



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗ**  
**ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ – ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΟΛΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**  
**(MBA-TQM)**

***“ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ***  
***ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΗΓΗ ΈΩΣ ΤΗΝ ΕΞΟΔΟ***  
***ΤΗΣ ΣΕ ΤΥΠΙΚΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΟ***  
***ΣΤΑΘΜΟ.***

***Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ***  
***ΣΤΑΘΜΟΥ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ.”***

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ**  
**ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Α. ΠΥΡΟΒΟΛΑΚΗ.**  
**ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ Ε.Μ.Π.**

ΠΕΙΡΑΙΑΣ  
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2006

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ:**.....8

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>:**

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ**

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΚΖ.....8  
 1.2. ΑΡΧΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΚΖ.....10  
 1.3. ΤΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....12  
 1.4. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΕΚΖ.....13  
 1.5. Η ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΚΖ.....15  
 1.6. ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ.....16  
 1.7. ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΕΚΖ.....18

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>:**

**ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΚΖ :**

2.1. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....18  
 2.2. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΚΟΠΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....21  
     2.2.1. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΚΟΠΟΥ.....21  
     2.2.2. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....22  
 2.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ.....25  
     2.3.1. ΒΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΜΙΑΣ ΑΕΕ.....25  
         2.3.1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΚΟΠΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....25  
         2.3.1.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....26

2.3.1.3. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ.....	27
2.3.1.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	27
2.3.1.5. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ.....	28
<b>2.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ.....</b>	<b>28</b>
<b>2.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ.....</b>	<b>30</b>
2.5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	30
2.5.2. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ.....	31

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο:**

**ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ:**

<b>3.1. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2. ΣΥΣΤΑΣΗ.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ.....</b>	<b>37</b>
<b>3.4. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....</b>	<b>38</b>
3.4.1. ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	38
3.4.1.1. ΧΡΩΜΑ.....	38
3.4.1.2. ΙΞΩΔΕΣ.....	38
3.4.1.3. ΤΑΣΗ ΑΤΜΩΝ REID.....	38
3.4.1.4. ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ.....	39
3.4.1.5. ΣΗΜΕΙΟ ΡΟΗΣ.....	39
3.4.1.6. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ.....	39
3.4.1.7. ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΥ (CORRELATION INDEX=C.I.).....	39
3.4.1.8. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΡΙΑΚΗΣ ΔΟΜΗΣ.....	40

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο:****ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΚΑΙ Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ  
ΕΛΛΑΔΑ:**

4.1. Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	41
4.2. Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ.....	44
4.3. ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	45
4.4. Η ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	49

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο:****ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ Ε.Κ.Ζ. ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ:**

5.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	51
5.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	51
5.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΣΡΩΩΝ-ΕΚΡΩΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ Ε.Κ.Ζ.....	52
5.3.1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΟΡΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	52
5.3.2. ΧΡΟΝΙΚΑ ΚΑΙ ΤΟΠΙΚΑ ΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	54
5.3.3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....	55
5.3.4. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	56
5.3.5. ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ - ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ.....	57
5.3.5.1. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΕΡΕΥΝΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	57
5.3.5.2. ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΕΙΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ.....	59
5.3.5.3. ΓΕΩΤΡΗΣΗ.....	61
5.3.5.4. ΠΑΡΑΓΩΓΗ – ΑΝΤΛΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ.....	62
5.3.5.4.1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	63
5.3.5.5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	66

5.3.6. ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΟ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ.....	70
5.3.6.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	70
5.3.6.2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑ.....	71
5.3.6.3. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ.....	72
5.3.6.4. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΑΛΑΣΣΗΣ.....	73
5.3.6.5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	76
5.3.7. ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΤΗΣ ΔΙΥΛΙΣΗΣ ΤΟΥ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΟ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟ.....	81
5.3.7.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΥΛΙΣΗ – ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΔΙΥΛΙΣΗΣ.....	81
5.3.7.2. Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	84
5.3.7.3. ΤΟ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ (ΠΡΩΗΝ ΠΕΤΡΟΛΑ).....	85
5.3.7.3.1. Η ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	85
5.3.7.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ.....	91
5.3.8. ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ DIESEL, ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ ΣΤΟΝ Θ.Η.Σ. ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ.....	93
5.3.8.1. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	93
5.3.9. ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ Θ.Η.Σ. ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ.....	95
5.3.9.1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ.....	95
5.3.9.2. Ο ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ (ΕΥΛΟΚΑΜΑΡΑΣ).....	102
5.3.9.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ.....	103

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο:**

**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ  
ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΖ 1ΚWh ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ:**

**6.1. ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....107**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο:**

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ  
ECO-INDICATOR ‘99**

**7.1. ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ  
ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ.....113**

7.1.1. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ, ΔΕΙΚΤΩΝ  
ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΩΝ  
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ.....115

*7.1.1.1. Η ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ  
ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....116*

*7.1.1.2. Η ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΥΓΕΙΑΣ.....117*

*7.1.1.3. Η ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.....118*

7.1.2. ΑΝΑΘΕΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΣΡΟΩΝ  
– ΕΚΡΟΩΝ ΣΤΙΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ.  
(ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ).....118

7.1.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ  
ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ (ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ).....119

**7.2. ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΤΗΣ ΙΣΟΣΤΑΘΜΙΣΗΣ.....123**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο:**

**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:**

**8.1. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΙΣΡΟΕΣ-ΕΚΡΟΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....125**

**8.2. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....128**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ G.E.M.I.S. (Global Emission Model of Integrated Systems).....129**

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....131**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ:**

Πριν ξεκινήσει η παρουσίαση της διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή, κ. Γεωργακέλλο Δημήτριο, ο οποίος με την πολύτιμη βοήθεια και συμπαράσταση του, με καθοδήγησε σε κάθε στάδιο εκπόνησης της παρούσης εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον φίλο και συμφοιτητή μου στο πολυτεχνείο, Ταμβακόλογο Βασίλη, ο οποίος με βοήθησε στην ανεύρεση κάποιων σημαντικών πληροφοριών, απαραίτητων για την διεκπεραίωση της παρούσης Εκτίμησης Κύκλου Ζωής

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>:**

### **ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ Ε.Κ.Ζ.:**

#### **1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΚΖ:**

Κάθε χρόνο, όλο και περισσότερες εταιρίες αρχίζουν να ευαισθητοποιούνται σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των δραστηριοτήτων τους. Οι εταιρίες αυτές καλύπτουν όλο το φάσμα της βιομηχανίας, όπως παραγωγή ενέργειας, κατασκευή προϊόντων κλπ. Βασικό μέλημά τους είναι να κατανοήσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούν, έτσι ώστε να τις ελέγξουν ή ακόμα καλύτερα να τις αποφύγουν στο βαθμό που αυτό είναι δυνατό. Ο σκοπός των εταιριών αυτών είναι να συμμορφώνονται με τους ολοένα αυξανόμενους αυστηρούς περιβαλλοντικούς κανονισμούς, ενώ παράλληλα να καλύπτουν τις ανάγκες των καταναλωτών, έτσι ώστε να παραμένουν οικονομικά υγιείς. Ένας τρόπος για την επίτευξη του σκοπού αυτού είναι η μείωση των περιβαλλοντικών τους επιβαρύνσεων. Παράλληλα, υπάρχει και η συνεχώς αυξανόμενη επιθυμία από την πλευρά των εταιριών, να κάνουν «το σωστό» για το περιβάλλον.



Αρκετές εταιρίες έχουν πραγματοποιήσει ελέγχους ή έχουν κάνει εκτιμήσεις σχετικά με τις επιπτώσεις που προκαλούν στο περιβάλλον. Μια τέτοια εκτίμηση για ένα εργοστάσιο για παράδειγμα, θα απαιτούσε έναν ισολογισμό εισροών και εκροών για το εργοστάσιο ή για μια διεργασία εντός αυτού. Ωστόσο, αυτές οι εκτιμήσεις επικεντρώνονται γύρω από τα στενά όρια μιας επιχείρησης (ενός εργοστασίου εν προκειμένω) χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το ευρύτερο βιομηχανικό σύστημα του οποίου αποτελεί ένα μέρος μόνο. Οι βιομηχανικές δραστηριότητες δεν λαμβάνουν χώρα απομονωμένες από τον περιβάλλοντα κόσμο. Αντιθέτως, πολλές διαφορετικές διεργασίες είναι αλληλένδετες μέσω των προμηθευτών ή του αγοραστικού κοινού. Τα προϊόντα ή υποπροϊόντα μιας διεργασίας αποτελούν πρώτες ύλες για μια άλλη. Για παράδειγμα το προϊόν ενός διυλιστηρίου είναι η πρώτη ύλη για την θέρμανση ενός κτιρίου ή για την κίνηση ενός πλοίου. Με τη λογική αυτή καμία βιομηχανική δραστηριότητα δεν είναι ανεξάρτητη, αλλά αποτελεί μέρος ενός συνόλου. [1]

Συνεπώς, μία πολύ ισχυρή υποστήριξη της σωστής διαχείρισεως του περιβάλλοντος, είναι οι παραγωγοί να εφαρμόζουν τη λεγόμενη διαχείριση προϊόντος - σχεδίαση, κατασκευή, συντήρηση και ανακύκλωση - κατά τέτοιο τρόπο ώστε, αυτή να προκαλεί την ελάχιστη δυνατή επίδραση στο ευρύτερο κοινό. Η διαχείριση του προϊόντος πρέπει να ερμηνεύεται με ευρύτητα για να περιλαμβάνει και υπηρεσίες, που θα μπορούσαν επίσης να εκτελούνται έτσι, ώστε να έχουν επίσης ελάχιστη επίδραση στο κοινό. Η μέθοδος με την οποία καλύπτονται αυτές οι εργασίες με τυπικό τρόπο είναι η Εκτίμηση του Κύκλου Ζωής — E.K.Z. (Life Cycle Assessment — L.C.A.), μια ομάδα διαδικασιών για να παρατηρούνται οι πρώτες ύλες, οι υπηρεσίες, τα προϊόντα, οι διεργασίες και οι τεχνολογίες καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους.

Η ουσία της εκτιμήσεως του κύκλου ζωής, είναι η αξιολόγηση των σχετικών περιβαλλοντικών, οικονομικών και τεχνολογικών συνεπειών ενός υλικού, μιας διεργασίας ή ενός προϊόντος καθ' όλη τη ζωή του από τη δημιουργία ως την απόρριψη ή, σε ιδανική κατάσταση, στην αναδημιουργία του στην ίδια ή άλλη χρήσιμη μορφή.

Η Society of Environmental Toxicology And Chemistry (S.E.T.A.C.), ορίζει τη διαδικασία της Εκτίμησης Κύκλου Ζωής ως εξής:

«Η εκτίμηση του κύκλου ζωής είναι μια αντικειμενική μέθοδος για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών φορτίων που συνδέονται με ένα προϊόν, μια διεργασία ή μια δραστηριότητα με αναγνώριση και υπολογισμό της ενέργειας και των υλικών που χρησιμοποιούνται και των εκπομπών τους στο περιβάλλον και η αξιολόγηση και η εκμετάλλευση ευκαιριών για επίτευξη περιβαλλοντικών βελτιώσεων. Η εκτίμηση καλύπτει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, της διεργασίας ή της δραστηριότητας, συμπεριλαμβάνοντας την παραλαβή και επεξεργασία πρώτων υλών, τη μεταποίηση, τη μεταφορά και τη διανομή, τη χρήση ή την επαναχρησιμοποίηση, τη συντήρηση, την ανακύκλωση και την τελική απόθεση».

Το πρότυπο ISO δίνει τον ακόλουθο ορισμό για την Εκτίμηση του Κύκλου Ζωής:

«Εκτίμηση Κύκλου Ζωής είναι μία τεχνική για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών θεμάτων και των πιθανών επιπτώσεων που συνδέονται με ένα προϊόν, με:

- Υπολογισμό των εισροών και εκροών ενός συστήματος
- Αξιολόγηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τις εισροές και εκροές
- Ερμηνεία των αποτελεσμάτων των φάσεων αναλύσεως των εισροών και εκροών και των επιπτώσεων σε σχέση με τους στόχους της μελέτης.

Η ΕΚΖ μελετά τα περιβαλλοντικά θέματα και τις πιθανές επιπτώσεις καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του προϊόντος «από τη γέννηση ως το θάνατο» (cradle to grave), δηλαδή από την απόκτηση του υλικού ως την παραγωγή, τη χρήση και τη διάθεση. Οι γενικές κατηγορίες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, που χρειάζονται θεώρηση, περιλαμβάνουν τη χρήση των πόρων, την ανθρώπινη υγεία και τις οικολογικές συνέπειες». [2]

## **1.2. ΑΡΧΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΚΖ :**

Παρόλο που οι περισσότεροι αναλυτές άρχισαν να δείχνουν ενδιαφέρον για την ΕΚΖ από το 1990, οι πρώτες προσπάθειες συνολικής εκτίμησης ενός παραγωγικού συστήματος εντοπίζονται στη δεκαετία του 1960. Οι πρώτες αυτές

απόπειρες επικεντρώνονταν κυρίως στο υπολογισμό ενεργειακών απαιτήσεων. Αρκετές τέτοιες μελέτες σχετικές με κύκλο ζωής καυσίμων πραγματοποιήθηκαν στις Η.Π.Α. από το Υπουργείο Ενέργειας. Αν και το ενδιαφέρον στρεφόταν κυρίως σε ενεργειακά χαρακτηριστικά, οι εργασίες αυτές περιλάμβαναν περιορισμένες εκτιμήσεις εκπομπών προς το περιβάλλον. Λόγω της έλλειψης πετρελαίου στις αρχές της δεκαετίας του 1970 οι κυβερνήσεις των Η.Π.Α. και της Βρετανίας ίδρυσαν επιτροπές με σκοπό τη διεξαγωγή τέτοιων λεπτομερών αναλύσεων.

Με την αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης, το ενδιαφέρον για την εκπόνηση των παραπάνω μελετών εξασθένησε. Όσοι στα μέσα της δεκαετίας του 1970, αρκετές πρωτοποριακές μελέτες, που επικεντρώνονταν σε περιβαλλοντικά ζητήματα, εκπονήθηκαν από τον Arthur D. Little και το Midwest Research Institute (MRI). Αργότερα, οι κύριοι ερευνητές που διεξήγαγαν τις αναλύσεις στο MRI, συγκρότησαν την Franklin Associates, Ltd. Οι Εκτιμήσεις Κύκλου Ζωής συνεχίστηκαν στις Η.Π.Α. με τον αργό αλλά σταθερό ρυθμό των δύο ή τριών ετησίων. Ο ακριβής αριθμός δεν είναι γνωστός διότι οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες εκπονήθηκαν για λογαριασμό ιδιωτών και δεν ανακοινώθηκαν στο ευρύ κοινό.

Ομοίως, λεπτομερείς αναλύσεις διεξήχθησαν και στην Ευρώπη την ίδια περίοδο με μεγαλύτερη έμφαση στη βιομηχανία συσκευασιών, όπως συσκευασίες ποτών και τροφίμων. Κατά τη δεκαετία του 1980, το ενδιαφέρον για την ΕΚΖ ανανεώθηκε καθώς το Πράσινο Κίνημα στην Ευρώπη προσπάθησε να ευαισθητοποιήσει το ευρύ κοινό σε θέματα ανακύκλωσης.

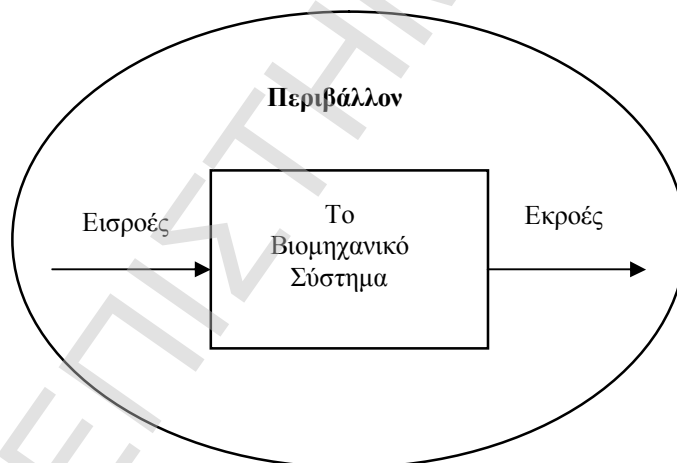
Ενδιαφέρον για την ΕΚΖ άρχισαν να δείχνουν και οι «ηγέτες» της βιομηχανίας, σε μια προσπάθεια να αποδείξουν ότι τα προϊόντα τους είναι λιγότερο επιζήμια προς το περιβάλλον από αυτά των ανταγωνιστών τους και να αμυνθούν απέναντι στις κατηγορίες των οικολόγων. Παράλληλα, ομάδες σχετικές με τα συμφέροντα των καταναλωτών θέλησαν να χρησιμοποιήσουν την ΕΚΖ για να συγκρίνουν προϊόντα και να αποδείξουν ποια είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον.

Αν και στις περισσότερες περιπτώσεις ο σκοπός μιας ΕΚΖ είναι η σύγκριση δύο ή περισσότερων προϊόντων, μια τέτοια ανάλυση παρέχει την ευκαιρία για

αλλαγές και διορθώσεις σε κάποια στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος, ούτως ώστε αυτό να γίνει φιλικότερο προς το περιβάλλον. Τα τελευταία χρόνια μεγάλη έμφαση δίνεται και σε αυτόν τον τομέα με σκοπό να γνωρίζουμε που και ποιες διορθωτικές κινήσεις χρειάζεται να γίνουν ώστε να μειωθούν οι εκπομπές προς το περιβάλλον ή το κόστος ή οι ενεργειακές απαιτήσεις ενός συστήματος. [1]

### **1.3. ΤΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ:**

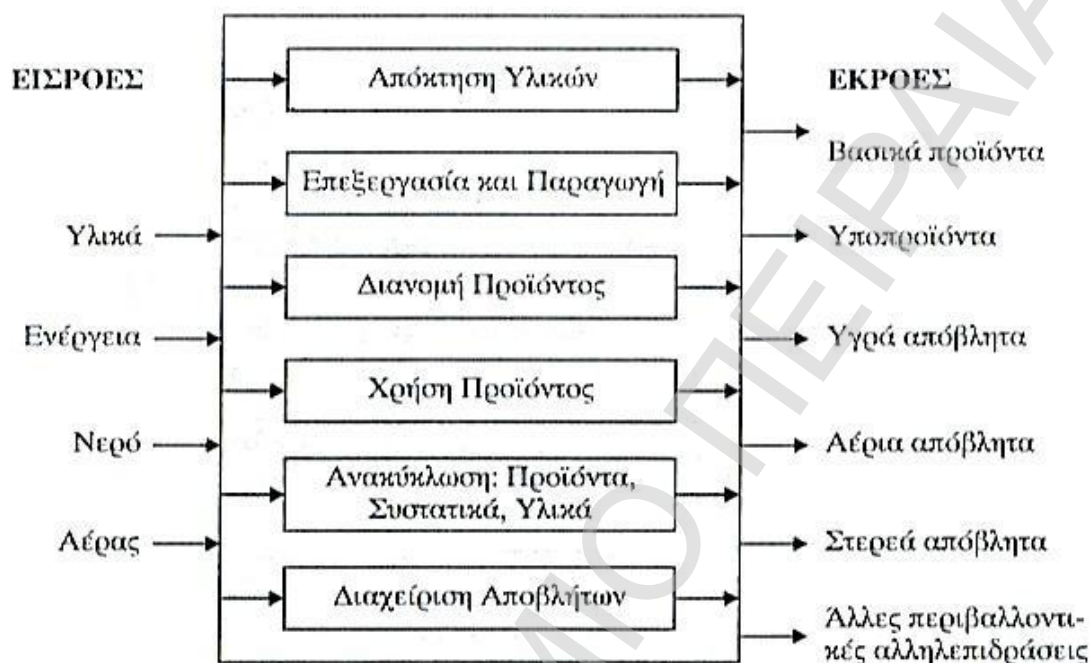
Ως σύστημα ορίζεται ένα σύνολο από λειτουργίες που όλες μαζί εκτελούν μια συγκεκριμένη λειτουργία. Κάθε βιομηχανικό σύστημα μπορεί να απεικονισθεί μέσω ενός ορίου, που περικλείει εντός του όλες τις λειτουργίες που το αποτελούν. Η περιοχή γύρω από αυτό το όριο, ονομάζεται περιβάλλον του συστήματος. Οι εισροές προς το σύστημα είναι πρώτες ύλες προερχόμενες από το περιβάλλον και οι εκροές είναι τα απόβλητα του συστήματος, τα οποία καταλήγουν στο περιβάλλον (σχήμα 1.1).



**Σχήμα 1.1. Το βιομηχανικό σύστημα. [1]**

Μια περιβαλλοντική Εκτίμηση Κύκλου Ζωής, εκτιμά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με οποιαδήποτε δραστηριότητα, από την αρχική συγκέντρωση πρώτων υλών από τη γη (πετρέλαιο, ορυκτά κλπ) μέχρι τη στιγμή που

όλα τα υλικά επιστρέφουν στο περιβάλλον με τη μορφή αποβλήτων στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος (Σχήμα 1.2.) [1]



Σχήμα 1.2. Στάδια και όρια της Ε.Κ.Ζ. [2]

#### 1.4. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΕΚΖ :

Η Society of Environmental Toxicology And Chemistry (SETAC) έχει συμβάλλει αποφασιστικά στην κατανόηση της έννοιας της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής. Το 1990 η SETAC σύστησε μια ομάδα με στόχο τον καθορισμό όρων για την περιγραφή της ΕΚΖ. Από τις συζητήσεις της ομάδας αυτής προέκυψε η μεθοδολογία της ΕΚΖ που γνωρίζουμε σήμερα.

Η πιο σημαντική παραδοχή της ομάδας του 1990 είναι αυτή που παρουσιάζει την ΕΚΖ ως ένα σύνολο σταδίων. Πιο συγκεκριμένα, ορίστηκαν τρία στάδια τα οποία αποτελούν μια ΕΚΖ. Αυτά είναι: *Ανάλυση Εισροών- Εκροών (Inventory Analysis)*, *Ανάλυση Επιπτώσεων (Impact Analysis)* και *Ανάλυση Βελτιώσεων (Improvement Analysis)*.

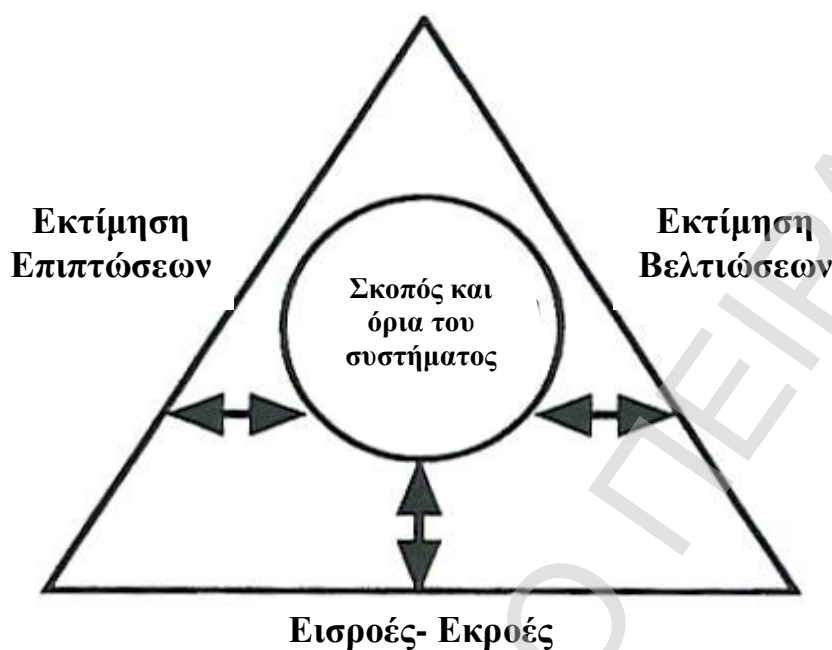
Το πρώτο στάδιο της ΕΚΖ, η *ανάλυση εισροών- εκροών* είναι η καλύτερα αναπτυγμένη διαδικασία αυτής της μεθόδου. Είναι μια αντικειμενική διαδικασία που χρησιμοποιεί ποσοτικά δεδομένα για να καθοριστούν τα επίπεδα και οι τύποι εισροών ενέργειας και υλικών σε ένα σύστημα και οι περιβαλλοντικές εκπομπές που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας.

Να σημειωθεί, ότι η προσέγγιση αυτή βασίζεται στην ιδέα της ομαδοποίησης των ισοζυγίων υλικών, στη μέτρηση των εισροών ενέργειας και φυσικών πόρων που παρέχονται και στα παραγόμενα προϊόντα, περιλαμβανομένων και εκείνων με αξία και εκείνων που ενέχουν πιθανές επιπτώσεις. Η εκτίμηση γίνεται για ολόκληρο τον κύκλο ζωής: παραλαβή πρώτων υλών, μεταποίηση, διανομή, χρήση και διάθεση.

Το δεύτερο στάδιο της ΕΚΖ, η *ανάλυση των επιπτώσεων* περιλαμβάνει τις σχετικές με τις εκροές του συστήματος επιπτώσεις επί του εξωτερικού κόσμου προς τον οποίο αυτές οδεύουν. Οι εκτιμήσεις που γίνονται σε αυτό το στάδιο θα πρέπει να αφορούν στην ρύπανση του περιβάλλοντος (φαινόμενο του θερμοκηπίου, φωτοχημικό νέφος, κλπ), στην ανθρώπινη υγεία καθώς και σε άλλες συνέπειες όπως η αλλοίωση οικοσυστημάτων και η ηχορύπανση.

Το τρίτο στάδιο, η *ανάλυση βελτιώσεων*, είναι η ερμηνεία των αναγκών και των ευκαιριών για μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις ως αποτέλεσμα της βιομηχανικής δραστηριότητας που συντελείται ή προβλέπεται. Στο στάδιο αυτό είναι πιθανόν να περιληφθούν ποσοτικές αλλά και ποιοτικές διορθώσεις όπως αλλαγές στη σχεδίαση ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας, στη χρήση πρώτων υλών, στη μεταποίηση, στην κατανάλωση και στη διαχείριση αποβλήτων.

Μεταγενέστερες ομάδες αναλυτών στην Ευρώπη, πρόσθεσαν και ένα τέταρτο στάδιο στην ΕΚΖ τον *καθορισμό του σκοπού και των ορίων του συστήματος*. Στο στάδιο αυτό, το οποίο προηγείται της ανάλυσης εισροών- εκροών καθορίζεται ο σκοπός για τον οποίο εκπονείται η μελέτη. Όλες οι υπόλοιπες διεργασίες όπως καθορισμός των ορίων του συστήματος, συλλογή δεδομένων, παρουσίαση αποτελεσμάτων πρέπει να είναι συνεπής με τον σκοπό της ανάλυσης (Σχήμα 1.3). [2]



Σχήμα 1.3. Το μοντέλο της EKZ. [1]

### 1.5. Η ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ EKZ :

Στις περισσότερες περιπτώσεις η Εκτίμηση Κύκλου Ζωής χρησιμοποιείται είτε για τη διεξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για τη σύγκριση ανταγωνιστικών προϊόντων, σχετικά με το περιβαλλοντικό τους προφίλ είτε για να γίνουν κάποιες διορθωτικές κινήσεις, ώστε το υπό μελέτη προϊόν ή διεργασία να γίνει φιλικότερο προς το περιβάλλον. Η EKZ, μπορεί να δώσει αντικειμενικά στοιχεία για τη διεξαγωγή των παραπάνω συμπερασμάτων.

Πολλές φορές, η επιλογή ενός προϊόντος έναντι κάποιου άλλου με κριτήριο την επιβάρυνση προς το περιβάλλον, το κόστος κλπ, μοιάζει προφανής. Ομοίως, με μια πρώτη (και πρόχειρη) ματιά μοιάζουν αυτονόητες κάποιες επεμβάσεις που πρέπει να γίνουν σε κάποιο στάδιο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ώστε να μειωθούν οι εκπομπές του ή οι ενεργειακές απαιτήσεις του. Αυτό που δεν μπορούμε να δούμε όμως, είναι οι αλλαγές που μπορεί να σημειωθούν και να προκαλέσουν αντίθετο

αποτέλεσμα από το επιθυμητό. Η παρέμβασή μας σε ένα στάδιο του κύκλου ζωής, μπορεί μεν να βελτιώσει την κατάσταση «τοπικά», δηλαδή στο συγκεκριμένο στάδιο, αλλά να προκαλέσει μια νέα αλυσίδα αντιδράσεων που θα επιβαρύνουν ένα άλλο. Τα παραπάνω γίνονται πιο κατανοητά με το παράδειγμα που ακολουθεί.

Κατά τη διεξαγωγή μελετών για τα υγρά απόβλητα των βιομηχανικών πλυντηρίων στις Η.Π.Α. η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (Environmental Protection Agency - EPA) εντόπισε επικίνδυνες διαλυτικές ουσίες που απελευθερώνονταν κατά την πλύση πετσετών. Τέτοιες πετσέτες χρησιμοποιούνταν για καθαρισμό λαδιών και γράσων σε συνεργεία αυτοκινήτων και από ελαιοχρωματιστές για καθαρισμό από μπογιές. Η EPA αποφάσισε να θεσπίσει κανονισμούς, ώστε να χρησιμοποιούνται από τις παραπάνω επιχειρήσεις πετσέτες μιας χρήσεως οι οποίες δεν θα πλένονται αλλά θα καταλήγουν στα σκουπίδια. Στην πορεία όμως η EPA αντιλήφθηκε ότι με αυτή την ενέργεια το πρόβλημα δεν αντιμετωπιζόταν αλλά απλά μεταφερόταν αλλού. Τα επικίνδυνα απόβλητα θα κατέληγαν στην γη αντί να καταλήγουν στο νερό. Έτσι, έπρεπε να ακολουθήσουν μια διαφορετική προσέγγιση του ζητήματος, χρησιμοποιώντας ένα ευρύτερο φάσμα δεδομένων, ώστε να βρεθεί μια ικανοποιητική λύση. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να γίνει μόνο με χρήση της ΕΚΖ. [1]

#### **1.6. ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ:**

Η σωστή διεξαγωγή μιας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής εξαρτάται άμεσα από την ποσότητα και την ποιότητα των δεδομένων. Η ΕΚΖ είναι μια πάρα πολύ απαιτητική διαδικασία όσον αφορά τα στοιχεία που χρησιμοποιούμε για τη διεξαγωγή αποτελεσμάτων. Από την πλευρά της ύπαρξης επαρκών δεδομένων μπορούμε να πούμε ότι η ΕΚΖ βρίσκεται ακόμα σε «νηπιακή ηλικία». Η έλλειψη έγκυρων δεδομένων έχει περιορίσει τον αριθμό των εργασιών που έχουν πραγματοποιηθεί. Πολλές φορές επίσης συμβαίνει να υπάρχουν δεδομένα για τη διεξαγωγή μιας ΕΚΖ, αλλά να μην είναι προσβάσιμα, επειδή ανήκουν σε ιδιωτικές εταιρίες, που λόγω ανταγωνισμού δεν τα δημοσιεύουν.



Στις μέρες μας γίνονται αρκετές προσπάθειες ώστε να εξελιχθούν οι βάσεις δεδομένων, ώστε στο άμεσο μέλλον η διεξαγωγή μιας ΕΚΖ να γίνεται πιο εύκολα, πιο γρήγορα και πιο οικονομικά.

Εξαιτίας του μεγάλου αριθμού δεδομένων που χρειάζονται και του σχετικά περιορισμένου αριθμού που μπορούν να βρεθούν, είναι απαραίτητος ο προγραμματισμός. Η οργάνωση δηλαδή της εργασίας πριν αυτή αρχίσει. Σκοπός είναι να μειωθεί ο απαιτούμενος χρόνος και το κόστος, χωρίς να διακυβεύεται η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων. Για το σκοπό αυτό, πολλές φορές είναι αναγκαίο να «παρακάμνουμε» κάποιες διαδικασίες. Να αφαιρέσουμε δηλαδή κάποια στάδια της ΕΚΖ για τα οποία δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία. Εδώ, βέβαια, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για να μην οδηγηθούμε σε λανθασμένα αποτελέσματα.

Η διεξαγωγή μιας ΕΚΖ είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών. Στις δεκαετίες του 60 και του 70, οπότε έγιναν και οι πρώτες τέτοιες εργασίες, η τεχνολογία των ηλεκτρονικών υπολογιστών βρισκόταν σε πρωτόγονο, για τα σημερινά δεδομένα, στάδιο. Ως εκ τούτου, μια ΕΚΖ ήταν εκ των πραγμάτων μια εξαιρετικά χρονοβόρα και πολύπλοκη διαδικασία. Δεν θα ήταν υπερβολή να λέγαμε ότι ήταν προτιμότερο να γίνει «στο χέρι» παρά με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Σήμερα οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές είναι πολύ πιο γρήγοροι, άρα και πολύ πιο χρήσιμοι. Για την διεξαγωγή μιας ΕΚΖ υπάρχουν αρκετά λογισμικά τα οποία συνδυάζουν δεδομένα από τις υπάρχουσες βάσεις και δίνουν αποτελέσματα σε πολύ λίγο χρόνο.

Η Εκτίμηση του Κύκλου Ζωής είναι μια διαδικασία που συνδυάζει θεωρία και πράξη. Η εξέλιξη της μεθοδολογίας είναι μια καθαρά θεωρητική υπόθεση, ενώ η συλλογή και χρήση των δεδομένων είναι ένα πρακτικό πρόβλημα. Ένα λογισμικό αποτελεί τη «γέφυρα» ανάμεσα σε αυτές τις πτυχές της ΕΚΖ. [1]

Στη συγκεκριμένη εργασία, γίνεται χρήση του λογισμικού G.E.M.I.S. (Global Emission Model of Integrated Systems), για το οποίο γίνεται λόγος στο παράρτημα της παρούσης εργασίας.

