖ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΜΒΑΔΟΥ



$$S'_2 = 0,5 \cdot OB' \cdot OG' \cdot \eta\mu\theta \quad (\text{σχέση } \Delta.3.3.\beta)$$

$$S'_3 = 0,5 \cdot OG' \cdot OD' \cdot \eta\mu\theta \quad (\text{σχέση } \Delta.3.3.\gamma)$$

$$S'_4 = 0,5 \cdot OD' \cdot OE' \cdot \eta\mu\theta \quad (\text{σχέση } \Delta.3.3.\delta)$$

$$S'_5 = 0,5 \cdot OE' \cdot OA' \cdot \eta\mu\theta \quad (\text{σχέση } \Delta.3.3.\epsilon)$$

όπου γωνία "θ" είναι η γωνία η οποία σχηματίζεται στα τρίγωνα Α'ΟΒ', Β'ΟΓ', Γ'ΟΔ', Δ'ΟΕ' και Ε'ΟΑ' έχοντας κορυφή το σημείο Ο. Δεδομένου ότι το πεντάγωνο ΑΒΓΔΕ είναι κανονικό, η γωνία "θ" έχει το ίδιο μέγεθος σε κάθε τρίγωνο και ισούται με  $\theta = 360^\circ/5 = 72^\circ$  [546]. Το μήκος των πλευρών ΟΑ', ΟΒ', ΟΓ', ΟΔ' και ΟΕ', το οποίο υπολογίζεται διαιρώντας την τιμή της περιβαλλοντικής απόδοσης σε κάθε άξονα (κατανάλωση ενέργειας και νερού, παραγωγή αέριων, υγρών και στερεών αποβλήτων) με την μέγιστη τιμή της κλίμακας του αντίστοιχου άξονα, κυμαίνεται μεταξύ 0 και 1.

Με βάση τα παραπάνω και από τις σχέσεις Δ.3.2 και Δ.3.3.α έως Δ.3.3.ε, υπολογίζεται το ζητούμενο εμβαδόν του πολυγώνου ΑΚΖ (πεντάγωνο Α'Β'Γ'Δ'Ε') ως εξής :

$$S' = 0,5 \cdot \eta\mu 72^\circ \cdot (OA' \cdot OB' + OB' \cdot OG' + OG' \cdot OD' + OD' \cdot OE' + OE' \cdot OA') \quad (\text{σχέση } \Delta.3.4)$$

Ωστόσο, αν η διάταξη των αξόνων του πολυγώνου ΑΚΖ μεταβληθεί (αντί να είναι "ενέργεια - νερό - αέρια απόβλητα - υγρά απόβλητα - στερεά απόβλητα" μπορεί, για παράδειγμα, να γίνει "αέρια απόβλητα - στερεά απόβλητα - ενέργεια - υγρά απόβλητα - νερό" κ.ο.κ.) τότε μεταβάλλεται η μορφή του πολυγώνου αυτού και συνεπώς είναι πιθανό να μεταβληθεί και το εμβαδόν του. Κάτι τέτοιο, βέβαια, δεν είναι επιθυμητό καθώς αναλόγως της διάταξης των αξόνων υπάρχει θεωρητικά το ενδεχόμενο, όταν συγκρίνεται η περιβαλλοντική απόδοση εναλλακτικών προϊόντων, να ευνοείται ή όχι κάποιο από τα συγκρινόμενα προϊόντα έναντι των υπολοίπων. Αν και η πιθανότητα σφάλματος στη σύγκριση εξαιτίας αυτού του γεγονότος είναι πολύ μικρή (τόσο οι μεταβολές των εμβαδών λόγω της διαφορετικής διάταξης των αξόνων είναι ελαφρές όσο και σπάνια ευνοούν ένα μόνο από τα συγκρινόμενα προϊόντα ενώ, επιπλέον, πρέπει οι περιβαλλοντικές αποδόσεις των προϊόντων αυτών να μην διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους), ωστόσο εξαλείφεται εντελώς όταν η σύγκριση γίνεται με βάση το μέσο εμβαδόν του πολυγώνου ΑΚΖ. Το εμβαδόν αυτό προκύπτει αν λάβουμε υπόψη στους υπολογισμούς όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των πέντε αξόνων και κατ' επέκτασή των πέντε σχηματιζόμενων τριγώνων από τα οποία συνίσταται το πολύγωνο ΑΚΖ. Συγκεκριμένα, όποια και να είναι η διάταξη των πέντε αξόνων στο πολύγωνο ΑΚΖ (ενέργεια, νερό, αέρια, υγρά και στερεά απόβλητα) το

εμβαδόν του δίνεται ως άθροισμα των εμβαδών πέντε από τα παρακάτω δέκα τρίγωνα:

Α'ΟΒ', Β'ΟΓ', Γ'ΟΔ', Δ'ΟΕ', Ε'ΟΑ', Α'ΟΓ', Α'ΟΔ', Β'ΟΔ', Β'ΟΕ' και Γ'ΟΕ'

Με άλλα λόγια, όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί στη διάταξη των αξόνων ενός πολυγώνου ΑΚΖ (όπως ορίζεται στην παρούσα διατριβή) έχουν ως αποτέλεσμα το σχηματισμό πέντε διαφορετικών τριγώνων από τα παραπάνω δέκα και μόνο. Έτσι, από τη σχέση Δ.3.4 και με βάση τα παραπάνω, το μέσο εμβαδόν του πολυγώνου ΑΚΖ βρίσκεται ως εξής :

$$S' = 0,5 \cdot \eta\mu 72^\circ \cdot \{ 5 \cdot [ (OA' \cdot OB' + OB' \cdot OG' + OG' \cdot OD' + OD' \cdot OE' + OE' \cdot OA' + OA' \cdot OG' + OA' \cdot OD' + OB' \cdot OD' + OB' \cdot OE' + OG' \cdot OE') / 10 ] \} \quad (\text{σχέση } \Delta.3.5)$$

Στην παραπάνω σχέση Δ.3.5, το εμβαδόν του πολυγώνου ΑΚΖ υπολογίζεται ως το άθροισμα των εμβαδών πέντε ίδιων τριγώνων το εμβαδόν των οποίων είναι ίσο με τη μέση τιμή των εμβαδών των δέκα διαφορετικών τριγώνων, πέντε από τα οποία αποτελούν κάθε φορά (ανάλογα με τη διάταξη των αξόνων) το πολύγωνο ΑΚΖ.

Το μέσο εμβαδόν του πολυγώνου ΑΚΖ όπως υπολογίζεται από τη σχέση Δ.3.5 είναι πάντοτε το ίδιο ανεξάρτητα από τη σειρά των πέντε αξόνων, και συνεπώς η σύγκριση με βάση το εμβαδόν αυτό είναι ανεξάρτητη της διάταξης των αξόνων του πολυγώνου ΑΚΖ και κυρίως αντικειμενική καθώς έχουν ληφθεί υπόψη όλες οι εναλλακτικές (θετικές ή αρνητικές) περιπτώσεις για κάθε συγκρινόμενο προϊόν οι οποίες μπορεί να προκύπτουν από τη διαφορετική διάταξη των αξόνων.

Ο υπολογισμός του εμβαδού (Ε<sub>ΑΚΖ</sub>) του πολυγώνου ΑΚΖ ως ποσοστό του συνολικού εμβαδού του πενταγώνου ΑΒΓΔΕ είναι πλέον προφανής και δίνεται από την επόμενη σχέση :

$$E_{AKZ} = (S' / S) \cdot 100 \% \quad (\text{σχέση } \Delta.3.6)$$

Στην παραπάνω σχέση τα "S" και "S'" υπολογίζονται από τις σχέσεις Δ.3.1 και Δ.3.5 αντίστοιχα.

Θα πρέπει να σημειωθεί, τέλος, ότι σύμφωνα με τα παραπάνω η ΑΚΖ με την μέθοδο του πολυγώνου μπορεί εύκολα να τυποποιηθεί αρκεί αφενός να αποφασιστεί η πιστή τήρηση ορισμένων χαρακτηριστικών της μεθόδου (αριθμός αξόνων, κλίμακες, μονάδες μέτρησης κλπ) και αφετέρου στην προηγούμενη σχέση Δ.3.5 τα ΟΑ', ΟΒ', ΟΓ', ΟΔ' και ΟΕ' αντικατασταθούν με την κατανάλωση ενέργειας, την κατανάλωση νερού,

την παραγωγή αέριων αποβλήτων, την παραγωγή υγρών αποβλήτων και την παραγωγή στερεών αποβλήτων αντίστοιχα. Τα μεγέθη αυτά υπολογίζονται από την ανάλυση κύκλου ζωής όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 3 ενώ επιπλέον τα αέρια και υγρά απόβλητα συγκεντρώνονται όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 4.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. R. L. Berglund, C. T. Lawson  
**Preventing Pollution in the CPI**  
Chemical Engineering, February 1992 Supplement
2. European Centre for Plastics in the Environment  
**Weighting up the Environmental Balance**  
PWMI
3. Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research  
**The EMPA Ecobalance Group in St. Gall**  
EMPA
4. I. Fecker  
**How to calculate an Ecological Balance**  
EMPA, Report No 222, St. Gallen 1992
5. A. Beevers  
**Calculating the Complete Story**  
European Plastics News, April 1993
6. M. A. Curran  
**Broad-Based Environmental Life Cycle Assessment**  
Environ. Sci. Technol., vol 27, No 3, 1993
7. Duales System  
**Duales System von A – Z. Das kleine Lexikon**  
Duales System Deutschland GmbH, Art.-Nr 921, Stand : April 1993
8. International Iron and Steel Institute  
**The Recycling of Steel Packaging – Issues and Response**  
ISI & APEAL Information Leaflet
9. I. Boustead  
**Life Cycle Analysis of Beverage Containers**  
Beverage Can Makers Europe Quarterly News, Nr 5, March 1992
10. The Industry Council for Packaging and the Environment  
**Life Cycle Analysis**  
INCPEN Factsheet 12/92

11. L' Air Liquide

**Encyclopedie des Gaz**

Elsevier 1976, ISBN 0-444-41492-4

12. The Association of European Producers of Steel for Packaging

**Packaging Steel – from the Cradle to the Grave**

APEAL NEWS – Issue No 1, February 1993

13. Syndicat des Producteurs de Matieres Plastiques

**Le Bilan Ecologique**

Fiche de SPMP

14. M. Vohrer

**Waste Management in a “Closed – Loop” Economy**

Beverage Can Makers Europe News, Nr 7, December 1992

15.

**LCA points to Energy Recovery**

European Plastics News, December 1993

16. T. Baumgartner, F. Rubik

**Evaluation Techniques for Eco-Balances and Life Cycle Assessment**

European Environment, No 3, 1993

17. C. Mittendorfer

**Umweltbeauftragte im Betrieb**

Information zur Umweltpolitik, No 86

Kammer fuer Arbeiter und Angestellte fuer Wien,

Wien 1993

18. H. A. Udo de Haes

**Life Cycle Assessment : Designing for Sustainability**

Propack 93 – The Packaging Function : Environmental Issues Today and Tomorrow

Conference Proceedings, 16 – 17 March 1993

19.

**US Market for UK Life Cycle Analysis Software**

Waste Environ. Today (News J.), vol. 6, No 10, Oct. 1993

20.

**Was leisten Oekobilanz? Experten fordern groeßere Beweglichkeit**

Verpackung und Umwelt Nr 4/93

21. D. G. Bellamy  
**Packaging and Packaging Waste : Letter to the Clerk to Sub-Committee C (Environmental and Social Affairs) – House of Lords Select Committee on the European Communities**  
Food and Drink Federation – Scientific and Technical Division, 2 June 1993
22. Commission of the European Communities  
Directorate General for Energy  
**Public Opinion on Energy in the European Union in 1994**  
Information Energy Europe – Brussels, March 1994
23. Commission of the European Communities  
Directorate General XII : Science, Research and Development  
**The Future of Industry in Europe – Overview and Resume**  
La Prospective – Fast Theme A 1991 – 1993  
Brussels, March 1994
24. M. Q. Wang  
**Life Cycle Assessments – Additional Issues, Transportational Examples**  
Environ. Sci. Technol., vol 27, No 13, 1993
25. M. Ρούσσου  
**Αξιολογήσεις Κύκλου Ζωής**  
Χημικά Χρονικά – Γενική Έκδοση, τόμος 56, τεύχος 3, Μάρτιος 1994
26. A. I. Λυγερός  
**Ασφάλεια και Υγιεινή στην Χημική Βιομηχανία – Σημειώσεις**  
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1990
27. V. R. Sellers et al.  
**Resource and Profile Analysis of Foam Polystyrene and Bleached Paperboard Containers – Final Report**  
Franklin Associates Ltd, June 1990
28. I. Boustead  
**The Environmental Impact of Liquid Food Containers in the U.K.**  
The Open University, U.K., October 1989
29. R. G. Hunt et al.  
**Resource and Environmental Profile Analysis of 9 Beverage Containers Alternatives – Final Report**  
US Environmental Protection Agency, EPA/530/SW-91c, 1974
30. G. Sundstroem  
**Beverage Containers and Energy**  
G. SUNDSTROEM AB



31. Chem Systems

**Vinyl Products Lifecycle Assessment**

A report prepared for the Vinyl Institute  
New York, March 1992

32.

**An Analysis of the Recycling of LDPE at Alida Recycling Limited**

Nottingham University Consultants Limited

33.

**Life Cycle Analysis shows Benefits of Recycled PE Bags**

European Plastics News, December 1992

34.

**The Debate is also characterized by a Lack of Actual Knowledge**

SVENSKA BRYGGAREFOERENINGEN, Stockholm

35.

**REPA of Polystyrene and Bleached Paperboard Containers**

The Council for Solid Waste Solutions, Washington, D.C.