### **1.7. ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΕΚΖ :**

Η ΕΚΖ τείνει να γίνει ένα απαραίτητο εργαλείο για τους σχεδιαστές και τους διευθυντές παραγωγής προϊόντων. Μέχρι σήμερα οι ΕΚΖ χρησιμοποιούνται μόνο από ειδικούς εξαιτίας της πολυπλοκότητάς τους. Σταδιακά όμως, η χρήση τους γενικεύεται καθώς η σημασία και η λειτουργία τους γίνονται πιο γνωστές και τα δεδομένα είναι περισσότερα και διαθέσιμα. Οι εταιρίες έχουν πολλά να κερδίσουν από την εφαρμογή της ΕΚΖ, αφού μειώνουν το κόστος παραγωγής, βελτιώνουν την εικόνα τους, αφού γίνονται φιλικότερες προς το περιβάλλον και αποκτούν ένα πιο ολοκληρωτικό τρόπο διαχείρισης. Με την πρόοδο της τεχνολογίας ανακαλύπτονται συνεχώς νέα υλικά και νέες μέθοδοι παραγωγής, που ίσως επιφυλάσσουν σοβαρές νέες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η χρήση λοιπόν της ΕΚΖ στο μέλλον κρίνεται αναγκαία. [1]

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>:**

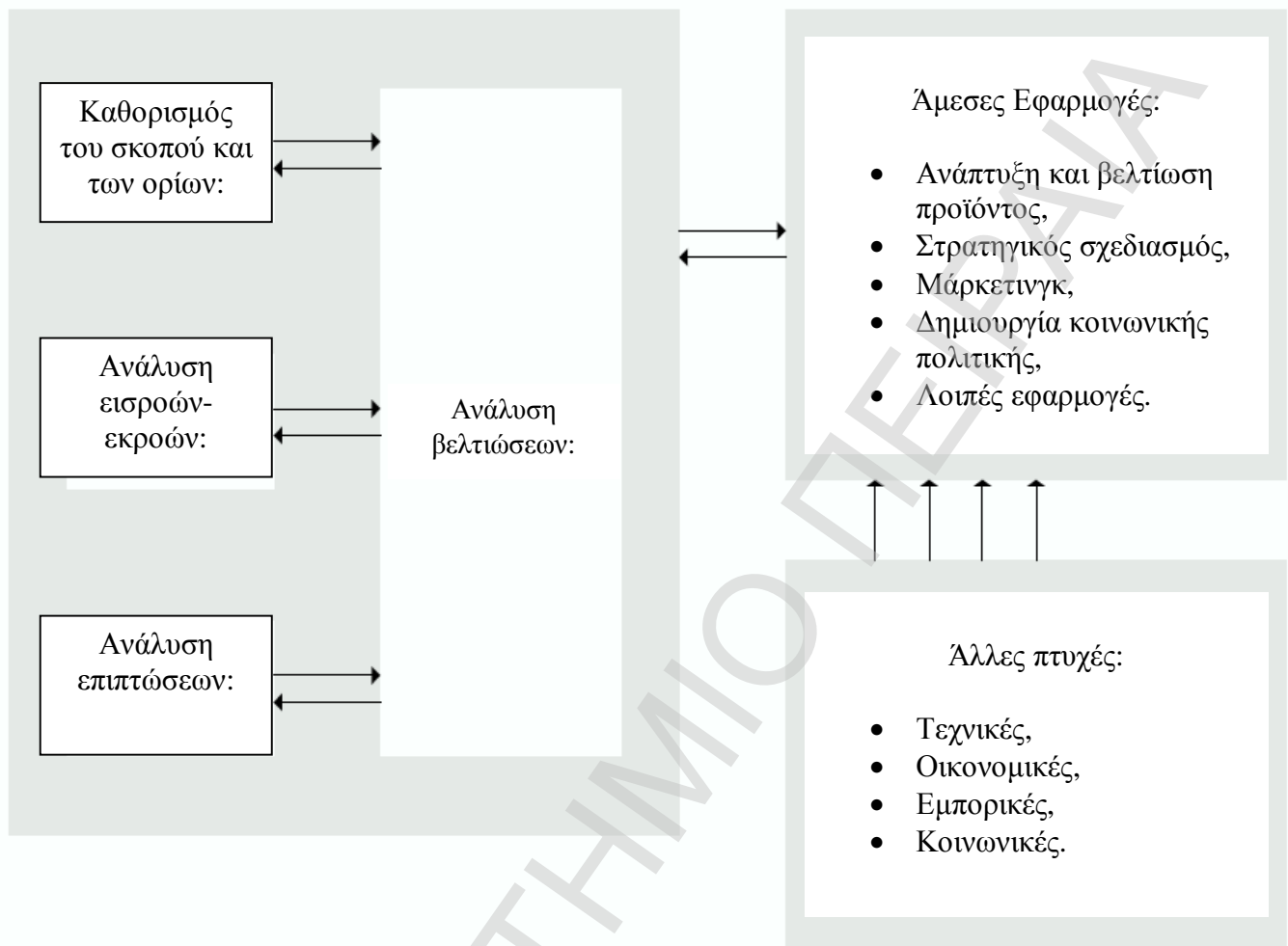
### **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΚΖ :**

#### **2.1. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ:**

Η Εκτίμηση Κύκλου Ζωής είναι ένα εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος ή μίας διεργασίας. Η μεθοδολογία της ΕΚΖ αποτελείται από τέσσερα στάδια: *του καθορισμού του σκοπού και των ορίων του συστήματος, της ανάλυσης εισροών- εκροών, της ανάλυσης επιπτώσεων και της ανάλυσης βελτιώσεων.* [1]

Στο πρώτο βήμα καθορίζεται, εκτός από το σκοπό της μελέτης, το προϊόν, τα όρια στα οποία περιορίζεται η μελέτη και οι διάφορες παραδοχές. Το στάδιο αυτό είναι πολύ σημαντικό διότι ουσιαστικά μας υποδεικνύει την κατεύθυνση που θα ακολουθήσουμε στα επόμενα βήματα.

*Life cycle assessment framework - phases of an LCA (ISO, 1997a).*



**Σχήμα 2.1. Το πλαίσιο και οι φάσεις της ΕΚΖ. [ISO]**

Το δεύτερο βήμα της ΕΚΖ είναι η ανάλυση εισροών- εκροών. Στο βήμα αυτό μετρούνται οι ποσότητες των πρώτων υλών, τα ποσά ενέργειας και οι περιβαλλοντικές εκπομπές που σχετίζονται με το υπό εξέταση σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, αν εξετάζουμε τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη την λήψη των πρώτων υλών από τη γη, την λήψη των ενεργειακών πηγών από τη γη, την παραγωγή χρήσιμων υλικών από τις πρώτες ύλες, την συναρμολόγηση, την μεταφορά των υλικών σε κάθε βήμα της διαδικασίας την κατασκευή του υπό μελέτη προϊόντος, τη διανομή, τη χρήση, την τελική διάθεση (που μπορεί να περιλαμβάνει ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση, αποτέφρωση ή ταφή). Το βήμα αυτό είναι

σημαντικό γιατί χωρίς αυτό δεν μπορούμε να κάνουμε ανάλυση επιπτώσεων. Σε περίπτωση που η ανάλυση επιπτώσεων δεν είναι αναγκαία, με τη βοήθεια της ανάλυσης εισροών- εκροών μπορούμε να κάνουμε ανάλυση βελτιώσεων βασιζόμενοι στα αποτελέσματα ενεργειακών καταναλώσεων και εκπομπών. [1]

Με το πέρας του δεύτερου σταδίου της ΕΚΖ, μπορούμε να εκτελέσουμε την ανάλυση επιπτώσεων. Σε αυτό το στάδιο: α) πρέπει να εκτιμηθεί με ακρίβεια η επίδραση των δραστηριοτήτων που αποκαλύφθηκαν από την ανάλυση εισροών-εκροών της ΕΚΖ, σε συγκεκριμένα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά και β) πρέπει η σχετική σοβαρότητα των αλλαγών στα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά να δίνεται με κατάταξη προτεραιότητας. Αυτά τα δύο βήματα αποτελούν την ανάλυση επιπτώσεων του κύκλου ζωής.

Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι μια περίπλοκη διαδικασία, αλλά μπορεί να εκτελείται με τη χρησιμοποίηση των συντελεστών πιέσεων (stressors), που είναι οι σχέσεις που συνδέουν παράγοντες τέτοιους όπως οι μεταβολές στην κατανάλωση πόρων ή τη δημιουργία καταλοίπων με αποτέλεσμα αλλαγές στα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά. Οι συντελεστές πιέσεων αναπτύσσονται από την περιβαλλοντική επιστημονική κοινότητα και δεν είναι πάντα διαθέσιμοι με το βαθμό λεπτομέρειας και ακρίβειας που απαιτείται. Παρόλα αυτά όμως, οι αναγκαίοι συντελεστές πιέσεων καθιερώνονται και γίνονται διαθέσιμοι για χρήση ως μέρος της κανονικής μηχανολογικής αναλύσεως. Με συνδυασμό των αποτελεσμάτων της ανάλυσης εισροών- εκροών της ΕΚΖ και των συντελεστών πιέσεων, θα μπορούσε να βρεθεί ότι μια παραγωγική διεργασία, για παράδειγμα, μπορεί να έχει μια ελάχιστη επίπτωση στην περιφερειακή αιθαλομίχλη και μια ουσιαστική επίπτωση στην εξάντληση του στρατοσφαιρικού όζοντος. Αυτή η διαδικασία είναι το πρώτο βήμα στην εφαρμογή της ανάλυσης των επιπτώσεων του κύκλου ζωής. Στην παρούσα μελέτη, τον ρόλο των συντελεστών πιέσεων παίζουν οι συντελεστές χαρακτηρισμού, σύμφωνα με την μεθοδολογία Eco-Indicator 99 που χρησιμοποιείται, όπως φαίνεται αναλυτικότερα στο κεφάλαιο 7.

Το δεύτερο βήμα της ανάλυσης των επιπτώσεων του κύκλου ζωής προϋποθέτει την κατά σειρά κατάταξη των επιπτώσεων που έχουν καθοριστεί. Στην πραγματικότητα το βήμα αυτό αποτελεί την εφαρμογή της ανάλυσης του κινδύνου

(ρίσκου) σε όλο το φάσμα των περιβαλλοντικών θεμάτων και απαιτεί τη στενή συνεργασία των διαχειριστών του περιβάλλοντος με τους περιβαλλοντολόγους. [2]

Το τέταρτο βήμα της ΕΚΖ είναι η ανάλυση βελτιώσεων. Η ανάλυση βελτιώσεων όπως και ο καθορισμός του σκοπού και των ορίων του συστήματος αποτελούσε πάντοτε μέρος των μελετών ΕΚΖ. Η επιθυμία για μείωση των περιβαλλοντικών φορτίων μεταβάλλοντας ένα προϊόν ή μια διεργασία αποτελεί συχνά το στόχο μιας τέτοιας εκτίμησης. Ένα άλλο κίνητρο είναι η σύγκριση ανταγωνιστικών προϊόντων με σκοπό την ανάδειξη του προτιμότερου από περιβαλλοντικής απόψεως. Τα παραπάνω αποτελούν μορφές εκτίμησης βελτιώσεων. [1]

## **2.2. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΚΟΠΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ:**

### **2.2.1. Καθορισμός του σκοπού:**

Προτού αρχίσει μια Εκτίμηση Κύκλου Ζωής θα πρέπει να έχει οριστεί ο σκοπός για τον οποίο πραγματοποιείται. Τυπικά, μια ΕΚΖ γίνεται για να απαντηθούν κάποια ερωτήματα. Η φύση των ερωτημάτων αυτών είναι που καθορίζει τους στόχους της μελέτης και τα όρια μέσα στα οποία θα κινηθεί ο αναλυτής. Οι διαθέσιμες επιλογές επίσης βοηθούν στο να καθοριστεί ο στόχος μιας ΕΚΖ. Πολύπλοκες επιλογές οδηγούν σε εις βάθος αναλύσεις, οπότε και χρειάζεται να γίνει μια πλήρης ΕΚΖ. Σε διαφορετικές περιπτώσεις, όταν το σύστημα είναι πιο απλό, μια ανάλυση εισροών-εκροών μπορεί να οδηγήσει στα επιθυμητά αποτελέσματα. Το παρακάτω παράδειγμα δείχνει πως ο σκοπός της ανάλυσης μπορεί να καθοριστεί από τις εκάστοτε ανάγκες.

*Παράδειγμα.:* Η εταιρία Α κατασκευάζει ένα νέο προϊόν. Θέλει να το συγκρίνει με άλλα παρόμοια προϊόντα που ήδη κυκλοφορούν στην αγορά. Ο στόχος της εταιρίας είναι να διαπιστώσει αν υπάρχουν αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω του προϊόντος πριν αυτό κυκλοφορήσει στην αγορά. Αν υπάρχουν, θέλει να χρησιμοποιήσει τις πληροφορίες από την μελέτη για να βελτιστοποιήσει το

περιβαλλοντικό προφίλ του προϊόντος. Η εταιρία Α ενδιαφέρεται για όλες τις πιθανές επιπτώσεις που μπορεί να έχει το προϊόν της.

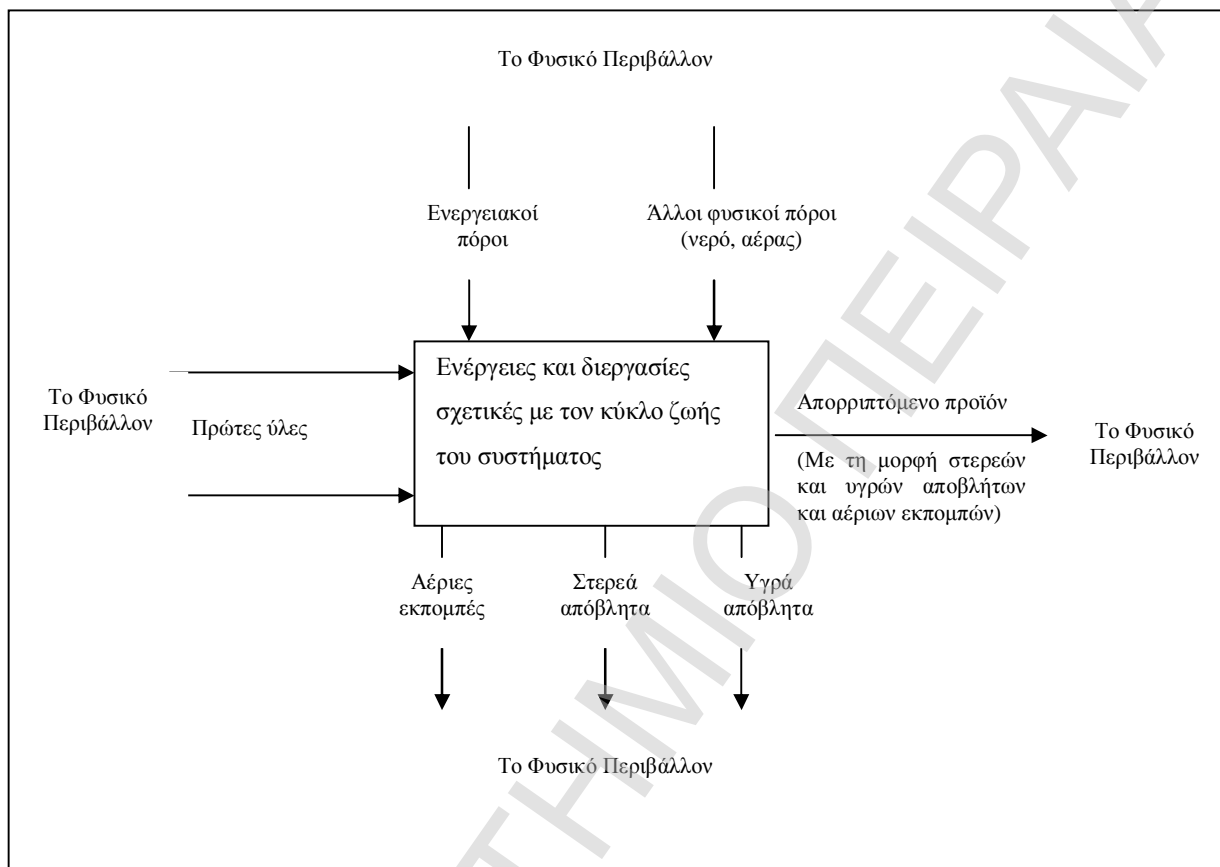
Ο σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι να γίνει ανάλυση εισροών-εκροών για το προϊόν της εταιρίας Α καθώς και για τα ανταγωνιστικά. Τα αποτελέσματα θα εκτιμηθούν και αναγνωριστούν οι τομείς που ενδιαφέρουν την εταιρία. Θα αναζητηθούν ευκαιρίες βελτίωσης του προϊόντος σχετικά με τους τομείς αυτούς. Για το σκοπό αυτό απαιτούνται λεπτομερή στοιχεία για την κατασκευή του νέου προϊόντος. Ανάλυση επιπτώσεων δεν προβλέπεται, εκτός αν κριθεί απαραίτητο από τα αποτελέσματα της ανάλυσης εισροών- εκροών.

### **2.2.2. Καθορισμός των ορίων του συστήματος:**

Αφού ορίσουμε τον σκοπό της ΕΚΖ, θα πρέπει να καθοριστούν τα όρια μέσα στα οποία θα διεξαχθεί η μελέτη. Όπως προαναφέρθηκε, ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος ή μιας διεργασίας εξετάζεται ως σύστημα. Όλες οι ενέργειες που συντελούν στον κύκλο ζωής του προϊόντος ή της διεργασίας περιβάλλονται από τα όρια του συστήματος. Εξωτερικά του συστήματος βρίσκεται το περιβάλλον. Οι εισροές στο σύστημα είναι πρώτες ύλες, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών ενέργειας. Οι εκροές του συστήματος είναι ένα σύνολο εκπομπών προς το περιβάλλον (αέρα, νερό, γη). Αν το σύστημα αντιπροσωπεύει την παραγωγή ενός προϊόντος, τότε στις εκροές περιλαμβάνεται το χρησιμοποιημένο ή απορριπτόμενο προϊόν (Σχήμα 2.2.).

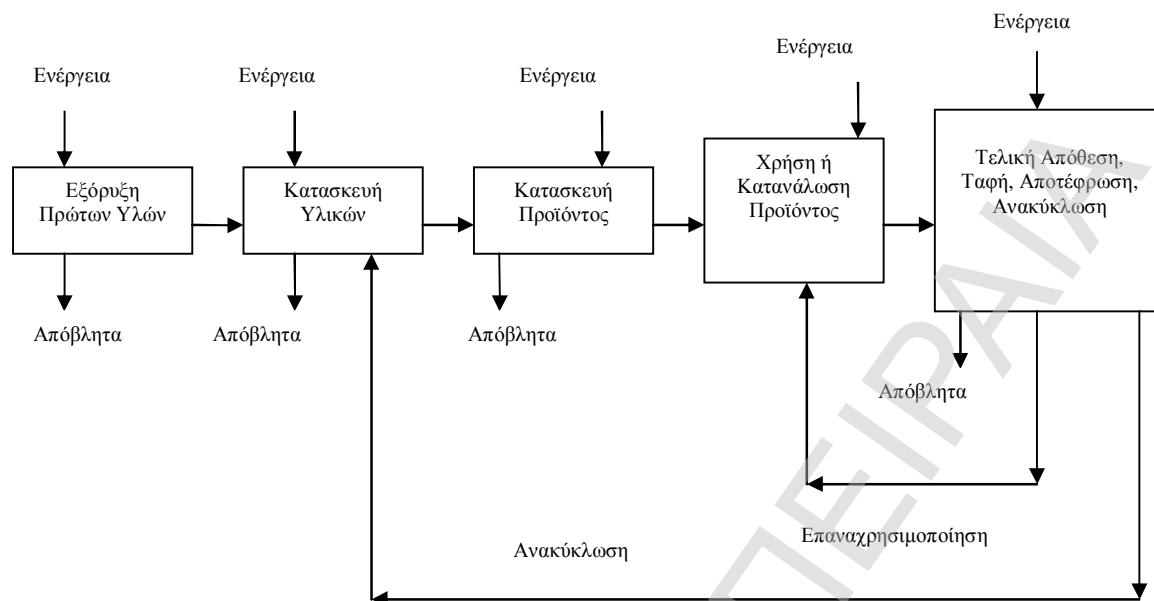
Τα όρια του συστήματος για μια ΕΚΖ πολλές φορές αναπαρίστανται από ένα γενικό διάγραμμα ροής υλικών και ενέργειας. Το διάγραμμα αυτό περιλαμβάνει τη λήψη πρώτων υλών, την κατασκευή ενδιάμεσων προϊόντων, την κατασκευή του κύριου προϊόντος, τη χρήση του και την τελική διάθεση. Η ανακύκλωση ή η επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος αποτελούν και αυτές μέρος της ΕΚΖ. Η κατανάλωση ενέργειας περιλαμβάνει τη χρήση ενεργειακών πρώτων υλών ως εισροές στο σύστημα, αλλά και τις εισροές και εκροές για την μετατροπή τους σε καύσιμα (π.χ. παραγωγή βενζίνης από αργό πετρέλαιο). Η μεταφορά των υλικών από βήμα σε

βήμα και οι καταναλώσεις και εκπομπές που οφείλονται σε αυτήν αναπαρίστανται από τα βέλη μεταξύ των βημάτων του παρακάτω διαγράμματος.



**Σχήμα 2.2. Καθορισμός ορίων του Κύκλου Ζωής. [1]**

Στην πραγματικότητα, τα όρια ενός συστήματος δεν είναι πεπερασμένα. Για παράδειγμα, για την εξόρυξη και διύλιση του πετρελαίου απαιτείται ενέργεια (ηλεκτρική ή με τη μορφή καυσίμων) η οποία με τη σειρά της για να παραχθεί χρειάζεται άλλες εισροές ενεργειακών πόρων (π.χ. λιγνίτη) κ.ο.κ. Είναι λοιπόν προφανές, ότι δεν μπορούμε να περιλάβουμε όλες αυτές τις παραμέτρους στα όρια του συστήματος γιατί έτσι αυξάνεται ο χρόνος και το κόστος της μελέτης, καθώς και τα απαιτούμενα δεδομένα και συν τοις άλλοις θα αποκλίνουμε σημαντικά από τον αρχικό στόχο. Για το λόγο αυτό αποκλείουμε επιλεκτικά κάποια στάδια κατά τον καθορισμό των ορίων του συστήματος, εφόσον πάντα δεν διακινδυνεύουμε την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.



**Σχήμα 2.3. Διάγραμμα ροής για την ΕΚΖ ενός προϊόντος. [1]**

Ορισμένα στάδια του κύκλου ζωής μπορούν να αποκλειστούν από τον αναλυτή και μετά τον καθορισμό των ορίων του συστήματος με σκοπό την απλούστευση της διαδικασίας της μελέτης. Κάτι τέτοιο γίνεται αφού πρώτα έχει εξετασθεί ολόκληρο το σύστημα. Ο γενικός κανόνας για τον αποκλεισμό αυτών των βημάτων είναι ότι κάτι τέτοιο μπορεί να γίνει μόνο όταν δεν αλλοιώνονται τα συμπεράσματα της εκτίμησης.

Εκτός από τα όρια μέσα στα οποία θα περιοριστεί η ΕΚΖ, οι αναλυτές θα πρέπει να θέσουν τοπικούς και χρονικούς περιορισμούς. Οι τοπικοί περιορισμοί είναι σημαντικοί διότι οι βιομηχανικές πρακτικές, οι νόμοι και οι συνήθειες των καταναλωτών είναι διαφορετικές για κάθε χώρα ή και πόλη πολλές φορές. Ένας επίσης βασικός παράγοντας είναι και το κλίμα, το οποίο είναι διαφορετικό από περιοχή σε περιοχή. Τα αποτελέσματα εισροών- εκροών μιας ΕΚΖ έχουν άλλο αντίκρισμα σε μια περιοχή με συχνές βροχοπτώσεις, άλλο σε περιοχή με μεγάλες περιόδους ξηρασίας και διαφορετικό σε περιοχή με δυνατούς ανέμους.



Αντίστοιχα, σημαντικοί είναι και οι χρονικοί περιορισμοί, αφού οι βιομηχανικές πρακτικές, οι συνήθειες των καταναλωτών και κυρίως η νομοθεσία σχετικά με τις περιβαλλοντικές εκπομπές αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. [1]

### **2.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ (Α.Ε.Ε.):**

#### **2.3.1. Βήματα για την εκτέλεση μιας ΑΕΕ:**

Για την εκτέλεση μιας ανάλυσης εισροών- εκροών ακολουθούμε συνήθως τα εξής πέντε βήματα : 1) Ορισμός του σκοπού και των ορίων της ανάλυσης, 2) Συλλογή δεδομένων, 3) Δημιουργία μοντέλου σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, 4) Ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων, 5) Ερμηνεία των αποτελεσμάτων και διεξαγωγή συμπερασμάτων.

##### **2.3.1.1. Ορισμός του σκοπού και των ορίων της ανάλυσης:**

Το κομμάτι αυτό της ΑΕΕ είναι παρόμοιο με καθορισμό του σκοπού και των ορίων της ΕΚΖ που αναλύθηκε προηγουμένως. Στο στάδιο αυτό ορίζουμε το σκοπό για τον οποίο γίνεται η ανάλυση, θέτουμε τα όρια μέσα στα οποία θα διεξαχθεί και λαμβάνουμε υπόψη γεωγραφικές και χρονικές παραμέτρους. Η σημαντικότερη ίσως εργασία του βήματος αυτού είναι ο καθορισμός της λειτουργικής μονάδας του συστήματος. Η λειτουργική μονάδα είναι το μέγεθος στο οποίο ανάγονται όλα τα αποτελέσματα της ΑΕΕ. Αυτό βοηθά στην σύγκριση των αποτελεσμάτων για διαφορετικά προϊόντα ή διεργασίες και στην καλύτερη κατανόηση αυτών. Η λειτουργική μονάδα εξαρτάται από τη φύση του προϊόντος ή της διεργασίας που εξετάζεται. Για παράδειγμα, αν διεξάγουμε ΕΚΖ για ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρισμού, η λειτουργική μονάδα είναι συνήθως 1 KWh ηλεκτρικής ενέργειας ή 1 KW ηλεκτρικής ισχύος. Αν η ΕΚΖ γίνεται για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος, τότε η λειτουργική μονάδα είναι 1 Kg (ή κάποια άλλη μονάδα βάρους) παραγόμενου προϊόντος ή ένα τεμάχιο παραγόμενου προϊόντος. Για παράδειγμα, για ένα εργοστάσιο που παρασκευάζει μεταλλικά κουτιά για μύρα, η λειτουργική μονάδα είναι ένα μεταλλικό κουτί συγκεκριμένου μεγέθους. [1]

### 2.3.1.2. Συλλογή δεδομένων:

Η συλλογή δεδομένων ξεκινά μετά τον καθορισμό του σκοπού και των ορίων του συστήματος. Έχοντας πλέον ξεκάθαρη εικόνα του συστήματος που θα αναλύσουμε, γνωρίζουμε που πρέπει να κινηθούμε για την εύρεση δεδομένων. Από το προηγούμενο βήμα της ΑΕΕ, το υπό εξέταση σύστημα έχει χωριστεί σε επιμέρους υποσυστήματα (εξόρυξη πρώτων υλών, μεταφορά, συναρμολόγηση, λειτουργία-χρήση, επαναχρησιμοποίηση, απόρριψη). Στο παρόν στάδιο συλλέγουμε αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με το κάθε υποσύστημα ξεχωριστά, ώστε να μπορούμε να κάνουμε ανάλυση εισροών- εκροών για το καθένα από αυτά.

Πολλές φορές τα δεδομένα είναι δύσκολο έως αδύνατο να βρεθούν από βιβλιογραφία. Σε αυτή την περίπτωση ο αναλυτής θα πρέπει να αναζητήσει στοιχεία από τη βιομηχανία για να ολοκληρώσει την μελέτη του. Συνήθως, οι εταιρίες δεν αποκαλύπτουν τέτοιες πληροφορίες, εκτός αν το αποτέλεσμα της ανάλυσης έχει πρακτικό ενδιαφέρον για αυτές. Αν η ΕΚΖ χρηματοδοτείται από κάποια συγκεκριμένη επιχείρηση, τότε πληροφορίες από την ίδια την εταιρία και τους προμηθευτές της θα είναι διαθέσιμα.

Κατά τη συλλογή των δεδομένων, είναι χρήσιμο να ακολουθείται από τον αναλυτή μια τυποποιημένη διαδικασία. Στους αναλυτές συνιστάται η χρήση ερωτηματολογίων για τη συλλογή δεδομένων καθώς και εγχειριδίων για την οργάνωση των δεδομένων.

Η χρήση εγχειριδίων για τη συλλογή των δεδομένων συνιστάται από την ΕΡΑ (Environmental Protection Agency) στο έγγραφο *Life-Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles* (EPA/600/R-92/245) και από την Καναδική Εταιρία Πιστοποίησης (Canadian Standards Association) στο έγγραφο *Standard Z760-94 Life-Cycle Assessment*. Επιπλέον συνιστάται στους αναλυτές να ελέγχουν την ποιότητα των δεδομένων όταν τα συλλέγουν. Αυτό θα είναι χρήσιμο αργότερα κατά την εκτίμηση της ποιότητας των αποτελεσμάτων. [1]

### 2.3.1.3. Δημιουργία μοντέλου σε ηλεκτρονικό υπολογιστή:

Οι πρώτες μελέτες ανάλυσης εισροών- εκροών έγιναν χωρίς την βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ο μεγάλος αριθμός πολύπλοκων υπολογισμών όμως καθιστά αναγκαία τη χρήση τους. Η μοντελοποίηση σε ηλεκτρονικό υπολογιστή μπορεί να γίνει με τη χρήση απλών προγραμμάτων τύπου Excel, ή πιο πολύπλοκων λογισμικών. Σκοπός των μοντέλων αυτών είναι ο συνδυασμός των δεδομένων εισροών και εκροών για κάθε βήμα του συστήματος. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων μπορεί να γίνει περισσότερο ή λιγότερο λεπτομερώς, ανάλογα με το σκοπό της μελέτης. [1]

### 2.3.1.4. Ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων:

Τα αποτελέσματα στα οποία καταλήξαμε με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή πρέπει να αναλυθούν και παρουσιαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να συνδυάζουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες της ΑΕΕ. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων εξαρτάται άμεσα από τον σκοπό της μελέτης. Με τον καθορισμό του σκοπού, ουσιαστικά, θέτουμε ορισμένες ερωτήσεις. Οι απαντήσεις δίδονται μέσω της παρουσίασης των αποτελεσμάτων. Επίσης, η παρουσίαση των αποτελεσμάτων πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε όλες οι σημαντικές πληροφορίες να παρουσιάζονται και να μην αποκλείονται κάποιες από αμέλεια.

Τα αποτελέσματα της ΑΕΕ θα πρέπει να παρουσιάζονται κατά κατηγορίες. Για κάθε στάδιο του κύκλου ζωής, δηλαδή, θα πρέπει να παρουσιάζονται αναλυτικά οι εισροές και οι εκροές. Επίσης, τα αποτελέσματα μπορούν να παρουσιαστούν κατά κατηγορίες επιπτώσεων. Για παράδειγμα σε μια κατηγορία να ενταχθούν οι ατμοσφαιρικές εκπομπές, σε μια άλλη τα υγρά απόβλητα και σε μια άλλη τα στερεά ή διαφορετικά, μια κατηγορία να περιλαμβάνει εκπομπές σχετικές με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, μια άλλη τις σχετικές με το φωτοχημικό νέφος κλπ. [1]

### 2.3.1.5. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων και διεξαγωγή συμπερασμάτων:

Μετά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων σειρά έχει η ερμηνεύσή τους και η διεξαγωγή συμπερασμάτων. Τα αποτελέσματα αυτά αναφέρονται συγκεκριμένα στο προϊόν ή τη διεργασία που εξετάζουμε και έχουν ισχύ μόνο για το συγκεκριμένο σκοπό και τα όρια του συστήματος που ορίστηκαν στην αρχή.

Τα αποτελέσματα της ΑΕΕ αναφέρονται στην κατανάλωση υλικών και ενέργειας και στις περιβαλλοντικές εκπομπές στον αέρα, στο νερό και στη γη. Στο στάδιο αυτό δεν προσπαθούμε να ερμηνεύσουμε τις επιπτώσεις των καταναλώσεων και των εκπομπών στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία. Αυτό γίνεται σε επόμενο στάδιο της ΕΚΖ, στην ανάλυση βελτιώσεων. Στο παρόν στάδιο τα συμπεράσματα και η ερμηνεύσή τους περιορίζονται στην εξεύρεση λύσεων για λιγότερες καταναλώσεις υλικών και ενέργειας και μειωμένα ποσοστά εκπομπών στο περιβάλλον. [1]

### **2.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ:**

Από την ανάλυση εισροών-εκροών προκύπτουν μεγάλες ποσότητες πολύπλοκων πληροφοριών σχετικά με την κατανάλωση πόρων και τις εκπομπές στο περιβάλλον. Αυτό ισχύει κυρίως στον τομέα των εκπομπών προς τον αέρα και το νερό, όπου ένα απλό αποτέλεσμα μπορεί να αποτελείται από εκτενείς λίστες των 20 και 30 διαφορετικών χημικών ουσιών για κάθε προϊόν ή διεργασία. Είναι πολύ δύσκολο να καταλήξουμε στο συμπέρασμα σχετικά με το αν ένα προϊόν Α είναι καλύτερο από το Β, το οποίο έχει την ίδια χρήση, για το περιβάλλον. Για παράδειγμα, 1Kg από έναν ατμοσφαιρικό ρυπαντή μπορεί να προκαλεί εντελώς διαφορετικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον σε σχέση με 1kg από έναν άλλο ατμοσφαιρικό ρυπαντή. Επίσης, οι επιπτώσεις που προκαλεί 1kg ενός ατμοσφαιρικού ρυπαντή, διαφέρουν ριζικά ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, άρα και ανάλογα με τη γεωγραφία. Για παράδειγμα 1kg θειικού οξέος μπορεί να προκαλέσει εντελώς διαφορετικά αποτελέσματα σχετικά με όξινη βροχή, ανάλογα με τη συχνότητα των βροχοπτώσεων, τη θερμοκρασία, την ένταση των ανέμων και την παρουσία ή απουσία ανθρακούχων πετρωμάτων στην επιφάνεια.

Το στάδιο της ΕΚΖ που ασχολείται με τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στην ποιότητα του περιβάλλοντος και στη μείωση των ενεργειακών αποθεμάτων είναι η ανάλυση επιπτώσεων. Θεωρητικά, η ανάλυση επιπτώσεων μετατρέπει τα αποτελέσματα της ΑΕΕ σε απλές «μονάδες» επιπτώσεων όπως αύξηση θνησιμότητας, αλλοίωση οικοσυστήματος κλπ. για να γίνει κατανοητό πώς επηρεάζεται το περιβάλλον από το υπό εξέταση σύστημα.

Σκοπός της ανάλυσης επιπτώσεων είναι να συνδυάσει πολύπλοκα δεδομένα από το στάδιο της ΑΕΕ σε ένα μικρό αριθμό κατηγοριών επιπτώσεων. Τούτο απαιτεί έναν απλό μηχανισμό μετατροπής, όπως έναν αριθμό που θα χρησιμοποιηθεί σαν πολλαπλασιαστής. Για παράδειγμα σε κάθε κατηγορία αερίων εκπομπών θα μπορούσαμε να αντιστοιχίσουμε μια σταθερά για το φαινόμενο της όξινης βροχής. Για παράδειγμα τα κιλά των SO<sub>x</sub> θα πολλαπλασιαστούν με μία σταθερά και τα κιλά των σωματιδίων με μια άλλη. Τα αποτελέσματα θα συγκεντρώνονταν και θα μπορούσαμε να σχηματίσουμε μια λίστα με τη συνεισφορά του κάθε ρυπαντή στο πρόβλημα της όξινης βροχής. Το ίδιο θα μπορούσε να γίνει και με άλλες κατηγορίες ρυπαντών, όπως εκπομπές στο νερό και στη γη, για άλλες κατηγορίες επιπτώσεων.

Το 1990 η ΕΡΑ έκανε μια πρώτη προσπάθεια για την κατάταξη των επιπτώσεων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι εξής παράμετροι:

- *Η γεωγραφική κλίμακα της επίπτωσης* (μεγάλες κλίμακες είναι χειρότερες από τις μικρές)
- *Η δριμύτητα του κινδύνου* (οι πιο τοξικές ουσίες παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον από τις λιγότερο τοξικές)
- *Ο βαθμός εκθέσεως* (οι καλά απομακρυνόμενες ουσίες είναι μικρότερου ενδιαφέροντος από τις γρήγορα κινούμενες)
- *Η τιμωρία για λάθη* (μεγαλύτεροι χρόνοι επαναδιευθετήσεως είναι περισσότερο ενδιαφέροντες από τους μικρότερους χρόνους)

Δεδομένης αυτής της γενικής προσεγγίσεως στην κατάταξη των περιβαλλοντικών κινδύνων, η ΕΡΑ δημιούργησε και τους παρακάτω καταλόγους:

- Προβλήματα σχετικά υψηλού κινδύνου
- ü Αλλοίωση του οικοσυστήματος και καταστροφή του.
- ü Εξαφάνιση ειδών και συνολική απώλεια της βιολογικής ποικιλότητας.
- ü Εξάντληση του στρατοσφαιρικού όζοντος.
- ü Αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος
  
- Προβλήματα σχετικά μετρίου κινδύνου.
- ü Βοτανοκτόνα- παρασιτοκτόνα.
- ü Τοξικά, θρεπτικά συστατικά, ζήτηση βιομηχανικού οξυγόνου και θολότητα στα επιφανειακά νερά.
- ü Απόθεση οξέων.
- ü Αέρια τοξικά περιλαμβανομένων και των συστατικών που βρίσκονται στην αιθαλομίχλη.
  
- Προβλήματα σχετικά χαμηλού κινδύνου.
- ü Πετρελαιοκηλίδες .
- ü Ρύπανση επίγειων νερών.
- ü Ραδιονουκλεΐδια.
- ü Ροή οξέων στα επιφανειακά νερά.
- ü Θερμική ρύπανση.

Η προσπάθεια αυτής της υπηρεσίας συμπληρώθηκε το 1992 με την συμπερίληψη μερικών κοινωνικά εστιασμένων θεμάτων τέτοιων, όπως ο ατελής προγραμματισμός της χρήσεως της γης και έλλειψης περιβαλλοντικής ενημερώσεως. Η κατάταξη έδειξε μια ευρεία αποδοχή από πρόσωπα διαφόρων μορφωτικών υποβάθρων. [2]

## **2.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ:**

### **2.5.1. Εισαγωγή:**

Σε αυτό το στάδιο τα αποτελέσματα των αναλύσεων μεταφράζονται σε συγκεκριμένες δράσεις που ωφελούν τη σχέση επιχειρήσεων- περιβάλλοντος.

Εξάλλου η ανάλυση βελτιώσεων ορίζεται από τη SETAC (Society of Environmental Toxicology And Chemistry) ως εξής:

*«Ανάλυση βελτιώσεων είναι μια συστηματική αξιολόγηση των αναγκών και των ευκαιριών για μείωση του περιβαλλοντικού φορτίου που συνδέεται με τη χρήση ενέργειας και πρώτων υλών και των περιβαλλοντικών εκπομπών καθ' όλη τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος, μιας διεργασίας ή μιας δραστηριότητας. Η ανάλυση αυτή μπορεί να περιλαμβάνει και ποσοτικά και ποιοτικά μέτρα βελτιώσεων, τέτοια όπως αλλαγές στα σχέδια των προϊόντων, διεργασιών και δραστηριοτήτων, στη χρήση των πρώτων υλών, στις βιομηχανικές διεργασίες, στη χρήση από τους καταναλωτές και στη διαχείριση των αποβλήτων».*

Η ανάλυση των βελτιώσεων είναι ο τελευταίος στόχος όλων των δραστηριοτήτων της διαχείρισης του περιβάλλοντος. Όπως με τις περισσότερες οικολογικές καταστάσεις όμως, οι δράσεις που αναλαμβάνονται ως αποτέλεσμα αυτών θα είναι μάλλον συμβιβαστικές λύσεις βασισμένες σε ποικιλία αντιπαροχών. Δεν θα μπορούσε κάποιος να εισέλθει σε ΕΚΖ προϊόντων, διεργασιών ή εγκαταστάσεων με την ιδέα ότι όλες οι πιθανές δράσεις που αναγνωρίζονται για την εξέταση μπορούν να επιτευχθούν. Μη περιβαλλοντικά θέματα και περιορισμοί παρουσιάζονται πάντοτε και τα οφέλη τους πρέπει να αντισταθμίζονται με εκείνα που συνιστώνται από την ανάλυση της εκτίμησης του κύκλου ζωής. Όμως, το να πληροφορείται κάποιος για την ύπαρξη αριθμού σχεδίων ή λειτουργιών που θα μπορούσαν να τροποποιηθούν και μετά να μπορούν να εφαρμοσθούν, είναι πολύ πρακτικό. Το αποτέλεσμα σε κάθε περίπτωση θα είναι πολύ περισσότερο περιβαλλοντικά βιώσιμο από το να μην είχε γίνει τίποτα. Κατά συνέπεια αυτό θα βοηθήσει την επιχείρηση στην εγκαθίδρυση της δικής της μακροπρόθεσμης περιβαλλοντικής αποδόσεως. [2]

### **2.5.2. Περιορισμοί και προβλήματα της αναλύσεως βελτιώσεων:**

Στην πράξη έχει αποδειχθεί δύσκολο για τις επιχειρήσεις να εφαρμόσουν λεπτομερή ανάλυση εισροών- εκροών για όλη τη διάρκεια ζωής του προϊόντος, πιο δύσκολο να συσχετίσουν αυτές τις εισροές και εκροές με την ανάλυση των επιπτώσεων και ακόμα πιο δύσκολο να μεταφράσουν τα αποτελέσματα των δύο

πρώτων σταδίων της ΕΚΖ σε κατάλληλες δράσεις. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για την εμφάνιση αυτών των προβλημάτων, όπως:

- Ολοκληρωμένη ΑΕΕ για όλο τον κύκλο ζωής είναι δαπανηρή και χρονοβόρα, κατά ένα μέρος λόγω της ανάγκης αποκτήσεως ποσοτικών πληροφοριών που μπορεί να απαιτούν επιτόπιες αναλυτικές μετρήσεις ή λεπτομερείς θεωρήσεις φακέλων και αρχείων.
- Πολλές μεθοδολογικές ΕΚΖ που βρίσκονται σε χρήση, εφαρμόζονται για περιορισμένα υποσύνολα των εμπορικών προϊόντων. Ο περιορισμός αυτός συχνά δεν αναγνωρίζεται γρήγορα. Για παράδειγμα, τεχνικές κατάλληλες για την εκτίμηση κυπέλλων για ζεστά ποτά ή για είδη προσωπικής υγιεινής δεν μεταφέρονται γρήγορα σε πολύπλοκα προϊόντα όπως οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές.
- Οι αναλύσεις των επιπτώσεων είναι αναπόφευκτα αμφισβητήσιμες, κατά ένα μέρος επειδή εμπλέκουν εκτίμηση αξίας σε σύγκριση με εξισορρόπηση διαφορετικών επιπτώσεων. Έτσι, αριθμητικές αποδόσεις επιπτώσεων συχνά δεν γίνονται αποδεκτές ως κατάλληλες οδηγίες.
- Δεν είναι αποδεκτό πάντοτε, ότι οι διάφοροι τύποι εκτιμήσεων του κύκλου ζωής έχουν αναπτυχθεί για διαφορετικούς σκοπούς και δεν αρμόζουν για όλο το φάσμα των πιθανών εκτιμήσεων. Για παράδειγμα, μια μελέτη που έγινε για να στηρίξει μια διαφήμιση ή μια νομική διεκδίκηση για ένα προϊόν, πρέπει να είναι περισσότερο ακριβής από μία που γίνεται για εσωτερική χρήση, για να διεγείρει επιλογές περιβαλλοντικά προτιμότερες από την ομάδα σχεδίασεως του προϊόντος.
- Είναι δύσκολο να κατατάξουμε ένα σχέδιο νέου προϊόντος σε σχέση με ένα άλλο, ένα παλιό προϊόν έναντι ενός νέου, ή ένα παλιό εργοστάσιο σε σχέση με ένα νέο, ή να αναγνωρίσουμε πιθανές εναλλακτικές περιπτώσεις και λύσεις, βασιζόμενοι μόνο σε σποραδικά εκτελούμενες αναλύσεις εισροών- εκροών



κατά τον κύκλο ζωής και εκτιμήσεις επιπτώσεων με διαφορετικές προσεγγίσεις.

Η αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων και συγχρόνως η δημιουργία αναλύσεων βελτιώσεων που είναι χρήσιμες για αυτούς που λαμβάνουν τις αποφάσεις, είναι ένα δύσκολο έργο. Η εμπειρία διδάσκει ότι η διαδικασία της ΕΚΖ αποδίδει καλύτερα όταν γίνεται επί τούτου, σε μέτριο βάθος και με ποιοτικό τρόπο από κάποιον ειδικό. Ο στόχος είναι να γίνεται η ΕΚΖ γρήγορα, ας πούμε σε δύο ημέρες για ένα τυπικό προϊόν ή μια εβδομάδα για μια τυπική εγκατάσταση. [2]

Για όλους τους παραπάνω λόγους και αν συνυπολογίσουμε την ιδιαίτερα εκτεταμένη γεωγραφική έκταση της παρούσας μελέτης, γίνεται κατανοητό ότι είναι πολύ δύσκολο να προταθούν μέτρα βελτιώσεων για τα διάφορα στάδια της επεξεργασίας του πετρελαίου και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της παρούσας ΕΚΖ. Δεν είναι μόνο η έλλειψη δεδομένων, αλλά και η απουσία της απαιτούμενης τεχνογνωσίας για να γίνει κάτι τέτοιο και συνεπώς το στάδιο αυτό της ΕΚΖ παραλείπεται στην παρούσα εργασία.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο:**

### **ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ:**

#### **3.1. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ:**

Η πρώτη μνεία χρησιμοποίησης του πετρελαίου γίνεται στη Βίβλο, όπου αναφέρεται ότι ο Νώε πραγματοποίησε επάλειψη της Κιβωτού, πριν από τον κατακλυσμό με κάποιο υλικό ασφαλτικής σύστασης. Ο Ηρόδοτος επίσης αναφέρει ότι στη Ζάκυνθο υπήρχε ένα πηγάδι με άσφαλο. Πριν από 5.000 τουλάχιστον χρόνια, οι Σουμέριοι, οι Ασσύριοι και οι Βαβυλώνιοι χρησιμοποίησαν τις μεγάλες επιφανειακές διαρροές πετρελαίου στο Χιτ του Ευφράτη ποταμού, ενώ χρήση παρόμοιων διαρροών είναι γνωστή σε πολλά μέρη της Μεσοποταμίας και των γειτονικών περιοχών που περιβάλλουν την ανατολική Μεσόγειο. Στην αρχαιότητα η

Νεκρά Θάλασσα ήταν γνωστή με την ονομασία Ασφαλτίτις Λίμνη, λόγω του ημιστερεού πετρελαίου που έβγαινε στις ακτές της από υποβρύχιες διαρροές.

Οι ανασκαφές στα Σούσα του Ιράν και στην Ουρ του Ιράκ αποκάλυψαν ότι οι κάτοικοι ανακάτευαν στερεά παράγωγα του πετρελαίου με άμμο και ινώδη υλικά για την κατασκευή αρδευτικών τάφρων.

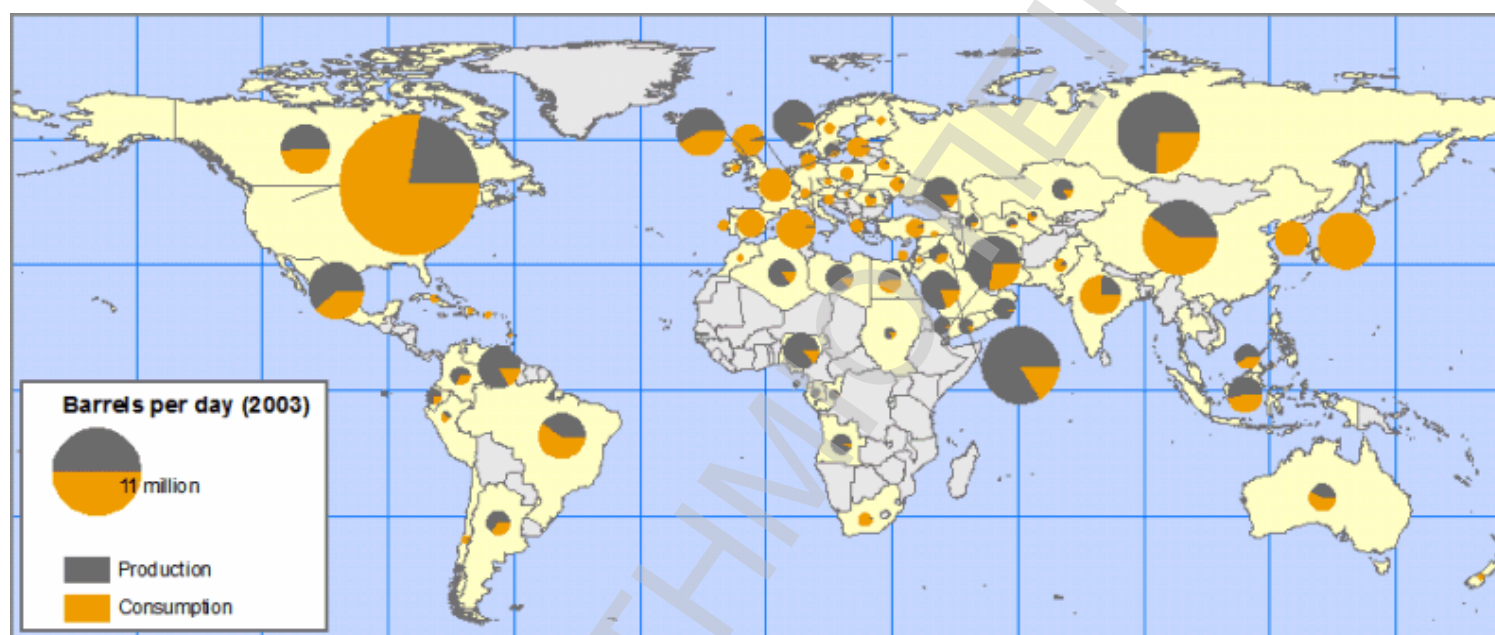
Είναι γνωστό ότι γινόταν χρήση του πετρελαίου στο καλαφάτισμα των πλοίων, στην κατασκευή δρόμων, στην κατασκευή αδιάβροχης ψάθας και καλαθιών και ως συγκολλητικό στα μωσαϊκά. Επίσης το χρησιμοποιούσαν στην ιατρική σαν καθαρτικό, σαν υγρό εντριβών και σαν απολυμαντικό. Οι αρχαίοι Έλληνες ήξεραν καλά τις πολλές χρήσεις του, αλλά δεν τις μετέδωσαν στους Ρωμαίους κατακτητές. Πολλοί αρχαίοι συγγραφείς έχουν περιγράψει φυσικές εμφανίσεις πετρελαίου και αερίων, ιδιαίτερα στην περιοχή του Μπακού, στη πρώην ΕΣΣΔ.

Στους πρώτους χριστιανικούς χρόνους, οι Άραβες και οι Πέρσες ενδιαφέρθηκαν για το αργό πετρέλαιο και τη διύλισή του σε φωτιστικό πετρέλαιο. Είναι πιθανόν αυτές οι γνώσεις να μεταφέρθηκαν από τους Άραβες στη δυτική Ευρώπη κατά τον 12<sup>ο</sup> αιώνα. Επίσης το «υγρό πυρ» των Βυζαντινών είχε κατά πάσα πιθανότητα ως βάση το πετρέλαιο.

Μέχρι τις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα η χρήση του φωτιστικού πετρελαίου στις ΗΠΑ βρισκόταν στο ίδιο επίπεδο που την είχαν αφήσει οι αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι. Η πρώτη γεώτρηση ειδικά για την αναζήτηση πετρελαίου έγινε από τον Έντγουιν Ντρέικ στην δυτική Πενσυλβάνια τον Αύγουστο του 1859 και σε βάθος 21 μέτρων, έτσι άνοιξε τον δρόμο στη βιομηχανία πετρελαίου. Την ίδια περίπου περίοδο πετρελαϊκά πεδία ανακαλύφθηκαν στην Ευρώπη και την Άπω Ανατολή.

Με την αρχή του 20<sup>ου</sup> αιώνα η Βιομηχανική Επανάσταση, που χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση του αυτοκινήτου, είχε προχωρήσει τόσο πολύ ώστε το επεξεργασμένο πετρέλαιο για φωτιστική χρήση έπαυε να έχει την πρώτη σημασία και η πετρελαϊκή βιομηχανία έγινε η πρώτη πηγή ενέργειας στον κόσμο.

Έτσι ενώ το 1870 η παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου ήταν μικρότερη από 1.000.000 τόνους το χρόνο, στα επόμενα χρόνια έφτασε να ξεπερνά τους 3.000.000.000 τόνους. Σήμερα το πετρέλαιο αποτελεί σημαντική πρώτη ύλη στην βιομηχανία των πετροχημικών, αλλά την μεγαλύτερη εφαρμογή βρίσκει στην παραγωγή ενέργειας, από την οποία εξαρτάται το παρόν και το μέλλον της παγκόσμιας οικονομίας. [3,4,5]



**Σχήμα 3.1. Παγκόσμια Παραγωγή και Κατανάλωση Αργού Πετρελαίου (2003).**

[16]

Σε διεθνές επίπεδο, το πετρέλαιο αποτελεί το κυρίαρχο ενεργειακό αγαθό κατά την τελευταία δεκαετία, αντιπροσωπεύοντας το 2001 το 38% της παγκόσμιας ζήτησης για όλα τα ενεργειακά αγαθά. Οι μεγαλύτεροι καταναλωτές πετρελαιοειδών προϊόντων το 2001, αποτέλεσαν οι βιομηχανοποιημένες χώρες που απορρόφησαν 77,5% του συνόλου διεθνώς, και κυρίως χώρες, όπως οι ΗΠΑ (29%), η Ιαπωνία (13,6%), η Γερμανία (7,1%) και η Γαλλία (4,9%). Αντίστοιχα, από τις αναπτυσσόμενες χώρες που κατανάλωσαν το 22,5% της συνολικής ζήτησης διεθνώς το 2001, οι χώρες που απορρόφησαν το μεγαλύτερο μέρος αυτών ήταν η Κίνα (3,7%) και η Βραζιλία (2,7%).

**3.2. ΣΥΣΤΑΣΗ:**

Το αργό πετρέλαιο, αποτελείται κυρίως από υδρογονάνθρακες μοριακού βάρους κυμαινόμενου από του ελαφρότερου μεθανίου μέχρι των βαρέων στερεών μορίων, που έχουν 80 άτομα άνθρακα. Περιέχει επίσης ενώσεις οξυγόνου, θείου και αζώτου, έως και ελάχιστα ποσά μεταλλικών ενώσεων, νερού και λευκοματωδών ενώσεων. Μεταξύ των αερίων ενώσεων που εκλύονται από τις πετρελαιοπηγές, περιλαμβάνονται άζωτο, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S και ήλιον σε σημαντικές περιεκτικότητες. Η περιεκτικότητα του πετρελαίου σε άνθρακα και υδρογόνο, κυμαίνεται περί το 84% και 14% αντιστοίχως. Η περιεκτικότητα σε N, S και O του αργού πετρελαίου κυμαίνεται συνήθως μεταξύ των ορίων: S = 0,5-7%, N = 0,1-1,0% και O = 0-2% , αλλά η περιεκτικότητα ως προς τις αντίστοιχες θειούχες, οξυγονούχες και αζωτούχες μοριακές ενώσεις είναι πολύ μεγαλύτερη και παίζει σημαντικότερο ρόλο για τον εξευγενισμό των προϊόντων του πετρελαίου. Ο πίνακας 3.1. παρέχει τις διακυμάνσεις της περιεκτικότητας των στοιχείων και δίνει πληρέστερη εικόνα της σύστασης του αργού πετρελαίου. Όσον αφορά τις μεταλλικές ενώσεις που περιέχονται στο πετρέλαιο, δεν είναι πλήρως γνωστό υπό ποια μορφή βρίσκονται αυτές.

**Πίνακας 3.1. Στοιχειακή ανάλυση αργών πετρελαίων. [6]**

Στοιχεία	Περιεκτικότητα % κ.β.
Άνθρακας:	83,9 - 86,8
Ύδρογόνο:	11,4 - 14,0
Θείον:	0,06 - 8,00
Άζωτο:	0,11 - 1,70
Οξυγόνο:	0,5
Μέταλλα (Fe, V, Ni, κλπ.):	0,03

Πάντως έχουν βρεθεί ενώσεις όλων των μετάλλων στα διαφορά είδη αργού πετρελαίου και είναι γνωστό ότι μερικές ενώσεις (προερχόμενες από το θαλασσινό νερό) βρίσκονται υπό μορφή διαλύματος, ενώ άλλες υπό μορφή αλάτων των

οργανικών οξέων, ή υπό μορφή οξειδίων σε λεπτότατο διαμερισμό, ή υπό μορφή σύμπλοκων οργανομεταλλικών ενώσεων, π.χ. πορφυρίνες.

Οι υδρογονάνθρακες οι περιεχόμενοι στο αργό πετρέλαιο είναι οι παραφινικοί, ίσο και κανονικοί, όπως και οι κυκλοπαραφίνες ή αλλιώς, ναφθένια ή ναφθενικοί υδρογονάνθρακες καθώς και οι αρωματικοί, μόνο και πολυπυρηνικοί. Ως προς τις κατηγορίες του αργού πετρελαίου, διακρίνουμε τα πετρέλαια σε: α) παραφινικής, β) ναφθενικής ή ασφαλτούχου και γ) μικτής βάσεως, αναλόγως του υπερισχύοντος τύπου υδρογονανθράκων που περιέχεται στο πετρέλαιο. Διευκρινίζεται ότι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες δεν υπάρχουν (παρά μόνο σε σπάνιες περιπτώσεις) στο αργό πετρέλαιο, ή δε παρουσία αυτών στα προϊόντα του πετρελαίου οφείλεται σε κατεργασίες, που γίνονται στο διυλιστήριο. [6]

### **3.3. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ:**

Στην βιβλιογραφία αναφέρονται πολλές κατηγορίες αργού πετρελαίου, εδώ όμως θα αρκεσθούμε σε τρεις βασικές κατηγορίες, έχοντας ως κριτήριο την περιεκτικότητα του αργού πετρελαίου σε παραφίνη και άσφαλο. Παραφίνη καλούμε γενικώς, κεκορεσμένους υδρογονάνθρακες κρυσταλλικής υφής, μεγάλου μοριακού βάρους και χρώματος παραπλήσιου προς το λευκό, που είναι στερεοί στην συνήθη ατμοσφαιρική θερμοκρασία, άσφαλο δε, μη κρυσταλλικές στερεές ή ημιστερεές ενώσεις μελανού ή μελανοκαστανού χρώματος, οι οποίες συνίστανται κυρίως από πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες καθώς και οξειδωμένους υδρογονάνθρακες.

#### **A) Πετρέλαια παραφινούχου βάσεως:**

Τα πετρέλαια αυτά χαρακτηρίζονται από μικρό ειδικό βάρος, περιέχουν παραφίνη και καθόλου ή ελάχιστη άσφαλο. Περιέχουν κυρίως παραφινικούς υδρογονάνθρακες με μικρή αναλογία ναφθενικών και αρωματικών υδρογονανθράκων. Αποδίδουν μεγάλο ποσοστό ορυκτελαίων.

Β) Πετρέλαια ασφαλτούχου βάσεως:

Αυτά χαρακτηρίζονται από μεγάλο ειδικό βάρος, περιέχουν άσφαλτο και καθόλου ή ελάχιστη παραφίνη. Συνίστανται κυρίως από ναφθενικούς υδρογονάνθρακες, αρκετούς αρωματικούς και λίγους παραφινικούς. Αποδίδουν μικρό ποσοστό ορυκτελαίων. Μπορούμε να ονομάσουμε τα πετρέλαια αυτά και πετρέλαια ναφθενικής βάσεως.

Γ) Πετρέλαια μικτής βάσεως:

Αυτά έχουν ενδιάμεσες ιδιότητες, περιέχουν δε και άσφαλτο και παραφίνη. Το 90% των αργών πετρελαίων είναι πετρέλαια μικτής βάσεως. Υπάρχουν και σπάνιες περιπτώσεις, όπου το αργό πετρέλαιο δεν περιέχει ούτε άσφαλτο ούτε παραφίνη, αλλά αφήνει υπόλειμμα συνιστάμενο από ρητινούχες ουσίες. [6]

### **3.4. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ:**

Αν και για την εξέταση των ιδιοτήτων του αργού πετρελαίου πρέπει να έχουν προηγηθεί οι έννοιες και οι μέθοδοι προσδιορισμού των εν λόγω ιδιοτήτων, εν τούτοις οι χαρακτηριστικές ιδιότητες του αργού πετρελαίου αναφέρονται εδώ προς συμπλήρωση του κεφαλαίου περί αργού πετρελαίου. Μπορούμε να διαχωρίσουμε τις ιδιότητες αυτού σε φυσικές και σε χημικές.

#### **3.4.1. Φυσικές ιδιότητες:**

##### **3.4.1.1. Χρώμα:**

Το αργό πετρέλαιο έχει χρώμα κυμαινόμενο από ανοικτό αχυρόχρωμο έως μελανό.

##### **3.4.1.2. Ιξώδες:**

Αυτό κυμαίνεται, από πολύ μικρό έως πολύ μεγάλο. Το πετρέλαιο είναι δυνατόν να έχει την μορφή ενός πολύ λεπτόρρευστου υγρού έως ενός πολύ παχύρρευστου ή ακόμη και ημι-στερεού σώματος.

3.4.1.3. Τάση ατμών Reid:

Αυτή κυμαίνεται από ασήμαντη έως παραπλήσια των βενζινών. Επειδή, όμως, συνήθως είναι αρκετά σημαντική λόγω των περιεχομένων ελαφρών υδρογονανθράκων, το αργό πετρέλαιο υπόκειται πάντοτε στους κανονισμούς ασφαλείας, που αφορούν τα εύφλεκτα υγρά, όπως οι βενζίνες και άλλα προϊόντα με χαμηλό σημείο αναφλέξεως.

3.4.1.4. Ειδικό βάρος:

Συνήθως είναι κάτω της μονάδας. Μεγάλη περιεκτικότητα σε ελαφρά κλάσματα ή σε κεκορεσμένους παραφινικούς υδρογονάνθρακες, οδηγεί σε μικρό ειδικό βάρος, ενώ τα βαρέα συστατικά, ναφθενικές, αρωματικές και πολυπυρηνικές ενώσεις, οδηγούν σε μεγάλο ειδικό βάρος. Η εμπορία του αργού πετρελαίου γίνεται επί τη βάση της πυκνότητας API.

Οι βαθμοί API, αφορούν κλίμακα μέτρησης της σχετικής πυκνότητας υγρών πετρελαιοειδών, επινοημένη από το American Institute of Petroleum και το National Bureau of Standards. Μικρότερη σχετική πυκνότητα αντιστοιχεί σε μεγαλύτερο βαθμό API. Ο τύπος υπολογισμού της μετατροπής της σχετικής πυκνότητας σε βαθμούς API gravity είναι ο ακόλουθος:  $API\ gravity = (141.5/d) - 131.5$ , όπου  $d =$  σχετική πυκνότητα στους  $15.6^{\circ}C$ .

3.4.1.5. Σημείο Ροής:

Αυτό βρίσκεται συνήθως κάτω από το μηδέν, αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις στις οποίες το σημείο ροής είναι υψηλό.

3.4.1.6. Συντελεστής χαρακτηρισμού:

Αυτός δίνεται από τη σχέση:  $Characterization\ Factor = (C.F.) = T^{1/3}/S$

Όπου:  $T =$  Μέσον Σημείο Ζέσεως σε βαθμούς Rankine ( $^{\circ}R$ ) με:  $^{\circ}R = ^{\circ}F + 460$

και  $S =$  Ειδικό βάρος 60/60  $^{\circ}F$ .

Ο συντελεστής αυτός παρέχει καλύτερα στοιχεία από την πυκνότητα API, όσον αφορά την ναφθενική ή την παραφινική βάση των αργών πετρελαίων. Όπου:

C.F. = 12,9- 12,15 χαρακτηρίζει πετρέλαια παραφινικής βάσεως,

C.F. = 12,1-11,5 χαρακτηρίζει πετρέλαια μικτής βάσεως,

C.F. = 11,45-10,5 χαρακτηρίζει πετρέλαια ναφθενικής βάσεως.

#### 3.4.1.7. Δείκτης Συσχετισμού (Correlation Index = C.I.) :

Αυτός δίνεται από τη σχέση:  $C.I. = 48640/K + 473,7G - 456,8$

Όπου: K= Μέσον Σημείο Ζέσεως σε βαθμούς Kelvin ( $^{\circ}K$ ) με:  $^{\circ}K = ^{\circ}C + 273$   
και G = Ειδικό Βάρος 60/60  $^{\circ}F$ . Για τιμές:

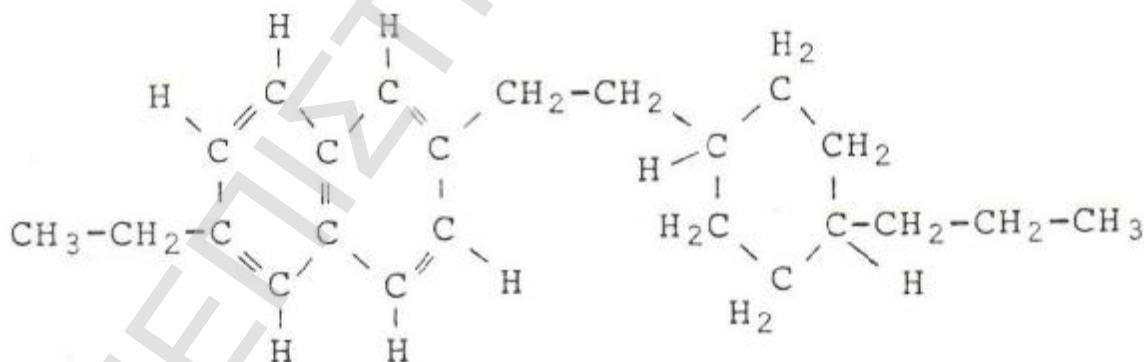
C.I.  $\leq 15$  σημαίνουν παραφινικό χαρακτήρα,

C.I. = 15-50 σημαίνουν ναφθενικό ή μικτό χαρακτήρα,

C.I.  $> 50$  σημαίνουν αρωματικό χαρακτήρα.

#### 3.4.1.8. Ανάλυση μοριακής δομής:

Εάν ο παρακάτω συντακτικός τύπος παριστά είτε τον συστατικό είτε τον υποθετικό μέσον όρο ενός περίπλοκου μίγματος, ή ανάλυση αυτού είναι δυνατό να εκφρασθεί επί τη βάση του σκελετού των ατόμων άνθρακα ως εξής:



Σχήμα 3.2. Μοριακή Δομή Αργού Πετρελαίου. [6]

Από τα 23 άτομα άνθρακα, τα οποία περιέχει ή παραπάνω ένωση, 10 σχηματίζουν αρωματικούς δακτυλίους, 7 παραφινικές αλυσίδες και 6 ναφθενικούς δακτυλίους. Περαιτέρω το μόριο περιέχει τρεις δακτυλίους, εκ των οποίων δύο είναι αρωματικοί και ένας ναφθενικός. [6]



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο:**

### **ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΚΑΙ Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ**

### **ΕΛΛΑΔΑ:**

#### **4.1. Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ:**

Στη χώρα μας τα πετρελαιοειδή προϊόντα κατέχουν την μερίδα του λέοντος μεταξύ του συνόλου των ενεργειακών αγαθών, με ποσοστό που φτάνει περίπου το 70%. Το ποσοστό αυτό ωστόσο εμφανίζει στην περίοδο 1985-2000 οριακή, πλην σταθερή, υποχώρηση η οποία αποδίδεται στην βραδεία υποκατάσταση των προϊόντων πετρελαίου από άλλες μορφές ενέργειας.

Η εξάρτηση των τομέων της οικονομίας από προϊόντα πετρελαίου παρέμεινε σχεδόν σταθερή διαχρονικά ή μειώθηκε οριακά κατά την τελευταία δεκαετία, με τις μεταφορές να κατέχουν κατά μέσο όρο το 57,6% (6,06Mtoe) της συνολικής τελικής ζήτησης και ακολουθούν η βιομηχανία με 16,7% (1,74Mtoe), τα νοικοκυριά με 16% (1,68Mtoe), ο αγροτικός τομέας με 8,5% (0,86Mtoe) και ο τομέας των υπηρεσιών με 1,5% (0,14Mtoe). [7]

Στο χώρο των εταιρειών διύλισης, το IOBE (Ινστιτούτο Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών) επισημαίνει ότι κατέγραψαν θετικούς ρυθμούς μεταβολής στα περισσότερα χρηματοοικονομικά τους μεγέθη την περίοδο 1997-2001. Οι πωλήσεις σημείωσαν μέση ετήσια άνοδο κατά 18,6% προσεγγίζοντας το 2001 τα 5,58 δις εκ. ευρώ, παρόμοια τα καθαρά κέρδη προ φόρων παρουσίασαν ιστορική αύξηση με μέσο ετήσιο ρυθμό μεταβολής 258% σε 142,35 εκατ. ευρώ.