36. H. Weinhold

**Analyse der Verpackung von Joghurt – 180 g Portion :**

**Wirtschaftlicher Teil des Projektes**

Forschungsinstitut fuer Absatz und Handel an der Hochschule St. Gallen  
St. Gallen, September 1978

37. Eidg. Materialpruefungs- und Versuchsanstalt

**Analyse der Verpackung von Joghurt (180 g Portion) :**

**Wirtschaftliche, technische und oekologische Bewertung**

FAH HSG und EMPA SG, St. Gallen 1979

38. P. Fink

**Analyse der Verpackung von Joghurt – 180 g Portion : Technischer  
und oekologischer Teil des Projektes**

EMPA, St. Gallen 1979

39. I. Fecker

**Herstellung von Aluminium : Oekologische Bilanz –  
Betrachtungen Aktualisierte Daten**

Eidgenoessische Materialpruefungs- und Forschungsanstalt (EMPA)  
St. Gallen, Februar 1989

40. F. Rubik, T. Baumgartner

**Technological Innovation in the Plastics Industry and its Influence on  
the Environmental Problems of the Plastic Waste :  
Evaluation of Eco-Balances**

Monitor – Sast Activity (sast project No 7)  
Commission of the European Communities, EUR-14737-EN, September 1992

41. P. Suter, P. Hofstetter

**Theorie und Anwendung der Oekobilanz am Beispiel von Glueh- und Energiesparlampen**

Eidgenoessische Technische Hochschule Zuerich

Semesterarbeit am Labor fuer Energiesysteme, Sommersemester 1989

42. P. Stoelting, F. Rubik

**Uebersicht ueber oekologische Produktbilanzen**

Institut fuer Oekologische Wirtschaftsforschung (IOeW)

Heidelberg, Maerz 1992

43. Bundesamt fuer Umweltschutz (BUS)

**Oekobilanzen von Packstoffen**

Schriftenreihe Umweltschutz Nr 24, Bern, April 1984

44. Bundesamt fuer Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)

**Oekobilanz von Packstoffen Stand 1990**

Schriftenreihe Umwelt Nr 132 Abfaele, Bern, Februar 1991

45. B. De Clerk, K. Draeger

**Vergleich der oekologischen Relevanz verschiedener Packmittelooptionen am Beispiel der Verpackung von fluessigen Avivagemitteln**

Verpackungs – Rundschau, Heft 9, 1988

46. S. Ahbe, A. Braunschweig, R. Mueller-Wenk

**Methodik fuer Oekobilanzen auf der Basis oekologischer Optimierung**

BUWAL, Schriftenreihe Umwelt Nr 133, Bern, Oktober 1990

47. C. L. Henn, J. A. Fava

**Life Cycle Analysis and Resource Management**

Environmental Strategies Handbook

McGraw Hill Inc. 1993, ISBN 0-07-035858-3

48. Π. Γ. Μάλλιανης

**Εισαγωγή στο Μάρκετινγκ**

Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Β΄ Έκδοση, Πειραιάς 1990

49. Umweltbundesamt

**Umweltausschuß des Deutschen Bundestages informiert sich ueber Oekobilanzen**

Presse – Information Nr. 2/1992, 15.1.1992 Berlin

50. J. L. Seglin

**The McGraw Hill 36-Hour Marketing Course**

McGraw Hill Publishing Company, New York, ISBN 0-07-056063-3

51. F. Rubik

**Stellungnahme zum Fragenkatalog der Enquetekommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" zur Expertenanhörung  
Oekobilanzen/Produktlinienanalyse**

Institut fuer Oekologische Wirtschaftsforschung GmbH  
IOeW – Diskussionspapier 22/93

52. T. Baumgartner

**Die Bewertung von Produkten**

Grießhammer, Rainer (Ed.) : Produktlinienanalyse und Oekobilanzen.  
Freiburg i.Br. : Oeko-Institut, 1991

53. F. Rubik

**Produktbilanzen : Die Produktlinienanalyse und verwandte Konzepte**

Institut fuer oekologisches Recycling (Ed.) : Perspektive Abfallvermeidung –  
Oekologische Abfallwirtschaft. Berlin 1991

54. F. Rubik

**Konzeptionen sozio-oekologischer Bilanzierungen im Ueberblick**

Heinz Bernd (Hg.) : Sozio-oekologische Gewinn- und Verlustrechnung.  
Hannover : Protokoll eines Workshops der IG Chemie – Papier – Keramik, 1993

55. F. Rubik, V. Teichert

**Produkt-Oekobilanzen und Produktlinienanalyse – Moeglichkeiten  
und Erfahrung mit diesen Instrumenten in der Umweltpolitik**

Wild, Werner / Held, Martin (Hg.) : Umweltorientierte Unternehmensfuehrung –  
Erfahrungen und Perspektiven Tutzing :  
Tutzing Material Nr. 72 Evangelische Akademie, 1993

56. F. Rubik

**Ansatz, Moeglichkeiten und Probleme der Produktlinienanalyse**

Institut fuer oekologische Wirtschaftsforschung GmbH, IOeW 1993

57. T. Baumgartner

**Oekologische Produktentwicklung und Produktlinienanalyse**

Bauwelt, Heft 6, 1993

58. F. Rubik, T. Baumgartner

**Produktlinienanalyse**

DJU – Umweltschutz – Berater, 12. Erg. – Lfg. Juli 1992

59. F. Rubik

**Oekologische Produktbilanzierung : Ein Ueberblick**

Verlag der oekologischen Briefe

Oekologische Briefe, Nr. 49, 1991

60. T. Baumgartner, F. Rubik

**Ueberlegungen zur Praxis und Methodenkonvention bei oekologischen Produktbilanzen**

UVP – Report 1 / 93

61. T. Baumgartner

**Impulse fuer eine Norm. Zur Praxis oekologischer Produktbilanzierung**

Forum Wissenschaft 3 / 92

62. Σ. Κ. Καρβούνης

**Διαχείριση του Περιβάλλοντος**

Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς 1991

63. R. H. Bullard

**Accounting Principles for the Oil and Gas Industry**

Handbook of Accounting for Natural Resources

McGraw – Hill 1986, ISBN 0-07-014809-0

64. PROCTER & GAMBLE

**Environmental Quality Policy**

The Procter & Gamble Company, USA 1990, 038-5544

65. W. R. Thalmann

**Oeko – Ausweis fuer die Verpackungspraxis**

Verpackungs – Rundschau, Heft 9, 1988

66.

**Coca Cola und Umwelt**

Coca Cola GmbH, Essen

67. Elektrowatt Ingenieurunternehmung A.G.

**Vergleich von Materialfluessen, Energie- und Wasserverbrauch eines Mc Donald's – Restaurants mit Konventionellen Restaurationsbetrieben**

Mc Donald's Restaurants (Suisse) S.A.

Maerz 1991

68. Mc Donald's

**Oekologische Analyse : Zusammenfassung der Ergebnisse**

Mc Donald's Schweiz, Doc 793

69. J. A. Fava, R. Denison, B. Jones, M. A. Curran, B. Vigon et al.  
**A Technical Framework for Life-Cycle Assessments**  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry Workshop Report  
SETAC Foundation, January 1991
70. F. Scheid  
**Αριθμητική Ανάλυση**  
Scaum's Outline Series – Mc Graw-Hill  
ΕΣΤΠ, Αθήνα
71. J. A. Assies  
**State of Art**  
Life-Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992
72. H. A. Udo de Haes  
**General Framework for Environmental Life-Cycle Assessment of Products**  
Life-Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992
73. B. S. Dhillon  
**Life Cycle Costing – Techniques, Models and Applications**  
Gordon and Breach Science Publishers, 1989, ISBN 2-88124-302-9
74. G. A. Keoleian, D. Menerey  
**Life Cycle Design Guidance Manual – Environmental Requirements and the Product System**  
U.S. Environmental Protection Agency, January 1993, EPA 600/R-92/226
75. W. Kloepffer  
**Survey of Activities**  
Life-Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992
76. U.S. Environmental Protection Agency (EPA)  
**EPA/Life Cycle Assessment – Methodology Development**  
Project Update, No 4, February 1993
77. B. Heintz, P. -F. Baisnee  
**System Boundaries**  
Life-Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992

78. B. W. Vigon

**Defining a Product Tree**

Life-Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992

79. C. Frankel, J. D. W. Coddington

**Environmental Marketing**

Environmental Strategies Handbook  
Mc Graw-Hill Inc., 1993, ISBN 0-07-035858-3

80. B. W. Vigon, D. A. Tolle et al.

**Life Cycle Assessment : Inventory Guidelines and Principles**

U.S. Environmental Protection Agency, February 1993, EPA/600/R-92/245

81. G. Huppes

**Allocating Impacts of Multiple Economic Processes in LCA**

Life-Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992

82. D. Huisingsh

**Workshop Conclusions on Inventory Session**

Life-Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992

83. J. A. Annema

**Methodology for the Evaluation of Potential Action to Reduce the Environmental Impact of Chemical Substances**

Life-Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992

84. W. R. Thalmann

**Problemfeld "Dioxin-, Furan-, Chlorwasserstoffemissionen" – Literaturstudie**

August 1991

85. W. R. Thalmann

**Problemfeld "Dioxin-, Furan-, Chlorwasserstoffemissionen" – Schlussfolgerungen aus gleichnamiger Literaturstudie mit spezieller Betrachtung bezüglich PVC-Auswirkungen und MVA-Verfahrenstechnischen**

August 1991

86. W. R. Thalmann

**Verpackung und Umwelt, Umgebung Recyclingfaehigkeit von Kunststoffen**

Oktober 1991

87. W. R. Thalmann

**Packstoff- / Verpackungsleistungen. Verhaltensweisen von Kunststoffen bzw. Packguetern**

Oktober 1991

88. W.R. Thalmann

**Oekobilanzwerk fuer Kunststoffverpackungen, berechnet nach dem Modell "Kunststoffindustrie (BRD)" mit BASF-Grundwerten (PVC : z.T. VKE-Daten) bzw. bei PET mit BASF/HOECHST-Grundwerten**

Oktober 1991

89. W. R. Thalmann

**Verpackungsbeispiele verschiedenen Aufbaus und unterschiedlicher Anwendungen aus dem deutschen Markt : Uebersicht vorgenommener Oekobilanzierungen und Auswertungsaussage**

Oktober 1991

90. W. R. Thalmann

**Kurzbericht zu der Studie : "Oekologische Betrachtungen zu PVC und Umwelt sowie Oekobilanzen fuer Verpackungen verschiedenen Aufbaus und unterschiedlicher Anwendungen aus dem deutschen Markt"**

Februar 1992

91. J. B. Guinee

**Headings for Classification**

Life-Cycle Assessment - Workshop Report

Society of Environmental Toxicology and Chemistry

SETAC - Europe, April 1992

92. H. Baumann, T. Ekvall et al.

**Aggregation and Operation Units**

Life-Cycle Assessment - Workshop Report

Society of Environmental Toxicology and Chemistry

SETAC - Europe, April 1992

93. H. A. Udo de Haes

**Workshop Conclusions on Classification Session**

Life-Cycle Assessment - Workshop Report

Society of Environmental Toxicology and Chemistry

SETAC - Europe, April 1992

94. Metcalf & Eddy

**Wastewater Engineering – Treatment, Disposal and Reuse**

Mc Graw-Hill International Editions, 3rd Ed. 1991, ISBN 0-07-041690-7

95. R. G. Hunt, J. D. Sellers, W. E. Franklin

**Resource and Environmental Profile Analysis : A Life Cycle Environmental Assessment for Products and Procedures**

Environ. Impact Assess. Rev., 1992, No 12

96. D. Ewrinmann, M. v. Mark, W. Benkert

**Aufgaben, Organisation und Finanzierung eines von der Wirtschaft selbst getragener Fonds zur Abfallverminderung durch die Rueckgewinnung von Wertstoffen aus Siedlungsabfaellen, insbesondere aus gebrauchten Verpackungen**

Arbeitsgemeinschaft Verpackung und Umwelt e.V.

VERPACKUNG AKTUELL (5), Koeln, Februar 1990

97. Franklin Associates, Ltd

**Resource and Environmental Profile Analysis of Polyethylene and Unbleached Paper Grocery Sacks**

Final Report, June 1990

98. The Council of Solid Waste Solution

**REPA of Polyethylene and Unbleached Paper Grocery Sacks**

Washington, D. C.

99. Franklin Associates, Ltd

**Resource and Environmental Profile Analysis of High Density Polyethylene and Bleached Paperboard Gable Milk Containers**

Final Report, February 1991

100. I. Boustead

**Eco-Balance Methodology for Commodity Thermoplastics**

European Centre for Plastics in the Environment – PWMI

Brussels, December 1992

101. I. Boustead

**Eco-Profiles of the European Plastics Industry – Report 2 : Olefin Feedstock Sources**

European Centre for Plastics in the Environment – PWMI

Brussels, May 1993

102. I. Boustead

**Eco-Profiles of the European Plastics Industry – Report 3 : Polyethylene and Polypropylene**

European Centre for Plastics in the Environment – PWMI

Brussels, May 1993



103. I. Boustead

**Eco-Profiles of the European Plastics Industry – Report 4 :  
Polystyrene**

European Centre for Plastics in the Environment – PWMI  
Brussels, May 1993

104. H. L. Brown, B. B. Hamel et al.

**Energy Analysis of 108 Industrial Processes**

Report to the U.S. Department of Energy, 1980

105. I. Boustead, G. F. Hancock

**Energy and Packaging**

Ellis Horwood Limited/John Wiley & Sons, New York 1981  
ISBN 0-85312-206-7

106. A. V. Bridgwater, K. Lidgren

**Energy in Packaging and Waste**

Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd, 1983, ISBN 0-442-30570-2

107. I. Boustead, K. Lidgren

**Problems in Packaging : The Environmental Issue**

Ellis Horwood Limited/John Wiley & Sons, New York 1984  
ISBN 0-85312-721-2

108. I. Boustead

**Energy Utilization**

Encyclopedia of Packaging Technology  
John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

109. H. Holland, A Pfirrmann, P. Jakobs

**Verpackungsvermeidung und -wiederverwertung**

Arbeitsgemeinschaft Verpackung und Umwelt e.V.  
VERPACKUNG AKTUELL (3), Bonn, April 1989

110. Langfristkonzept der AGVU

**Umweltstrategien der Verpackungswirtschaft**

Arbeitsgemeinschaft Verpackung und Umwelt e.V.  
VERPACKUNG AKTUELL (4), Bonn, Oktober 1990

111. A. Schmidt

**Current Evaluation Methods**

Life-Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992

112. L. -G. Lindfors

**Evaluation in Relation to Applications of LCA**

Life-Cycle Assessment – Workshop Report

Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992

113. A. A. Jensen

**Workshop Conclusions on Comparison and Absolute Judgement  
Session**

Life–Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992

114. Umweltbundesamt

**Oekobilanzen fuer Produkte – Bedeutung – Sachstand –  
Perspektiven**

Texte 38/92, Berlin, Juli 1992

115. FhG, GVM, IFEU

**Methodology for Life Cycle Analysis of Packaging Systems**

Draft Version, September 1992

116. V. Matthews

**Plastics Industry Project**

Life–Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992

117. Official Journal of the European Communities

**Annex I : Indicative Assessment Matrix**

No L9916, 11.4.92

118. G. Bingham, C. Ervin

**Getting the Source – Strategies for Reducing Municipal Solid Waste**

Executive Summary – Excerpts from : “The Final Report of the Strategies for  
Source Reduction Steering Committee”