Η ΕΛΠΕ (Ελληνικά Πετρέλαια) είναι η μεγαλύτερη επιχείρηση στην αγορά πετρελαίου, με την Motor Oil όμως να επεκτείνεται με ταχείς ρυθμούς τα τελευταία χρόνια και να διευρύνει το μερίδιό της στην αγορά. Η συγχώνευση της Πετρόλα με την εταιρεία Ελληνικά Πετρέλαια (2003), η ανταλλαγή του τομέα των καυσίμων της Texaco στην Ελλάδα με πρατήρια της Shell στην Αγγλία (2000) και η συγχώνευση

της εταιρείας Έκο-Ελλά ΑΒΕΕ με τη Γ. Μαμιδάκης & Σία ΑΕΕ (2000) ήταν οι σημαντικότερες επιχειρηματικές εξελίξεις του κλάδου τα τελευταία χρόνια. [8]

Οι προμήθειες αργού πετρελαίου, συντονίζονται κεντρικά. Για το 2003 περίπου το σύνολο προμηθειών του αργού, με εξαίρεση κάποια φορτία ρωσικού πετρελαίου, έγιναν με βάση term contracts, Σαουδική Αραβία 16,8%, Ιράν 39,6%, Λιβύη 8,25%. Πρίνο 1,34% και το υπόλοιπο 34% ήταν ρωσικής προέλευσης. [9]

Η υποκατάσταση των πετρελαιοειδών προϊόντων από νέες εναλλακτικές μορφές ενέργειας προβλέπεται ότι θα πραγματοποιηθεί με αργούς ρυθμούς, καθώς οι υψηλές κεφαλαιακές επενδύσεις που απαιτούνται αποτελούν ένα μεγάλο εμπόδιο. Αυτά επισημαίνει μελέτη του Ινστιτούτου Οικονομικών & Βιομηχανικών Ερευνών (IOBE), για τις τάσεις και την πορεία του κλάδου εμπορίας πετρελαιοειδών, που δόθηκε στη δημοσιότητα.

Στην εγχώρια αγορά ώθηση στην εξέλιξη της εγχώριας προσφοράς αναμένεται να δώσει η κατασκευή του αγωγού Μπούργκας-Αλεξανδρούπολη, ο οποίος θα μειώσει αισθητά το κόστος εισαγωγής αργού πετρελαίου και ταυτόχρονα θα αυξήσει την ανταγωνιστικότητα των ελληνικών εταιρειών. Σύμφωνα με την ίδια μελέτη μέχρι το 2010 προβλέπεται, για την εγχώρια αγορά, σημαντική αύξηση της ζήτησης της αμόλυβδης βενζίνης, κατά 5,5% ετησίως, μείωση της βενζίνης σούπερ κατά -18,5% το χρόνο, ενώ η αύξηση του συνόλου των βενζινών θα διαμορφωθεί για τα επόμενα χρόνια στο 2,5% ετησίως. Για το πετρέλαιο εσωτερικής καύσεως (κίνησης και θέρμανσης) προβλέπεται έως και το 2010 μέση ετήσια αύξηση από 2% έως 6%, για το πετρέλαιο κίνησης 0,4% με 2,7% και για το πετρέλαιο θέρμανσης 3% με 5,7%.

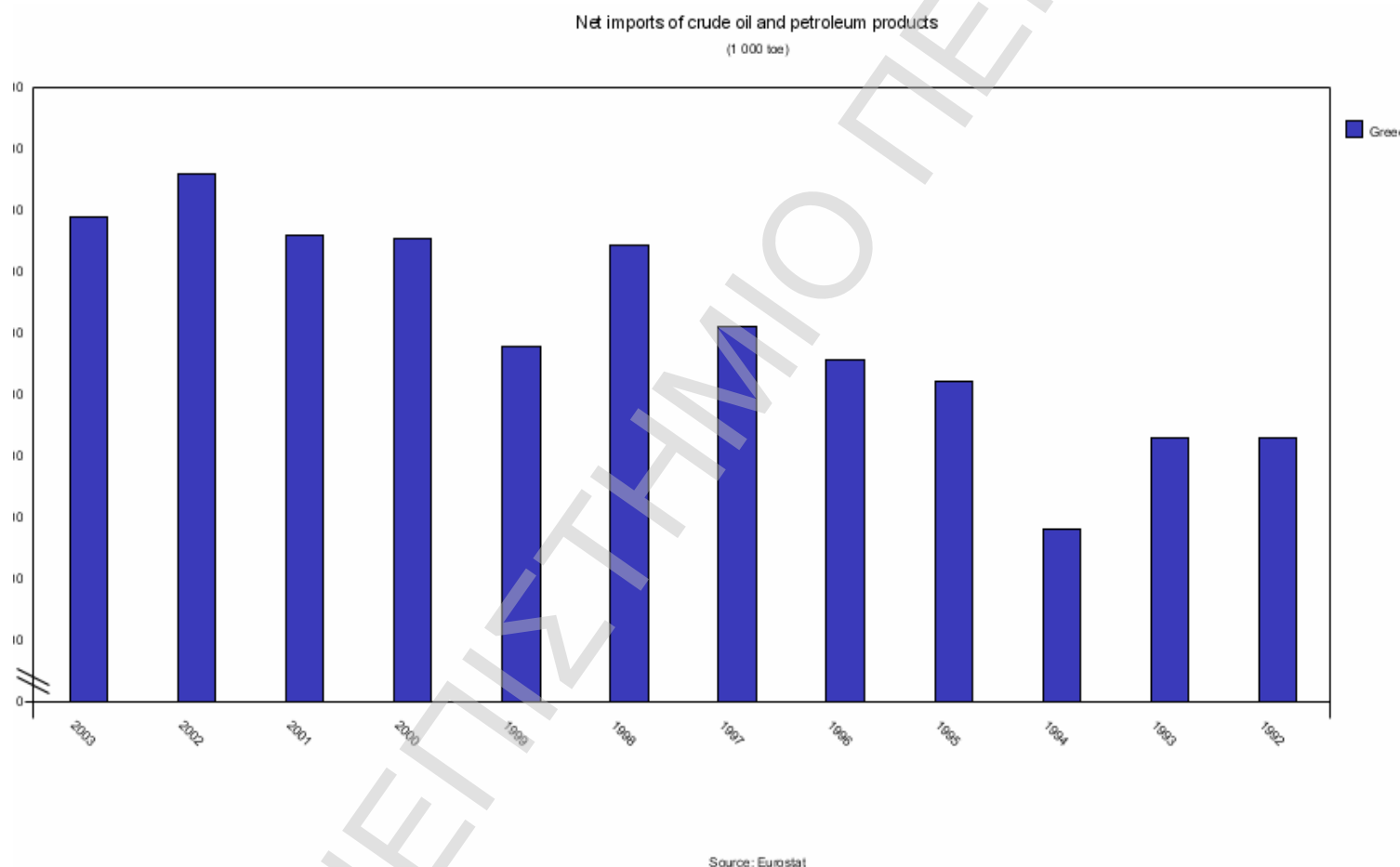
Το μεγάλο εύρος των προβλέψεων οφείλεται στο ότι πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση των προϊόντων αυτών, όπως ο ρυθμός διεύθυνσης του φυσικού αερίου, ο αριθμός των ντιζελοκίνητων αυτοκινήτων που θα κυκλοφορήσουν κ.λπ., δεν ήταν εφικτό να εκτιμηθούν. [8]



Σχήμα 4.1. Σταθμοί Φόρτωσης Πετρελαίου και Δωλιστήρια. [ΔΕΠΑ, 2000]

**4.2. Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ:**

Η εξάρτηση της Χώρας μας από το πετρέλαιο είναι τεράστια (πάνω από το 65% των αναγκών της) και οι επιπτώσεις σημαντικές. Οι εισαγωγές πετρελαίου στη Χώρα μας αντιπροσωπεύουν ποσοστό 3,8% του ΑΕΠ, έναντι μέσου κοινοτικού όρου 1,4% (στοιχεία Υπουργείου Ανάπτυξης για το 2004). Αν το επίπεδο εξάρτησης της Χώρας μας ήταν το ίδιο με εκείνο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, θα εξοικονομούσαν 2,6 δισ. ευρώ. [10]



**Σχήμα 4.2. Καθαρές εισαγωγές αργού πετρελαίου και πετρελαϊκών προϊόντων.  
(1000 Τ.Ι.Π.) [Eurostat]**

Σημ.: 1 Τ.Ι.Π. (Τόνος Ισοδύναμου Πετρελαίου) συμβατικά θεωρείται ίσος με  $10^7$  kcal. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί περίπου στη μέση σταθμική κατώτερη θερμική ικανότητα των προϊόντων που προέρχονται από ένα μετρικό τόνο τυπικού αργού πετρελαίου

Σε γενικές γραμμές, η ενεργειακή αναρχία, η υπερκατανάλωση και η έλλειψη συντονισμένης πολιτικής εξοικονόμησης ενέργειας αυξάνουν διαρκώς την εξάρτηση της Ελλάδας από το πετρέλαιο. Εξάλλου κάτι τέτοιο φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα, όπου παρουσιάζεται η αυξητική πορεία των καθαρών εισαγωγών αργού πετρελαίου και λοιπών πετρελαϊκών προϊόντων κατά την τελευταία δεκαετία.

Ο Έλληνας καταναλώνει 70% περισσότερη ενέργεια από τον μέσο Ευρωπαίο και η χώρα δεν ακολουθεί, ούτε στο ελάχιστο, «μέτρα απεξάρτησης» όπως αυτά που εφαρμόζονται στη Γερμανία ή την Ισπανία.

Πρόσφατη έκθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναφέρει πως μέχρι το 2010, η εξάρτηση της Ελλάδας από το εισαγόμενο πετρέλαιο θα φτάσει στο 75% της συνολικής εγχώριας ενεργειακής κατανάλωσης. Ποσοστό εξάρτησης ιδιαίτερα επικίνδυνο, τη στιγμή που στην υπόλοιπη Ευρώπη οι εισαγωγές ενεργειακών πρώτων υλών αντιπροσωπεύουν (κατά μέσο όρο) το 50% της συνολικής κατανάλωσης.

Στην υπόλοιπη Ευρώπη μετά την πετρελαϊκή κρίση του '73, χώρες όπως η Γερμανία και η Ισπανία, έκαναν σημαντικές προσπάθειες να μειώσουν την εξάρτησή τους από το πετρέλαιο, την ίδια στιγμή που στην Ελλάδα κάτι τέτοιο δεν φαίνεται να ισχύει. [11]

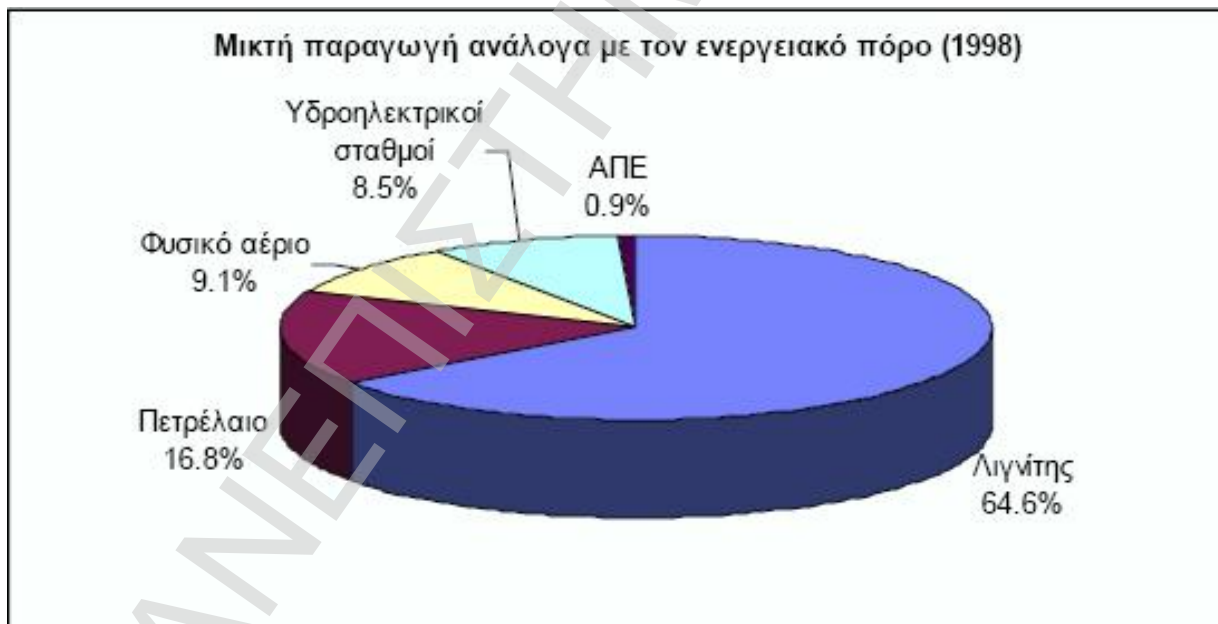
#### **4.3. ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ:**

Το ελληνικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής αποτελείται από το διασυνδεδεμένο σύστημα παραγωγής της ηπειρωτικής χώρας και από τα ανεξάρτητα συστήματα παραγωγής των απομακρυσμένων νησιών. Το κύριο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής της Δ.Ε.Η., αποτελείται από θερμικούς σταθμούς λιγνιτικής και πετρελαϊκής βάσης, καθώς και μονάδες φυσικού αερίου. Αντίστοιχα οι εγκατεστημένοι ανανεώσιμοι σταθμοί παραγωγής ενέργειας καλύπτουν μόλις το 10% περίπου της συνολικής παραγωγής. Η συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς στην Ελλάδα, ήταν το 2003 της τάξης των 12 GW.

Η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των νησιών καλύπτεται στο μεγαλύτερο μέρος της από Αυτόνομους σταθμούς Παραγωγής θερμικής βάσης, οι οποίοι έχουν εγκατασταθεί από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ).

Τις τελευταίες δεκαετίες η ηλεκτροπαραγωγή στην Ελλάδα στηρίζεται σε σημαντικό ποσοστό στις λιγνιτικές μονάδες και σε μικρότερο ποσοστό σε πετρελαϊκές, ενώ τα τελευταία χρόνια ξεκίνησε η παραγωγή από μονάδες φυσικού αερίου. Αυτό όμως συμβαίνει για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Παραγωγής της Ηπειρωτικής Χώρας. Όσον αφορά όμως τα ανεξάρτητα συστήματα παραγωγής της Κρήτης, της Ρόδου και των υπόλοιπων νησιών γίνεται σε ποσοστό 90% από πετρελαϊκούς σταθμούς και μερικά αιολικά πάρκα που είναι εγκατεστημένα κυρίως στην Εύβοια και την Κρήτη. [12]

Συγκεκριμένα με στοιχεία 1998, η συμβολή κάθε ενεργειακού πόρου στην μικτή παραγωγή είχε ως εξής:



Σχήμα 4.3. Μικτή παραγωγή ανάλογα με τον ενεργειακό πόρο. (1998) [12]





Σχήμα 4.4. Το Ελληνικό δίκτυο μεταφοράς και διασυνδέσεις του με όμορες χώρες. [12]



Σχήμα 4.5. Θέσεις θέρμο- και ύδρο – ηλεκτρικών σταθμών. [12]

Επίσης, η εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ κατανέμεται ως εξής για το έτος 1998:





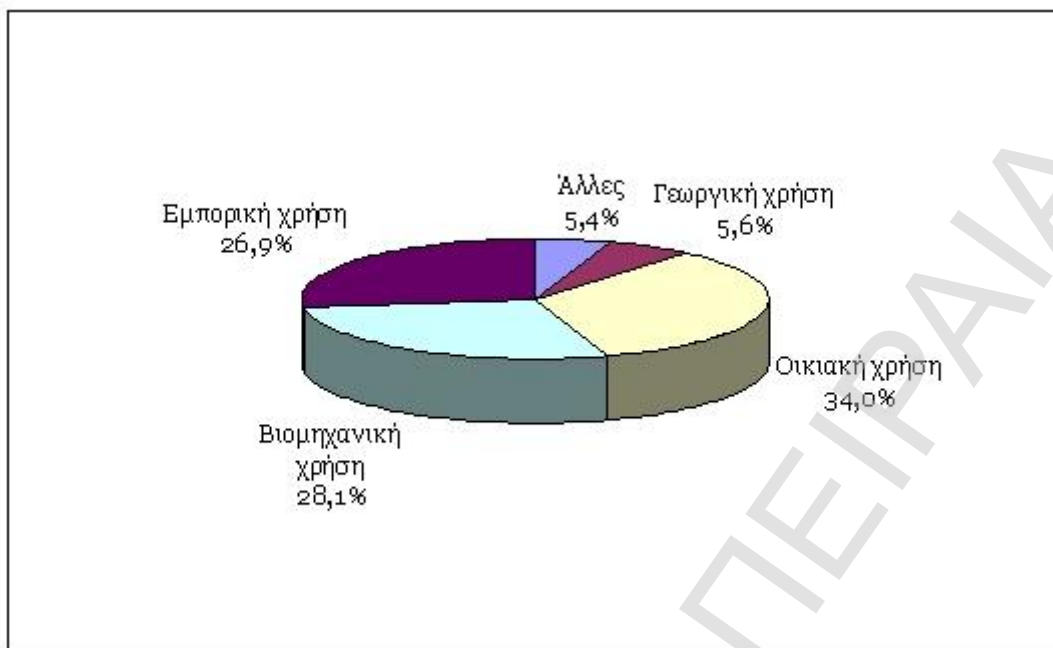
**Σχήμα 4.6. Κατανομή της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος. (1998) [12]**

Τα αντίστοιχα στοιχεία για την κατανομή της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος για το έτος 2004, παρουσιάζονται στον πίνακα 5.13.(βλ. παράγραφο 5.3.9.1.)

#### **4.4. Η ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ:**

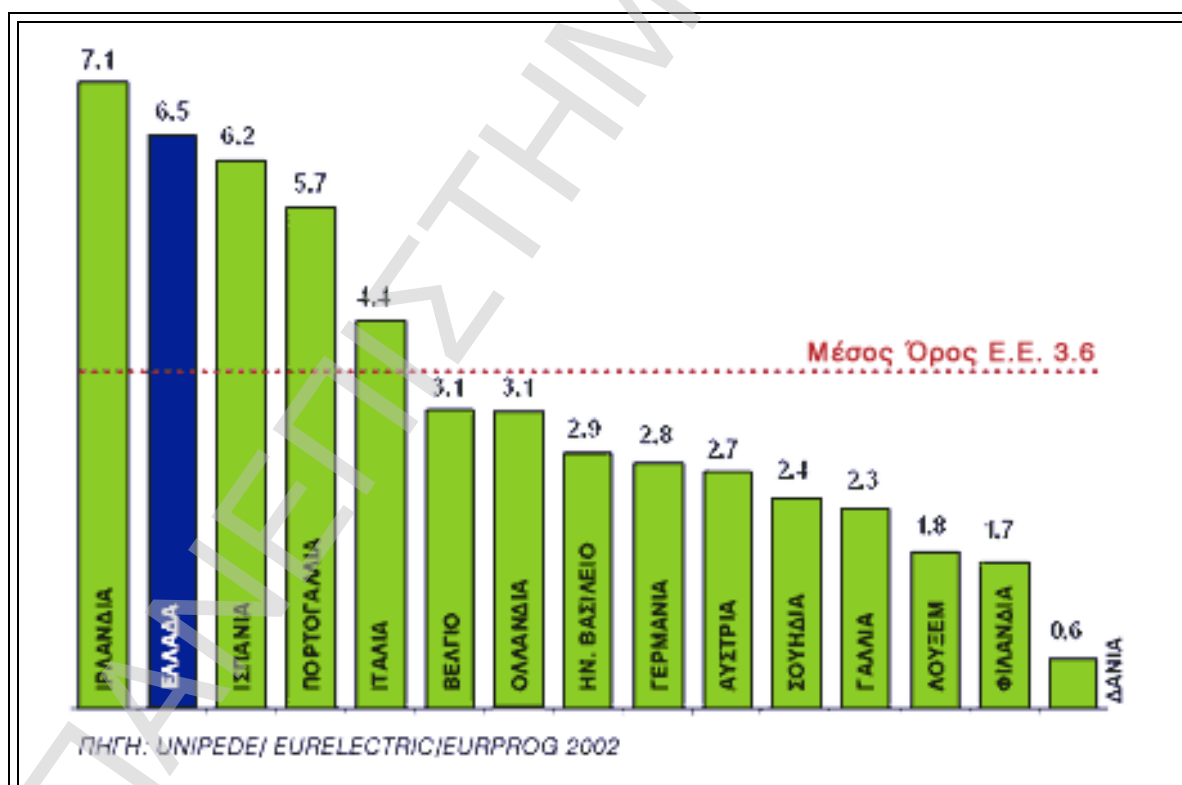
Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια ρυθμό αύξησης που είναι πολύ μεγαλύτερος από το μέσο όρο αύξησης της ζήτησης στην Ευρώπη. Οι αυξητικές τάσεις της ζήτησης αναμένεται ότι θα συνεχιστούν, αφ' ενός διότι η κατά κεφαλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι σημαντικά χαμηλότερη από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο, αφ' ετέρου διότι η τιμή του οικιακού τιμολογίου που προσφέρει η ΔΕΗ Α.Ε. είναι η χαμηλότερη στην Ευρώπη.

Τα παρακάτω διαγράμματα μας δείχνουν τις τάσεις αύξησης της κατανάλωσης στην ελληνική αγορά και συσχετισμούς τιμολογίων και ρυθμών αύξησης με τις υπόλοιπες χώρες της Ε.Ε. [12]



Σχήμα 4.7. Σύνθεση Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα 2004.

[ΔΕΗ]



Σχήμα 4.8. Ετήσια ποσοστιαία (%) αύξηση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ε.Ε. [Unipede/Eurelectric/Eurprog 2002]

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο:****ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ Ε.Κ.Ζ. ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ:****5.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:**

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να συνδυάσει τα αποτελέσματα διαφόρων εργασιών και ερευνών, σε μια πλήρη Εκτίμηση Κύκλου Ζωής, που περιλαμβάνει όλα τα στάδια της ζωής του πετρελαίου, από την αρχική του εξόρυξη, υπό την μορφή αργού πετρελαίου, έως και την τελική του χρήση σε Θερμοηλεκτρικό Σταθμό, υπό την μορφή πετρελαίου DIESEL, για την παραγωγή 1KWh ηλεκτρικής ενέργειας. Για την ολοκλήρωση της εκτίμησης αυτής, αναζητήθηκαν πληροφορίες και δεδομένα από παλαιότερες εργασίες, σχετικές με την παραγωγή και χρήση του πετρελαίου και εφαρμογές της Εκτίμησης Κύκλου Ζωής από το διαδίκτυο, από την υπάρχουσα βιβλιογραφία, από ερευνητικά προγράμματα και το λογισμικό πρόγραμμα G.E.M.I.S. (Global Emission Model of Integrated Systems) (βλ. Παράρτημα)

**5.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:**

Η παρούσα ΕΚΖ περιλαμβάνει όλα τα στάδια του κύκλου ζωής 1KWh ηλεκτρικής ενέργειας, προερχόμενη από τον θερμοηλεκτρικό σταθμό των Χανίων, που χρησιμοποιεί ως καύσιμο πετρέλαιο κίνησης DIESEL, εκτός από το τελικό στάδιο που περιλαμβάνει την αποσυναρμολόγηση, την απόρριψη, την ανακύκλωση, την επαναχρησιμοποίηση και την ταφή των τμημάτων των διαφόρων μονάδων παραγωγής και επεξεργασίας του προς χρήση πετρελαίου, αλλά και του θερμοηλεκτρικού σταθμού. Ο λόγος για τον οποίο έγινε αυτή η εξαίρεση, είναι η έλλειψη δεδομένων σχετικά με το συγκεκριμένο θέμα.

Η συγκεκριμένη ΕΚΖ, εξετάζει το σενάριο της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον θερμοηλεκτρικό σταθμό των Χανίων (σταθμός Ξυλοκαμάρας), με τη χρήση του υπό μελέτη καυσίμου, δηλαδή του πετρελαίου κίνησης DIESEL, που

παράγεται από το διωλιστήριο της Ελευσίνας (πρώην Πετρόλα), ενώ αναλύει τα αποτελέσματα εισροών-εκροών του κάθε σταδίου και πραγματοποιεί εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων, με χρήση της μεθόδου Eco-Indicator '99.

Στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων δίνεται έμφαση στις εκπομπές αερίων ρύπων, που συνεισφέρουν στην καταστροφή της ανθρώπινης υγείας και στην υποβάθμιση του οικοσυστήματος. Ιδιαίτερη βαρύτητα επίσης, δίνεται και στην κατανάλωση ενεργειακών πόρων, όπως πετρέλαιο, ηλεκτρική ενέργεια, θερμική ενέργεια κ.λ.π.

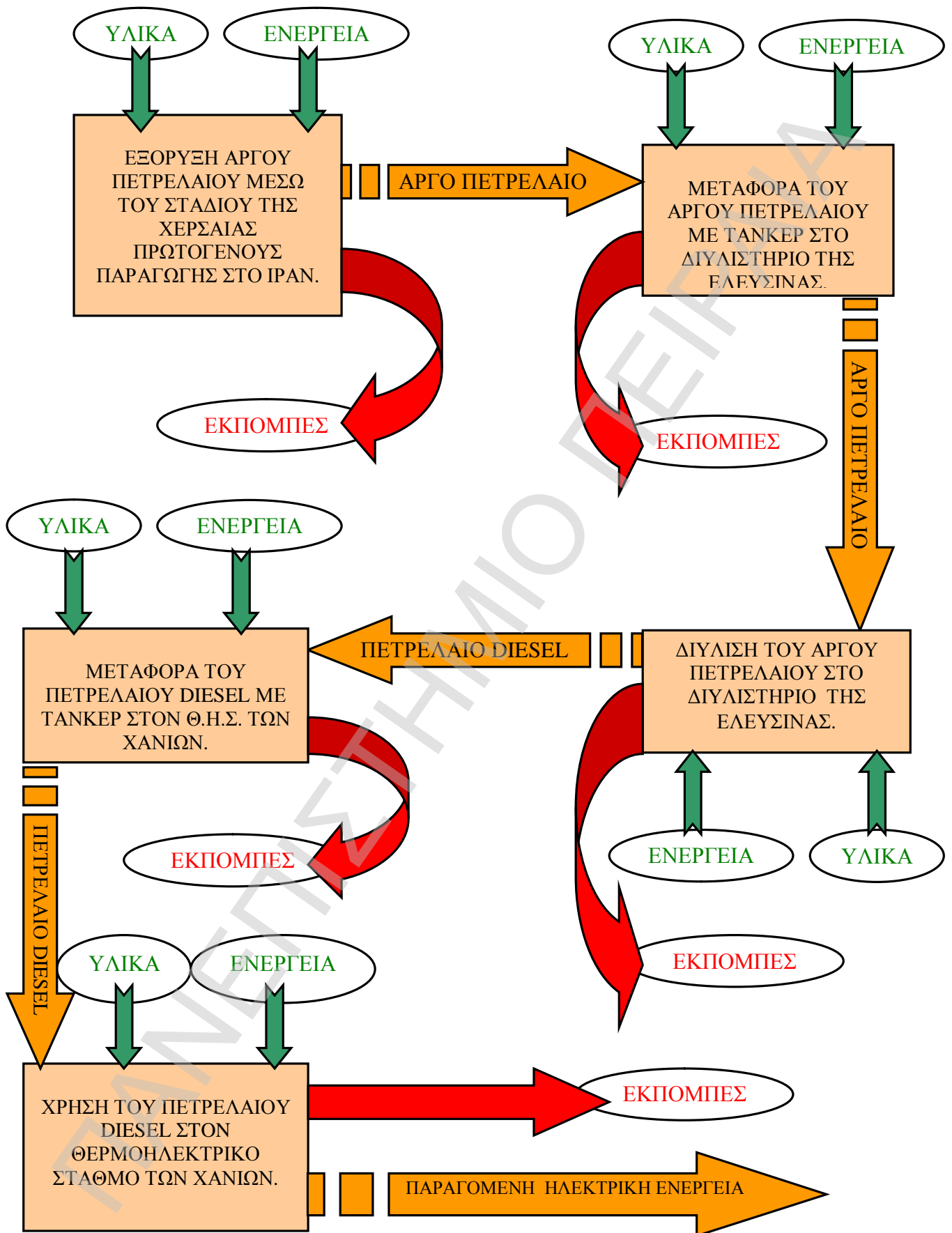
Το στάδιο της εκτίμησης βελτιώσεων παραλείπεται, για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 2.5.2.

### **5.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΣΡΟΩΝ-ΕΚΡΟΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ Ε.Κ.Ζ.:**

#### **5.3.1. Σκοπός της ανάλυσης και όρια του συστήματος:**

Στην παρούσα Εκτίμηση Κύκλου Ζωής, σκοπός είναι η ανάλυση εισροών εκροών και η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, των σταδίων της πρωτογενούς παραγωγής του αργού πετρελαίου, της μεταφοράς του από το Ιράν (Kharg Island) στην Ελλάδα μέσω θαλάσσης, της διύλισης του στην Ελλάδα στο διωλιστήριο της Ελευσίνας (πρώην Πετρόλα) και της μετατροπής του σε πετρέλαιο DIESEL, καθώς και της τελικής χρήσης του στον θερμοηλεκτρικό σταθμό των Χανίων, για την παραγωγή 1 KWh ηλεκτρικής ενέργειας. Στο σχήμα που ακολουθεί, φαίνεται το διάγραμμα ροής για την Ε.Κ.Ζ. 1KWh ηλεκτρικής ενέργειας, με χρήση πετρελαίου, όπου ουσιαστικά καθορίζει και το υπό μελέτη σύστημα (τα διάφορα στάδια της Ε.Κ.Ζ.).

Στην πραγματικότητα, τα όρια ενός συστήματος δεν είναι πεπερασμένα. Για παράδειγμα, για την εξόρυξη και διύλιση του πετρελαίου απαιτείται ενέργεια (ηλεκτρική ή με τη μορφή καυσίμων) η οποία με τη σειρά της για να παραχθεί χρειάζεται άλλες εισροές ενεργειακών πόρων (π.χ. λιγνίτη) κ.ο.κ.



Σχήμα 5.1. Διάγραμμα Ροής της Ε.Κ.Ζ.

Είναι λοιπόν προφανές, ότι δεν μπορούμε να περιλάβουμε όλες αυτές τις παραμέτρους στα όρια του συστήματος γιατί έτσι αυξάνεται ο χρόνος και το κόστος της μελέτης, καθώς και τα απαιτούμενα δεδομένα και συν τοις άλλοις θα αποκλίναμε σημαντικά από τον αρχικό στόχο. Για το λόγο αυτό, αποκλείουμε επιλεκτικά κάποια στάδια κατά τον καθορισμό των ορίων του συστήματος, εφόσον πάντα δεν διακινδυνεύουμε την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων. Τα στάδια αυτά έχουν να κάνουν με τις ενεργειακές και υλικές εισροές για την παραγωγή της εισερχόμενης στα διάφορα στάδια ενέργειας, αλλά και για την παραγωγή των εισερχόμενων πρώτων υλών. [1]

Εξωτερικά του συστήματος βρίσκεται το περιβάλλον. Οι εισροές στο σύστημα είναι πρώτες ύλες, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών ενέργειας. Οι εκροές του συστήματος είναι το σύνολο των αέριων εκπομπών προς το περιβάλλον. Το τελευταίο στάδιο του κύκλου ζωής (end of life, Ανακύκλωση, Επαναχρησιμοποίηση, Απόρριψη) δεν εξετάζεται λόγω έλλειψης δεδομένων.

### **5.3.2. Χρονικά και τοπικά όρια της ανάλυσης :**

Μια εκτίμηση κύκλου ζωής αναφέρεται σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο (ετών ή δεκαετιών) αφού τα δεδομένα και οι τεχνολογίες συνεχώς αλλάζουν. Με βάση τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, τα αποτελέσματά της αναφέρονται κυρίως στα έτη 2000-2003 και σε βιβλιογραφία της δεκαετίας του 90, όπως αυτά προέκυψαν από το λογισμικό G.E.M.I.S. και από λοιπή βιβλιογραφία.

Η περιοχή αναφοράς είναι η Ελλάδα, όσον αφορά την διύλιση του πετρελαίου και την τελική του χρήση σε θερμοηλεκτρικό σταθμό, ενώ η διαδικασία της παραγωγής του αργού πετρελαίου, θεωρούμε ότι λαμβάνει χώρα στην Μέση Ανατολή και συγκεκριμένα στο Ιράν (παρότι τα δεδομένα της εξόρυξης αφορούν το μέσο όρο του Οργανισμού Πετρελαιοπαραγωγών Κρατών), από όπου γίνεται και η εισαγωγή του στην Ελλάδα με την χρήση τάνκερ. Ο χρόνος ζωής των επιμέρους εγκαταστάσεων παρουσιάζεται στα αντίστοιχα κεφάλαια.

### 5.3.3. Λειτουργική μονάδα και μονάδες μέτρησης:

Η λειτουργική μονάδα της παρούσας εργασίας, ως προς την οποία θα αναχθούν όλα τα αποτελέσματα της παρούσας Ε.Κ.Ζ., θα είναι η 1KWh ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία παράγεται από τον θερμοηλεκτρικό σταθμό των Χανίων, ο οποίος χρησιμοποιεί ως καύσιμο πετρέλαιο κίνησης Diesel.

Ως μονάδα μέτρησης της καταναλισκόμενης ισχύος θα χρησιμοποιηθεί το 1MW, ενώ ως μονάδα καταναλισκόμενης ή παραγόμενης ενέργειας, για τα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής, το 1MJ. Όσον αφορά την μονάδα μέτρησης του παραγόμενου ή χρησιμοποιούμενου πετρελαίου, αυτή θα είναι το 1 kg.

Σχετικά με τις εκπομπές ρύπων, οι δείκτες εκπομπών ρυπαντών που θα χρησιμοποιηθούν, είναι για τις περιπτώσεις παραγωγής ενέργειας ή ενεργειακών προϊόντων : kg ρυπαντή / kg χρησιμοποιούμενου καυσίμου ή παραγόμενου καυσίμου, ενώ για τις περιπτώσεις εκπομπών από μεταφορές : kg ρυπαντή / kg μεταφερόμενου πετρελαίου.