World Wild Fund and The Conservation Foundation, Maryland 1991

119. Y. Virtanen

**LCA Data Format Requirements**

Life–Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992

120. J. A. Fava, F. Consoli, R. A. Denison

**Analyses of Product Life–Cycle Assessment Applications**

Life–Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992

121. K. Christiansen, I. Krueger  
**From PVC and Alternatives to Milk Packaging**  
Life-Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992
122. Norsk Hydro Petrochemical Division  
**PVC and Environment**  
Norsk Hydro a.s., Oslo Sept. 1992, ISBN 82-90861-08-7
123. Dow Europe  
**Environmental Process Report**  
Dow Information Center, CH 600-019-E-494
124. G. G. Bond  
**Product Stewardship Shifts into High Gear**  
Chemical Engineering, Vol. 102, No 1, January 1995
125. CEFIC  
**Product Stewardship – Responsible Care Applied to Products–  
Guiding Principles**  
European Chemical Industry Council
126. K. A. Μασμανίδης  
**Περιβάλλον και Βιομηχανία**
127. CEFIC  
**Responsible Care – A Chemical Industry Commitment to Improve  
Performance in Health, Safety and the Environment**  
European Chemical Industry Council
128. Fraunhofer-Institut fuer Lebensmitteltechnologie und Verpackung et al  
**Methode fuer Lebenswegbilanzen von Verpackungssystemen**  
Projektgemeinschaft "Lebenswegbilanzen", September 1992
129. D. Postlethwaite  
**Workshop Conclusions on Databases and Application Session**  
Life-Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992
130. H. A. Udo de Haes  
**Plenary Discussion on Terminology**  
Life-Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992

131. W. van Dieren

**Towards a Credible Use of LCA**

Life-Cycle Assessment – Workshop Report  
Society of Environmental Toxicology and Chemistry  
SETAC – Europe, April 1992

132. DR. ING. ERNST BISCHOFF S.A.

**The Ecobalance of PVC Beverage Packs**

Study carried out for EVC–Europeans Vinyls Corporation and Solvay SA  
March 1992

133. R. Buehl, H Roder

**Ecobalances**

European Vinyls Corporation, September 1992, EVC28E

134. B. J. Sauer, R. G. Hunt, M. A. Franklin

**Background Document on Clean Products Research and Implementation**

U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D. C., October 1990  
EPA/600/2-90/O48

135. B. J. Sauer, R. G. Hunt, M. A. Franklin

**Background Document on Clean Products Research and Implementation – Project Summary**

Risk Reduction Engineering Laboratory, Cincinnati OH, December 1990  
EPA/600/S2-90/O48

136. PIFA, FPA, OPMA

**Management of Waste Plastic Packaging Films – Valorisation of Used Flexible Packaging**

January 1993

137. PIFA, FPA, OPMA

**Management of Waste Plastic Packaging Films – Data Collection for Life Cycle Analysis**

138. S. Bisson, M. Berube

**Life-Cycle Analysis : A Literature Review and Critical Analysis**

Ministere de l' Environnement du Quebec, June 1993  
QEN/EN-43a/1, ISBN 2-550-28649-9

139. DR. ING. ERNST BISCHOFF S.A.

**Packaging Design for Recycling**

5th International Congress of Pharmaceutical Engineering  
Strasbourg 28-30 September 1993

140. DR. ING. ERNST BISCHOFF S.A

**Management Consulting in Packaging : Planning – Engineering – Environmental Issues**

Selection of Projects Undertaken in the Past Years

141. V. R. Sellers, J. D. Sellers

**Comparative Energy and Environmental Impacts For Soft Drink Delivery Systems**

Final Report, FRANKLIN ASSOCIATES Ltd, March 1989

142. I. Boustead, G. F. Hancock

**Handbook of Industrial Energy Analysis**

Ellis Horwood Limited/John Wiley & Sons, 1979, ISBN 0-85312-064-1

143. F. Rubik

**Instrumente zur oekologischen Bewertung von Produkten : Methodik und Funktionen der Produktlinienanalyse**

Sonderdruck aus "Jahrbuch der Absatz- und Verbrauchsforschung", herausgegeben von der GfK-Nuernberg  
Heft 4/1992, Jahrgang, Verlag Dunker & Humblot, Berlin

144. Beverage Can Makers Europe

**Environmental Factsheet : Energy Savings from Cradle to Grave**

BCME, Brussels April 1993/Factsheet 224

145. S. Schmitz

**Vergleich der Umweltauswirkungen von Einweg- und Mehrwegverpackungen – Literaturstudie**

Umweltbundesamt, Berlin 1992

146. R. Frischknecht

**Oekobilanz : Motivation – Moeglichkeiten – Grenzen**

Vertiefungsblock Oekobilanzen, 23./24. April 1993, RF 22/4/93

147. R. Frischknecht et al

**Funktionsorientierte Systemanalyse – Ein Beitrag zur Oekobilanz – Diskussion**

Arbeitspapier 3 des Projektes "Umweltbelastung durch die End- und Nutzenergiebereitstellung", RF 4/3/92

148. R. Frischknecht

**Umweltbelastung durch Energieanwendung : Ihre Bedeutung in Oekobilanz und Umweltrelevanz**

Arbeitspapier 5 des Projektes "Umweltbelastung durch die End- und Nutzenergiebereitstellung", RF 2/4/91

149. P. Suter et al

**Total Pollution Including "Grey" Pollution : Life Cycle Analysis for the Assessment of Energy Options**

Arbeitspapier 4 des Projektes "Umweltbelastung durch die End- und Nutzenergiebereitstellung" PS/RF/PH/IK 5/2/92

150. Berndt & Partner, Bischoff

**Packaging and Environment**

Project Plan/Proposal, Multi-Client-Study, October 1993

151.

**Paper or Plastic ? A Life-Cycle Inventory Comparing Unbleached Paper Grocery Sacks and Polyethylene Grocery Sacks – Part I**

CHEMTECH, November 1993

152.

**Paper or Plastic ? A Life-Cycle Inventory Comparing Unbleached Paper Grocery Sacks and Polyethylene Grocery Sacks – Part II**

CHEMTECH, December 1993

153. D. Stipp

**Life Cycle Analysis Measures Greenness, But Results May Not Be Black or White**

The Wall Street Journal, Thursday, February 28, 1991

154. DR. ING. ERNST BISCHOFF S.A.

**Critical Appraisal of Ecological Studies on Packaging and Packaging Materials : Aims and Limitations of such Studies**

Translation of the Original Publication : "Oekobilanzen, Kafka und kein Ende" from "Packung und Transport", January 1994

155. A. L. White, K. Shapiro

**Life Cycle Assessment : A Second Opinion**

Environ. Sci. Technol., Vol. 27, No 6, 1993

156. P. R. Portney

**The Price is Right : Making Use of Life Cycle Analysis**

Issues in Science and Technology, Winter 1993-94

157. R. G. Hunt, W. E. Franklin

**Resource and Environmental Profile Analysis of Beer Containers**

CHEMTECH, August 1975

158. R. Lifset

**Raising the Ante for Life Cycle Analysis**

BioCycle, April 1991

159. J. Guillet

**Paper versus Plastic : An Environmental Assessment**

ACS (Hg.) : Polymeric Material Science & Engineering.

Proceedings of the ACS Division of Polymeric Material Science & Engineering, Washington, D. C., 1990

160. D. Diakoulaki, N. K. Koumoutsos

**Comparative Evaluation of Alternative Beverage Containers with Multiple Environmental Criteria in Greece**

Resources, Conservation and Recycling, No 3, 1990

161. Boustead & Hancock Layman's Guide

**The BSDA's Digest of the Commentary on the Boustead & Hancock Report on the Energy and Raw Materials Requirements of Liquid Food Container Systems in the U.K. in 1986**

Published for the British Soft Drinks Association by David Perchard Associates

162. G. Schricker

**Der Deutsche Verpackungsrat (DVR) Wissenschaft, Politik, Publizistik und Wirtschaft in einem Boot fuer umweltoptimierte Verpackung**

Zusammenfassende Wiedergabe des Referates, Dresden, 1993

163. K. Richter

**Oekobilanzen von Bauprodukten am Beispiel "Fenster" – Systemgrenzen und Schlußfolgerungen**

EMPA, Duebendorf/Schweiz, Februar 1992

164. K. J. Thome-Kozmiensky, M. Franke

**Environmental Effects of Plastic and Glass Packaging**

Extracts from the Study

EF-Verlag fuer Energie- und Umwelttechnik GmbH, July 1988

165. E. Bischoff

**The Need for a Rethink. An Appraisal of the German Packaging Directive**

BBil, 3/93

166. F. Ackerman

**Analyzing the True Costs of Packaging**

BioCycle, April 1993

167.

**Recycling vs. Re-use in Packaging**

DR. ING. ERNST BISCHOFF S.A

168.

**Critical Examination of Lifecycle Analysis**

Presented at the Annual Conference of the "Swedish Pulp and Paper Association" in Stockholm, 24th March 1992

169. Midwest Research Inst.

**Resource and Environmental Profile Analysis of Five Milk Container Systems**

Prepared for the "Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste" Kansas City, MO, 1978

170. R. J. Rowatt

**The Plastics Waste Problem**

CHEMTECH, January 1993

171. C. Lambert

**Environmental Impact of Incineration as a Disposal Method**

Propack 93 – The Packaging Function : Environmental Issues Today and Tomorrow, Conference Proceedings 16–17 March 1993

172. F. Consoli et al.

**Guidelines for Life–Cycle Assessment : A "Code of Practice"**

From the SETAC Workshop held at Sesimbra, Portugal, 31 March–3 April 1993

173. Procter & Gamble – European Technical Center

**Life Cycle Inventory for Consumer Goods Packages**

The LCI-94 Spreadsheet – A Life Cycle Inventory Model for Package  
January 1994

174. J. W. Lynch, G. A. Davis

**The Use of Life Cycle Assessment in Environmental Labelling Programs**

EPA Project No x 82O663–O1–O, September 1993

175. J. Hailes

**Current Social and Environmental Pressures on Packaging**

Synopsis of Presentation

Propack 93 – The Packaging Function : Environmental Issues Today and Tomorrow, Conference Proceedings 16–17 March 1993

176. S. Clark

**Designing Minimum Environmental Impact into Packaging Products**

Propack 93 – The Packaging Function : Environmental Issues Today and Tomorrow, Conference Proceedings 16–17 March 1993



177. California Attorney General et al.

**The Green Report II : Recommendations for Responsible Environmental Advertising**

May 1991

178. W. E. Franklin

**Life Cycle Assessment : What It Is and What It Isn't**

Presentation at Green Day at Coca-Cola, March 22, 1994

179. MIT – Center for Technology, Policy and Industrial Development

**Life Cycle Assessment : From Inventory to Action**

Business and Environment Program, November 4–5, 1993

180. B. H. Quay

**Life Cycle Assessment – White Paper**

Environmental Technical Affairs, June 30, 1993

181. S. Alber

**Oekobilanzen von Verpackungssystemen : Fallbeispiele fuer Oesterreich**

Institut fuer Wirtschaft und Umwelt des Oesterreichischen

Arbeitskammertages

Informationen zur Umweltpolitik, Nr 25/Okttober 1985

182. J. Woudhuysen

**Social, Environmental and Political Pressures on Denelopment of Packaging**

Propack 93 – The Packaging Function : Environmental Issues Today and

Tomorrow, Conference Proceedings 16–17 March 1993

183. P. White, P. Hindle, K. Draeger

**Lifecycle Assessment of Packaging**

Packaging in the Environment

Blackie Academic & Professional, 1993, ISBN 0-7514-0091-2

184. M. S. Sullivan, J. R. Ehrenfeld

**Reducing Life Cycle Environmental Impacts : An Industry Survey of Emerging Tools and Programs**

Environmental TQM

Mc Graw-Hill, Inc./Executive Enterprises Publications Co., Inc.

New York 1994, ISBN 0-07-019844-6

185. I. Boustead

**Life Cycle Analysis – A Background Paper**

The Open University, UK

186. I. Boustead

**The Relevance of Re-use and Recycling Activities for the LCA Profile of Products**

The Open University, UK

187. P. R. Portney

**Product Life Cycle Analysis : A Public Policy Perspective**

188. J. S. Bridges, M. A. Curran, N. T. Hoagland

**Industrial Pollution Prevention Research Opportunities Using Life-Cycle Assessment Methodologies**

Presented at the ASME Joint International Power Generation Conference  
Phoenix, Az - October 2-6, 1994, 94-JPGC-EC-2

189. G. A. Keoleian, D. Menery

**Life Cycle Design Manual : Environmental Requirements and the Product System - Project Summary**

Risk Reduction Engineering Laboratory, Cincinnati, OH  
EPA/600/SR-92/226, April 1993

190.

**Life-Cycle Assessment : Tracking Impacts from Cradle to Grave**

Pollution Prevention News, July-August 1993

191.

**A NPPC Information Factsheet on Life Cycle Pollution Prevention Program**

National Pollution Prevention Center, Ann Arbor, MI, 2/92

192. B. T. Oakley

**Total Quality Product Design - How to Integrate Environmental Criteria into Product Realisation Process**

Environmental TQM

Mc Graw-Hill, Inc./Executive Enterprises Publications Co., Inc.  
New York 1994, ISBN 0-07-019844-6

193. I. Boustead, B. R. Yaros

**The Electricity Supply Industry in North America**

To be published in the journal : "Resources, Conservation & Recycling"  
Elsevier

194. M. A. Curran

**Life Cycle Analysis**

The Soap and Detergent Association, New York

195. K. Fouhy

**Life Cycle Analysis Sets New Priorities**

Chemical Engineering, Vol. 100, No 7, July 1993

196. J. E. G. Le Jeune

**Eco-Errors**

Packaging Technology International, No 2, 1994

197. V. Matthews

**Eco-Balances and New Legislation**

PWMI – Brussels, R/O831 820.12/cc

198.

**Council Directive of 18 March 1991 amending Directive 75/442/EEC on Waste (91/156/EEC)**

Official Journal of the European Communities  
English Edition, No L78/32, 26.3.91

199.

**Οδηγία του Συμβουλίου της 18ης Μαρτίου 1991 για την τροποποίηση της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ περί των στερεών αποβλήτων (91/156/ΕΟΚ)**

Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων  
Έκδοση στην Ελληνική Γλώσσα, L78/32, 26.3.91

200. Commission of the European Communities

**Proposal for a Council Directive on Packaging and Packaging Waste**

COM(92) 278 Final – SYN 436, Brussels, 15 July 1992, CB-CO-92-367-EN-C

201. Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων

**Πρόταση Οδηγίας του Συμβουλίου περί των Συσκευασιών και των Αποβλήτων Συσκευασιών**

COM(92) 278 Τελικό – SYN 436, Βρυξέλλες, 15 Ιουλίου 1992  
CB-CO-92-367-GR-C

202. Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων

**Τροποποιημένη Πρόταση Οδηγίας του Συμβουλίου σχετικά με τις Συσκευασίες και τα Απόβλητα Συσκευασιών**

KOM(93) 416 Τελικό – ΣΥΝ 436, Βρυξέλλες, 9 Σεπτεμβρίου 1993  
CB-CO-93-456-GR-C

203. European Union – The Council

**Draft Common Position (EC) No.../94 Adopted by the Council on... with a View to Adopting Directive 94/.../EC of the European Parliament and the Council on Packaging and Packaging Waste**

Brussels, 18 February 1994, 4543/94, Restreint, ENV 17, CO-DEC 7, EN

204. Ευρωπαϊκή Ένωση – Το Συμβούλιο  
**Σχέδιο Κοινής Θέσης (ΕΚ) Αριθ.../94 η οποία καθορίστηκε από το Συμβούλιο στις...για τη θέσπιση της Οδηγίας 94/.../ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τις Συσκευασίες και τα Απορρίμματα Συσκευασίας**

Βρυξέλλες, 14 Φεβρουαρίου 1994, 4543/94, Restreint, ENV 17, CO-DEC 7, GR

205. V. Matthews

**Database II – Organisational Aspects – Case Study : Database Generation for Olefin Feedstocks and Plastics**

PWMI, Brussels

206. D. Beynon

**Environmentally Responsible Packaging Manufacture**

Packaging in the Environment

Blackie Academic & Professional, 1993, ISBN 0-7514-0091-2

207. T. E. Graedel et al.

**Matrix Approaches to Abridged Life Cycle Assessment**

Environmental Science and Technology, Vol. 29, No 3, 1995

208. Ένωση Ευρωπαίων Κατασκευαστών Πλαστικών

**Τα Πλαστικά και το Περιβάλλον**

Σύνδεσμος Βιομηχανιών Πλαστικών Ελλάδος

209. Fondation Europeenne pour l' Amelioration des Conditions de Vie et de Travail

**La Protection de l' Environnement en Europe : Les Consequences de la Cooperation entre les Partenaires Sociaux**

Resume d' une Etude dans dix Pays

Office des Publication Officielles des Communautes Europeennes

SY-82-94-537-FR-C

210. M. Becker, A. L. White

**Total Cost Assessment : An Overview of Concepts and Methods – Draft Final**

Risk Analysis Group, Tellus Institute, Boston, MA, July 1991

211. Ministry of Environment – Norway

**Norway – The National Report to UNCED**

T-877, Oslo, February 1992, ISBN 82-7243-866-0

212. Ministry of Environment – Norway

**Environmental Policy Statement**

T-995, Oslo, May 1993, ISBN 82-7243-958-1

213. State Pollution Control Authority

**Pollution in Norway**

TA-995/1993, Oslo, ISBN 82-7655-159-9

214. Commission of the European Communities  
Directorate General for Energy

**Energy in Europe – Annual Energy Review**

Special Issue, December 1991, CM-BR-91-001-EN-C

215. Commission of the European Communities  
Directorate General for Energy (DG XVII)

**Energy in Europe – Annual Energy Review**

Special Issue, April 1993, CS-77-92-102-EN-C

216. Commission of the European Communities  
Directorate General for Energy (DG XVII)

**Energy in Europe – A View to the Future**

Special Issue, September 1992, CS-75-92-841-EN-C

217. INRA (Europe)

**Public Opinion in the European Community on Energy in 1993 – Eurobarometer Survey**

Energy in Europe – Energy Policies and Trends in the European Union  
European Commission – DG XVII – No 22, December 1993

218. F. Kristensen

**La Norvege, Partenaire de l' Europe dans le Domaine de l' Energie**

Energy in Europe – Energy Policies and Trends in the European Union  
European Commission – DG XVII – No 22, December 1993

219. U.S. Energy Information Administration

**Electric Power Monthly**

DOE/EIA-O226(93/O4), Washington, D.C., April 1993

220. U.S. Energy Information Administration

**Annual Energy Outlook 1993 with Projections 2010**

DOE/EIA-O383(93), Washington, D.C., January 1993

221. Διεύθυνση Προγραμματισμού ΔΕΗ

**Πρόγραμμα Ανάπτυξης 1990-1994-1999**

Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, Οκτώβριος 1989

222. Eurostat

**Αριθμοί της Γνώσης – Στατιστικό Πορτραίτο της Ευρωπαϊκής Ένωσης**

Υπηρεσία Επίσημων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων  
CA-82-94-925-GR-C

223. Ε. Λεκατσάς, Σ. Γιαννακόπουλος  
**Σκέψεις για το 10ετές Πρόγραμμα της ΔΕΗ**  
Οικονομικός, 24 Φεβρουαρίου 1994
224. Δ. Χατζηιωσήφ-Διακουλάκη  
**Το Εξωτερικό Κόστος της Ενέργειας**  
Ενέργεια και Περιβάλλον, Τεύχος 4, Ιανουάριος 1995
225. Commission of the European Communities  
Directorate General for Energy  
**The Commission adopts a Communication to the Council on a Community Strategy to Limit Carbon Dioxide Emissions and to Improve Energy Efficiency**  
Information Energy Europe – Brussels, March 1994
226. Φ. Δουδώνης  
**Αντιμετώπιση Θαλάσσιας Ρύπανσης από Πετρελαιοειδή**  
ΕΛΔΑ ΣΗΜΕΡΑ, Τεύχος 1, Ιανουάριος 1996
227. ΕΣΥΕ  
**Στατιστική Έρευνα Βιομηχανίας Έτους 1986**  
Αθήνα 1993, ISSN 0072-7393
228. Σ. Λουκάς  
**Η Βιομηχανία Ηλεκτρικής Ενέργειας στις Χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης**  
Δελτίο Παν. Σουλ. Διπλ. Μηχ.-Ηλ., Τεύχος 266, Σεπτέμβριος 1994
229. Γ. Σακκάς  
**Το Αναπτυξιακό Πρόγραμμα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας**  
Δελτίο Παν. Σουλ. Διπλ. Μηχ.-Ηλ., Τεύχος 261, Μάρτιος 1994
230. Δ. Παπακωνσταντίνου  
**Στρατηγική της ΔΕΗ για περιορισμό των Εκπομπών CO<sub>2</sub>**  
Μηνιαία Τεχνική Επιθεώρηση, Τεύχος 25, Φεβρουάριος 1994
231. Χ. Αρώνης  
**Εξοικονόμηση Ενέργειας**  
Δελτίο Παν. Σουλ. Διπλ. Μηχ.-Ηλ., Τεύχος 267, Οκτώβριος 1994
232. G. T. Austin  
**Shreve's Chemical Process Industries**  
Fifth Edition  
Mc Graw-Hill International Editions, ISBN 0-07-466167-7

233. Χ. Μιχαηλίδης, Α. Λυκάκη-Σιάνου, Ν. Σταυρίδης  
**Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις των Μεγάλων Υδροηλεκτρικών Έργων – Επανορθώσεις**  
Μηνιαία Τεχνική Επιθεώρηση, Τεύχος 31, Αύγουστος 1994
234. Κ. Σταματάκης, Α. Καρσάκος, Π. Φίλης, Κ. Χρόνης,  
Γ. Ανδρουτσόπουλος  
**Αεριοποίηση Λιγνίτη με Αλλοθερμική Μέθοδο**  
Ενέργεια και Περιβάλλον, Τεύχος 1, Απρίλιος 1994
235. Σ. Στουρνάς, Ε. Λόης  
**Σημειώσεις Τεχνολογίας Καυσίμων και Λιπαντικών**  
ΕΜΠ, Αθήνα Οκτώβριος 1990
236. D. Schaum, C. W. Van der Merwe, W. J. Duffin  
**Γενική Φυσική**  
Schaum's Outline Series – Mc Graw-Hill  
ΕΣΤΠ, Αθήνα
237. D. Halliday, R. Resnick  
**Φυσική – Μέρος I**  
Εκδόσεις Γ. Α. Πνευματικός, Αθήνα
238. Ν. Γ. Παπαγεωργίου  
**Ατμοπαραγωγός I**  
ΕΜΠ, Αθήνα 1987
239. K. Hein  
**Fossil Fuel Utilisation**  
Combust. Sci. & Tech., 1993, Vol. 93, Numbers 1-6
240. International Energy Agency  
**Emission Controls in Electricity Generation and Industry**  
OECD, Paris 1988, ISBN 92-64-13185-X
241. E. W. Lees  
**OPET – A Co-operative Approach to European Technology Promotion**  
“Control of Emissions from the Combustion of Coal – New Technologies for Power Generation and Industrial Plant”  
Conference Proceedings, London, 18-20 Feb. 1992
242. Δ. Κουρεμένος  
**Θερμοδυναμική II – Σημειώσεις**  
ΕΜΠ, Αθήνα 1987

243. International Energy Agency  
**Energy and the Environment : Policy Overview**  
 OECD, Paris 1989, ISBN 92-64-13306-2
244. A. I. Lygeros, C. Merentitis  
**Simulation and Optimization of an Integrated Industrial Energy System**  
 "Energy Efficiency in Process Technology"  
 Elsevier Applied Science, 1993, ISBN 1-85861-019-2
245. M. Valenti  
**A New Generation of Nuclear Reactors**  
 Mechanical Engineering, Vol. 117, No. 4, April 1995
246. C. A. Pittinger et al.  
**Environmental Life-Cycle Inventory of Detergent - Grade Surfactant Sourcing and Production**  
 Journal of the American Oil Chemists Society, Vol. 70, No. 1, January 1993
247.  
**ΔΕΠΤΑ Έργο Ζωής για την Ελλάδα**  
 Δημόσια Επιχείρηση Αερίου
248. Ν. Κατσαρός  
**Η Πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το Περιβάλλον**  
 Χημικά Χρονικά, Τόμος 53, Τεύχος 3, Μάρτιος 1995
249. Γ. Παπαδάκης, Γ. Μπεργελές  
**Νέες Τεχνολογίες Καύσης των Στερεών Καυσίμων φιλικές προς το Περιβάλλον**  
 Μηνιαία Τεχνική Επιθεώρηση, Τεύχος 47, Δεκέμβριος 1995
250. Ν. Σακκάς, Μ. Λεμπιδάκης, Π. Ζάγκλης  
**Ανακύκλωση Πλαστικών στην Περιφέρεια Κρήτης**  
 Βιομηχανία και Περιβάλλον, Τεύχος 6, Μάιος - Ιούλιος 1995
251. ΕΣΥΕ  
**Παραγωγή Βιομηχανικών Προϊόντων κατά τα Έτη 1987 - 1990**  
 Αθήνα 1993
252. U.S. Energy Information Administration  
**Annual Energy Review 1993**  
 DOE/EIA-0384(93), Washington, D.C., July 1994
253. U.S. Energy Information Administration  
**Manufacturing Consumption of Energy 1991**  
 DOE/EIA-0512(91), Washington, D.C., December 1994



254. U.S. Energy Information Administration  
**Derived Annual Estimates of Manufacturing Energy Consumption  
1974 – 1988**

Energy Consumption Series

DOE/EIA-O555(92)/3, Washington, D.C., August 1992

255. Eurostat

**Basic Statistics of the Community**

1A, 25th Edition

256. Γ. Βαλκανάς

**Ρύπανση Περιβάλλοντος – Επιστήμη και Τεχνική Αντιμετώπισης**

Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα 1992, ISBN 960-02-0844-1

257. Ν. Βασιλάκος

**Ο Ενεργειακός Τομέας της Ελληνικής Οικονομίας : Προβλήματα  
και Προοπτικές**

Network Consulting Group

258. Α. Σταυρόπουλος

**Βιομηχανικοί Κλάδοι**

Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς 1989

259. International Energy Agency

**Natural Gas : Prospects to 2000**

OECD, Paris 1982, ISBN 92-64-12309-1

260. Ν. Βασιλάκος

**Το Φυσικό Αέριο στη Διεθνή Ενεργειακή Σκηνή**

Network Consulting Group

261. Γ. Α. Κωστόπουλος

**Διείσδυση του Φυσικού Αερίου και Εφαρμογές στον Οικιακό –  
Εμπορικό Τομέα και στις Γεωργικές Δραστηριότητες**

262. Κ. Χ. Λέφα

**Εισαγωγή στην Τεχνολογία του Φυσικού Αερίου**

Εκδόσεις Φοίβος, ISBN 960-7594-22-3

263. W. Leipnitz

**Petroleum Refining and Petrochemistry Four-Language Dictionary**

Gulf Publishing Company, ISBN 0-87201-673-0

264. Α. Ν. Φραγκούλης

**Αιολική Ενέργεια και Οικονομία : Δυνατότητες, Ανάπτυξη και  
Προοπτικές της Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα**