**Πίνακας 5.1. Πίνακας μετατροπής των ενεργειακών μονάδων.**

	<b>KJ</b>	<b>KWh</b>	<b>Kcal</b>	<b>BTU</b>	<b>Τ.Ι.Π.</b>
<b>KJ</b>	1	$0,278 \cdot 10^{-3}$	0,239	0,948	$23,89 \cdot 10^{-9}$
<b>KWh</b>	$3,6 \cdot 10^3$	1	860	$3,41 \cdot 10^3$	$86,06 \cdot 10^{-6}$
<b>Kcal</b>	4,186	$1,163 \cdot 10^{-3}$	1	3,969	$0,1 \cdot 10^{-6}$
<b>BTU</b>	1,055	$0,293 \cdot 10^{-3}$	0,252	1	$25,2 \cdot 10^{-9}$
<b>Τ.Ι.Π.</b>	$41,86 \cdot 10^6$	$11,63 \cdot 10^3$	$10^7$	$39,69 \cdot 10^6$	1

#### 5.3.4. Παραδοχές της ανάλυσης:

Για το στάδιο της παραγωγής του αργού πετρελαίου, έχουν γίνει οι παρακάτω παραδοχές:

- Θεωρούμε ότι η διαδικασία της εξόρυξης, λαμβάνει χώρα στην Μέση Ανατολή και συγκεκριμένα στο Ιράν, χρησιμοποιώντας δεδομένα του λογισμικού GEMIS για τον μέσο όρο του Οργανισμού Πετρελαιοπαραγωγών Κρατών. (ΟΠΕΚ)
- Θεωρούμε ότι όλη η ποσότητα του αργού πετρελαίου που παράγεται, προέρχεται από το στάδιο της συμβατικής πρωτογενούς παραγωγής, για χερσαία εξόρυξη.
- Αποκλείουμε από την μελέτη τις εισροές ενέργειας, για την κατασκευή των διαφόρων εγκαταστάσεων παραγωγής του πετρελαίου, καθώς και το στάδιο της έρευνας για κοιτάσματα πετρελαίου, λόγω έλλειψης δεδομένων.

Για το στάδιο της μεταφοράς του αργού πετρελαίου στο διωλιστήριο της Ελευσίνας, έχουν γίνει οι παρακάτω παραδοχές:

- Θεωρούμε, ότι το πετρέλαιο μεταφέρεται από το Ιράν και συγκεκριμένα από το λιμάνι του Kharg Island, μέχρι το λιμάνι της Ελευσίνας, όπου και βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του διωλιστηρίου.
- Θεωρούμε, ότι το χρησιμοποιούμενο πετρελαιοφόρο, είναι δυναμικότητας φορτίου 120.000 τόνων πετρελαίου, με χαρακτηριστικά που περιγράφονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Για το στάδιο της διύλισης στο διωλιστήριο της Ελευσίνας, έχουν γίνει οι παρακάτω παραδοχές:

- Θεωρούμε, ότι το διωλιστήριο λειτουργεί 7.000 ώρες το χρόνο και έχει διάρκεια ζωής 50 χρόνια.



- Θεωρούμε, ότι απαιτείται το ίδιο ποσό ενέργειας (εσωτερική κατανάλωση αργού πετρελαίου), για την παραγωγή των διαφόρων πετρελαϊκών προϊόντων.
- Θεωρούμε, ότι εκπομπή αέριων ρύπων από το διυλιστήριο, εξαρτάται μόνο από την μάζα των παραγόμενων πετρελαϊκών προϊόντων και όχι από την κατηγορία στην οποία ανήκουν. Π.χ. η παραγωγή 1kg Diesel, συμβάλει το ίδιο στην εκπομπή αέριων ρύπων από το διυλιστήριο με την παραγωγή 1kg μαζούτ.

Για το στάδιο της μεταφοράς του πετρελαίου Diesel στον Θ.Η.Σ. των Χανίων, έχουν γίνει οι παρακάτω παραδοχές:

- Θεωρούμε, ότι η μεταφορά του παραγόμενου καυσίμου Diesel από το διυλιστήριο της Ελευσίνας, στον Θ.Η.Σ. των Χανίων, γίνεται με το ίδιο τάνκερ που χρησιμοποιείται και για την μεταφορά του αργού πετρελαίου από το Ιράν στην Ελευσίνα και συνεπώς ισχύουν τα ίδια δεδομένα και για αυτό το τμήμα της μεταφοράς.
- Το τμήμα της μεταφοράς του πετρελαίου Diesel από το λιμάνι της Σούδας στον Θ.Η.Σ., γίνεται με αγωγό, που όμως λόγω του μικρού του μήκους και λόγω έλλειψης δεδομένων δεν λαμβάνεται υπόψη στη μελέτη.

Για το στάδιο της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον ΘΗΣ των Χανίων, έχουν γίνει οι παρακάτω παραδοχές:

- Θεωρούμε ότι οι εγκαταστάσεις του Θ.Η.Σ. έχουν διάρκεια ζωής 20 χρόνια.

### 5.3.5. Το Στάδιο της Παραγωγής - Εξόρυξης του Πετρελαίου:

#### 5.3.5.1. Ιστορικό Ερευνών στην Ελλάδα:

Το πετρέλαιο υπάρχει ως πρωτογενής μορφή ενέργειας στην Ελλάδα σε πολύ μικρές ποσότητες και η εξόρυξή του άρχισε το 1981 με την εκμετάλλευση των κοιτασμάτων του Πρίνου.

Το 1903 ξεκίνησε η πρώτη ερευνητική δραστηριότητα στον ελλαδικό χώρο για υδρογονάνθρακες με την παραχώρηση (από το ελληνικό δημόσιο) της νήσου Ζακύνθου στην εταιρία London Oil Development Co Ltd. Η εταιρία μετά από δύο ανεπιτυχείς γεωτρήσεις παραιτήθηκε. Ακολούθησε εκδήλωση ενδιαφέροντος του Δ. Κολαίτη, ο οποίος όμως εγκατέλειψε την περιοχή. Το 1938, ο Ελληνοαμερικανός W. Chellis ξαναρχίζει έρευνες στη Δυτική Θράκη και στη συνέχεια στην Β.Δ. Πελοπόννησο και τη Ζάκυνθο (1956-57).

Το 1960, το Υπουργείο Βιομηχανίας μαζί με το τότε Ινστιτούτο Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους (ΙΓΕΥ) και σύμβουλο το Γαλλικό Ινστιτούτο Πετρελαίων (IFP), αναλαμβάνει εκτεταμένες συστηματικές γεωλογικές, γεωφυσικές έρευνες και γεωτρήσεις σε ολόκληρη την χερσαία Ελλάδα και ειδικότερα στην Ήπειρο, τα Ιόνια Νησιά, τη Θεσσαλονίκη - Κεντρική Μακεδονία και την Ευρυτανία. Παράλληλα, μεγάλες εταιρίες πετρελαίων, όπως η BP, ESSO, RAP-ILIOS, SAFOR, κ.α. έχουν παραχωρήσεις για ανάλογες έρευνες σε άλλες περιοχές της χώρας όπως στα Ιόνια Νησιά, την Πελοπόννησο, τα Δωδεκάνησα, την Αιτωλοακαρνανία, τη Θράκη, κλπ.

Το 1969 οι έρευνες επεκτείνονται και στον θαλάσσιο χώρο, με παραχωρήσεις που δόθηκαν σε ξένες εταιρίες, όπως TEXACO, CHEVRON, C & K PETROLEUM, DA OIL, AN-CAR OIL, L.V.O., CALVIN και OCEANIC. Ακόμη παραχωρείται για έρευνες στην εταιρία ANSHUTZ η περιοχή Θεσσαλονίκης - Επανομής - Κασσάνδρας, που εκτελεί δύο γεωτρήσεις στο διάστημα 1971-74, χωρίς όμως αποτέλεσμα.

Το 1973-74 οι θαλάσσιες έρευνες οδήγησαν στην ανακάλυψη του πρώτου εκμεταλλεύσιμου κοιτάσματος στη θαλάσσια περιοχή της Θάσου (Πρίνος και Νότια Καβάλα).

Το 1975 ιδρύεται η Δημόσια Επιχείρηση Πετρελαίου - Δ.Ε.Π., μετά την επιτυχή ανακάλυψη των κοιτασμάτων "ΠΡΙΝΟΥ" & "ΝΟΤΙΑ ΚΑΒΑΛΑ", σκοπός της οποίας είναι η ανάπτυξη της βιομηχανίας πετρελαίου στην Ελλάδα σε όλες τις φάσεις αυτής (Νόμος 87/1975). Με βάση τον ιδρυτικό νόμο της ΔΕΠ, επιχειρείται οργάνωση και στελέχωση της εταιρίας με ειδικευμένο προσωπικό και παράλληλα προγραμματίζονται ερευνητικές εργασίες.

Το 1999 η παραγωγή ουσιαστικά σταμάτησε, λόγω της μερικής εξάντλησης του κοιτάσματος του Πρίνου σε συνδυασμό με την πτώση των τιμών του πετρελαίου στη διεθνή αγορά, η οποία κατέστησε ασύμφορη την περαιτέρω εκμετάλλευση. Το 2000 η παραγωγή πετρελαίου ξεκίνησε ξανά με ταυτόχρονες προσπάθειες ανεύρεσης και άλλων κοιτασμάτων. Λόγω της ελάχιστης ποσότητας αργού πετρελαίου που βρίσκεται στον ελλαδικό χώρο, η κάλυψη των αναγκών της χώρας σε πετρέλαιο επιτυγχάνεται μέσω εισαγωγών. [13]

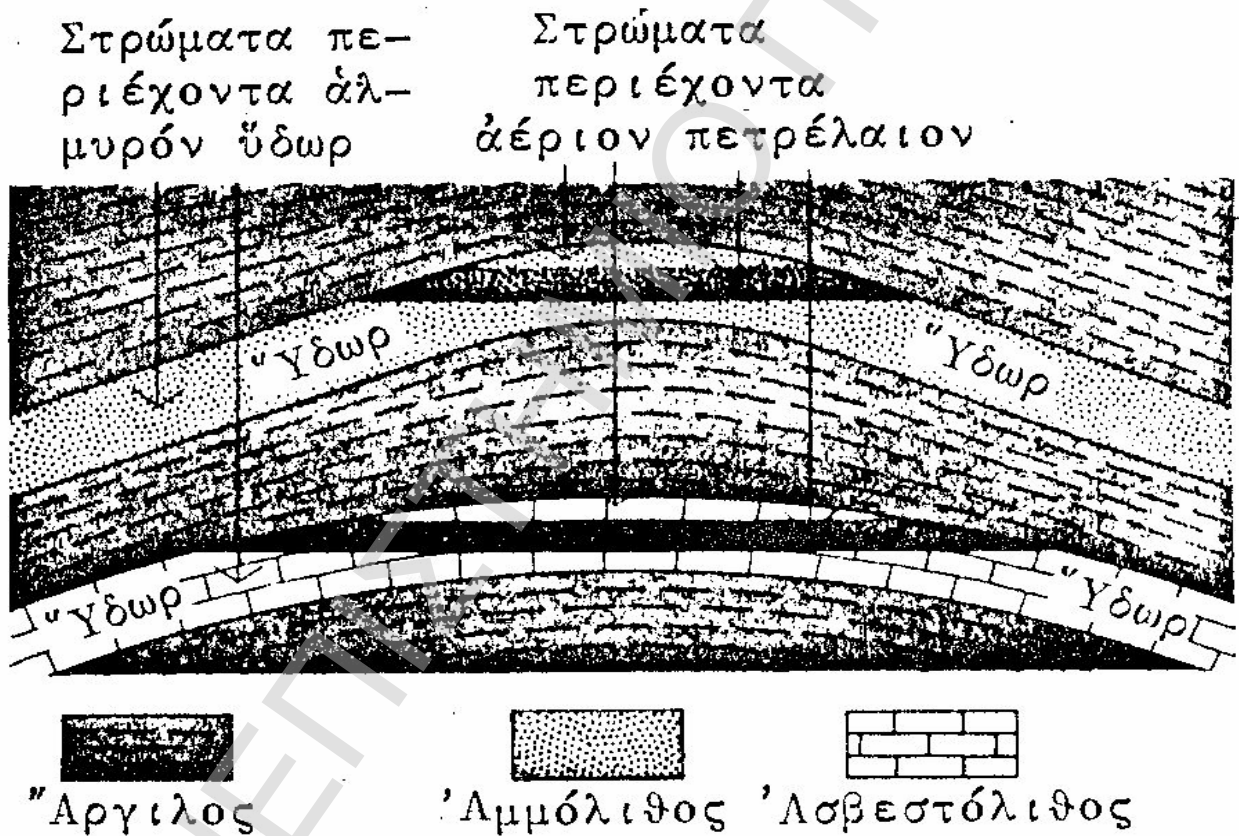
#### 5.3.5.2. Συσσωρεύσεις πετρελαίου:

Το πρόβλημα της ανεύρεσης του πετρελαίου, έγκειται στον προσδιορισμό των θέσεων στις οποίες υπάρχει η δυνατότητα συσσώρευσης ποσοτήτων του, οι οποίες να είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμες. Το πετρέλαιο δεν ευρίσκεται εντός της γης σε τεράστιες κοιλότητες, αλλά εμποτισμένο εντός πορωδών πετρωμάτων, τα οποία δεν πρέπει να είναι μόνο πορώδη, αλλά και διαπερατά, ώστε το περιεχόμενο τους να δύναται να κινείται εύκολα εντός αυτών. Η συγκέντρωση αυτή του πετρελαίου ορίζεται ως ταμιευτήρας πετρελαίου, ή ορισμένες φορές και ως «δεξαμενή».

Συνήθως, το πετρέλαιο «μεταναστεύει» από το σημείο της πρώτης εμφάνισης του, έως το σημείο στο οποίο είναι δυνατή η συσσώρευσή του. Για να υπάρξει συσσώρευση πετρελαίου είναι απαραίτητο αυτό να εγκλωβιστεί εντός «παγίδας» υπό αδιαπέραστα (αργιλούχα ή ασβεστολιθικά) και χωρίς ρωγμές στρώματα, ώστε να

εμποδίζεται η διαφυγή του προς τα πάνω και προς την οριζόντια διεύθυνση. Το κάτω στρώμα ονομάζεται υπόβαθρο και το πάνω κάλυμμα. Παράδειγμα τέτοιας παγίδας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. (Αντίκλινο)

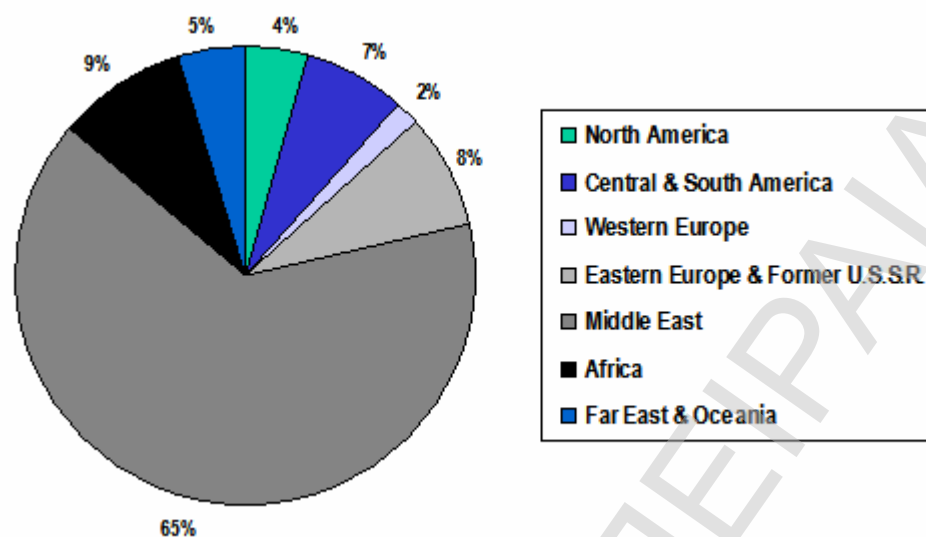
Οι συσσωρεύσεις πετρελαίου, συνοδεύονται σχεδόν πάντοτε από αέρια (κυρίως μεθάνιο και άλλους αέριους υδρογονάνθρακες) και νερό (αλμυρό). Τα αέρια ως ελαφρότερα, καταλαμβάνουν το ανώτερο μέρος, ενώ το νερό, ως βαρύτερο του πετρελαίου, καταλαμβάνει το κατώτερο μέρος του πετρελαιοφόρου στρώματος. Στις παραγωγικές συσσωρεύσεις πετρελαίου, το πάχος του στρώματος είναι της τάξεως των 1000 m. [6]



Σχήμα 5.2. Συσσώρευση πετρελαίου σε αντίκλινο. [6]

Η ανώτερη συσσώρευση είναι εντός αμμολίθου, η κατώτερη εντός ασβεστόλιθου. Τα πορώδη αυτά πετρώματα περικλείονται, από αδιαπέραστα αργιλούχα στρώματα, τα οποία εμποδίζουν την διαφυγή του πετρελαίου προς τα πάνω και προς την οριζόντια διεύθυνση.

Στο πετρελαιοφόρο στρώμα υπάρχει διαχωρισμός των αερίων, στο πάνω μέρος, και του θαλασσίου ύδατος στο κάτω μέρος, με ενδιάμεσο στρώμα το πετρέλαιο.



**Σχήμα 5.3. Παγκόσμια Αποθέματα Αργού Πετρελαίου. (2003) [16]:**

#### 5.3.5.3. Γεώτρηση :

Η τεχνική της γεώτρησης για τη διάνοιξη πηγαδιών αναφέρεται για πρώτη φορά σε αρχαία κινέζικα χειρόγραφα. Ο τρόπος είναι βασικά ο ίδιος με τις πρώτες γεωτρήσεις που έγιναν στη σύγχρονη εποχή.

Η πρώτη γεώτρηση στην Πενσυλβάνια το 1859 έγινε χρησιμοποιώντας ένα βάρος ενωμένο με καλώδιο που ανεβοκατέβαινε και χωνόταν σιγά σιγά στο έδαφος. Μια αρκετά χρονοβόρα διαδικασία και με το μειονέκτημα αν το βάρος συναντήσει κοίτασμα υπό πίεση, τα αέρια και το πετρέλαιο να εκτοξευθούν δημιουργώντας σημαντική σπατάλη και οικολογική ρύπανση στη γύρω περιοχή.

Σήμερα χρησιμοποιείται η περιστροφική μέθοδος. Σ' αυτή τη μέθοδο, το βάρος, αντί να κινείται πάνω κάτω, συνδέεται με τη βάση ενός συστήματος ατσάλινων σωλήνων. Ο κεντρικός σωλήνας, γεωτρύπανο, περιστρέφεται με τη βοήθεια μιας μηχανής που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους. Η ταχύτητα περιστροφής του εργαλείου μπορεί να κυμαίνεται από 30 μέχρι και 500 στροφές ανά λεπτό και η ταχύτητα διείσδυσης από λίγα εκατοστά μέχρι και πολλά μέτρα ανά ώρα, ανάλογα με την σκληρότητα των διαπερωμένων πετρωμάτων. Τα βάθη γεώτρησης



υπερβαίνουν μερικές φορές τα 10.000 μέτρα, αλλά συνήθως κυμαίνονται μεταξύ 1.500 και 3.500 μέτρων. Οι ίδιες τεχνικές χρησιμοποιούνται και στη θάλασσα, μόνο που οι χειρισμοί γίνονται από εξέδρα, υπερυψωμένη από την επιφάνεια της θάλασσας. [3,4,5]



Σχήμα 5.4. Εγκατάσταση υποθαλάσσιας γεώτρησης: [4]

#### 5.3.5.4. Παραγωγή – άντληση του πετρελαίου:

Με τον όρο παραγωγή του πετρελαίου εννοούμε την μεταφορά του πετρελαίου από τα έγκατα της γης έως την επιφάνειά της και την μέτρηση αυτού, καθώς και των εξερχόμενων αερίων.

Η μεταφορά του πετρελαίου από τα έγκατα της γης, συνδέεται άμεσα με το είδος της συσσώρευσης και συγκεκριμένα με το είδος της ενέργειας της αποθηκευμένης στην συσσώρευση. Εντός της συσσώρευσης το πετρέλαιο κινείται πάντοτε προς το σημείο της μικρότερης πίεσης δηλ. προς το φρέαρ.

Μετά την πραγματοποίηση της ανεύρεσης ενός οικονομικά εκμεταλλεύσιμου ταμιευτήρα πετρελαίου, ακολουθεί το στάδιο της γεώτρησης και η διάνοιξη κατάλληλου φρέατος εωσότου συναντήσει το πετρελαιοφόρο στρώμα. Το ποσοστό των παραγωγικών φρεάτων κυμαίνεται περί του 10% των συνολικά διανοιγόμενων. Το μέσο βάθος των φρεάτων κυμαίνεται από 1000-5000 μέτρα.

Η ταχύτητα παραγωγής ενός φρέατος εξαρτάται κυρίως από την υπάρχουσα πίεση στον πυθμένα του φρέατος, την πίεση της συσσώρευσης και την ευκολία μεταφοράς του υγρού μέσω του πετρελαιοφόρου στρώματος προς τον πυθμένα του φρέατος. Ο τρίτος αυτός συντελεστής εξαρτάται από το ιξώδες του πετρελαίου και την διαπερατότητα του στρώματος. Για να έχουμε λοιπόν συνεχή παραγωγή, είναι ανάγκη η πίεση στον πυθμένα του φρέατος να είναι ελλατωμένη και η πίεση της συσσώρευσης αυξημένη, ώστε να υπάρχει πάντα η ενεργούσα πίεση, λόγω της διαφοράς των δύο πιέσεων. Η ταχύτητα της ροής του πετρελαίου προς το φρέαρ εξαρτάται κυρίως από την κλίση του πετρελαιοφόρου στρώματος, την διαπερατότητά του και το ιξώδες του πετρελαίου. [6]

#### 5.3.5.4.1. Μέθοδοι παραγωγής:

Βασικό χαρακτηριστικό όλων των μεθόδων εκμετάλλευσης κοιτασμάτων υδρογονανθράκων, είναι η δυνατότητα μετατόπισης των υδρογονανθράκων μέσω του σχηματισμού προς τις γεωτρήσεις παραγωγής. Προφανώς, η μετατόπιση αυτή απαιτεί την ύπαρξη διαφοράς πίεσης μεταξύ του ταμιευτήρα και του πυθμένα της γεώτρησης, γεγονός που ισοδυναμεί με την κατανάλωση από το παραγόμενο ρευστό ενέργειας. Ανάλογα με την προέλευση της ενέργειας αυτής διακρίνονται τα παρακάτω στάδια παραγωγής:

1. *Πρωτογενής ή φυσική παραγωγή (primary production)*, όπου η απόληψη υδρογονανθράκων από τον ταμιευτήρα, γίνεται με αποκλειστική χρήση της εσωτερικής ενέργειας του συστήματος, χωρίς καμία εξωτερική παρέμβαση. Η παραγωγή επομένως του πετρελαίου, οφείλεται στην κατανάλωση της ενέργειας του νερού ή του στρώματος αερίων, ή των αποχωριζόμενων και εκτονούμενων αερίων, τα οποία βρίσκονταν εν διαλύσει στο πετρέλαιο. Λαμβάνει χώρα στην αρχή της παραγωγικής ζωής του ταμιευτήρα και είναι επιθυμητό να διαρκέσει όσο το δυνατόν περισσότερο. Στην περίπτωση αυτή, το παραγόμενο πετρέλαιο εξέρχεται συνήθως με τη μορφή αφρού, λόγω των εν διαλύσει αερίων. Για την πλήρη εκμετάλλευση της ενέργειας της συσσώρευσης, κλείνονται όλα τα φρέατα που παράγουν μόνο αέρια ή προϊόντα στα οποία η σχέση αερίου / υγρού είναι υπέρμετρα μεγάλη. Ο σωλήνας ροής (παραγωγής) του φρέατος, είναι συνήθως μικρής διαμέτρου, εξαρτώμενης από την πίεση της συσσώρευσης και από το ιξώδες του πετρελαίου. Η παραγωγή φρεάτων ενέργειας ύδατος, είναι δυνατόν να παραμείνει ως επί το πλείστον σταθερή μέχρι σχεδόν το «θάνατο» του φρέατος, εφόσον υπάρχει αρκετή ενέργεια ύδατος, ενώ η παραγωγή φρεάτων ενέργειας αερίων ελαττώνεται με την πάροδο του χρόνου και όταν η ελάττωση είναι σημαντική, η ροή επαναφέρεται με τεχνικά μέσα.

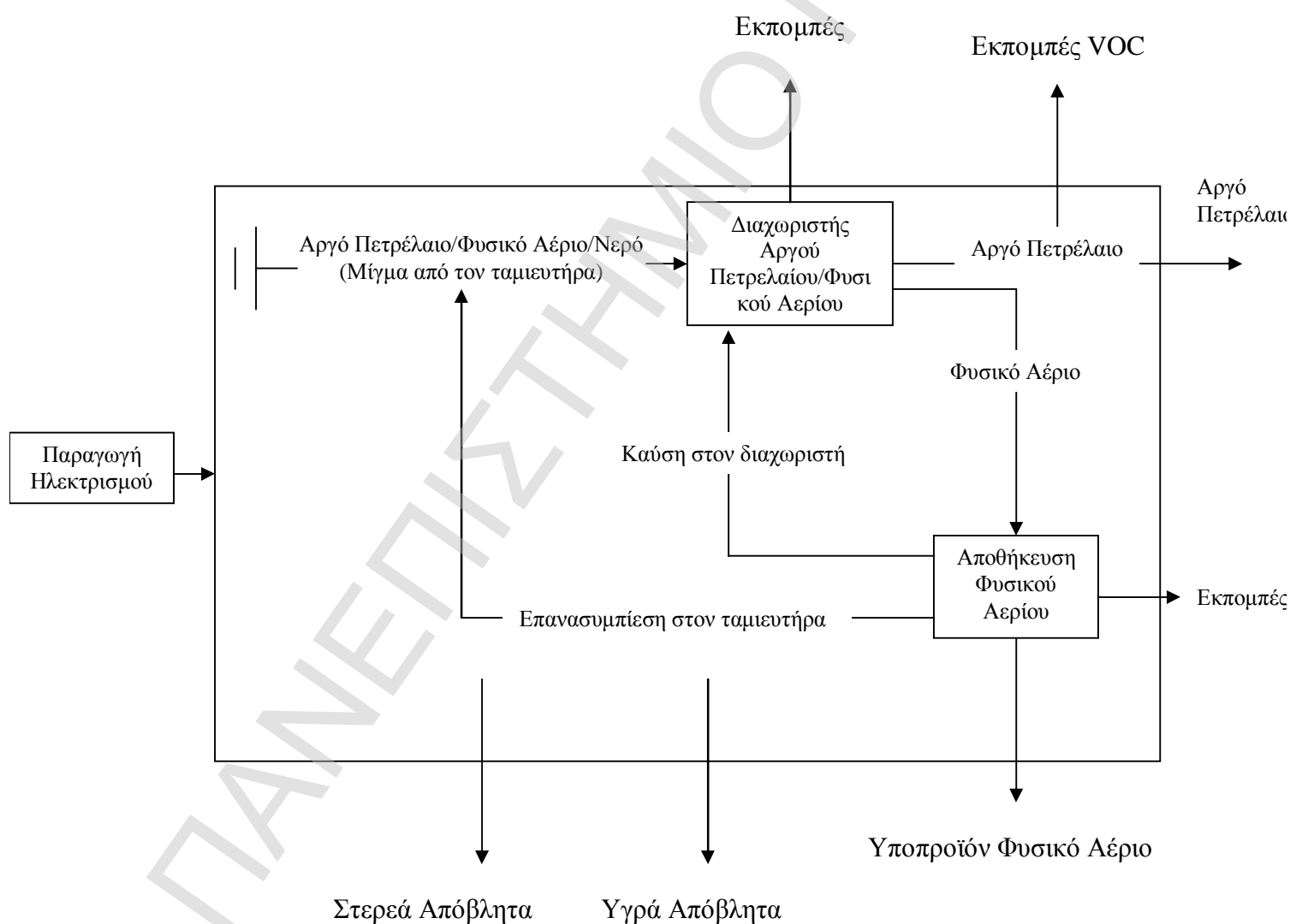
2. *Δευτερογενής παραγωγή (secondary production)*, όπου προσδίδεται πρόσθετη ενέργεια στο σύστημα μέσω εισπίεσης ρευστών στον ταμιευτήρα. Οι δύο βασικές μέθοδοι δευτερογενούς παραγωγής είναι η εισπίεση νερού (waterflooding) και η εισπίεση αερίου. Θα πρέπει να τονιστεί ότι κατά τη δευτερογενή παραγωγή δεν παρατηρείται φυσικοχημική αλληλεπίδραση μεταξύ εισπιεζόμενου ρευστού και υδρογονανθράκων.

3. *Τριτογενής παραγωγή (tertiary production) ή επαυξημένη απόληψη πετρελαίου (Enhanced Oil Recovery-EOR)*. Το στάδιο αυτό της παραγωγής αφορά την ποσότητα υδρογονανθράκων που έχει απομείνει παγιδευμένη στους πόρους του ταμιευτήρα μετά την ολοκλήρωση των συμβατικών (πρωτογενούς και δευτερογενούς) σταδίων παραγωγής. Κατά την τριτογενή παραγωγή χρησιμοποιείται μια ποικιλία μεθόδων, εκ των οποίων κάποιες αφορούν απλά στη βελτίωση των ρεολογικών ιδιοτήτων των υδρογονανθράκων (π.χ. θερμικές μέθοδοι σε ταμιευτήρες πετρελαίου υψηλού ιξώδους) ενώ άλλες βασίζονται στη μεταβολή των



φυσικοχημικών ιδιοτήτων των ρευστών του ταμιευτήρα (π.χ. εισπίεση αναμίξιμου αερίου, χημικών, πολυμερών κλπ). [6,14]

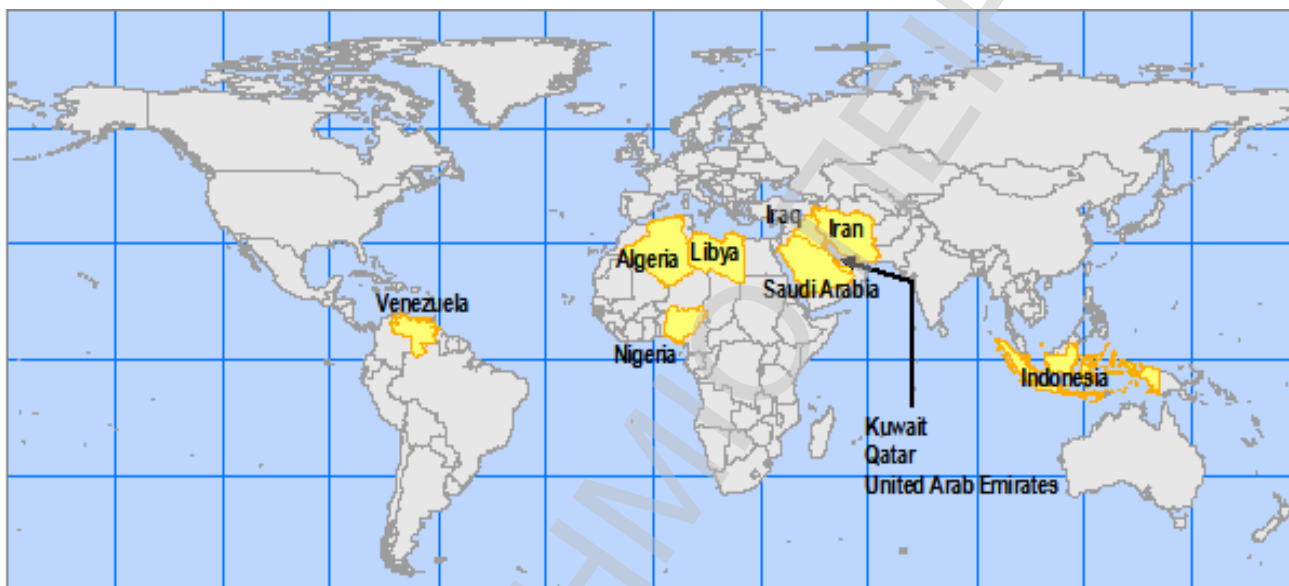
Όλα τα παραπάνω στάδια παραγωγής του πετρελαίου μπορεί να λαμβάνουν χώρα είτε στην ξηρά είτε στην θάλασσα. Με βάση λοιπόν τη θέση της γεώτρησης, έχουμε την *χερσαία* και την *παράκτια* παραγωγή πετρελαίου. Όπως αναφέρθηκε και στις παραδοχές της παρούσας μελέτης, θα θεωρήσουμε ότι η παραγωγή του αργού πετρελαίου λαμβάνει χώρα στο Ιράν και συγκεκριμένα κατά το στάδιο της πρωτογενούς παραγωγής. Επίσης, η γεώτρηση έχει λάβει χώρα στην ξηρά. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής μίας συμβατικής χερσαίας παραγωγής πετρελαίου.



Σχήμα 5.5. Μοντελοποίηση Χερσαίας Εξόρυξης Αργού Πετρελαίου. [15]

### 5.3.5.5. Παρουσίαση δεδομένων:

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο των παραδοχών της ανάλυσης, τα δεδομένα της παραγωγικής διαδικασίας του αργού πετρελαίου που εξετάζουμε, αφορούν τον μέσο όρο του Οργανισμού Πετρελαιοπαραγωγών Κρατών, οπότε μπορούν να εφαρμοστούν και για την γεωγραφική τοποθεσία (Ιράν) της μελέτης μας, με αποδεκτή ακρίβεια.