Βιομηχανία & Περιβάλλον, Τεύχος 5, Φεβρ. – Απρ. 1995

265. Ν. Α. Κυριάκης, Χ. Φ. Νάκος  
**Ατμοσφαιρική Ρύπανση της Θεσσαλονίκης από την Κυκλοφορία**  
 Τεχν. Χρον. Β., 1993, Τόμος 13, Τεύχος 3
266. Ζ. Σαμαράς, Α. Ανδρίας, Δ. Ζαφείρης  
**Οι Εκπομπές της Κυκλοφορίας στην Ελλάδα και την Αθήνα.**  
**Υπολογισμός με χρήση του Προγράμματος COPERT**  
 Τεχν. Χρον. Β., 1992, Τόμος 12, Τεύχος 2
267. Χ. Χ. Μιχαλοπούλου  
**Παρούσα Κατάσταση των Βενζινοκίνητων Οχημάτων της Αθήνας**  
**σε σχέση με τις Εκπομπές Καυσαερίων**  
 Τεχν. Χρον. Β., 1991, Τόμος 11, Τεύχος 4
268. European Federation for Transport and Environment  
**Getting the Prices Right : A European Scheme for making Transport**  
**pay its true Costs**  
 Short Version  
 Brussels, May 1993, T&E 93/7
269. Toyota Motor Corporation  
**Environmental Programs and Activities**  
 Japan, Febr. 1993, PR-E-9301
270. U.S. Energy Information Administration  
**Household Vehicles Energy Consumption 1991**  
 DOE/EIA - O464(91), Washington, D.C., December 1993
271. Β. Προφυλλίδης  
**Οικονομική των Μεταφορών**  
 Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη 1993
272. Δ. Θεοδωρακόπουλος  
**Οι Επιπτώσεις της Απελευθέρωσης στις Εμπορευματικές**  
**Αεροπορικές και Σιδηροδρομικές Μεταφορές**  
 Πρακτικά του Διεθνούς Συνεδρίου "Εκσυγχρονισμός Σιδηροδρομικών και  
 Αεροπορικών Μεταφορών - Οι Επιπτώσεις της Απελευθέρωσης"  
 Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη, Μάιος 1994
273. ΥΒΕΤ / Διεύθυνση Ενεργειακής Πολιτικής  
**Διερεύνηση των Ενεργειακών Συντελεστών του Τομέα των**  
**Μεταφορών με Στόχο την Εξοικονόμηση Ενέργειας**  
 Κοινοτικό Πρόγραμμα VALOREN  
 Τελική Έκθεση - Ιούλιος 1992
274. Ε. Μπακέας, Π. Α. Σίσκος  
**Η Προστασία της Ατμόσφαιρας**

Χημικά Χρονικά, Τόμος 56, Τεύχος 6, Ιούνιος 1994

275. Ι. Δερμιτζάκης

**Περιβάλλον και Αυτοκίνητο**

Εν. Δελτίο Τ.Ε.Ε., Τεύχος 1812, 6 Ιουνίου 1994

276. Π. Πολύσης, Α. Σερδάρη, Ε. Λόης, Σ. Στουρνάς

**Υποκατάστατα Καυσίμων και Ποιότητα Καύσης**

Μηνιαία Τεχνική Επιθεώρηση, Τεύχος 23, Δεκέμβριος 1993

277. Α. Αλεξόπουλος, Δ. Ασημακόπουλος

**Μοντέλο για την Εκτίμηση Εκπομπών από την Κυκλοφορία Οχημάτων. Η Περίπτωση του Λεκανοπεδίου της Αθήνας**

Τεχν. Χρον. Γ., 1991, Τόμος 11, Τεύχος 3-4

278. Α. Π. Οικονομόπουλος

**Συμμετοχή Πηγών στην Ατμοσφαιρική Ρύπανση της Αθήνας και Επιπτώσεις από την Πολιτική Αυτοκινήτου**

Τεχν. Χρον. Γ., 1989, Τόμος 9, Τεύχος 4

279. Κ. Ν. Πάττας, Π. Γ. Χασιώτης

**Έλεγχος και Συντήρηση των Επιβατηγών Αυτοκινήτων στην Αθήνα σε σχέση με τις Εκπομπές Ρύπων από τα Καυσαέρια**

Τεχν. Χρον. Γ., 1987, Τόμος 7, Τεύχος 3

280. Σ. Ε. Σιμόπουλος

**Μετρήσεις Τεχνικών Μεγεθών**

Β΄ Έκδοση, Αθήνα 1987

281. R.P. Quелlette

**Disposable, Degradable and Recyclable**

"Encyclopedia of Environmental Control Technology"

Volume 5 : Waste Minimization and Recycling

Gulf Publishing Company, Texas 1992, ISBN 0-87201-258-1

282. M. Valenti

**The Early Days of Incineration**

Mechanical Engineering, Vol. 117, No. 5, May 1995

283. G. F. Vajda

**Overcoming Obstacles to Pollution Prevention : An Integrated Approach**

"Encyclopedia of Environmental Control Technology"

Volume 5 : Waste Minimization and Recycling

Gulf Publishing Company, Texas 1992, ISBN 0-87201-258-1

284. W. L. Rathje

**Once and Future Landfills**

National Geographic, Vol. 179, No. 5, May 1991

285. P. N. Cheremissinoff, P. Zahoor

**Paper Recycling**

"Encyclopedia of Environmental Control Technology"

Volume 5 : Waste Minimization and Recycling

Gulf Publishing Company, Texas 1992, ISBN 0-87201-258-1

286. G. L. Crawford

**Methods and Benefits of Steel Can Recycling**

"Encyclopedia of Environmental Control Technology"

Volume 5 : Waste Minimization and Recycling

Gulf Publishing Company, Texas 1992, ISBN 0-87201-258-1

287. Γ. Φραντζής

**Επεξεργασία Στατιστικών Στοιχείων και Οικονομικής Αξιολόγησης του Πειραματικού Σταδίου του Προγράμματος "Διαλογή στην Πηγή"**

Τεχν. Χρον. Γ., 1988, Τόμος 8, Τεύχος 1

288. P. Bajeat, D. Beguin

**Municipal Solid Waste Management : Situation in Europe and necessity of an overall Approach**

"Energy Efficient Technologies for the Treatment of Municipal Solid Waste in Greece and other Balkan Countries"

European Workshop – Proceedings, Athens 3-4 June 1993

289. Α. Σκορδίλης

**Η Ευριστική Μέθοδος στη Στρατηγική Επιλογής για το Σχεδιασμό Διάθεσης των Οικιακών Απορριμμάτων**

Τεχν. Χρον. Γ., 1989, Τόμος 9, Τεύχος 2

290. Ι. Agapitidis

**Overview of the Situation of Solid Urban Wastes in Greece**

"Energy Efficient Technologies for the Treatment of Municipal Solid Waste in Greece and other Balkan Countries"

European Workshop – Proceedings, Athens 3-4 June 1993

291. P. N. Cheremisinoff

**Problems with Plastic Waste**

"Encyclopedia of Environmental Control Technology"

Volume 5 : Waste Minimization and Recycling

Gulf Publishing Company, Texas 1992, ISBN 0-87201-258-1

292. K. Athanasopoulos

**Waste Separation and Composting in Kalamata Town – The Progress of the Project**

“Energy Efficient Technologies for the Treatment of Municipal Solid Waste in Greece and other Balkan Countries”

European Workshop – Proceedings, Athens 3–4 June 1993

293. R. R. V. Yalamanehi, P. N. Cheremisinoff

**Management of Plastics Packaging Waste**

“Encyclopedia of Environmental Control Technology”

Volume 5 : Waste Minimization and Recycling

Gulf Publishing Company, Texas 1992, ISBN 0-87201-258-1

294. Α. Σκορδίλης

**Πολιτική Διαχείρισης Απορριμμάτων Συσκευασίας**

Μηνιαία Τεχνική Επιθεώρηση, Τεύχος 32, Σεπτέμβριος 1994

295. S. Baliko

**Extraction and Reuse of Glass Fiber Polyester Waste**

“Encyclopedia of Environmental Control Technology”

Volume 5 : Waste Minimization and Recycling

Gulf Publishing Company, Texas 1992, ISBN 0-87201-258-1

296.

**Η Ανακύκλωση και τα οργανωμένα Συμφέροντα**

Μηνιαία Τεχνική Επιθεώρηση, Τεύχος 30, Ιούλιος 1994

297. P. N. Cheremisinoff

**Municipal Solid Waste Incineration**

“Encyclopedia of Environmental Control Technology”

Volume 5 : Waste Minimization and Recycling

Gulf Publishing Company, Texas 1992, ISBN 0-87201-258-1

298. A. Schmeller

**Waste Minimization and Recovery Methods in the Kraft Pulping Process for Paper Manufacture**

“Encyclopedia of Environmental Control Technology”

Volume 5 : Waste Minimization and Recycling

Gulf Publishing Company, Texas 1992, ISBN 0-87201-258-1

299.

**Διαχείριση Συσκευασιών και Αποβλήτων Συσκευασιών : Η Τελική Πρόταση της Οδηγίας της ΕΟΚ με τις τροποποιήσεις του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων για τις Συσκευασίες**

Μηνιαία Τεχνική Επιθεώρηση, Τεύχος 34, Νοέμβριος 1994

300. J. J. Thambirajah

**Composting**

"Encyclopedia of Environmental Control Technology"

Volume 5 : Waste Minimization and Recycling

Gulf Publishing Company, Texas 1992, ISBN 0-87201-258-1

301. H. Rausing

**Packaging in Society**

Propack 93 – The Packaging Function : Environmental Issues Today and Tomorrow

Conference Proceedings, 16 – 17 March 1993

302. F. A. Paine

**Laws and Regulations, EEC**

Encyclopedia of Packaging Technology

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

303. Ν. Βασιλάκος

**Εξοικονόμηση Ενέργειας και Περιβαλλοντικά Πλεονεκτήματα από την Ανακύκλωση Αλουμινίου : Υφιστάμενη Κατάσταση και Προοπτικές σε Ευρωπαϊκό Επίπεδο**

Ημερίδα : "Ενεργειακά και Περιβαλλοντικά Θέματα και Τεχνολογίες Ανακύκλωσης Αλουμινίου"

Ευρωπαϊκή Επιτροπή – Γενική Διεύθυνση Ενέργειας (ΓΔ XVII),

Αθήνα, 5 Απριλίου 1994

304.

**Contenu Essentiel de la Proposition de Directive de la Commission relative aux Emballages et aux Dechets d' Emballages**

"Dechets d' Emballages" Communautés Europeennes,

Comite Economique et Social, Bruxelles 1993, CES-93-007-FR

305. J. M. Willer, H. Lauritzen

**Household Waste Management in Denmark**

European Recovery & Recycling Association

Copenhagen, December 1992

306. H. J. Henne

**Waste not Want not**

Chemical Processing Technology International, No. 7, 1995

ISBN 1-85938-038-7

307. P. Fink

**Ecological Profile of Packages**

"Energy in Packaging and Waste"

Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd, 1983, ISBN 0-442-30570-2

308. I. Boustead

**The Physical Basis of Restrictive Legislation**

"Problems in Packaging : The Environmental Issue"

Ellis Horwood Limited/John Wiley & Sons, New York 1984,  
ISBN 0-85312-721-2

309. P. J. Louis

**The Changing World of Packaging**

Packaging Technology International, No. 3, 1995

310. R. Pearson

**The Pressure's on**

Packaging Technology International, No. 2, 1994

311. J. R. Pugh

**Plastic Packaging and the Environment**

Packaging Technology International, No. 2, 1994

312. M. Forsyth

**Compostable Packaging**

Packaging Technology International, No. 3, 1995

313. J. C. D. Fisher

**A Conceptual Framework for a Social Appraisal of the Beverage Container Issue**

"Problems in Packaging : The Environmental Issue"

Ellis Horwood Limited/John Wiley & Sons, New York 1984,  
ISBN 0-85312-721-2

314. H. Schaefer, D. R. Hartmann

**Fundamentals and Methodology of Investigating the Total Energy Consumption for Industrial Products**

"Energy in Packaging and Waste"

Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd, 1983, ISBN 0-442-30570-2

315.

**Compte rendu de l' Audition sur les "Dechets d' Emballage" organisee par la Section de l' Environnement, de la Sante Publique et de la Consommation du Comite Economique et Social, le 16 Decembre 1992 a Bruxelles"**

"Dechets d' Emballages" Communautes Europeennes,

Comite Economique et Social, Bruxelles 1993, CES-93-007-FR

316.

**Avis du Comite Economique et Social sur la "Proposition de directive du Conseil relative aux Emballages et aux Dechets d' Emballages" (doc. COM(92) 278 final - SYN436)**

“Dechets d’ Emballages” Communautés Europeennes,  
Comite Economique et Social, Bruxelles 1993, CES-93-007-FR

317. G. Kirchner

**General Outline of the Aluminium Recycling Situation in the European Industry**

Ημερίδα : “Ενεργειακά και Περιβαλλοντικά Θέματα και Τεχνολογίες Ανακύκλωσης Αλουμινίου”

Ευρωπαϊκή Επιτροπή – Γενική Διεύθυνση Ενέργειας (ΓΔ XVII),

Αθήνα, 5 Απριλίου 1994

318. B. W. Atwood

**Paperboard**

Encyclopedia of Packaging Technology

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

319. C. Parker

**Update on Environmental Legislation**

Propack 93 – The Packaging Function : Environmental Issues Today and Tomorrow

Conference Proceedings, 16 – 17 March 1993

320. O. Lomas

**Costs and Benefits of Environmental Policies : Legal and Commercial Issues**

Propack 93 – The Packaging Function : Environmental Issues Today and Tomorrow

Conference Proceedings, 16 – 17 March 1993

321. E. H. Neumann

**Polyesters, Thermoplastic**

Encyclopedia of Packaging Technology

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

322. M. A. Smith

**Polyethylene, High Density**

Encyclopedia of Packaging Technology

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

323. L. Smith

**Electrotechnologies for Fluxless Melting of Aluminium Scrap**

Ημερίδα : “Ενεργειακά και Περιβαλλοντικά Θέματα και Τεχνολογίες Ανακύκλωσης Αλουμινίου”

Ευρωπαϊκή Επιτροπή – Γενική Διεύθυνση Ενέργειας (ΓΔ XVII),

Αθήνα, 5 Απριλίου 1994



324.

**Compte rendu de Deliberations du Comite Economique et Social sur la "Proposition de directive du Conseil relative aux Emballages et aux Dechets d' Emballages" (doc. COM(92) 278 final – SYN436) – 304eme Session plenier**

"Dechets d' Emballages" Communautés Europeennes, Comite Economique et Social, Bruxelles 1993, CES-93-007-FR

325. I. Wagner

**Energy Accounting for Aluminium**

"Energy in Packaging and Waste"

Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd, 1983, ISBN 0-442-30570-2

326. P. Lieben

**Measures to Promote Reuse or Recycling of Beverage Containers**

"Problems in Packaging : The Environmental Issue"

Ellis Horwood Limited/John Wiley & Sons, New York 1984,

ISBN 0-85312-721-2

327. A. Chapelle

**Plastics : Sinner or Saint ?**

Packaging Technology International, No. 3, 1995

328. N. Russotto

**A Recycling Crisis**

Packaging Technology International, No. 2, 1994

329. L. Trytsman – Gray

**The Career of the Carton**

Packaging Technology International, No. 2, 1994

330. L. C. Cohadon

**Limitations of Energy Consumption and Domestic Waste Production in the field of Beverages**

"Problems in Packaging : The Environmental Issue"

Ellis Horwood Limited/John Wiley & Sons, New York 1984,

ISBN 0-85312-721-2

331. A. Heie, T. Halmoe

**Packaging Materials in Solid Waste as an Energy Resource**

"Energy in Packaging and Waste"

Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd., 1983, ISBN 0-442-30570-2

332. A. H. Wirtz

**Environmental Concerns on One Way Packaging and Aluminium Beverage Can Recycling – A Solution**

Ημερίδα : “Ενεργειακά και Περιβαλλοντικά Θέματα και Τεχνολογίες Ανακύκλωσης Αλουμινίου”

Ευρωπαϊκή Επιτροπή – Γενική Διεύθυνση Ενέργειας (ΓΔ XVII),

Αθήνα, 5 Απριλίου 1994

333. D. N. J. Maraschin

**Polyethylene, Low Density**

Encyclopedia of Packaging Technology

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

334. D. Pearce

**Economic Instruments – A Formula for Environmental Costs**

Propack 93 – The Packaging Function : Environmental Issues Today &

Tomorrow, Conference Proceedings 16–17 March 1993

335. T. Adeena

**A Financial Return on Environmental Policies**

Propack 93 – The Packaging Function : Environmental Issues Today &

Tomorrow, Conference Proceedings 16–17 March 1993

336. D. A. Cocco

**Poly(Vinyl Chloride)**

Encyclopedia of Packaging Technology

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

337. E. Eliasco

**The French Approach : A Shared Responsibility**

Ευρωπαϊκή Ημερίδα με Θέμα : “Ενεργειακά και Περιβαλλοντικά Θέματα και Τεχνολογίες Ανακύκλωσης Αλουμινίου”

Ευρωπαϊκή Επιτροπή – ΓΔ XVII, Αθήνα, 5 Απριλίου 1994

338. I. Boustead

**The Effect of Post-Consumer Recycling on the Energy**

**Requirements of Beverage Container Systems**

“Energy in Packaging and Waste”

Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd., 1983, ISBN 0-442-30570-2

339. T. Sefertzis

**What’s Wrong with Board**

Packaging Technology International, No. 2, 1994

340. K. Kannah, D. K. Bartow

**Raise a Glass to Recyclable**

Packaging Technology International, No. 2, 1994

341. A. V. Bridgwater

**Energy Considerations in Thermal Conversion of Refuse**

“Energy in Packaging and Waste”

Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd., 1983, ISBN 0-442-30570-2

342. A. Σωτηροπούλου – Shaefer

**Η Ευρωπαϊκή Οδηγία για τις Συσκευασίες και τα Απορρίμματα Συσκευασίας**

Ευρωπαϊκή Ημερίδα με Θέμα : “Ενεργειακά και Περιβαλλοντικά Θέματα και Τεχνολογίες Ανακύκλωσης Αλουμινίου”

Ευρωπαϊκή Επιτροπή – ΓΔ XVII, Αθήνα, 5 Απριλίου 1994

343. J. Milgrom

**Recycling**

“Encyclopedia of Packaging Technology”

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

344. C. Swinbank

**Standards and Practices : National and International**

“Encyclopedia of Packaging Technology”

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

345. G. Pre

**Packaging and Environment – Future Developments**

Propack 93 – The Packaging Function : Environmental Issues Today & Tomorrow, Conference Proceedings 16-17 March 1993

346. P. J. Louis

**The Influence of Environmental Legislation on Worldwide Packaging Trends**

Propack 93 – The Packaging Function : Environmental Issues Today & Tomorrow, Conference Proceedings 16-17 March 1993

347. L. L. Clarton

**Bags, Plastic**

“Encyclopedia of Packaging Technology”

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

348. L. F. Swec

**Boxes, Corrugated**

“Encyclopedia of Packaging Technology”

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

349. D. Dermer

**Packaging Perspective : Aluminium**

Packaging Technology International, No. 2, 1994

350. E. O. Kohn

**Cans, Fabrication**

“Encyclopedia of Packaging Technology”

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

351. G. Reingold

**Cans, Steel**

"Encyclopedia of Packaging Technology"

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

352. F. A. Paine

**Paper and Board – Making**

"The Packaging Media"

Blackie & Son Ltd, ISBN 0216-90191-X

353. F. A. Paine

**Principles of Packaging**

"Fundamentals of Packaging"

Blackie & Son Limited, Brooksode Press Ltd, Leicester

354. S. Sacharow, R. C. Griffin

**Food Packaging**

The AVI Publishing Company, Inc., SBN 87055-070-5

355. Σ. Ζαφείρης, Β. Καρατζάς, Π. Μόττης, Δ. Σωμερίδης, Μ. Κούκιος

**Εξελίξεις και Προοπτικές στην Ελληνική Χαρτοβιομηχανία**

Διήμερη Συνάντηση για την Ελληνική Χατοβιομηχανία,

Π.Σ.Χ.Μ., Ο.Ο.Α.Ε., Αθήνα 4-5 Μαΐου 1987

356. J. Marinelli

**Packaging : What is environment – friendly Packaging ?**

**We're just beginning to find out**

Garbage, May / June 1990

357. P. Leger

**La Politique des Dechets Menagers en Belgique**

ERRA, Bruxelles, Juin 1993

358. F. Lehner et al.

**The Future of Industry in Europe (FINE Project)**

Synthesis Report by IAT

MONITOR – FAST DOSSIER, Theme A : Research Coordinator in Charge

Werner Wobbe

Commission of the European Communities, Brussels, September 1993

359. F. A. Paine

**Metal Packaging – The Basic Materials**

"The Packaging Media"

Blackie & Son Ltd, ISBN 0216-90191-X

360. J. Hanworth

**Packaging, Marketing and Advertising**

"Fundamentals of Packaging"  
Blackie & Son Limited, Brooksode Press Ltd, Leicester

361. Μ. Κούκιος

**Η Σημασία της Τεχνολογικής Εξέλιξης στην Έξοδο της Ελληνικής Χαρτοβιομηχανίας από την Κρίση**

Διήμερη Συνάντηση για την Ελληνική Χατοβιομηχανία,  
Π.Σ.Χ.Μ., Ο.Ο.Α.Ε., Αθήνα 4-5 Μαΐου 1987

362. J. Donnelly

**Degradable Plastics : Are true a Delusion, a Solution or a downright Hoax ?**

Garbage, May/June 1990

363. D. W. Price

**Metal Cans**

"The Packaging Media"  
Blackie & Son Ltd, ISBN 0216-90191-X

364. G. S. Baker

**Economics of Packaging**

"Fundamentals of Packaging"  
Blackie & Son Limited, Brooksode Press Ltd, Leicester

365. Ν. Κουτσούκος

**Η Παραγωγή Χαρτιού Συσκευασίας από Παλαιόχαρτα**

Διήμερη Συνάντηση για την Ελληνική Χατοβιομηχανία,  
Π.Σ.Χ.Μ., Ο.Ο.Α.Ε., Αθήνα 4-5 Μαΐου 1987

366. Α. Σκορδίλης

**Ανακύκλωση Χαρτιού - Δυνατότητες και Προοπτικές στην Ελλάδα**

Διήμερη Συνάντηση για την Ελληνική Χατοβιομηχανία,  
Π.Σ.Χ.Μ., Ο.Ο.Α.Ε., Αθήνα 4-5 Μαΐου 1987

367. C. Weeden

**Glass Containers**

"The Packaging Media"  
Blackie & Son Ltd, ISBN 0216-90191-X

368. Γ. Ράλλης

**Σκοπιμότητα Ανάκτησης Χαρτιού από το Δήμο Βουλιαγμένης**

Διήμερη Συνάντηση για την Ελληνική Χαρτοβιομηχανία  
Π.Σ.Χ.Μ. και Ο.Ο.Α.Ε., Αθήνα 4-5 Μαΐου 1987

369. Γ. Φραντζής

**Πρόγραμμα Διαλογής των Απορριμμάτων στην Πηγή τους.  
Ανακύκλωση Χαρτιού**

Διήμερη Συνάντηση για την Ελληνική Χαρτοβιομηχανία  
Π.Σ.Χ.Μ. και Ο.Ο.Α.Ε., Αθήνα 4-5 Μαΐου 1987

370. J. H. Briston

**Moulded Plastics Containers**

"The Packaging Media"

Blackie & Son Ltd, ISBN 0216-90191-X

371. Μ. Σαμπατακάκης

**Διαχείριση Αποβλήτων (υγρά - αέρια) Βιομηχανιών Χαρτοποίησης  
και Χαρτοπολτού**

Διήμερη Συνάντηση για την Ελληνική Χαρτοβιομηχανία  
Π.Σ.Χ.Μ. και Ο.Ο.Α.Ε., Αθήνα 4-5 Μαΐου 1987

372. Σ. Ευθυμίου

**Τεχνολογία Πολτού και Χάρτου - Έρευνα και Αναλύσεις**

Θεσσαλική Α.Ε., 1987

373. Χ. Παναγιωτόπουλος

**Πλαστικό και Συσκευασία**

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ, Ετήσιος Οδηγός 1995, ISBN 1106-501-X

374. Μ. Αλεξάκη, Ι. Αγαπητίδης

**Η Διαχείριση των Απορριμμάτων στην Ελληνική Περιφέρεια -  
Οδηγός για τους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης**

Ελληνική Εταιρεία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης  
Β' Έκδοση, Νοέμβριος 1991

375. J. Bickerstaffe, E. Barrett

**Packaging's Role in Society**

Packaging in the Environment

Blackie Academic & Professional, 1993, ISBN 0-7514-0091-2

376. Περίληψη Κλαδικής Έκθεσης Ι.Ο.Β.Ε.

**Σύνθετη Χάρτινη Συσκευασία**

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ, Ετήσιος Οδηγός 1994

377. L. Roth

**Packaging Design - An Introduction**

Van Nostrand Reinhold, New York 1990, ISBN 0-442-31863-4

378. G. Williamson

**Review of Environmental Legislation - The European Community**

Packaging in the Environment

Blackie Academic & Professional, 1993, ISBN 0-7514-0091-2

379. J. Heckman, J. Foley

**Review of Environmental Legislation – North America**

Packaging in the Environment

Blackie Academic & Professional, 1993, ISBN 0-7514-0091-2

380. Περίληψη Κλαδικής Έκθεσης Ι.Ο.Β.Ε.

**Ανακύκλωση των Υλικών Συσκευασίας**

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ, Ετήσιος Οδηγός 1995, ISBN 1106-501-X

381. Ο.Ο.Σ.Α.

**Οικιακά Απορρίμματα (Επιλεκτική Συλλογή και Ανακύκλωση)**

ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα 1986

382. A. Marsden

**The Challenge of Domestic Waste Disposal**

“Packaging in the Environment”

Blackie Academic & Professional, 1993, ISBN 0-7514-0091-2

383. Περίληψη Κλαδικής Έκθεσης Ι.Ο.Β.Ε.

**Συσκευασία και Οικονομική Ανάπτυξη**

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ, Ετήσιος Οδηγός 1994

384. Χ. Εγγονόπουλος

**Λευκοσιδηρά Δοχεία Κονσερβών**

ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα 1985

385. J. Fonteyne

**Packaging Material Recovery and Recycling**

“Packaging in the Environment”

Blackie Academic & Professional, 1993, ISBN 0-7514-0091-2

386. Χ. Παναγιωτόπουλος

**Ελληνική Βιομηχανία Πλαστικών – Προβλήματα και Προοπτικές**

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ, Ετήσιος Οδηγός 1994

387. E. Johnson

**Worldwide Environmental Contrasts – Europe**

“Packaging in the Environment”

Blackie Academic & Professional, 1993, ISBN 0-7514-0091-2

388. Α. Σκορδίλης

**Εισαγωγή στην Επεξεργασία των Απορριμμάτων. Μηχανική Διαλογή**

Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδος, ISBN 960-7018-10-9

389. E. Morgan

**Tinplate and Modern Canmaking Technology**

Pergamon Press 1985, ISBN 0-08-028681-X

390. C. Robson

**Επιπτώσεις της Περιβαλλοντικής Νομοθεσίας στο Διεθνές Εμπόριο  
Συσκευασμένων Προϊόντων**

Χημικά Χρονικά, Τόμος 57, Τεύχος 5, Μάιος 1995

391. Eurostat – DG III – Industrial Affairs

**Panorama of EC Industry 1993**

Commission of the European Communities,  
CO-76-92-625-EN-C

392. M. C. Goronsky, W. W. Eckenfelder, E. Froelich

**Waste Water : A Guide to Industrial Pretreatment**

Chemical Engineering, Vol. 99, No. 6, June 1992

393. Aluminium – Zentrale e.V.

**Aluminium am Bau – Technisch und oekologisch Sinnvoll**

Beratung und Information, Duesseldorf

394. Aluminium – Zentrale e.V.

**Aluminium – Verkehr – Umwelt**

Beratung und Information, Duesseldorf

395. Α. Αβούρη, Β. Δαουλτζή, Ρ. Περαντωνάκη, Ε. Γρηγοροπούλου

**Η Νομοθεσία της Χώρας μας για το Φυσικό Περιβάλλον**

Μηνιαία Τεχνική Επιθεώρηση, Τεύχος 27, Απρίλιος 1994

396. M. B. Hocking

**Paper versus Polystyrene : A Complex Choise**

Science, 1st Febr. 1991

397. C. Hendrickson, L. Lave, F. Mc Michael

**Time to Dump Recycling**

Issues in Science & Technology, Vol. XI, No. 3, Spring 1995

398. Γ. Π. Νέζης

**Ινστιτούτο Συσκευασίας του Ο.Π.Ε. – Ο Ρόλος του στην  
Οικονομική Ζωή της Χώρας**

Χημικά Χρονικά, Τόμος 57, Τεύχος 4, Απρίλιος 1995

399. Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων

**Η Ρύπανση δεν γνωρίζει Σύνορα**

Ευρωπαϊκά Θέματα, CC-60-91-466-GR-C



400. F. Cairncross

**Costing the Earth**

The Economist Books (Business Books) UK 1991, ISBN 0-09-174918-2

401. Μ. Λιδωρίκης

**Ανακύκλωση – Ένα Πρόγραμμα της Ελληνικής Ένωσης Αλουμινίου**

Χημικά Χρονικά, Τόμος 56, Τεύχος 11, Νοέμβριος 1994

402. Κ. Κατσαρός

**Ο Κλάδος της Ελάσεως**

Χημικά Χρονικά, Τόμος 56, Τεύχος 11, Νοέμβριος 1994

403. Direction des Industries et Services

**Le Carnet d'Adresses Europeen de l'Emballage**

Centre Francais du Commerce Exterieur, Novembre 1992

404. Δ. Οικονόμου

**Η Ελληνική Βιομηχανία Αλουμινίου**

Χημικά Χρονικά, Τόμος 56, Τεύχος 10, Οκτώβριος 1994

405.