Σχήμα 5.6. Οι χώρες του ΟΠΕΚ. [16]

Το προκύπτουν αργό πετρέλαιο από την παραπάνω παραγωγική διαδικασία έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά, όπως προέκυψαν από το λογισμικό GEMIS:

Κατωτέρα Θερμογόνος Ικανότητα: 40 MJ/Kg

Ανωτέρα Θερμογόνος Ικανότητα: 42,3875 MJ/Kg

Κατά Βάρος Περιεκτικότητα σε Άνθρακα: 85,5%

Κατά Βάρος Περιεκτικότητα σε Υδρογόνο: 10,5 %

Κατά Βάρος Περιεκτικότητα σε Άζωτο: 1%

Κατά Βάρος Περιεκτικότητα σε Οξυγόνο: 1%

Κατά Βάρος Περιεκτικότητα σε Θείο: 1%

Κατά Βάρος Περιεκτικότητα σε Υγρασία (H<sub>2</sub>O): 1%

Προκειμένου λοιπόν να γίνει η Ανάλυση Εισροών – Εκροών του σταδίου αυτού της ΕΚΖ, θα καταστρώσουμε ένα πίνακα στο Excel. Στον πίνακα αυτόν θα παρουσιάζονται οι εισροές υλικών και ενέργειας, καθώς και οι εκροές του συστήματος, που δεν είναι άλλες από τις αέριες εκπομπές προς το περιβάλλον. Όλα τα παρακάτω δεδομένα, προέκυψαν από το λογισμικό GEMIS. [Πηγή των δεδομένων του προγράμματος, είναι το Institute for Applied Ecology, με έτος αναφοράς το 2000]

Άρα, θα είναι:

**Πίνακας 5.2. Πίνακας Εισροών – Εκροών για την Συμβατική Χερσαία Πρωτογενή Παραγωγή Πετρελαίου.**

	Μονάδες	ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΧΕΡΣΑΙΑ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ</b>		
Ατσάλι	kg/MW	10.000
Τσιμέντο	kg/MW	9.000
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>		
Μηχανική Ενέργεια (mechanical power)	MJ/kg	0,08
Θερμότητα (process heat)	MJ/kg	0,2
<b>Σύνολο:</b>	<b>MJ/kg</b>	<b>0,28</b>
<b>ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ</b>		
CO <sub>2</sub>	kg/kg	0,028
NM <sub>VO</sub> C	kg/kg	113E-06
CH <sub>4</sub>	kg/kg	389E-05

Οι παραπάνω μονάδες για τις εισροές ενέργειας και για τις αέριες εκπομπές ρύπων, αναφέρονται ανά Kg παραγόμενου αργού πετρελαίου και αφορούν ιδιοκαταναλώσεις των εγκαταστάσεων. Επίσης, οι εισροές ενέργειας αφορούν τα στάδια της γεώτρησης και άντλησης του αργού πετρελαίου, αλλά δεν περιλαμβάνουν την έρευνα για κοιτάσματα πετρελαίου.

Η συγκεκριμένη εγκατάσταση παραγωγής πετρελαίου που εξετάζουμε έχει ισχύ λειτουργίας  $1,5 * 10^3$  MW, άρα **οι απαιτήσεις σε πρώτες ύλες** θα είναι:

Ατσάλι:  $10.000 \text{ kg/MW} * 1.500 \text{ MW} = 15 * 10^6 \text{ kg}$

Τσιμέντο:  $9.000 \text{ kg/MW} * 1.500 \text{ MW} = 13,5 * 10^6 \text{ kg}$

Επίσης, η συγκεκριμένη εγκατάσταση χρόνο λειτουργίας 7.000 ώρες τον χρόνο και διάρκεια ζωής 25 χρόνια. Ακόμα, καταλαμβάνει γεωγραφική έκταση  $15.000 \text{ m}^2$  και έχει βαθμό απόδοσης 94,367 %.

Σύμφωνα με στοιχεία του U.S. DOE (Department of energy) (1983), ο μέσος όρος παραγόμενου αργού πετρελαίου από ένα παραγωγικό φρέαρ το χρόνο, είναι  $24,29 * 10^6 \text{ kg}$ . Συνεπώς, αν η υπό μελέτη εγκατάσταση έχει διάρκεια ζωής 25 χρόνια, σε αυτό το χρονικό διάστημα θα παραχθούν  $607,3 * 10^6 \text{ kg}$  αργού πετρελαίου. Άρα, όσον αφορά τις εισροές υλικών για την κατασκευή των εγκαταστάσεων παραγωγής του αργού πετρελαίου, αυτές θα είναι ανά kg παραγόμενου αργού πετρελαίου:

Ατσάλι: 0,025 kg/kg αργού πετρελαίου,

Τσιμέντο: 0,022 kg/kg αργού πετρελαίου.

Συνεπώς, ο πίνακας 5.2. έχει την ισοδύναμη μορφή:

**Πίνακας 5.3. Πίνακας Εισροών – Εκροών για την Συμβατική Χερσαία  
Πρωτογενή Παραγωγή Πετρελαίου. (ανά kg παραγόμενου αργού πετρελαίου)**

	Μονάδες	ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΧΕΡΣΑΙΑ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ</b>		
Ατσάλι	kg/kg	0,025
Τσιμέντο	kg/kg	0,022
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>		
Μηχανική Ενέργεια (mechanical power)	MJ/kg	0,08
Θερμότητα (process heat)	MJ/kg	0,2
<b>Σύνολο:</b>	<b>MJ/kg</b>	<b>0,28</b>
<b>ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ</b>		
CO <sub>2</sub>	kg/kg	0,028
NM <sub>VOC</sub>	kg/kg	113E-06
CH <sub>4</sub>	kg/kg	389E-05

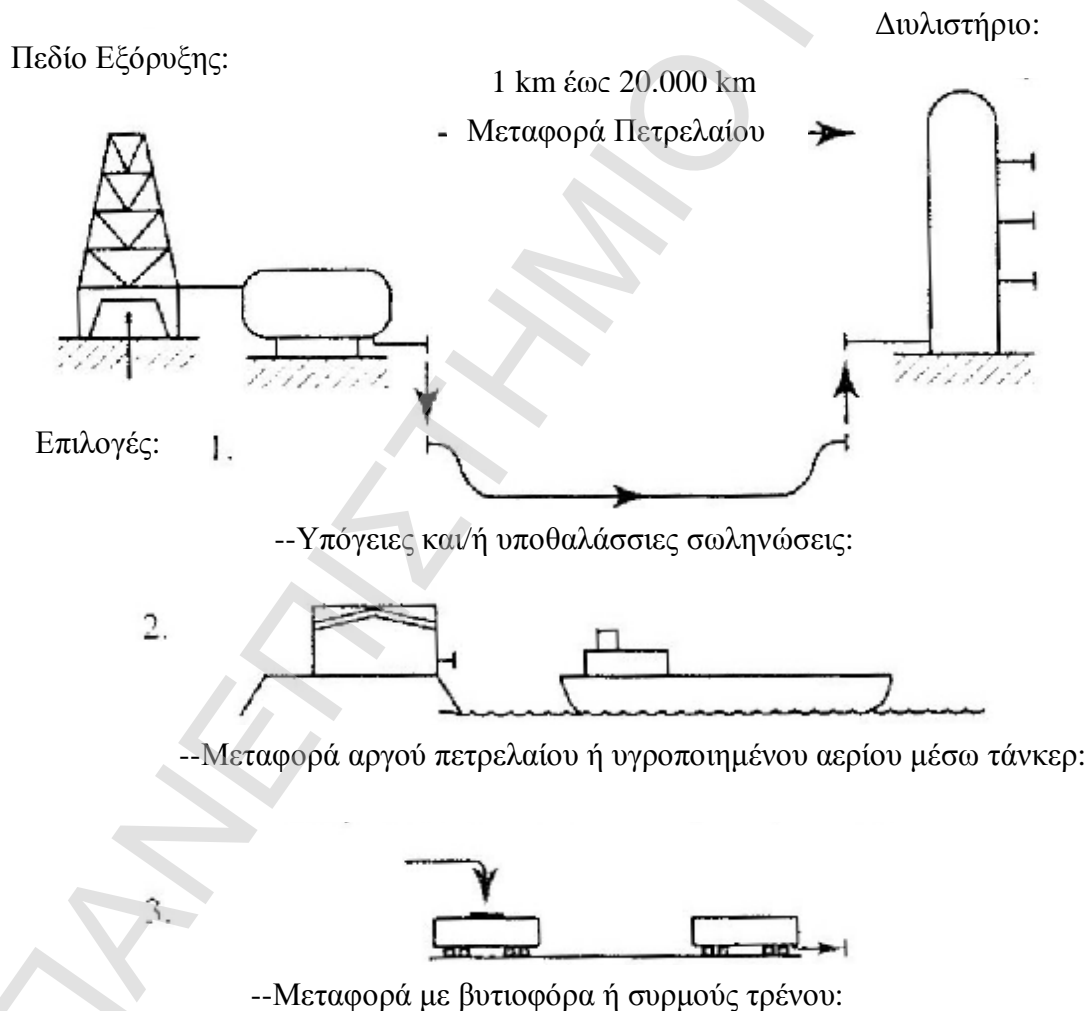
Όπως προκύπτει από τον προηγούμενο πίνακα, για την παραγωγή ενός kg αργού πετρελαίου απαιτούνται, 0,08MJ μηχανικής ενέργειας (π.χ. για την πραγματοποίηση της γεώτρησης) και 0,2MJ θερμικής ενέργειας (π.χ. για τον διαχωρισμό του αργού πετρελαίου από το φυσικό αέριο, βλ. σχήμα 5.5.). Άρα, για την υπό εξέταση εγκατάσταση απαιτούνται συνολικά **0,28MJ ενεργειακών εισροών για την παραγωγή 1kg αργού πετρελαίου.**

Όσον αφορά τις αέριες εκπομπές για την περίπτωση της συμβατικής χερσαίας εξόρυξης, αυτές προέρχονται από την ανάφλεξη του φυσικού αερίου κατά τον διαχωρισμό του από το αργό πετρέλαιο, την καύση των λοιπών αερίων υδρογονανθράκων που συνοδεύουν το αργό πετρέλαιο και λόγω διαφευγόντων εκπομπών, όπως είναι οι μη μεθανιούχες οργανικές ενώσεις (NM<sub>VOC</sub>-Non Methane Volatile Organic Compounds). [15]

### 5.3.6. Το Στάδιο της Μεταφοράς του Αργού Πετρελαίου στο Διυλιστήριο της Ελευσίνας:

#### 5.3.6.1. Γενικά:

Με τον όρο Μεταφορά του Αργού Πετρελαίου, εννοούμε την μεταφορά αυτού από την πετρελαιοπηγή στα διυλιστήρια. Εάν έχει ήδη κατασκευαστεί μία μικρή σωληνογραμμή για την μεταφορά του πετρελαίου στο επιλιμένο κέντρο, για την παραπέρα φόρτωσή του σε δεξαμενόπλοια και την μεταφορά του στο διυλιστήριο, τότε το μικρό αυτό τμήμα της σωληνώσεως μεταφοράς αποτελεί αντικείμενο της εταιρείας που ελέγχει την παραγωγή πετρελαίου.



Σχήμα 5.7. Εναλλακτικά σενάρια μεταφοράς του πετρελαίου. [14]

Πριν από την μεταφορά του αργού πετρελαίου στο διυλιστήριο, θα πρέπει να προηγηθεί μία διαδικασία επεξεργασίας του, καθώς και η ακριβής μέτρηση και αποθήκευση των προς μεταφορά ποσοτήτων του, όπως παρουσιάζονται παρακάτω. [6]

#### 5.3.6.2. Επεξεργασία Αργού Πετρελαίου πριν από την μεταφορά:

Η επεξεργασία του αργού πετρελαίου αποσκοπεί στα εξής:

1. Ικανοποίηση συγκεκριμένων προδιαγραφών για τη μεταφορά του πετρελαίου όσον αφορά την τάση ατμών (vapor pressure). Οι προδιαγραφές αυτές είναι πολύ αυστηρές στην περίπτωση μεταφοράς με πετρελαιοφόρα πλοία (tankers), όπου το πετρέλαιο θα πρέπει να είναι πλήρως σταθεροποιημένο με τάση ατμών 1 atm στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στην περίπτωση μεταφοράς με αγωγούς οι προδιαγραφές είναι περισσότερο χαλαρές αν και η ακριβής γνώση της τάσης ατμών έχει σημασία για τη μέτρηση της μάζας πετρελαίου που μεταφέρεται.
2. Τον αποτελεσματικό διαχωρισμό πετρελαίου-αερίου προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή τάση ατμών και πιθανώς και η επεξεργασία του αερίου προκειμένου να καλυφθούν οι προδιαγραφές πώλησης του.
3. Το διαχωρισμό παραγόμενου νερού-πετρελαίου και τη διάσπαση τυχόν σχηματισμένων γαλακτωμάτων νερού-πετρελαίου για την κάλυψη προδιαγραφών διύλισης.
4. Την απομάκρυνση τυχόν οξειδωτικών ή τοξικών ουσιών -κυρίως H<sub>2</sub>S- πριν την παράδοση του πετρελαίου.
5. Την απομάκρυνση αλάτων για την κάλυψη προδιαγραφών διύλισης. Τα άλατα μπορεί να αποτελέσουν πρόβλημα όταν το πετρέλαιο παράγεται μαζί με μικρές ποσότητες νερού και το πρώτο στάδιο του διαχωρισμού πραγματοποιείται σε υψηλές θερμοκρασίες. Σε τέτοιες συνθήκες το νερό μπορεί να εκτονωθεί στην αέρια φάση (flash expansion) αφήνοντας αλάτι ως υπόλειμμα στο πετρέλαιο. Συνήθως η μόνη επεξεργασία που είναι απαραίτητη είναι η έκπλυση με φρέσκο νερό, διαδικασία, ωστόσο, που απαιτεί τον μετέπειτα διαχωρισμό του νερού από το πετρέλαιο. [14]

### 5.3.6.3. Αποθήκευση και Μέτρηση Αργού Πετρελαίου:

Η ακριβής μέτρηση των ποσοτήτων πετρελαίου και αερίου που παράγονται έχει μεγάλη σημασία τόσο για τη μεταφορά όσο και για την πώληση των προϊόντων αυτών.

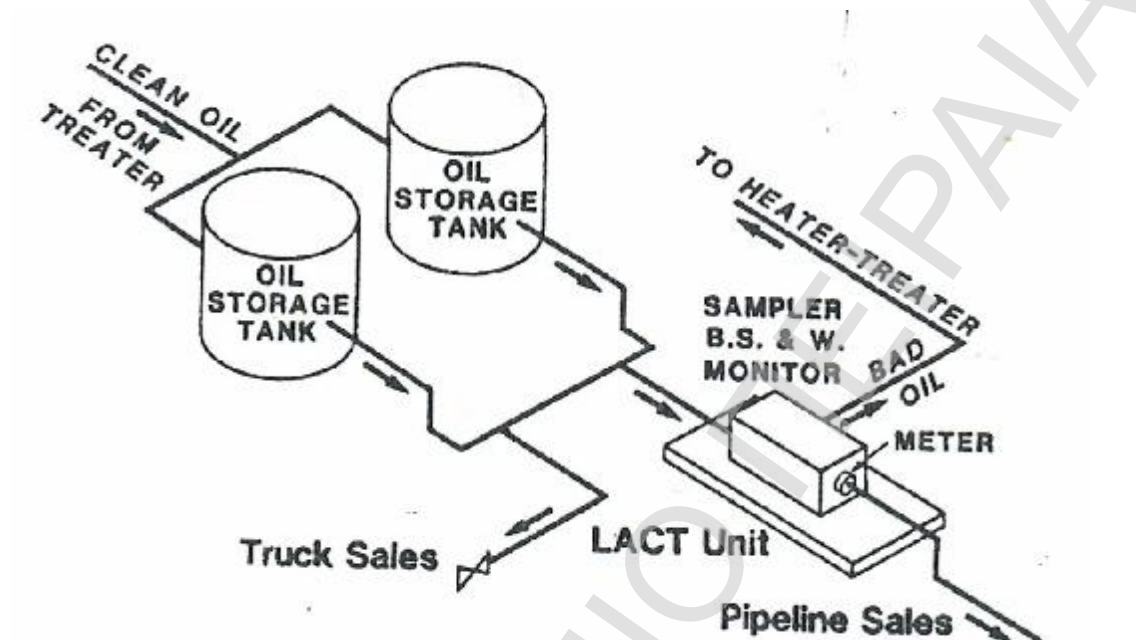
Πολύ συχνά η παραγωγή πετρελαίου από διάφορα κοιτάσματα μεταφέρεται μέσω κοινού αγωγού στον οποίο ο συνολικός όγκος που μεταφέρεται μετά την ανάμιξη των ρευμάτων δεν είναι ίσος με το άθροισμα των επιμέρους όγκων κάθε ρεύματος. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι καθένας από τους έχοντες πρόσβαση στον αγωγό θα πρέπει να τηρεί αρχείο τόσο του όγκου που παραδίδεται αλλά και της πυκνότητας του αργού καθώς και της συνολικής σύστασης. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η ακριβής κατανομή των συνολικών ποσοτήτων αργού που παραλαμβάνονται στους δικαιούχους.

Μια τυπική διάταξη αποθήκευσης (κοντά στο πεδίο) και μέτρησης αργού πετρελαίου παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.8.

Το πετρέλαιο, μετά από τις διεργασίες καθαρισμού του, μεταφέρεται στις αποθηκευτικές δεξαμενές (storage tank). Οι δεξαμενές αυτές μπορεί να είναι επιφανειακές ή υπόγειες. Η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 100 έως 10.000 βαρέλια (1 βαρέλι BBL = 159 litres) . Σε ένα τυπικό σχήμα, η αποθηκευτική ικανότητα των δεξαμενών πρέπει να καλύπτει παραγωγή δύο-τριών ημερών. Από τις δεξαμενές, το πετρέλαιο αντλείται από δεξαμενόπλοια και μεταφέρεται στους χώρους των διυλιστηρίων ή η μεταφορά του γίνεται μέσω αγωγών. Στην περίπτωση της χρήσης αγωγών μεταφοράς απαιτείται η μέτρηση της ποσότητας του πετρελαίου η οποία διοχετεύεται από τη δεξαμενή στον αγωγό. Αυτό επιτυγχάνεται με ειδική μονάδα μέτρησης, LACT (Lease Automatic Custody Transfer - Σύμβαση Αυτόματης Επιτήρησης Μεταφοράς). Η μονάδα αυτή αποτελείται από αυτόματο μετρητή ο οποίος με μεγάλη ακρίβεια καταγράφει τις ποσότητες πετρελαίου οι οποίες περνούν στον αγωγό και ταυτοχρόνως, πραγματοποιεί συνεχή δειγματοληψία για τον έλεγχο της ποιότητας του πετρελαίου (περιεκτικότητα σε νερό και στερεά σωματίδια). Εάν τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δειγμάτων υπερβαίνουν τα προκαθορισμένα της σύμβασης όρια, αυτόματη βαλβίδα της μονάδας αποτρέπει την περαιτέρω εισροή



πετρελαίου, και το επιβαρυνμένο πετρέλαιο επιστρέφει στις μονάδες για επιπλέον καθαρισμό.



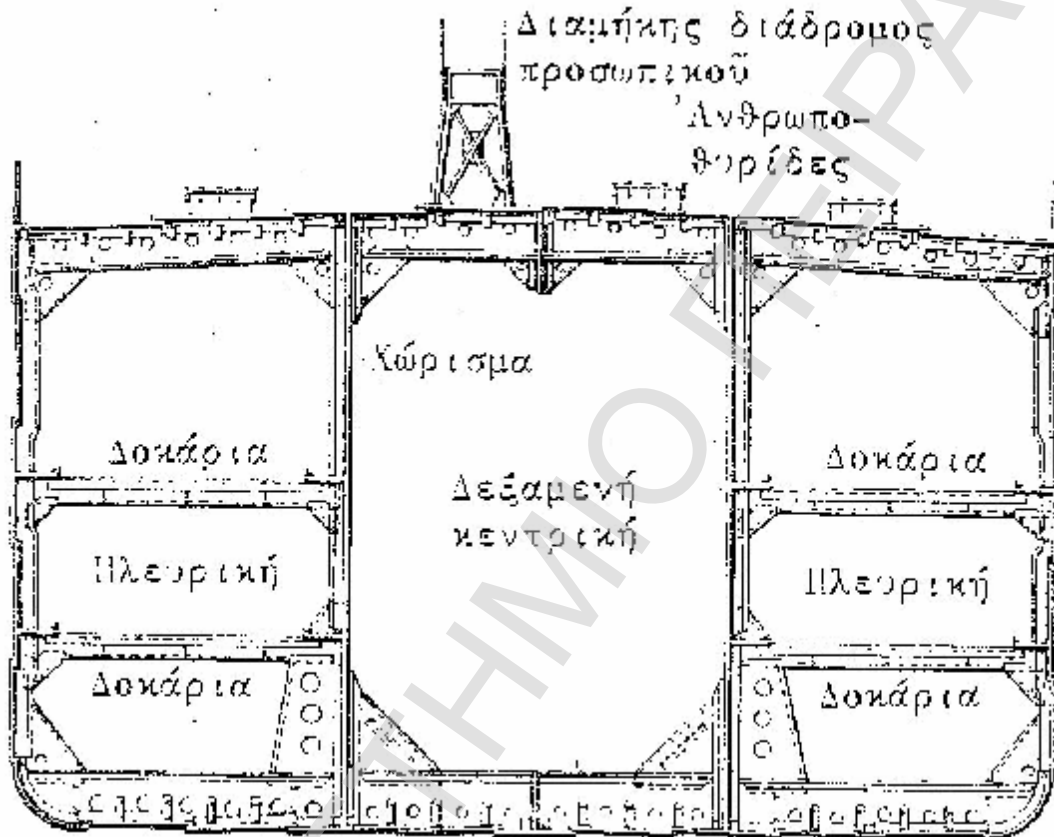
Σχήμα 5.8. Αποθήκευση και μέτρηση αργού πετρελαίου. [14]

Όταν το πετρέλαιο μεταφέρεται σε δεξαμενόπλοια, μετράται με ακρίβεια η στάθμη της δεξαμενής πριν και μετά τη φόρτωση. Η διαφορά των δύο μετρήσεων παρέχει τον όγκο που αντλήθηκε. [14]

#### 5.3.6.4. Μεταφορά Θαλάσσης:

Η μεγαλύτερη ποσότητα αργού πετρελαίου (62%), σήμερα μεταφέρεται μέσω θαλάσσης. Οι θαλάσσιες μεταφορές γίνονται με τα πετρελαιοφόρα δεξαμενόπλοια, δηλαδή φορτηγών σκαφών ειδικά κατασκευασμένων για την μεταφορά του πετρελαίου και των προϊόντων του. Ο χώρος εντός του δεξαμενόπλοιου, στον οποίο εισάγεται το πετρέλαιο είναι διηρημένος σε ξεχωριστές δεξαμενές, ώστε να περιορίζεται, η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού προς παρεμπόδιση υπερβολικής κινήσεως του υγρού κατά τον πλου. Οι ξεχωριστές δεξαμενές επίσης επιτρέπουν την μεταφορά προϊόντων του πετρελαίου διαφόρων τύπων. Το

μηχανοστάσιο και τα διαμερίσματα του πληρώματος κείνται στην πρύμνη του πλοίου, ενώ στα σύγχρονα δεξαμενόπλοια, η γέφυρα πλοηγείσεως και τα διαμερίσματα των αξιωματικών κείνται επίσης στην πρύμνη. [6]



Σχήμα 5.9. Εγκάρσια τομή δεξαμενόπλοιου. [14]

Τα δεξαμενόπλοια είναι εφοδιασμένα με αντλίες για την εκφόρτωση του φορτίου στο διωλιστήριο. Όσον αφορά τον τύπο του χρησιμοποιούμενου τάνκερ, με βάση τα δεδομένα του GEMIS, αυτό διανύει περί τα 80.000 km ετησίως, ενώ έχει δυναμικότητα μεταφοράς πετρελαίου 120.000 τόνους και μέση διάρκεια ζωής 16 χρόνια. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν 20.000 τόνοι ατσάλι για την κατασκευή του.

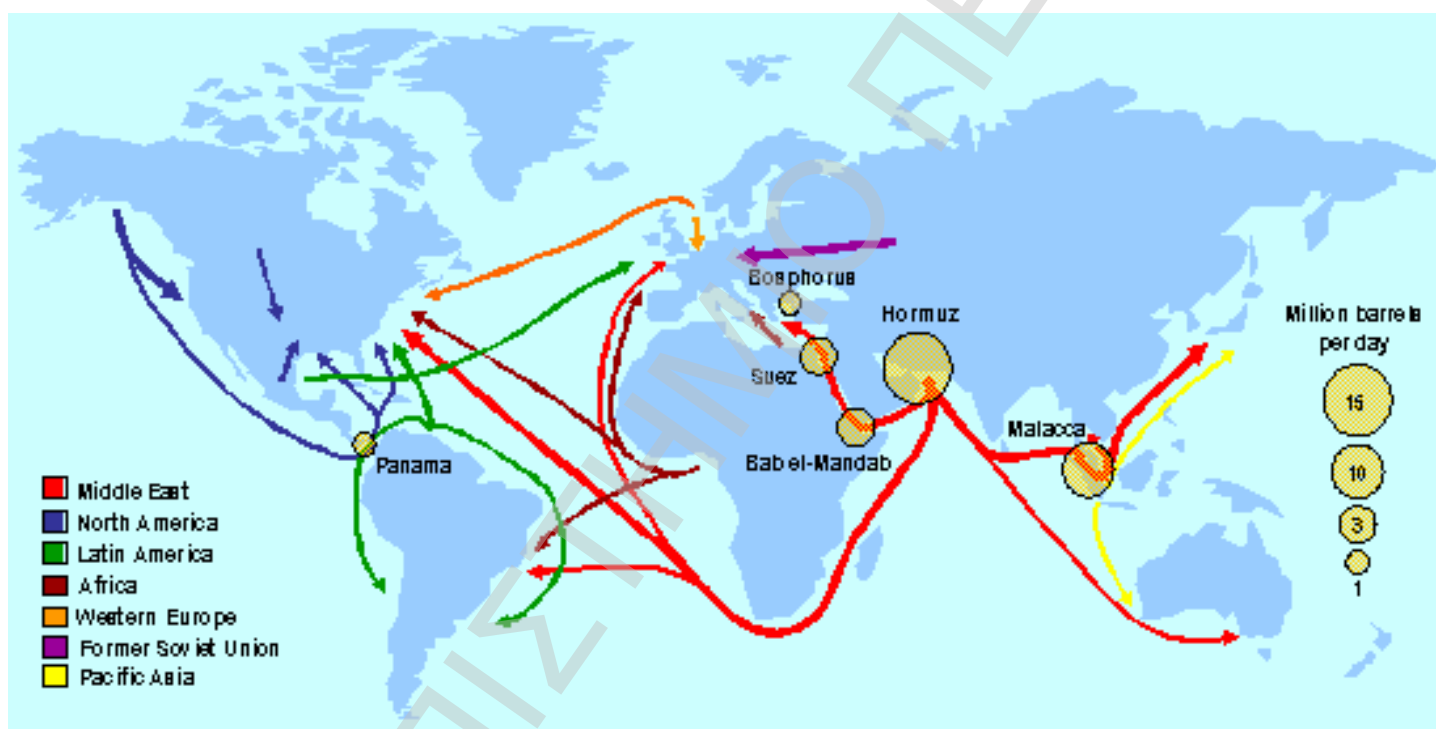


<b>Κατηγορία:</b>	<b>Δυναμικότητα Φορτίου:</b>
Coastal Tanker	< 50.000 τόνοι
Aframax	Περίπου 80.000 τόνοι
Suez - Max	125.000 – 180.000 τόνοι
VLCC	Μέχρι 300.000 τόνοι
ULCC	> 300.000 τόνοι

Σχήμα 5.10. Τύποι και μεγέθη χρησιμοποιούμενων τάνκερ. [16]

Τέλος, όπως παρατηρούμε και από τον προηγούμενο πίνακα, το τάνκερ της μελέτης μας ανήκει στην κατηγορία Suez – Max, αξιοποιώντας ένα μεγάλο μέρος της δυναμικότητας φορτίου της διώρυγας του Σουέζ. (Μέγιστο βάρος φορτίου: 180.000 τόνοι)

Ο Περσικός Κόλπος είναι η κύρια αφετηρία των θαλάσσιων μεταφορών, οι οποίες φτάνουν στην Ευρώπη μέσω της διώρυγας του Σουέζ. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται τα κυριότερα δρομολόγια πετρελαιοφόρων πλοίων:



Σχήμα 5.11. Παγκόσμιο Δίκτυο Θαλάσσιων Μεταφορών Αργού Πετρελαίου. [16]

#### 5.3.6.5. Παρουσίαση Δεδομένων:

Προκειμένου λοιπόν, να γίνει η Ανάλυση Εισροών – Εκροών του σταδίου της θαλάσσιας μεταφοράς του αργού πετρελαίου, μέσω τάνκερ, θα καταστρώσουμε ένα πίνακα στο Excel. Στον πίνακα αυτόν θα παρουσιάζονται οι εισροές υλικών και ενέργειας, καθώς και οι εκροές του συστήματος, που δεν είναι άλλες από τις αέριες εκπομπές προς το περιβάλλον. Τα δεδομένα για το στάδιο αυτό προέκυψαν από το

λογισμικό GEMIS και φαίνονται παρακάτω: [Πηγή των δεδομένων του προγράμματος, είναι το Institute for Applied Ecology, με έτος αναφοράς το 2000]

Τα παρακάτω δεδομένα αντιστοιχούν στο μέσο όρο των παγκόσμιων μεταφορών αργού πετρελαίου (generic) με τάνκερ, γι'αυτό θα θεωρήσουμε στην συγκεκριμένη ΕΚΖ, ότι έχουν την απαιτούμενη ακρίβεια. Άρα, θα είναι:

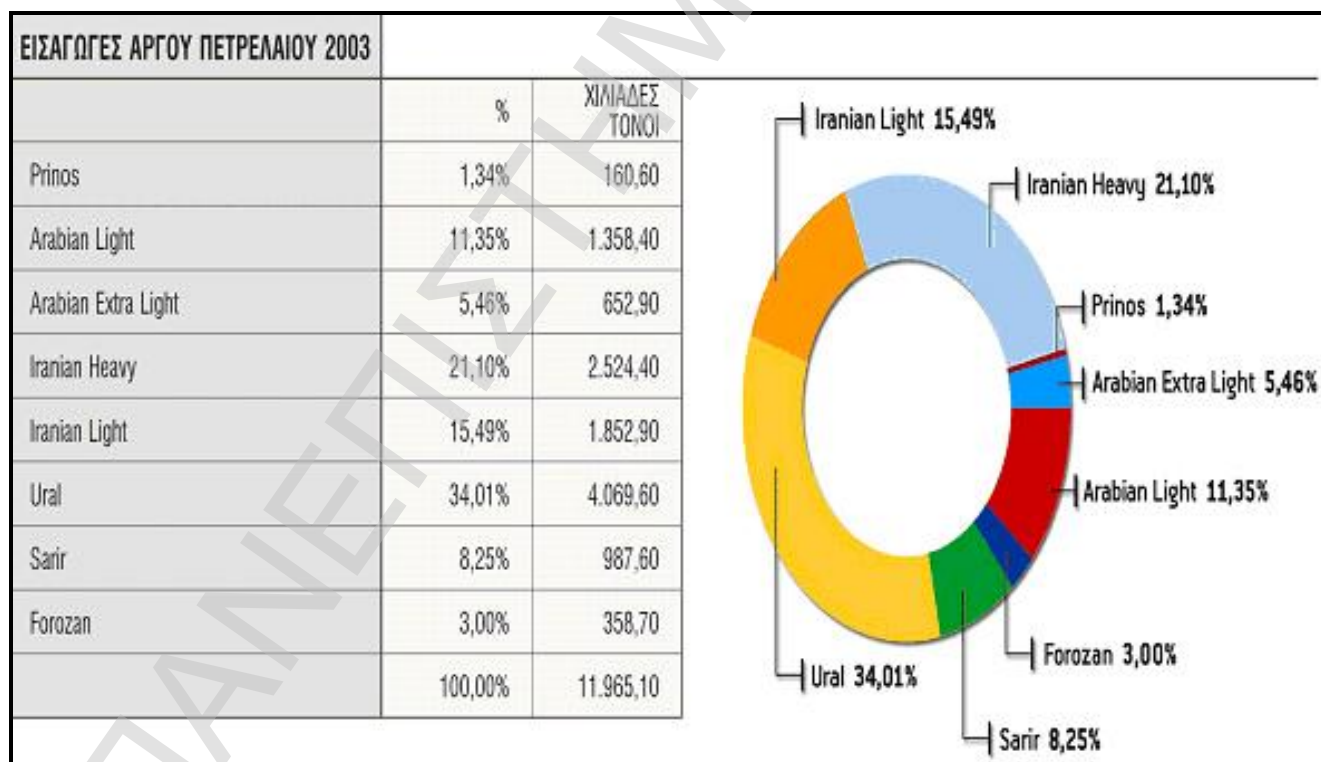
**Πίνακας 5.4. Πίνακας Εισροών – Εκροών για την Θαλάσσια Μεταφορά του Αργού Πετρελαίου. (ανά kg μεταφερόμενου πετρελαίου και ανά km διανυόμενη απόσταση)**

	Μονάδες	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΜΕ ΤΑΝΚΕΡ
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ</b>		
Ατσάλι	kg/Τάνκερ	20E06
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>		
Κατανάλωση Καυσίμου:	MJ/kg.km	94,375E-06
<b>ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ</b>		
SO <sub>2</sub>	kg/kg.km	92,931E-09
NO <sub>x</sub>	kg/kg.km	1E-07
CO	kg/kg.km	16E-09
Στερεά Σωματίδια	kg/kg.km	1E-08
NM <sub>VOC</sub>	kg/kg.km	3E-09
CO <sub>2</sub>	kg/kg.km	74E-07
N <sub>2</sub> O	kg/kg.km	3E-11
CH <sub>4</sub>	kg/kg.km	3E-10

Οι παραπάνω μονάδες για τις εισροές ενέργειας, αναφέρονται σε MJ θερμικού περιεχομένου του καταναλισκόμενου καυσίμου, ανά kg μεταφερόμενου πετρελαίου και ανά km διανυόμενη απόσταση από το τάνκερ. Οι μονάδες των αέριων εκπομπών αναφέρονται αντίστοιχα σε kg εκπομπών ανά kg μεταφερόμενου αργού πετρελαίου και ανά km διανυόμενη απόσταση.

Στη συνέχεια, θα ανάγουμε τις εισροές – εκροές του προηγούμενου πίνακα ανά kg μεταφερόμενου πετρελαίου. Όσον αφορά τις εισροές υλικών (ατσάλι), αυτές αναφέρονται στην κατασκευή 1 δεξαμενόπλοιου, το οποίο μεταφέρει 120.000 τόνους αργού πετρελαίου. Συνεπώς,  $20 \cdot 10^6$  kg ατσάλι αντιστοιχούν στην μεταφορά 120.000 τόνων πετρελαίου. Άρα, **στην μεταφορά 1 kg αργού αντιστοιχούν 0,17 kg ατσάλι.**

Όσον αφορά τις εισροές ενέργειας και τις αέριες εκπομπές, για να αναχθούν ανά kg μεταφερόμενου αργού, θα πρέπει να ορίσουμε την διανυόμενη απόσταση του τάνκερ, από το Ιράν έως την Ελλάδα και συγκεκριμένα τις λιμενικές εγκαταστάσεις της Ελευσίνας, όπου βρίσκεται το υπό μελέτη διυλιστήριο. Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκε σαν αφετηρία το λιμάνι της νήσου Kharg Island στο Ιράν, αφού η μεγαλύτερη ποσότητα αργού πετρελαίου που διυλίζεται στο διυλιστήριο της Ελευσίνας είναι Ιρανικής προέλευσης (Iranian Light και Iranian Heavy), όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



**Σχήμα 5.12.** Εισαγωγές αργού πετρελαίου στα διυλιστήρια των Ελληνικών Πετρελαίων (2003). [Ελληνικά Πετρέλαια]



Το συγκεκριμένο λιμάνι έχει γεωγραφικές συντεταγμένες: 29°14'N, 50°18'E και βρίσκεται στον Περσικό Κόλπο, ενώ είναι η κύριος σταθμός εξαγωγών αργού πετρελαίου του Ιράν. Καθημερινά, εξάγονται από αυτό περίπου 2,2 εκατομμύρια βαρέλια αργού πετρελαίου. [17]



Σχήμα 5.13. Το Kharg Island. [17]

Για τον υπολογισμό της απόστασής του από το λιμάνι της Ελευσίνας, χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων του διαδικτυακού site [www.distances.com](http://www.distances.com) (World Port Distances). Η απόσταση που προέκυψε, αναφέρεται στο δρομολόγιο πετρελαιοφόρου πλοίου, μέσω της διώρυγας του Σουέζ και ισούται με 3795 ναυτικά μίλια ή **7028 km**. (1 ναυτικό μίλι = 1,852 km).