**Ανακύκλωση Πλαστικών : Μία Επιχείρηση με Μέλλον**

Πλαστικά Χρονικά, Τεύχος 100, Μάιος – Ιούνιος 1994

406. W. Fish

**The Afterlife of Solid Wastes : Managing a Postclosure Landfill**

Environmental Science & Technology

ES&T Environmental Buyer's Guide Edition, September 1993

407. Σ. Α. Ρέκκας

**Ενεργειακή Αξιοποίηση Απορριμμάτων ΟΤΑ Θεσσαλονίκης**

10ο Πανελ. Συνέδριο Χημείας, Πάτρα 2-7 Δεκεμβρίου 1985

Πρακτικά Συνεδρίου – Τόμος Β

408. Ν. Σ. Παπαδόπουλος

**Ανακύκλωση Γυαλιού στην Ευρώπη**

Χημικά Χρονικά – Γενική Έκδοση, Τόμος 55, Τεύχος 11, Δεκέμβριος 1993

409. P. Sachet

**Le Verre s'oxygene**

ALIZE, No. 38, Juillet 1994

410. Ο. Κυριακόπουλος

**Ο Κλάδος Εξόρυξης Βωξίτη**

Χημικά Χρονικά, Τόμος 56, Τεύχος 10, Οκτώβριος 1994

411. Ι. Μαθιουδάκη

**Νομοθεσία, Έλεγχος Υλικών Συσκευασίας και Αντικειμένων που έρχονται σε Επαφή με τα Τρόφιμα**

Ενημερωτικό Δελτίο Πανελληνίου Συλλόγου Χημικών Βιομηχανίας,  
Τεύχος 11, Ιανουάριος – Μάιος 1993

412. Γ. Γαδ

**Το Πρόβλημα της Μετανάστευσης Ουσιών από τα Υλικά Συσκευασίας στα Τρόφιμα και Νομοθετική Αντιμετώπιση του από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα**

Χημικά Χρονικά, Τόμος 53, Τεύχος 1, Ιανουάριος 1991

413. Ν. Βακιρτζή

**Εισαγωγή στη Συσκευασία**

Ενημερωτικό Δελτίο Πανελληνίου Συλλόγου Χημικών Βιομηχανίας,  
Τεύχος 11, Ιανουάριος – Μάιος 1993

414. Ν. Βακάλης

**Μεταλλικές Συσκευασίες**

Ενημερωτικό Δελτίο Πανελληνίου Συλλόγου Χημικών Βιομηχανίας,  
Τεύχος 11, Ιανουάριος – Μάιος 1993

415. Ν. Παπαδόπουλος

**Ανακύκλωση Γυαλιού**

Χημικά Χρονικά – Γενική Έκδοση, Τόμος 55, Τεύχος 10, Οκτώβριος 1993

416. Ν. Γ. Καρακασίδης

**Ανακύκλωση**

Ενημερωτικό Δελτίο Πανελληνίου Συλλόγου Χημικών Βιομηχανίας,  
Τεύχος 11, Ιανουάριος – Μάιος 1993

417. Official Journal of the European Communities

**Council Resolution of 7 May 1990 on Waste Policy (90/C 122/02)**

No. C 122/2, 18.5.90

418. Ν. Λαγωνίκας

**Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων**

Χημικά Χρονικά – Γενική Έκδοση, Τόμος 56, Τεύχος 7, Ιούλιος 1994

419. Commission of the European Communities

**Communication from the Commission to the Council and to Parliament : A Community Strategy for Waste Management**

SEC (89) 934 FINAL, Brussels, 18 September 1989

420. Ν. Σ. Παπαδόπουλος

**Γυάλινη Συσκευασία**

Ενημερωτικό Δελτίο Πανελληνίου Συλλόγου Χημικών Βιομηχανίας,

Τεύχος 11, Ιανουάριος – Μάιος 1993

421. European Union / The European Parliament / The Council  
**Directive 94/EC of the European Parliament and of the Council on Packaging and Packaging Waste**

PE – CONS 3627/94, 0436 (COD), Brussels, 5 December 1994

422. Γ. Μπάστας

**Πρόταση Οδηγίας του Συμβουλίου περί των Συσκευασιών και των Αποβλήτων Συσκευασιών**

Ενημερωτικό Δελτίο Πανελληνίου Συλλόγου Χημικών Βιομηχανίας,

Τεύχος 11, Ιανουάριος – Μάιος 1993

423. Departments of the Army, the Navy and the Air Force, and the Defense Supply Agency

**Preservation and Packaging**

Pam 740-1-1, NAVSANDA P-442, AFP 71-1-4, MCO P-4030.23,

DSAM 4145.5, Washington, D.C.

424. Phillip Townsend Associates, Inc.

**Recycled Plastics in Packaging**

Prospectus for a Multiclient Study completed August 1992

425. T. Krantz

**Worldwide Pulp and Paper Market Tendencies**

Pulp and Paper Symposium, Stockholm – 23rd to 24rd of May 1988

426. Ν. Γ. Καρακασίδης

**Συσκευασία και Περιβάλλον**

Εκδόσεις ΙΩΝ, Περιστέρι 1991, ISBN 960-405-296-9

427. Elf Atochem

**Matieres Plastiques : Reponses aux Evolutions de la Societe Contemporaine**

Paris, Octobre 1992, No. 1660 F / 10.92 / 30

428. European Centre for Plastics in the Environment

**Plastics Packaging : Friend or Enemy ?**

APME

429. European Centre for Plastics in the Environment

**Plastics – Resource – Optimisation : The Environmental Balance**

APME Factsheet

430. T. W. Moffit

**Plastics Recycling**

British Plastics Federation, November 1992

431. British Plastics Federation  
**EPS and the Environment**  
BPF, London, Spring 1992

432. The Industry Council for Packaging and the Environment  
**PVC in Packaging**  
INCPEN Factsheet, London, 5/90

433. Steel Can Recycling Information Bureau  
**Steel Can Recycling – The Facts**  
Information Fact Sheet 1

434. APME  
**Valorisation Chimique**  
Syndicat des Producteurs de Matieres Plastiques

435.  
**Weißblech : Packstoff – Werkstoff – Wertstoff**  
Informations Zentrum e.V. – Verband Metallverpackungen e.V.

436. British Plastics Federation  
**Plastics in our Lives : Some Environmental and Safety Aspects of  
Plastics Packaging with special Reference to PVC**  
BPF PIFA, London, Summer 1992

437. C. J. Williamson  
**The Costs Barriers to Plastics Recycling**  
Cookson Plastics Ltd, November 1992

438. The Industry Council for Packaging and the Environment  
**Waste Management**  
INCPEN Factsheet, London, 4/91

439. Steel Can Recycling Information Bureau  
**Magnetic Extraction**  
Information Fact Sheet 4

440. APME  
**Recyclage Matiere**  
Syndicat des Producteurs de Matieres Plastiques

441.  
**La Veille Reglementaire**  
Les Notes Vertes, No. 2, Juin 1993

442. Syndicat des Films Plastiques  
**Films et Sacs**

SFP, Paris, 11/92

443. British Plastics Federation

**Packaging**

BPF, London

444. The Industry Council for Packaging and the Environment

**Degradable Packaging**

INCPEN Factsheet, London, 2/91

445. EuPC

**Statistics – European Plastics Converting Industry (Compared with Japan and the USA 1987 – 1991)**

European Plastics Converters

446. M. Voelz

**Weißblech und Lebensmittel**

Informations Zentrum Weißblech e.V.

447. APME

**Les Dechets Plastiques Source d'Énergie**

Syndicat des Producteurs de Matieres Plastiques

448. APME

**Reduction de la Source et Reutilization**

Syndicat des Producteurs de Matieres Plastiques

449. The Industry Council for Packaging and the Environment

**Reusable Packaging**

INCPEN Factsheet, London, 2/93

450. British Plastics Federation

**Plastics Waste – A Source of Useful Energy**

BPF – PIFA, London, Autumn 1992

451. The Industry Council for Packaging and the Environment

**Packaging Symbols**

INCPEN Factsheet

452. SPMP/GIE INFOPLAST

**Matieres Plastiques – Quelques Chiffres**

Syndicat des Producteurs de Matieres Plastiques

453. M. Ζιώγας

**Νέες Τεχνολογίες για τη Διαχείριση των Οικιακών Απορριμμάτων στο Νομό Αττικής**

Τεχνικά Χρονικά, No. 2/92, Μάρτιος – Απρίλιος 1992

454. Α Σκορδίλης

**Συσκευασία και Περιβάλλον**

Τεχνικά Χρονικά, Νο. 4/92, Ιούλιος – Αύγουστος 1992

455.

**Weißblech und Umwelt : Fragen und Antworten**

Informations Zentrum Weißblech e.V., Januar 1991

456. M. Lefarth, J. – M. Willer

**Household Waste in Europe – Economic Instruments in Household Waste Management**

Working Document, Copenhagen 16/O3/93

Study for the European Recovery & Recycling Association

457. INCPEN

**Packaging saves Energy**

General Publication, 1991

458. Organisation de Cooperation et de Developpement Economique

**La Pollution due a l'Industrie des Pates et Papier – Situation Actuelle et Tendances**

Paris, ISBN 92-64-21117-9

459. INCPEN

**Packaging and Resources : Protecting Products, Reducing Waste**

LG 390, London, 1989

460. N. Sanhen

**Information ueber den Wertstoff Aluminium**

Aluminium Zentrale e.V. Duesseldorf

461.

**Verpacken mit Aluminium**

Aluminium Zentrale e.V. Duesseldorf

462. E. A. Leonard

**Economics of Packaging**

Encyclopedia of Packaging Technology

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

463. J. F. Thomson

**Recycling**

INCPEN, Working Party on Solid Waste and Recycling, London May 1992

464. J. –P. de Leivis

**Les Emballages Actifs, Nouvelle Approche pour ameliorer la Preservation des Qualites des Allments Conditionnes**

La Lettre Scientifique de l'Institut Francais pour la Nutrition,  
No. 28, Avril 1994

465.

**The Recovery, Processing and Economics of Waste Paper**

The British Waste Paper Association

466. N. T. Huff

**Glass Container Manufacturing**

"Encyclopedia of Packaging Technology"

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

467. The Can Makers

**The Can Makers Update**

No. 9, London March 1993

468. J. Butcher

**Packaging saves Waste**

INCPEN, General Publication, 1987

469. R. Davis

**Packaging Policy Options**

INCPEN Discussion Paper, October 1989

470. British Glass

**What happens next ? The Story of Glass Recycling**

Sheffield, 3/93

471.

**European Glass Recycling : 1991**

Glass Gazette, No. 18, September 1992

472. Steel Can Recycling Institute

**A Comprehensive Guide to Steel Can Recycling through  
Curbside Collection**

Pennsylvania, Summer 1990

473. INCPEN

**The Influence of the Super-Market on Food Packaging**

Discussion Paper, No. 2

474. APME

**Energy from Plastics Waste : A Fuel for the Future**

Association of Plastics Manufacturers in Europe, 3008 / GB

475. ΘΕΣΣΑΛΙΚΗ Α.Ε.

**Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Τύπου Α) από**

**τη Λειτουργία των Εργοστασίων Πολτού και Χάρτου  
της Θεσσαλικής Α.Ε.**  
Λάρισα, Μάρτιος 1986

476. Δ. Χάστας  
**Ετήσια Στατιστικά Στοιχεία Περισυλλογής και Απόρριψης  
Απορριμμάτων περιόδου από 1 Ιανουαρίου έως 31 Δεκεμβρίου 1995**  
Δήμος Πειραιά – Διεύθυνση Καθαριότητας, 17 Μαρτίου 1995

477. Χ. Ζιώγας  
**Στερεά Απόβλητα που απορρίπτονται ετησίως στο Χ. Δ.  
Απορριμμάτων των Α. Λιουσίων**  
ΕΣΔΚΝΑ, 4/5/95

478. Μ. Ζιώγας  
**Μηχανική Αποκομιδή Οικιακών Απορριμμάτων Δήμου Ηλιούπολης**  
Δήμος Ηλιούπολης, Ιούλιος 1994

479. Κ. Σύψας  
**Η Ενεργειακή Διάσταση στην Ανακύκλωση και τη Διαχείριση  
Στερεών Αποβλήτων. Το Πρόγραμμα του ΕΣΔΚΝΑ**  
Ημερίδα ΚΑΠΕ με θέμα : "Η Αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας  
Τεχνολογιών στην Ελληνική Περιφέρεια"  
Ιωάννινα, 4 Νοεμβρίου 1994

480. ETSU  
**L'Europe, Premier Continent Verrier**  
L'Industrie Ceramique, No. 878, 1/93

481. AL / D.P.P.A.  
**Industrie du Verre**  
Etude, Juin 1988

482. European Parliament – Directorate General for Research  
**Directory of the most important Community Legislative Measures  
in Environment Policy**  
Working Document  
Environment, Public Health and Consumer Protection Series  
W – 13, 4 – 1995

483. G. Maeyaert  
**Situation of the EC Glass Industry – Summary**  
L'Industrie Ceramique, No. 878, 1/93

484. Σ. Παπαγρηγορίου  
**Ειδικά Θέματα Θεσμών και Νομοθεσίας Περιβάλλοντος  
στην Ελλάδα**



Συνέδριο Σ.Ε.Β. : "Environmental Leadership – Business Strategies and Implementation", Αθήνα, 18/5/94

485. Α. Στασινόπουλος

**Η Οικολογική Συσκευασία στη Στρατηγική του Marketing Καταναλωτικών Προϊόντων**

Συνέδριο Σ.Ε.Β. : "Environmental Leadership – Business Strategies and Implementation", Αθήνα, 18/5/94

486. The Industry Council for Packaging and the Environment

**Dioxins**

INCPEN Factsheet, London, 2/93

487. Parlement Europeen – Direction Generale des Etudes

**Jurisprudence de la Cour de Justice des Communautés Europeennes dans le domaine de l'Environnement**

Document de Travail – Serie Environnement, Sante Publique et Protection des Consommateurs, W-9, Aout 1994

488. Commission Europeene – D.G. XII

**La Politique Communautaire de Recherche et Developpement Technologique**

Luxembourg 1994, Rapport EUR 15637 FR

489. Commission Europeene – D.G. XII

**L' Environnement : Un Enjeu majeur pour la R & D Europeenne**

Luxembourg 1994, Rapport EUR 15882 FR

490. Parlement Europeen – Direction Generale des Etudes

**Politiques de l'Environnement – Activites de la Commission de l'Environnement, de la Sante Publique et de la Protection des Consommateurs 1989 – 1994**

Document de Travail – Serie Environnement, Sante Publique et Protection des Consommateurs, W-6, Fevrier 1994

491. P. Bourdeau, A. Sors

**Environmental Policy and Environmental Research of the European Community : Achievements and Perspectives**

"2nd Symposium on Environment and Health Research in the Countries of the European Communities and of the USSR"

Moscow, 14 – 17 October 1991

492. S. L. Jackson

**Certification of Environmental Management Systems – ISO 9000 and Competitive Advantage**

Environmental TQM

Mc Graw-Hill, Inc./Executive Enterprises Publications Co., Inc.

New York 1994, ISBN 0-07-019844-6

493. T. Lent, R. P. Wells

**Corporate Environmental Management Survey shows shift from Compliance to Strategy**

Environmental TQM

Mc Graw-Hill, Inc./Executive Enterprises Publications Co., Inc.

New York 1994, ISBN 0-07-019844-6

494. Χ. Τσιτούρης, Α. Σίσκος, Π. Σίσκος

**Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων κατά τη Διάρκεια του Κύκλου Ζωής των Βιομηχανικών Προϊόντων**

Χημικά Χρονικά, Τόμος 57, Τεύχος 5, Μάιος 1995

495. Δ. Ε. Κοδοσάκης

**Διαχείριση Φυσικών Πόρων και Ενέργειας**

Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς 1992

496. M. Begon, J. L. Harper, C. R. Townsend

**Ecology – Individuals, Populations and Communities**

Blackwell Scientific Publications, 1990, ISBN 0-632-02344-9

497. Commission of the European Communities – D.G. XI

**European Union Eco-Label Award Scheme – Information for Applicants**

6 / 94

498. Commission of the European Communities – D.G. XI

**How Eco-Labeling Scheme works**

Commission Information on Eco-Labeling, January 1993

499. Commission of the European Communities – D.G. XI

**Adoption of Eco-Labeling Decisions on Washing Machines and Dishwashers**

Commission Information on Eco-Labeling, Issue No. 3, July 1993

500. Commission of the European Communities – D.G. XI

**Measures taken to Ensure the Effective Functioning of the Eco-Labeling Scheme**

Commission Information on Eco-Labeling, Issue No. 5, March 1994

501. Commission of the European Communities – D.G. XI

**Procedural Guidelines for the Establishment of Product Groups and Ecological Criteria**

Commission Information on Eco-Labeling, Issue No. 6, June 1994

502. Commission of the European Communities – D.G. XI

**Information Meeting on the EU Eco-Label Award Scheme**

Commission Information on Eco-Labeling, Issue No. 7, September 1994

503. B. Bahner

**Life-Cycle Design Key to Industry Future**

ASME NEWS, Vol. 15, No. 2, June 1995

504. J. G. Falcioni

**Technology for a Sustainable Future**

Mechanical Engineering, Vol. 117, No. 6, June 1995

505. W. Coddington

**Environmental Marketing : Positive Strategies for Reaching the Green Consumer**

Mc-Graw Hill 1993, ISBN 0-07-011599-0

506. Ross Hume Hall

**Health and the Global Environment**

Policy Press, UK 1990, ISBN 0-7456-0559-1

507. C. J. Favre

**ISO Standardization concerning Quality and Environmental Management**

Συνέδριο Σ.Ε.Β. : "Environmental Leadership – Business Strategies and Implementation", Αθήνα, 18/5/94

508. J. J. Breen, M J. Dellarco

**Pollution Prevention : The new Environmental Ethic**

ACS Symposium "Pollution Prevention in Industrial Processes – The Role of Process Analytical Chemistry"

American Chemical Society, Washington, D.C. 1992, ISBN 0-1412-2478-1

509. Κ. Ν. Δερβιτσιώτης

**Διοίκηση Παραγωγής για Μεγαλύτερη Ανταγωνιστικότητα**

Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς 1991

510. Σ. Κ. Καρβούνης

**Μεθοδολογία Εκπονήσεως Οικονομοτεχνικών Μελετών**

Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς 1991

511. Σ. Κ. Καρβούνης

**Οδηγός για καλύτερες Οικονομοτεχνικές Μελέτες**

Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα – Πειραιάς 1993

512. Σ. Κ. Καρβούνης

**Διαχείριση Τεχνολογίας και Καινοτομίας**

Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα – Πειραιάς 1995

513. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων  
**Κανονισμός (ΕΟΚ) αριθ. 880/92 του Συμβουλίου της 23ης  
 Μαρτίου 1992 σχετικά με Κοινοτικό Σύστημα Απονομής  
 Οικολογικού Σήματος**

Αριθ. L 99 / 11.4.92

514. Hellenic Society for the Protection of the Environment and the  
 Cultural Heritage

**The State of the Greek Environment**

European Environmental Yearbook

Institute for Environmental Studies, Milan 1991, Reprint for Greece

515. Ν. Κουμούτσος, Δ. Χατζηγιώσήφ – Διακουλάκη

**Υλικά Συσσκευασίας – Ενεργειακό Κόστος και Εγχώρια Ενεργειακή  
 Κατανάλωση κατά την Παραγωγή και Ανακύκλωση τους**

“Εξοικονόμηση Ενέργειας στη Βιομηχανία”, Τ.Ε.Ε., Αθήνα 1987

516. Κ. Κατσαρός, Ν. Ρούσσος

**Κατανάλωση Ενέργειας στις Διεργασίες των Βιομηχανιών  
 Εμφιάλωσης και Κονσερβοποιίας**

Διπλωματική Εργασία

Α.Π.Θ. – Πολυτεχνική Σχολή – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Θεσσαλονίκη 1989

517. Μ. Φλεριανού

**Εμφιάλωση των Οίνων – Υλικά Συσσκευασίας**

Εν. Δελτίο Πανελ. Συλ. Χημικών Βιομηχανίας

Τεύχος 11, Ιανουάριος – Μάιος 1993

518. C. Irwin

**Blow – Molding**

“Encyclopedia of Packaging Technology”

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

519. A. Kuhn

**Injection – Molding**

“Encyclopedia of Packaging Technology”

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

520. J. A. Gibbons

**Extrusion**

“Encyclopedia of Packaging Technology”

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

521. Ε. Καμπούρης  
**Τεχνολογία Πολυμερών – Τόμος Ι : Τεχνολογίες Πολυμερισμού**  
Β΄ Έκδοση – Αθήνα 1978

522. G. G. Hawley  
**The Condensed Chemical Dictionary**  
Ninth Edition  
Van Nostrand Reinhold, ISBN 0-442-23240-3

523. F. W. Billmeyer, jr.  
**Textbook of Polymer Science**  
Third Edition  
A Wiley – Interscience Publication – John Wiley & Sons  
New York 1984, ISBN 0-471-82834-3

524. R. J. Baird, D. T. Baird  
**Industrial Plastics**  
The Googheart – Willcox Company, Inc., Illinois 1982  
ISBN 0-87006-402-9

525. Δ. Καρσαμπά  
**Εμφιαλωμένο Νερό – Κλαδική Έκθεση**  
I.O.B.E., Δεκέμβριος 1994, Αριθμός 120

526. Γ. Βαμβούκας  
**Γυάλινη Συσκευασία – Κλαδική Έκθεση**  
I.O.B.E. 1987, Αριθμός 58

527. Γ. Βαμβούκας, Δ. Καρσαμπά  
**Η Αγορά των Υλικών Συσκευασίας – Κλαδική Έκθεση**  
I.O.B.E. 1991, Αριθμός 94

528. ICAP Hellas  
**Ελληνικός Οικονομικός Οδηγός – Τόμος Ι : Βιομηχανία**  
3η Έκδοση, 1995

529. W. J. Moore  
**Basic Physical Chemistry**  
Prentice – Hall International  
U.S.A. 1983, ISBN 0-13-057703-0

530.  
**Bottled Water Market Flows Smoothly**  
European Business, No. 5 – October 1994

531. Θ. Λέκκας, Χ. Μακρή, Ι. Ραζής, Α. Φίλη  
**Πρώτα Αποτελέσματα από το Έργο Ανακύκλωσης στους Δήμους  
Αμαρουσίου και Βριλησσιών**  
Τεχνικά, Τεύχος ΙΙΙ, Δεκέμβριος 1995

532. Σ. Κ. Καρβούνης  
**Συστήματα Τεχνολογίας  
Παραγωγή – Κατασκευές – Επικοινωνίες – Μεταφορές**  
Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα – Πειραιάς 1996  
ISBN 960-351-067-X

533. G. Earl, T. Moilanen  
**A Practical Model for Economic Evaluation of Environmental  
Investment**  
Chemical Technology Europe, Vol. 2, No. 5, September / October 1995

534. Π. Σ. Κόλλιας  
**Μέθοδοι Διάθεσης Απορριμμάτων**  
Βιομηχανία – Περιβάλλον, Τεύχος 6, Μάιος – Ιούλιος 1995

535. Μ. Ζιώγας  
**Το Πρόγραμμα Ανακύκλωσης του ΕΣΔΚΝΑ – Εμπειρία και  
Συμπεράσματα**  
Βιομηχανία – Περιβάλλον, Τεύχος 6, Μάιος – Ιούλιος 1995

536. L. Fortune  
**Changing Public Perceptions**  
The Pen, Issue 6, Autumn 1995

537. B. Critterden  
**Environmental Life-Cycle Analysis : A Tool for Waste Minimisation**  
Environ. Prot. Bull., No. 32, September 1994

538. B. P. Weidema, K. Christiansen  
**A Contribution to the Standardization of Product Life-Cycle  
Assessments**  
Integr. Environ. Manage., No. 28, April 1994

539. Κ. Β. Παπακωνσταντίνου  
**Διυλιστήρια : Μια Συνολική Προσέγγιση πάνω στα Περιβαλλοντικά  
Θέματα**  
Συνέδριο Σ.Ε.Β. : "Environmental Leadership – Business Strategies and  
Implementation", Αθήνα, 18/5/94

540. British Gas plc.  
**Gas and the Environment**  
British Gas Corporate Affairs Directorate, Cat. No. 40

541. D. Brownstone, C. Lave

**Transportation Energy Use**

"The Environment Oil", Kluwer Academic Publishers, U.S.A. 1993,  
ISBN 0-7923-9287-6

542. Χ. Μαυρίδης

**Οι Επιπτώσεις από την Κίνηση των Φορτηγών στο Ελληνικό  
Οδικό Δίκτυο**

Διπλωματική Εργασία

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ιούνιος 1985

543. ΕΣΥΕ

**Στατιστικές Περιβάλλοντος Έτους 1991 (Με Συγκριτικά Στοιχεία  
Έτους 1990)**

Αθήνα 1994, ISSN 1106-1553

544. Ι. Φραντζής

**Επιλογή Χώρων Διάθεσης Απορριμμάτων**

Βιομηχανία - Περιβάλλον, Τεύχος 6, Μάιος - Ιούλιος 1995

545. Υπουργική Απόφαση Αριθ. 15549/83

**Περί των Όρων Διάθεσης Λυμάτων και Υγρών Βιομηχανικών  
Αποβλήτων σε Φυσικούς Αποδέκτες και Καθορισμός των  
Ανωτάτων Επιτρεπτών Ορίων Ρυπαντών**

11 Ιουλίου 1983

546. M. R. Spiegel

**Mathematical Handbook of Formulas and Tables**

Schaum's Outline Series, Mc-Graw Hill, Inc. 1968, 60224

547. European Commission

**Techno-Economic Study on the Reduction Measures, based on  
Best Available Technologies, of Water Discharges and Waste  
Generation from the Primary and Secondary Iron and Steel Industry**

Final Report - 1 September 1993

Brussels - Luxembourg 1995, CR-92-95-998-EN-C, ISBN 92-827-5579-7

548. R. B. Seymour

**Additives, Plastics**

"Encyclopedia of Packaging Technology"

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

549. Bundesanzeiger

**Kunststoffe**

16.01.1993

550. R. C. Miller

**Polypropylene**

"Encyclopedia of Packaging Technology"

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

551. J. S. Houston

**Polystyrene**

"Encyclopedia of Packaging Technology"

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

552. Ν. Γ. Καρακασίδης

**Συσκευασίες από Κυματοειδές Χαρτόνι**

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ, Ετήσιος Οδηγός 1996, ISSN 1106-501-X

553. M. Sikora

**Paper**

"Encyclopedia of Packaging Technology"

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

554. Περίληψη Κλαδικής Έκθεσης IOBE

**Χαρτί Συσκευασίας και Περιτύλιξης**

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ, Ετήσιος Οδηγός 1994

555. Steel Can Recycling Institute

**Steel Cans and Recycling : Today's Environmental Partnership**

Pennsylvania

556. Γ. Τζιρακιάν

**Κλάδος Διελάσεως Αλουμινίου**

Χημικά Χρονικά, Τόμος 56, Τεύχος 11, Νοέμβριος 1994

557. N. F. Nieder

**Cans, Aluminium**

"Encyclopedia of Packaging Technology"

John Wiley & Sons, New York 1986, ISBN 0-471-80940-3

558. Κ. Θεοδωρακόπουλος

**Ο Κλάδος Χυτηρίων**

Χημικά Χρονικά, Τόμος 56, Τεύχος 11, Νοέμβριος 1994

559. Μ. Γαβαλάς

**Ο Κλάδος Ηλεκτρικών Αγωγών και Καλωδίων**

Χημικά Χρονικά, Τόμος 56, Τεύχος 11, Νοέμβριος 1994

560. ΕΣΥΕ

**Παραγωγή Βιομηχανικών Προϊόντων κατά τα Έτη 1990, 1991, 1992**

Αθήνα 1994



561. G. Levy

**Myths, Facts and Realities**

Packaging in the Environment

Blackie Academic & Professional, 1993, ISBN 0-7514-0091-2

562. O. Tabasaran

**The Composition of Municipal Refuse and Energy Recovery through  
Waste Incineration in the Federal Republic of Germany**

"Energy in Packaging and Waste"

Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd., 1983, ISBN 0-442-30570-2