Οπότε, ο πίνακας 5.4. με δεδομένη την διανυόμενη απόσταση των **7028km**, γίνεται ως εξής:

**Πίνακας 5.5. Πίνακας Εισροών – Εκροών για την Θαλάσσια Μεταφορά του Αργού Πετρελαίου στο διυλιστήριο της Ελευσίνας. (ανά kg μεταφερόμενου αργού πετρελαίου)**

	Μονάδες	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΟ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ</b>		
Ατσάλι	kg/kg	0,17
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>		
Κατανάλωση Καυσίμου:	MJ/kg	0,663
<b>ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ</b>		
SO <sub>2</sub>	kg/kg	6,53E-04
NO <sub>x</sub>	kg/kg	7,028E-04
CO	kg/kg	1,124E-04
Στερεά Σωματίδια	kg/kg	7,028E-05
NM <sub>10</sub> OC	kg/kg	2,1E-05
CO <sub>2</sub>	kg/kg	0,052
N <sub>2</sub> O	kg/kg	2,1E-07
CH <sub>4</sub>	kg/kg	2,1E-06

Προκύπτει λοιπόν, ότι απαιτούνται **0,663 MJ εισερχόμενης ενέργειας, για κάθε kg μεταφερόμενου αργού πετρελαίου στο διυλιστήριο της Ελευσίνας, από το νησί Kharg.**



### 5.3.7. ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΤΗΣ ΔΙΥΛΙΣΗΣ ΤΟΥ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΟ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟ:

#### 5.3.7.1. Γενικά για την Διύλιση – Προϊόντα διύλισης:

Επειδή το αργό πετρέλαιο περιέχει εκτός από τους υδρογονάνθρακες και άλλες διάφορες ουσίες (*θείο, νερό, οξυγόνο, άζωτο κ.α.*) το καθιστούν πρακτικά άχρηστο σε ακατέργαστη μορφή. Αρχικά το αργό πετρέλαιο υφίσταται ειδική κατεργασία για την απομάκρυνση των προσμειξεων του θείου που περιέχει. Η κατεργασία αυτή ονομάζεται αποθείωση του πετρελαίου. Η αγορά εξάλλου, χρειάζεται ορισμένα πετρελαϊκά υλικά με επακριβώς καθορισμένα χαρακτηριστικά (*βενζίνες, κηροζίνη, ντίζελ, μαζούτ, λιπαντικά έλαια*) και για το σκοπό αυτό το πετρέλαιο διυλίζεται για να πάρουμε τα τελικά προϊόντα του.

Τα τελικά προϊόντα της διύλισης διακρίνονται σε ενεργειακά (*βενζίνες, καύσιμα στροβιλοαντιδραστήρων, ντίζελ και μαζούτ οικιακής χρήσης, βαρέα μαζούτ*) και σε μη ενεργειακά (*άσφαλτοι, λιπαντικά*).

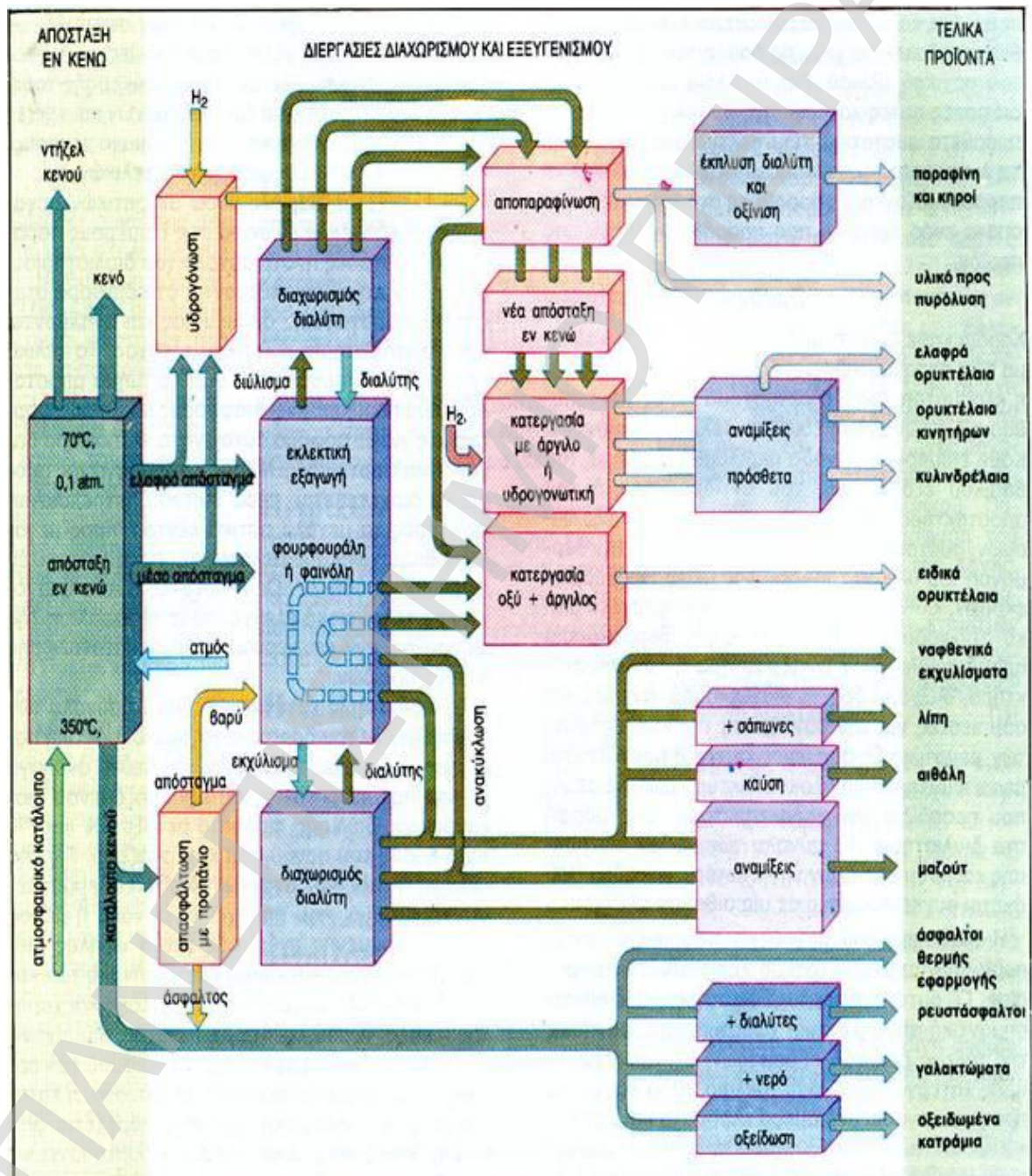
Η θεμελιώδης διεργασία της διύλισης είναι η συνεχής κλασματική απόσταξη, από την οποία προκύπτει μια δεκάδα βασικών πετρελαϊκών κλασμάτων με χαρακτηριστικά που βελτιώνονται κατόπιν σε άλλες εγκαταστάσεις για τον μετασχηματισμό ή τον εξευγενισμό.

Συνοπτικά παράγει κατά φθίνουσα τάξη πτητικότητας τα εξής προϊόντα :

- καύσιμα αέρια
- κλάσμα προπανίου
- κλάσμα βουτανίου
- ελαφριά βενζίνη
- βαριά βενζίνη
- κηροζίνη
- δύο ή περισσότερες ποιότητες ντίζελ
- διάφορα αποστάγματα
- ένα κατάλοιπο της εν κενώ απόσταξης



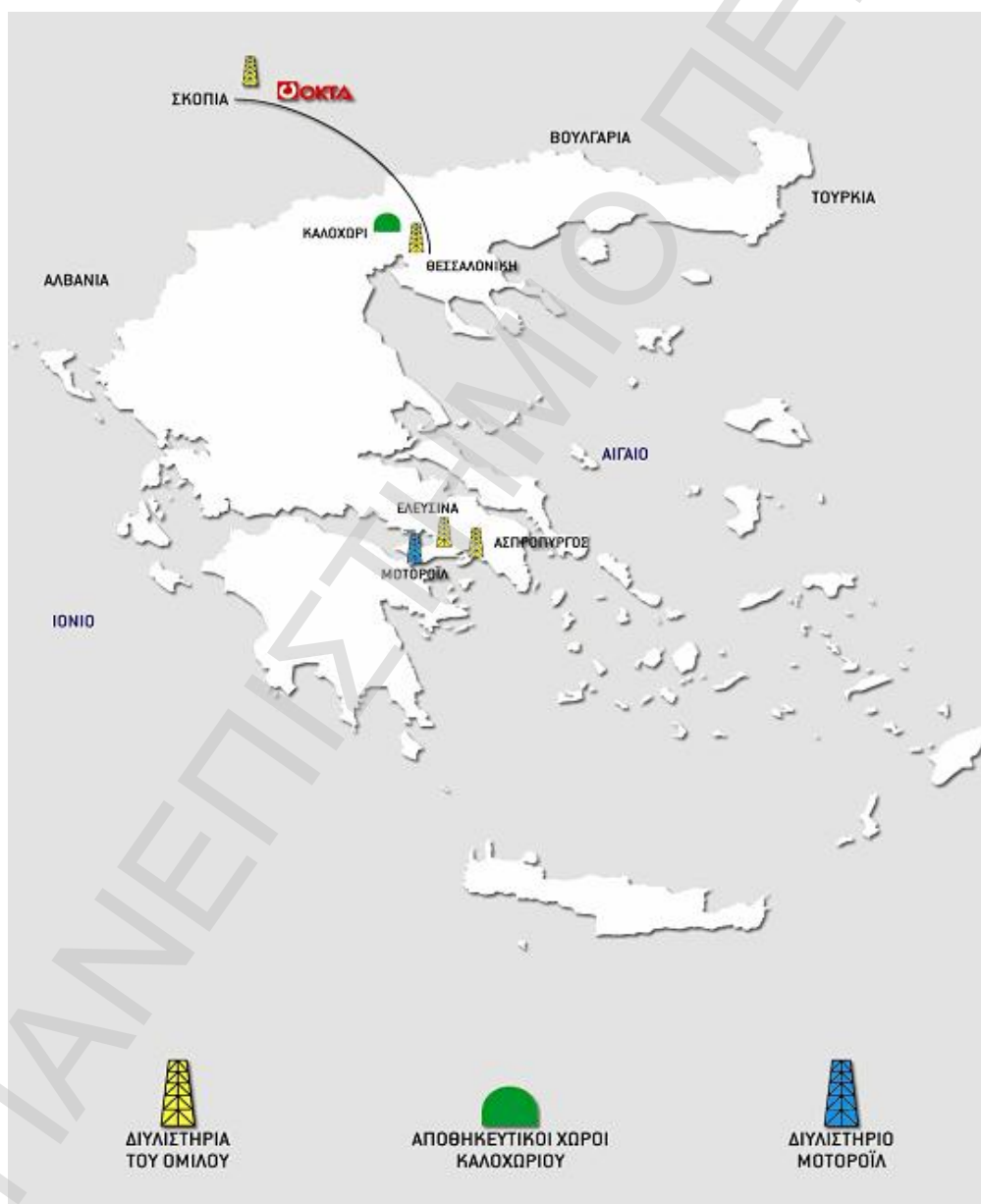
Το παραπάνω αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με την εφαρμογή τριών διακεκριμένων διεργασιών: της ατμοσφαιρικής απόσταξης του αργού πετρελαίου, του διαχωρισμού των αερίων και των βενζινών και της εν κενώ απόσταξης του ατμοσφαιρικού υπολείμματος. Οι τρεις αυτές διεργασίες αποτελούν συνήθως μια παραγωγική μονάδα, τη λεγόμενη μονάδα δύλισης αργού πετρελαίου. [3,4,5]



Σχήμα 5.15. Διεργασίες διαχωρισμού και εξευγενισμού στο δυλιστήριο. [4]

### 5.3.7.2. Η Δύλιση στην Ελλάδα:

Στην Ελλάδα η δύλιση πετρελαίου πραγματοποιείται από 4 διυλιστήρια. Από αυτά, τα τρία, το διυλιστήριο Ασπροπύργου, της Θεσσαλονίκης και της Ελευσίνας (πρώην Petroia), είναι κρατικά και ανήκουν στον Όμιλο Ελληνικά Πετρέλαια Α.Ε. Το άλλο διυλιστήριο είναι ιδιωτικό, της Motor Oil (ανήκει στον όμιλο Βαρδινογιάννη και σε ποσοστό 50% στη Σαουδική εταιρεία Saudi Aramco). Παρακάτω, παρουσιάζονται τα διυλιστήρια του ομίλου Ελληνικά Πετρέλαια καθώς και της Motor Oil, καθώς και οι δυναμικότητες δύλισης τους.



Σχήμα 5.16. Τοποθεσίες των Ελληνικών Διυλιστηρίων. [18]

Πίνακας 5.6. Τα Ελληνικά Διυλιστήρια. [18]

	ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ			
Εταιρία	ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ Α.Ε.			MOTOR OIL HELLAS
Γεωγραφική θέση	Ασπρόπυργος	Θεσσαλονίκη	Ελευσίνα	Άγιοι Θεόδωροι
Έτος Κατασκευής	1958 *	1966	1972	1972
Τύπος Διυλιστηρίου	Σύνθετο	Απλό με παραγωγή βενζινών	Απλό χωρίς παραγωγή βενζινών	Σύνθετο
Ονομαστική Δυναμικότητα σε kt /έτος	6.700	3.450	5.000	4.500

\* Το διυλιστήριο Ασπροπύργου λειτούργησε αρχικά το 1958 και πέρασε πολλά στάδια εκσυγχρονισμού.

Από την 1η Οκτωβρίου 2003 μετά την ολοκλήρωση της απορρόφησης της ΠΕΤΡΟΛΑ ΕΛΛΑΣ ΑΕΒΕ ο όμιλος Ελληνικά Πετρέλαια, συμπεριέλαβε επίσης και το Διυλιστήριο της ΠΕΤΡΟΛΑ ΕΛΛΑΣ ΑΕΒΕ στην Ελευσίνα με ετήσια ονομαστική δυναμικότητα 5,0 εκατ. τόνων Αργού. Τα τρία διυλιστήρια διαθέτουν μαζί το 76% της συνολικής διυλιστικής ικανότητας της χώρας. Από το 1999 ο Όμιλος, μέσω της ΕΛ.ΠΕ.Τ. ΒΑΛΚΑΝΙΚΗ Α.Ε., διαθέτει και λειτουργεί το διυλιστήριο ΟΚΤΑ στα Σκόπια, με ετήσια ονομαστική δυναμικότητα 2,5 εκατ. τόνων. [18]

#### 5.3.7.3. Το διυλιστήριο της Ελευσίνας (Πρώην ΠΕΤΡΟΛΑ):

Το διυλιστήριο της Ελευσίνας είναι ατμοσφαιρικής δύλισης ετήσιας ονομαστικής δυναμικότητας 5,0 εκατ. μετρικών τόνων αργού που αντιστοιχεί στο 25% περίπου της διυλιστικής ικανότητας της χώρας. Διαθέτει επίσης μονάδα υδρογονοαποθείωσης δυναμικότητας 800 χιλ. τόνων ντήζελ ετησίως. Το διυλιστήριο της Ελευσίνας διαθέτει τεράστιους αποθηκευτικούς χώρους, 3,35 εκατ. τόνων αργού και προϊόντων, μεγάλο ιδιωτικό λιμάνι στο οποίο μπορούν ταυτόχρονα να προσεγγίζουν 17 μεγάλα πλοία για φορτοεκφόρτωση πετρελαιοειδών, καθώς επίσης και σύγχρονο σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων με 18 νησίδες φόρτωσης. Το



διωλιστήριο είναι συνδεδεμένο με αγωγό τόσο με τις εγκαταστάσεις στη Πάχη Μεγάρων όσο και με το διωλιστήριο Ασπροπύργου.

Οι εγκαταστάσεις του διωλιστηρίου της Ελευσίνας εκτείνονται σε μία έκταση 1664 στρεμμάτων και η λειτουργία του ξεκίνησε το 1971. Το διωλιστήριο διαθέτει απλές μονάδες επεξεργασίας αργού πετρελαίου, λειτουργεί σε 24ωρη βάση και σύμφωνα με στοιχεία της εταιρείας την 31/12/1999, απασχολούσε 570 εργαζόμενους σε 4 βάρδιες. [19]

#### 5.3.7.3.1. Η παραγωγική διαδικασία:

Η παραγωγική διαδικασία επιτελείται στα ακόλουθα στάδια:

1. Στις Μονάδες ατμοσφαιρικής απόσταξης το αργό πετρέλαιο υπόκειται στη διαδικασία της κλασματικής απόσταξης.

Τα προϊόντα που παράγονται είναι τα εξής:

- Μαζούτ (προϊόν πυθμένα)
- Ντήζελ, βαριά κηροζίνη
- Ελαφρά κηροζίνη
- Προϊόν κορυφής, που περιλαμβάνει Νάφθα και Υγραέρια.

2. Στην μονάδα ανάκτησης ελαφρών κλασμάτων, το προϊόν κορυφής που προέρχεται από τις ατμοσφαιρικές στήλες του αργού, διαχωρίζεται σε ελαφριά και βαριά νάφθα, βουτάνιο, προπάνιο και αέριο καύσιμο.

3. Στην Μονάδα γλύκανσης Κηροζίνης (Bender) η κηροζίνη μετατρέπεται σε καύσιμο αεροπορίας (JET A-1).

4. Στο συγκρότημα Υδρογονοαποθείωσης επιτελούνται οι εξής διεργασίες:

- Στην Μονάδα Υδρογόνου παράγεται Υδρογόνο υψηλής καθαρότητας (99.99%) με καταλυτική αναμόρφωση Βουτανίου με ατμό, δευτερογενή μετατροπή και τελικό καθαρισμό σε προσροφητήρες (PSA).

- Η αποθείωση του Ντήζελ σε βαθμό πάνω από 95% επιτυγχάνεται με καταλυτική αντίδραση, παρουσία Υδρογόνου. Παράγεται Ντήζελ με θείο 0.035% και Υδρόθειο σαν παραπροϊόν.
- Η απομάκρυνση του Υδρόθειου από τα αέρια της Μονάδας Υδρογονοαποθείωσης γίνεται με ανακυκλοφορία αμίνης (ΜΕΑ).
- Τα όξινα νερά από όλες τις μονάδες παραγωγής επεξεργάζονται σε ένα πύργο απογύμνωσης, για την απομάκρυνση Υδροθείου και Αμμωνίας και στη συνέχεια επαναχρησιμοποιούνται στην παραγωγική διαδικασία.
- Τα όξινα αέρια από τις μονάδες αμίνης και επεξεργασίας όξινων νερών περιέχουν Υδρόθειο. Αυτά τα αέρια επεξεργάζονται στην μονάδα ανάκτησης θείου και μέσω θερμικών και καταλυτικών αντιδράσεων το Υδρόθειο μετατρέπεται κατά 99% σε υγρό θείο.
- Το υγρό θείο μεταφέρεται στη μονάδα στερεοποίησης όπου παίρνει τη μορφή μικρών ημισφαιριδίων. Ειδικότερα τα προϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας, ανά κατηγορία είναι τα ακόλουθα: [21]

### **ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ**

#### **1. ΑΕΡΙΑ**

ΠΡΟΠΑΝΙΟ, ΜΙΓΜΑ ΥΓΡΑΕΡΙΩΝ (ΠΡΟΠΑΝΙΟΥ –ΒΟΥΤΑΝΙΟΥ)

#### **2. ΝΑΦΘΕΣ**

ΝΑΦΘΑ

#### **3. ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ**

JET A-1

#### **4. ΝΤΗΖΕΛ**

ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ, ΝΤΗΖΕΛ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΝΤΗΖΕΛ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

#### **5. ΜΑΖΟΥΤ**

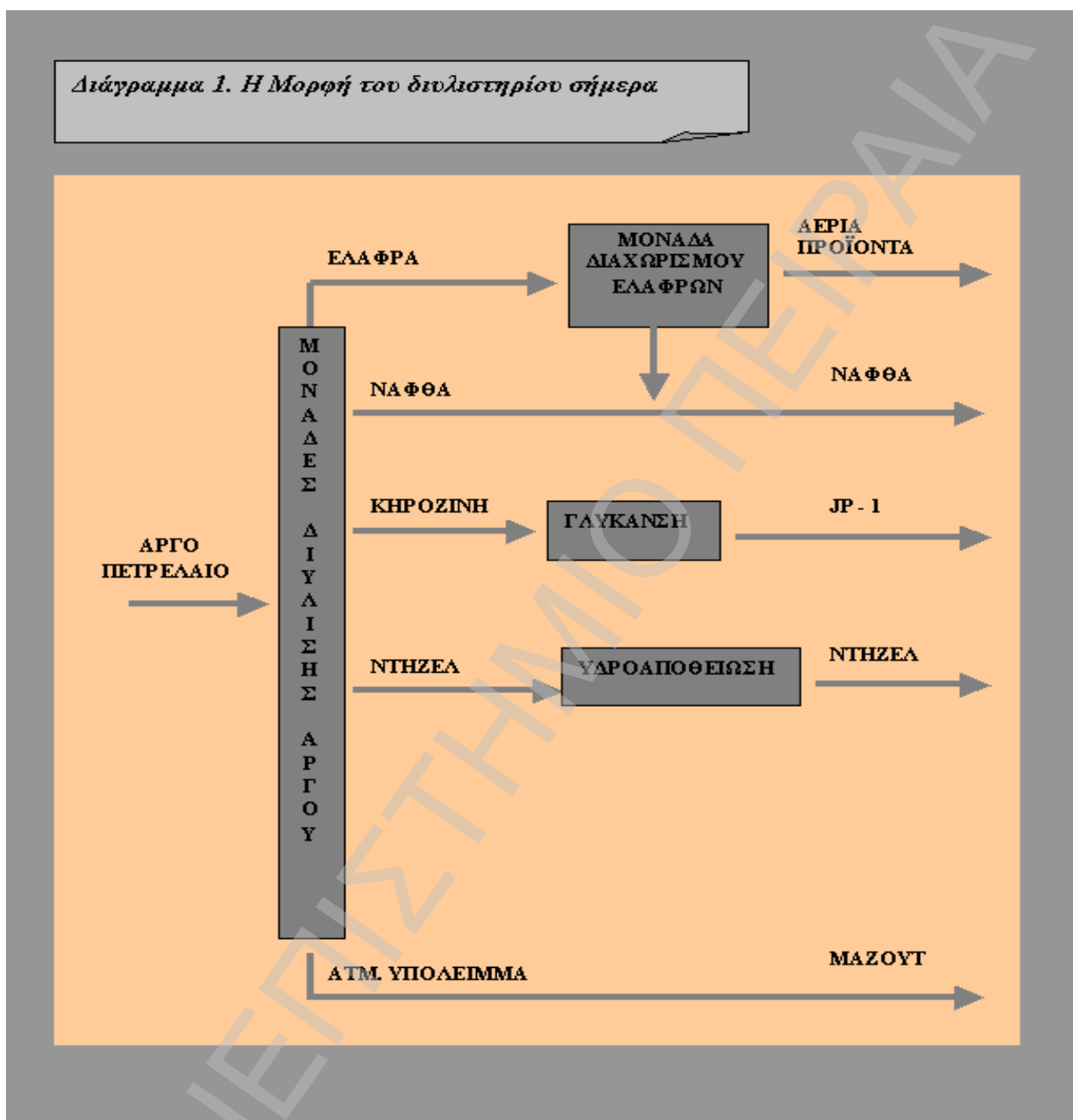
ΜΑΖΟΥΤ ΥΨΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ 1500', ΜΑΖΟΥΤ ΧΑΜΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ 1500',

ΜΑΖΟΥΤ ΥΨΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ 3500'

#### **6. ΘΕΙΑΦΙ**

ΥΓΡΟ ΘΕΙΟ, ΣΤΕΡΕΟ ΘΕΙΟ

Ακολουθεί απλοποιημένο διάγραμμα ροής του διυλιστηρίου της Εταιρείας:



Σχήμα 5.17. Η Μορφή του διυλιστηρίου σήμερα. [20]

Η ανάλυση της παραγωγής του διυλιστηρίου κατά το έτος 1999 σε κ.τ. καθώς και η συμμετοχή του κάθε παραγόμενου προϊόντος στη συνολική παραγωγή φαίνεται στον παρακάτω πίνακα: [21]



Πίνακας 5.7. Ανάλυση παραγωγής ανά προϊόν. [21]

<b>ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΝΑ ΠΡΟΪΟΝ (1999):</b>		
<b>ΠΡΟΪΟΝΤΑ:</b>	<b>k.t.</b>	<b>%</b>
Προπάνιο:	6	0,1
Μίγμα Υγραερίων:	51	1,2
Νάφθα:	740	16,8
Καύσιμα Α/φων:	635	14,4
Ντήζελ:	612	13,8
Μαζούτ Υψηλού Θείου 1500΄:	660	14,9
Μαζούτ Υψηλού Θείου 3500΄:	1412	32,0
Μαζούτ Χαμηλού Θείου 1500΄:	0	0,0
Στερεό Θείο:	6	0,1
“WILD” Νάφθα: (προϊόν επαναδιύλισης)	2	0,0
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ:</b>	<b>4.311</b>	<b>97,6</b>
ΙΔΙΟΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ:	86	2,0
ΑΠΩΛΕΙΑ:	20	0,4
<b>ΔΙΥΛΙΣΘΕΝ ΑΡΓΟ:</b>	<b>4.416</b>	<b>100,0</b>

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι το παραγόμενο ντήζελ, καταλαμβάνει το 13,8% της συνολικής παραγωγής και είναι εκείνο το καύσιμο, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί από τον θερμοηλεκτρικό σταθμό του επόμενου σταδίου της ΕΚΖ. Η κατώτερη θερμογόνος ικανότητα του ντήζελ, είναι 42,833 MJ/kg όπως φαίνεται και στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 5.8. Θερμογόνος ικανότητα υγρών καυσίμων. [22]

Α/Α	ΚΑΥΣΙΜΟ:	ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ(KJ/Kg)	
		H <sub>o</sub>	H <sub>u</sub>
1	Αιθυλική αλκοόλη: C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (M=46,1 kg/kmol)	29895	26964
2	Εξάνιο: C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> (M=86,1 kg/kmol)	48360	44675
3	Οκτάνιο: C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> (M=114 kg/kmol)	48360	44592
4	Βενζόλιο: C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (M=78,1 kg/kmol)	41870	40153
5	Βενζίνη:	47104	43963
6	Μίγμα Βενζίνης – Βενζολίου:	44466	42205
7	Καύσιμο DIESEL:	45722	42833
8	Πολύ ελαφρό πετρέλαιο (EL):	45555	42707
9	Ελαφρό πετρέλαιο (L):	44800	42080
10	Μέσο πετρέλαιο (M):	43335	40718
11	Βαρύ πετρέλαιο (S):	42707	40195

Όσον αφορά τις αέριες εκπομπές από το διυλιστήριο, για το έτος 2000, είναι:

Πίνακας 5.9. Αέριες εκπομπές διυλιστηρίου Ελευσίνας το 2000. (kg/hr) [20]

Αέρια απόβλητα διυλιστηρίου Ελευσίνας:	
	Εκπομπές αερίων αποβλήτων στην ατμόσφαιρα (kg/hr)
Διοξείδιο του θείου:	647
Οξείδια του αζώτου:	92
Σωματίδια:	45
Υδρογονάνθρακες:	456

## 5.3.7.4. Υπολογισμός Εισροών – Εκροών για το διωλιστήριο της Ελευσίνας:

Προκειμένου να υπολογίσουμε τις εισροές ενέργειας για το διωλιστήριο της Ελευσίνας, θα χρησιμοποιήσουμε τον πίνακα 5.7. Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι το σύνολο της ιδιοκατανάλωσης και των απωλειών του διωλιστηρίου, αντιπροσωπεύει το 2,4% της συνολικής ποσότητας διωλισθέντος αργού. Συνεπώς, για κάθε 100 τόνους διωλισθέντος αργού πετρελαίου, παράγονται 97,6 τόνοι πετρελαϊκών προϊόντων και χάνονται 2,4 τόνοι αργού. Άρα, **ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης είναι 97,6%.**

Με βάση τον βαθμό αυτό και τον πίνακα 5.7., μπορούμε να πούμε ότι για να παραχθούν 97,6 kg πετρελαϊκών προϊόντων, απαιτούνται 2,4 kg αργού πετρελαίου για εσωτερική κατανάλωση του διωλιστηρίου. Άρα, προκύπτει ότι για την παραγωγή 1 kg Diesel, απαιτούνται 0,0246 kg εσωτερικής κατανάλωσης αργού πετρελαίου, θεωρώντας ότι απαιτείται το ίδιο ποσό ενέργειας για την παραγωγή των διαφόρων πετρελαϊκών προϊόντων. Άρα, για κάθε kg παραγόμενου Diesel, απαιτείται να εισέλθουν στο διωλιστήριο 1,0246 kg αργού πετρελαίου. Λαμβάνοντας υπόψη και την κατώτερα θερμογόνο ικανότητα του αργού πετρελαίου, προκύπτει ότι οι εισροές ενέργειας του διωλιστηρίου είναι  $0,0246 \text{ kg} * 40 \text{ MJ/kg} = \mathbf{0,986 \text{ MJ ανά kg παραγόμενου Diesel.}}$

Στη συνέχεια, θα πρέπει να ανάγουμε τις εκπομπές του πίνακα 5.9. σε kg εκπομπών ανά kg παραγόμενου πετρελαίου Diesel. Για να γίνει κάτι τέτοιο, θα θεωρήσουμε ότι το διωλιστήριο λειτουργεί 7.000 ώρες το χρόνο και παράγει 4.311.000 τόνους πετρελαϊκών προϊόντων τον χρόνο (βλ. πίνακα 5.7.: στοιχεία έτους 1999). Άρα, θα παράγονται 615.857 κιλά πετρελαϊκών προϊόντων την ώρα, συμπεριλαμβανομένου και του πετρελαίου Diesel.

Συνεπώς, ο πίνακας 5.9. αναφέρεται σε kg εκπομπών ανά 615.857 kg πετρελαϊκών προϊόντων (σύνολο παραγωγής ανά ώρα) και μετατρέπεται σε πίνακα αέριων εκπομπών ανά kg Diesel, διαιρώντας τα στοιχεία του με το σύνολο της παραγωγής ανά ώρα λειτουργίας του διωλιστηρίου. Αυτό έγινε θεωρώντας, ότι η παραγωγή των διαφόρων πετρελαϊκών προϊόντων συμβάλει το ίδιο στην παραγωγή των αέριων ρύπων (βλ. και παραδοχές της ανάλυσης, παράγραφος 5.3.4.). Άρα θα έχουμε:

**Πίνακας 5.10. Αέριες εκπομπές διυλιστηρίου Ελευσίνας το 2000. (kg/kg Diesel)**

Αέρια απόβλητα διυλιστηρίου Ελευσίνας:	
	Εκπομπές αερίων αποβλήτων στην ατμόσφαιρα (kg/kg Diesel)
Διοξείδιο του θείου:	1,051E-03
Οξείδια του αζώτου:	1,494E-04
Σωματίδια:	7,307E-05
Υδρογονάνθρακες:	7,404E-04

Τέλος, προκειμένου να έχουμε έναν ολοκληρωμένο πίνακα εισροών – εκροών για το στάδιο της διύλισης, θα πρέπει να υπολογίσουμε τις απαιτούμενες εισροές υλικών για την κατασκευή του υπό εξέταση διυλιστηρίου. Για να γίνει κάτι τέτοιο θα χρησιμοποιήσουμε δεδομένα από το GEMIS για αντίστοιχη περίπτωση ελληνικού διυλιστηρίου.

Σύμφωνα με την βάση δεδομένων του GEMIS, για ένα μέσο ελληνικό διυλιστήριο, έκτασης εγκαταστάσεων διύλισης 200 στρεμμάτων, οι εισροές υλικών για την κατασκευή των επιμέρους εγκαταστάσεων είναι:

$8 * 10^6$  kg ατσάλι και  $10^7$  kg τσιμέντου.

Οπότε, με βάση το γεγονός ότι η συνολική έκταση των εγκαταστάσεων του διυλιστηρίου της Ελευσίνας είναι 1768 στρέμματα, προκύπτει ότι οι αντίστοιχες απαιτήσεις υλικών θα είναι περίπου:

$70,72 * 10^6$  Kg ατσάλι και  $88,4 * 10^6$  Kg τσιμέντου.

Προκειμένου να ανάγουμε τις εισροές αυτές υλικών σε kg υλικών / kg παραγόμενου Diesel, θα θεωρήσουμε ότι η διάρκεια ζωής του διυλιστηρίου είναι 50 χρόνια (τόση έχει οριστεί κατά την ίδρυση της εταιρείας). Οπότε, στο διάστημα αυτό παράγονται συνολικά  $4.311.000 * 50 = 215.550.000$  τόνοι πετρελαϊκών προϊόντων. Συνεπώς, για κάθε kg παραγόμενου πετρελαϊκού προϊόντος (συνεπώς και Diesel), απαιτούνται  $3,281 * 10^{-4}$  kg ατσάλι και  $4,101 * 10^{-4}$  kg τσιμέντου.

Άρα, ο συγκεντρωτικός πίνακας για το στάδιο της διύλισης στο διυλιστήριο της Ελευσίνας, θα έχει ως εξής:

**Πίνακας 5.11. Πίνακας Εισροών – Εκροών για το στάδιο της διύλισης του αργού πετρελαίου στο διυλιστήριο της Ελευσίνας. (ανά kg παραγόμενου Diesel)**

	Μονάδες	ΔΙΥΛΙΣΗ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΟ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ</b>		
Ατσάλι:	kg/kg	3,281E-04
Τσιμέντο:	kg/kg	4,101E-04
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>		
Κατανάλωση αργού πετρελαίου (Εσωτερική κατανάλωση):	MJ/kg	0,986
<b>ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ</b>		
SO <sub>2</sub> :	kg/kg	1,051E-03
NO <sub>x</sub> :	kg/kg	1,494E-04
Στερεά Σωματίδια:	kg/kg	7,307E-05
Υδρογονάνθρακες:	kg/kg	7,404E-04

### 5.3.8. Το Στάδιο της Μεταφοράς του Πετρελαίου Diesel, από το Διυλιστήριο της Ελευσίνας στον Θ.Η.Σ. των Χανίων:

#### 5.3.8.1. Παρουσίαση των Δεδομένων:

Στο στάδιο αυτό θα μελετήσουμε την θαλάσσια μεταφορά του παραγόμενου από το διυλιστήριο της Ελευσίνας πετρελαίου Diesel, στον ΘΗΣ των Χανίων. Για λόγους απλοποίησης της μελέτης, θα θεωρήσουμε ότι η μεταφορά του πετρελαίου

Diesel, από το διυλιστήριο στον ΘΗΣ γίνεται με ιδίου τύπου πετρελαιοφόρο τάνκερ, όπως και από το Ιράν στο διυλιστήριο της Ελευσίνας. Συνεπώς, σαν βάση αναφοράς των δεδομένων μας θα χρησιμοποιηθεί ο πίνακας 5.4. της παραγράφου 5.3.6.5. Για να γίνει λοιπόν, η απαραίτητη αναγωγή των στοιχείων του πίνακα 5.4. ανά kg μεταφερόμενου Diesel στον ΘΗΣ των Χανίων, θα πρέπει να υπολογίσουμε την απόσταση μεταξύ του λιμανιού της Ελευσίνας και του λιμανιού της Σούδας. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε, όπως και στην παράγραφο 5.3.6.5., η βάση δεδομένων του διαδικτυακού site [www.distances.com](http://www.distances.com) (World Port Distances). Η απόσταση λοιπόν που προκύπτει, είναι 166 ναυτικά μίλια ή 307 km.

Άρα, ο πίνακας 5.4. γίνεται ως εξής:

**Πίνακας 5.12. Πίνακας Εισροών – Εκροών για την Θαλάσσια Μεταφορά του Πετρελαίου Diesel από το διυλιστήριο της Ελευσίνας στον ΘΗΣ των Χανίων. (ανά kg μεταφερόμενου πετρελαίου Diesel)**

	Μονάδες	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ DIESEL ΣΤΟΝ ΘΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ ΜΕ ΤΑΝΚΕΡ
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ</b>		
Ατσάλι	kg/kg	0,17
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>		
Κατανάλωση Καυσίμου:	MJ/kg	0,029
<b>ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ</b>		
SO <sub>2</sub>	kg/kg	2,85E-05
NO <sub>x</sub>	kg/kg	3,07E-05
CO	kg/kg	4,91E-06
Στερεά Σωματίδια	kg/kg	3,07E-06
NM VOC	kg/kg	9,21E-07
CO <sub>2</sub>	kg/kg	2,27E-03
N <sub>2</sub> O	kg/kg	9,21E-09
CH <sub>4</sub>	kg/kg	9,21E-08

Προκύπτει λοιπόν, ότι απαιτούνται **0,029 MJ εισεργόμενης ενέργειας, για κάθε kg μεταφερόμενου πετρελαίου Diesel, από το διυλιστήριο της Ελευσίνας στον ΘΗΣ των Χανίων.**

### **5.3.9. Το Στάδιο της Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας στον Θ.Η.Σ. των Χανίων:**

#### **5.3.9.1. Γενική Περιγραφή Θερμικών Σταθμών:**

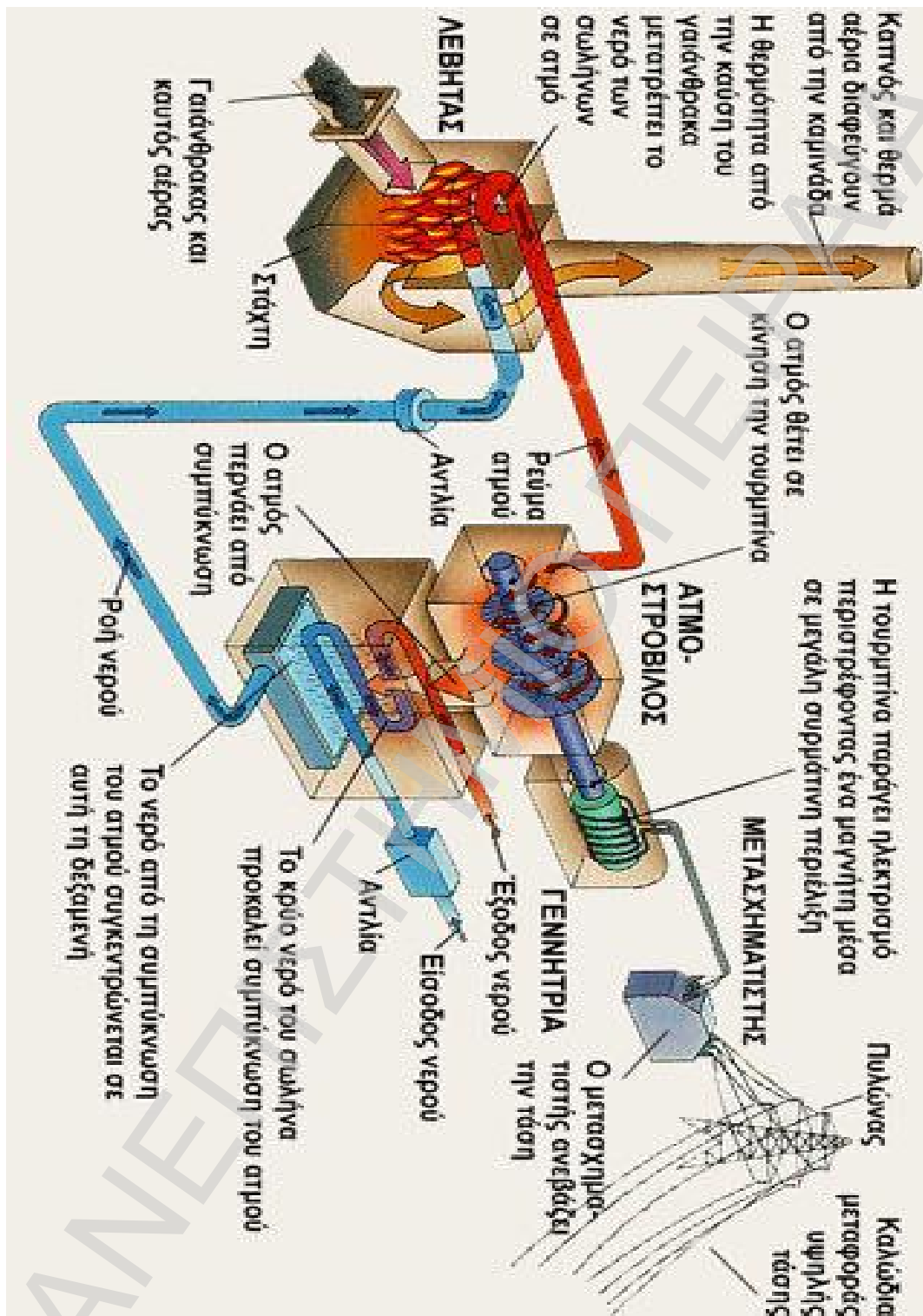
##### *A) Ατμοηλεκτρικοί Σταθμοί (ΑΗΣ):*

Οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί καλούνται έτσι, γιατί εκμεταλλεύονται τη δύναμη του ατμού. Τέτοιοι σταθμοί έχουν έναν ή περισσότερους κεντρικούς λέβητες, στους οποίους καίνε λιγνίτη, πετρέλαιο ή φυσικό αέριο.

Αποτελούνται κυρίως από ατμοπαραγωγούς, ατμοστρόβιλους, γεννήτριες, συμπυκνωτές ατμού, σύστημα προθέρμανσης τροφοδοτικού νερού, κλπ.. Η μέγιστη ισχύς μιας μονάδας ΑΗΣ ξεπερνά σήμερα τα 1000 MW. Ο βαθμός απόδοσης έχει ξεπεράσει το 43%. Ως καύσιμα χρησιμοποιούνται κυρίως λιθάνθρακες, φαιάνθρακες, βαρύ πετρέλαιο και φυσικό αέριο.

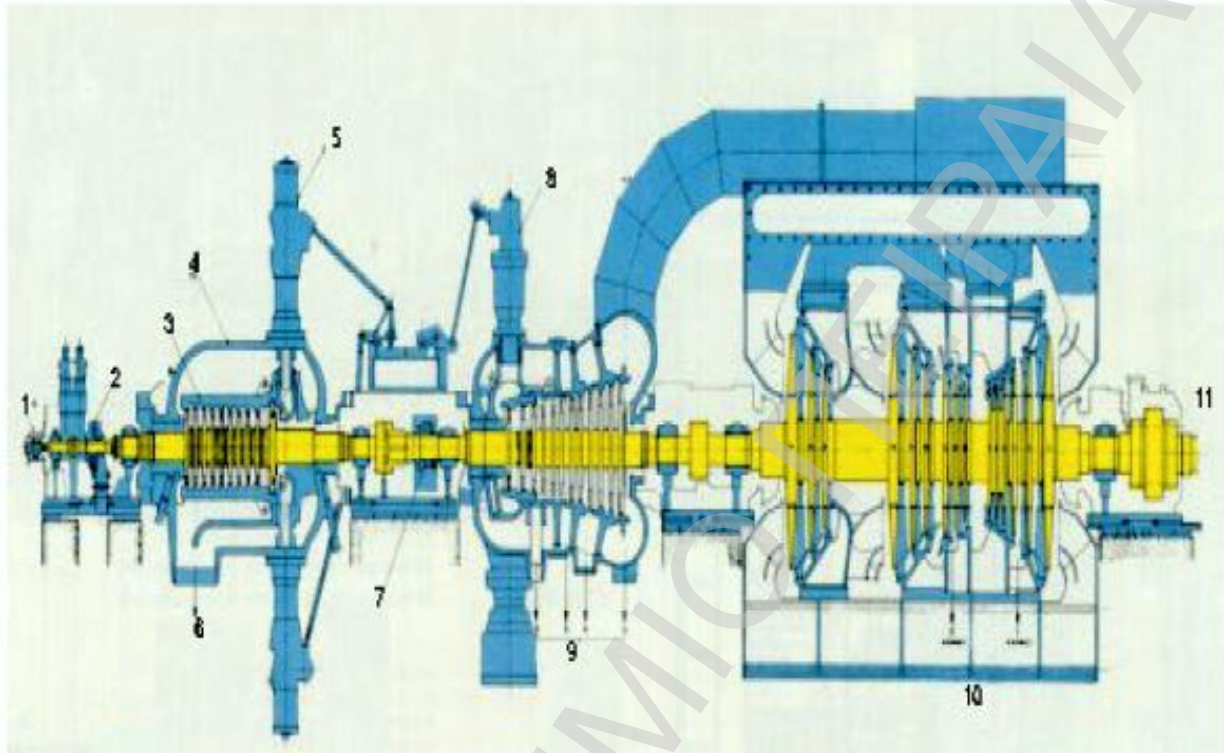
Συναντώνται κυρίως σαν μονάδες βασικού φορτίου (άνω των 5000 h/a, δηλ. ωρών λειτουργίας ετησίως) αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν μονάδες μεσαίου φορτίου (μεταξύ 2000 και 5000 h/a) και φορτίου αιχμής (μεταξύ 500 και 2000 h/a). [23]

Η θερμότητα που παράγεται από την καύση βράζει ποσότητες νερού, οι οποίες βρίσκονται σε ένα δίκτυο σωληνώσεων. Έτσι το νερό μετατρέπεται σε ατμό υψηλής πίεσης, ο οποίος θέτει σε κίνηση μια τουρμπίνα (ατμοστρόβιλο). Η τουρμπίνα μεταδίδει την κίνηση σε μια γεννήτρια και έχουμε έτσι παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Έπειτα ο ατμός συμπυκνώνεται και γίνεται έτσι πάλι νερό που οδηγείται ξανά στο λέβητα. Τα παραπάνω ισχύουν για Θ.Η.Σ. που λειτουργεί με ατμοπαραγωγό και ατμοστρόβιλο, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. [24]



Σχήμα 5.18. Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας ενός θερμοηλεκτρικού σταθμού.  
(με καύσιμο γαιάνθρακα) [24]





### Υπόμνημα

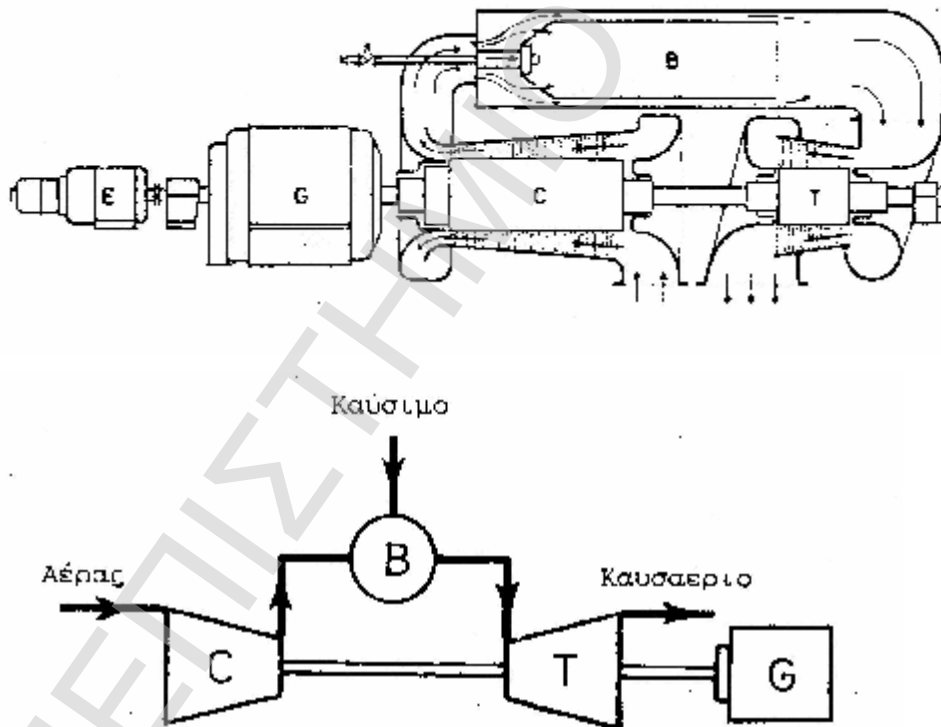
1. Ρυθμιστής στροφών
2. Κύρια αντλία λίπανσης
3. Εσωτερικό κέλυφος
4. Εξωτερικό κέλυφος
5. Ρυθμιστικές δικλείδες υψηλής πίεσης
6. Απομάστευση βαθμίδας υψηλής πίεσης. Έξοδος βαθμίδας υψηλής πίεσης
7. Ωστικός τριβέας
8. Ρυθμιστικές δικλείδες μέσης πίεσης
9. Απομάστευση βαθμίδας μέσης πίεσης
10. Συμπυκνωτής στροβίλου. Βαθμίδα χαμηλής πίεσης
11. Προς γεννήτρια

Σχήμα 5.19. Τυπικός ατμοστρόβιλος. [24]

B) Σταθμοί Αεριοστροβίλων:

Αποτελούνται από αεριοσυμπιεστές, αεριοστροβίλους και γεννήτριες. Η μέγιστη ισχύς μιας μονάδας αεριοστροβίλου ξεπερνά σήμερα τα 100 MW. Καίγονται συνήθως υγρά (Diesel) ή αέρια καύσιμα. Ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται μεταξύ 24 και 35%. Χρησιμοποιούνται κατά κανόνα σαν μονάδες φορτίου αιχμής. [23]

Ένας αεριοστροβίλος στην πιο απλοποιημένη του μορφή αποτελείται από ένα συμπιεστή, ένα θάλαμο καύσης, ένα στρόβιλο ο οποίος δίνει κίνηση στον συμπιεστή και σε μία ηλεκτρογεννήτρια. Οι τρεις παραπάνω μηχανές είναι συνδεδεμένες σε ένα άξονα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. [25]



T: Στρόβιλος, G: Γεννήτρια, E: Εκκινητής και Διεγέρτρια, C: Συμπιεστής, B: Θάλαμος Καύσης.

Σχήμα 5.20. Τυπική απλή εγκατάσταση αεριοστροβίλου ανοικτού κυκλώματος μιας ατράκτου. [25]

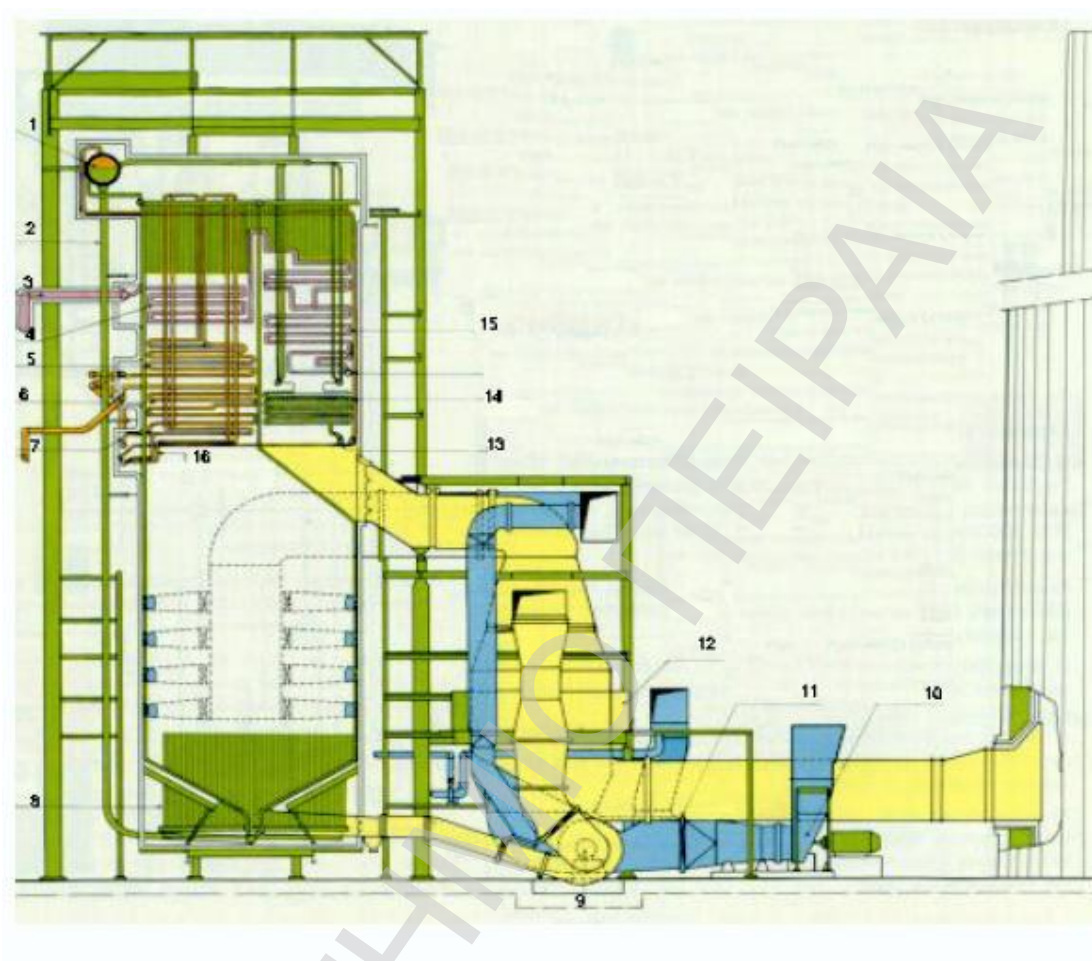
Ο συμπιεστής αναρροφά ατμοσφαιρικό αέρα. Στο θάλαμο καύσης το υγρό ή αέριο καύσιμο, καίγεται παρουσία του υπό πίεση αέρα και παράγεται καυσαέριο υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης. Τούτο αποτονούται στο στρόβιλο μέχρι την ατμοσφαιρική πίεση. Η διαθέσιμη ισχύς στην ηλεκτρογεννήτρια δίνεται ως διαφορά της ισχύος του στρόβιλου και του συμπιεστή. Το απορριπτόμενο καυσαέριο οδηγείται στην ατμόσφαιρα. Οι αεριοστρόβιλοι ανοικτού κυκλώματος λειτουργούν με θάλαμο καύσης και στην περίπτωση αυτή, το εργαζόμενο μέσο είναι πάντα ο αέρας και μετά το θάλαμο καύσης το καυσαέριο, που αποτελεί το προϊόν της μεταστοιχειώσεως, κατά την καύση, του αέρα με το καύσιμο. [25]

*Γ) Σταθμοί με συνδυασμό αεριοστρόβιλων και αμοστρόβιλων:*

Με κατάλληλο συνδυασμό αμοστρόβιλου-αεριοστρόβιλου σε έναν ΑΗΣ μπορούμε να επιτύχουμε καλύτερο συνολικό βαθμό απόδοσης και οικονομικότερη κάλυψη του φορτίου αιχμής. Η εγκατάσταση των σταθμών αυτών συμφέρει εκεί που υπάρχουν άφθονα και φθηνά καύσιμα κατάλληλα για αεριοστρόβιλους. Η μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς αυτών ξεπερνά σήμερα τα 500 MW. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης κυμαίνεται από 40 μέχρι 55%.

Ο αμοπαραγωγός εδώ αποτελεί τον σύνδεσμο μεταξύ του συστήματος αεριοστρόβιλου και του συστήματος αμοστρόβιλου και η διάταξη του σχετικά με τον αεριοστρόβιλο καθορίζει την οικονομικότητα του συνδυασμένου συστήματος. Μια διάταξη ενός τυπικού αμοπαραγωγού, καθώς και μία μεικτή εγκατάσταση Αμοπαραγωγού-Αεριοστρόβιλου, φαίνονται στα παρακάτω σχήματα. [23]

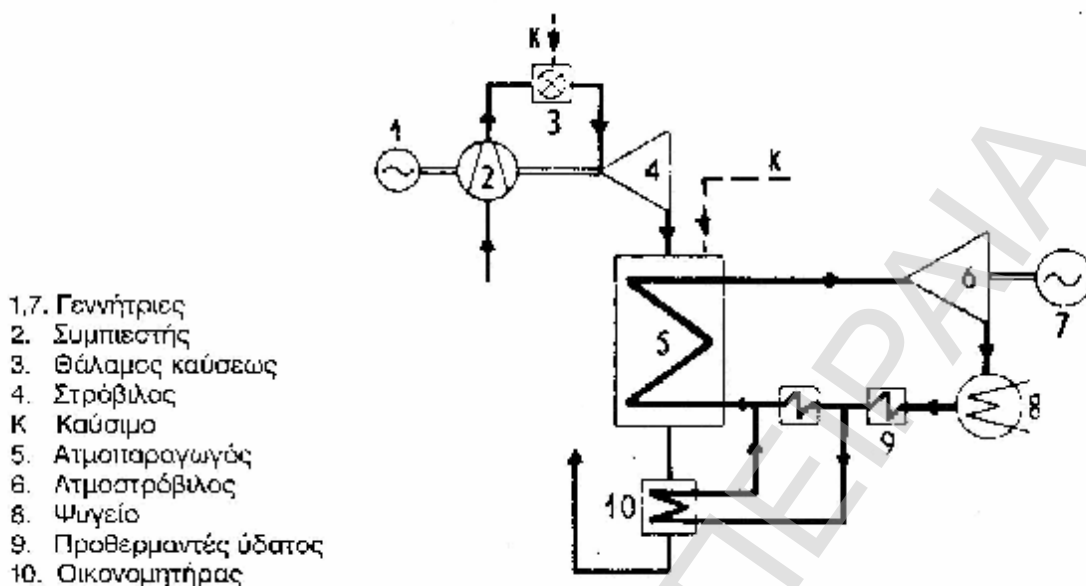
Στην Ελλάδα υπάρχουν σταθμοί λιγνιτικοί, πετρελαϊκοί και φυσικού αερίου, οι οποίοι όμως δίνουν το 92% της ετήσιας παραγωγής της χώρας σε ηλεκτρικό ρεύμα. Το υπόλοιπο 8% παράγεται από υδροηλεκτρικούς σταθμούς. (βλ. και παράγραφο 4.3.) [24]



### Υπόμνημα

1. Τύμπανο
2. Αυλοί καθόδου
3. Έξοδος ανάθερμου
4. Αναθερμαντής υψηλής θερμοκρασίας
5. Υπερθερμαντής υψηλής θερμοκρασίας
6. Υπερθερμαντής υψηλής θερμοκρασίας
7. Έξοδος υπερθερμού ατμού
8. Αυλοί ανόδου
9. Ανεμιστήρας ανακυκλοφορίας καυσαερίων
10. Ανεμιστήρες κατάθλιψης
11. Προθερμαντές αέρος με ατμό
12. Προθερμαντές αέρος με καυσαέρια
13. Συλλέκτης εισόδου οικονομίας
14. Οικονομητήρας
15. Αναθερμαντής χαμηλής θερμοκρασίας
16. Υπερθερμαντής χαμηλής θερμοκρασίας

Σχήμα 5.21. Τυπικός Ατμοπαραγωγός. [24]



Σχήμα 5.22. Μιακτή Εγκατάσταση Ατμού – Αερίου. (τροφοδότηση του ατμοπαραγωγού με το καυσάριο του αεριοστροβίλου) [25]

Πίνακας 5.13. Εγκατεστημένη Ισχύς Σταθμών ΔΕΗ. [ΔΕΗ]

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW) ΣΤΑΘΜΩΝ ΔΕΗ Α.Ε. (31/12/2004)							
	Θ.Η.Σ.				Υ.Η.Σ.**	Α.Π.Ε.***	ΣΥΝΟΛΟ
	Λιγνιτικές Μονάδες	Πετρελαϊκές Μονάδες	Μονάδες Φυσικού Αερίου	Σύνολο ΘΗΣ*			
Διασυνδεδεμένο	5.288	750	1.581	7.618	3.060	7	10.686
Κρήτη, Ρόδος & λοιπά αυτόνομα νησιά	-	1.507	-	1.507	1	30	1.538
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>9.126</b>				<b>3.061</b>	<b>37</b>	<b>12.224</b>

\* Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί, \*\* Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί, \*\*\* Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας



### 5.3.9.2. Ο Θερμοηλεκτρικός Σταθμός των Χανίων (Ξυλοκαμάρας):

Ο Θ.Η.Σ. Χανίων βρίσκεται στην περιοχή της Ξυλοκαμάρας και είναι ένας από τους δύο σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 355 MW. Ξεκίνησε σαν σταθμός αεριοστροβίλων για να καλύπτει κυρίως τις αιχμές του φορτίου που παρουσιάζονταν στο νησί κατά τους θερινούς μήνες. Όμως η αλματώδη ανάπτυξη οδήγησε στην κατακόρυφη αύξηση της ζήτησης στην δεκαετία του 1980 και έτσι αναγκαστικά άρχισε να χρησιμοποιείται σαν σταθμός βάσης.



**Σχήμα 5.23. Ο Θ.Η.Σ. της Ξυλοκαμάρας. [26]**

Σήμερα στον Θ.Η.Σ. Χανίων υπάρχουν 8 αεριοστρόβιλοι και ένας ατμοστρόβιλος. Οι έξι αεριοστρόβιλοι είναι ανοικτού κύκλου. Οι δύο αεριοστρόβιλοι (ΑΕΡ6, ΑΕΡ7) μαζί με τον ατμοστρόβιλο (ΑΤΜ1) αποτελούν την μονάδα του συνδυασμένου κύκλου. Παράλληλα πρέπει να αναφέρουμε ότι όλες οι μονάδες ως καύσιμο χρησιμοποιούν πετρέλαιο Diesel και η τροφοδοσία του σταθμού γίνεται από τον ειδικά διαμορφωμένο αγωγό από το λιμάνι της Σούδας των Χανίων. Τέλος, η μονάδα είναι αερόψυκτη. Η κατανάλωση νερού αφορά μόνο στην παραγωγή ατμού ανέρχεται δε σε 55-60.000 m<sup>3</sup>/έτος. Το νερό λαμβάνεται από τον ΟΑΔΥΚ. [26]

Τα χαρακτηριστικά του σταθμού αυτού φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 5.14. Χαρακτηριστικά Θ.Η.Σ. Χανίων. [26]**

ΜΟΝΑΔΕΣ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΘΕΡΟΥΣ (MW)	ΤΑΣΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ (KV)
ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ 1	16.2	11	6.3
ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ 4	24	17	11
ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ 5	30	28	11
ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ 6	45.5	35	11.5
ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ 7	45.5	35	11.5
ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ 1	42.4	36	11.5
ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ 11	59	52	11.5
ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ 12	59	52	11.5
ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ 13	33.4	28	11.5
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>355</b>	<b>294</b>	

5.3.9.3. Υπολογισμός Εισροών – Εκροών για τον Θερμοηλεκτρικό Σταθμό των Χανίων:

Η συνολικά παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τον Θ.Η.Σ., κατά την διάρκεια του έτους 2002, οι εκπομπές αέριων ρύπων, καθώς και η κατανάλωση καυσίμου Diesel, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.15. Στοιχεία Θ.Η.Σ. Χανίων. [27]

Θ.Η.Σ. ΧΑΝΙΩΝ (ΕΤΟΣ 2002)						
ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ: (tns)					ΠΑΡΑΧΘΕΙΣΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ: (MWh)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ DIESEL: (tns)
SO <sub>2</sub> :	NO <sub>x</sub> :	Σωματίδια:	CO:	CO <sub>2</sub> :		
172,234	5.892	80,108	200	630.000	964.420	241.682

Οι παραπάνω τιμές για το CO και το CO<sub>2</sub> είναι προσεγγιστικές, ενώ το καύσιμο Diesel έχει πυκνότητα (18<sup>ο</sup>c) 826,7 kg/m<sup>3</sup>.

Με βάση λοιπόν τον παραπάνω πίνακα, θα ανάγουμε τις αέριες εκπομπές ανά KWh παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και θα υπολογίσουμε το απαιτούμενο καύσιμο Diesel ανά KWh παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Προκύπτουν λοιπόν, τα εξής:

**Εκπομπές Αέριων Ρύπων:** SO<sub>2</sub>: 1,786 \* 10<sup>-4</sup> kg/KWh,

NO<sub>x</sub>: 6,11 \* 10<sup>-3</sup> kg/KWh,

Σωματίδια: 8,3 \* 10<sup>-5</sup> kg/KWh,

CO: 2,07 \* 10<sup>-4</sup> kg/KWh,

CO<sub>2</sub>: 0,653 kg/KWh.

**Κατανάλωση Καυσίμου Diesel:** 0,25 kg/KWh.



Η παραπάνω κατανάλωση καυσίμου Diesel, αντιστοιχεί σε ενέργεια 10,7 MJ, εάν λάβουμε υπόψη μας, ότι η κατώτερα θερμογόνος ικανότητα του Diesel είναι 42,833MJ/kg (βλ. πίνακα 5.8.). **Άρα, η απαιτούμενη εισροή ενέργειας για την παραγωγή μίας KWh ηλεκτρικής ενέργειας από τον Θ.Η.Σ. των Χανίων, είναι 10,7 MJ.**

Επίσης, όπως προέκυψε από τα δεδομένα της προηγούμενης παραγράφου, ο Θ.Η.Σ. των Χανίων, αποτελείται από 6 αυτόνομες μονάδες αεριοστροβίλων και μία μονάδα συνδυασμένου κύκλου που αποτελείται από τους αεριοστροβίλους 6 και 7 και τον ατμοστρόβιλο 1. Για κάθε μία από τις μονάδες αυτές οι απαιτήσεις σε υλικά θα προκύψουν από το λογισμικό GEMIS.

Προκύπτει λοιπόν, ότι για μία μέση μονάδα αεριοστροβίλου οι απαιτήσεις σε υλικά θα είναι:

Τσιμέντο: 50.000 kg/MW,

Ατσάλι: 20.000 kg/MW.

Άρα, για συνολική εγκατεστημένη ισχύ, αυτόνομων μονάδων αεριοστροβίλων, ίση με 221,6 MW προκύπτουν συνολικές απαιτήσεις σε υλικά:

Τσιμέντο:  $11,080 \cdot 10^6$  kg,

Ατσάλι:  $4,432 \cdot 10^6$  kg.

Προκειμένου να ανάγουμε τις εισροές αυτές υλικών ανά KWh παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, θα πρέπει να θεωρήσουμε ότι οι παραπάνω εγκαταστάσεις έχουν διάρκεια ζωής 20 χρόνια. Συνεπώς, στο διάστημα αυτό ο Θ.Η.Σ. θα παράγει συνολικά 19.288.400.000 KWh ηλεκτρικής ενέργειας. Άρα, οι απαιτήσεις σε υλικά ανάγονται ως εξής:

Τσιμέντο:  $5,74 \cdot 10^{-4}$  kg/KWh,

Ατσάλι:  $2,3 \cdot 10^{-4}$  kg/KWh.

Από όλα τα παραπάνω, προκύπτει ο συγκεντρωτικός πίνακας εισροών – εκροών, για το στάδιο της παραγωγής 1KWh, ηλεκτρικής ενέργειας από τον Θ.Η.Σ. των Χανίων.

**Πίνακας 5.16. Πίνακας Εισροών – Εκροών, για το στάδιο της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον Θ.Η.Σ. των Χανίων.**

	Μονάδες	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ Θ.Η.Σ. ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ:
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ</b>		
Ατσάλι:	kg/KWh	2,300E-04
Τσιμέντο:	kg/KWh	5,740E-04
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>		
Κατανάλωση Καυσίμου Diesel:	MJ/KWh	10,7
<b>ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ</b>		
SO <sub>2</sub> :	kg/KWh	1,786E-04
NO <sub>x</sub> :	kg/KWh	6,110E-03
Σωματίδια:	kg/KWh	8,300E-05
CO:	Kg/KWh	2,070E-04
CO <sub>2</sub> :	kg/KWh	0,653

Συνεπώς, για κάθε KWh παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, από τον Θ.Η.Σ. των Χανίων, απαιτούνται **10,7 MJ εισερχόμενης ενέργειας**.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο:**  
**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ**  
**ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΖ 1KWh**  
**ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ:**

**6.1. ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ:**

Στο σημείο αυτό, θα γίνει μία συγκέντρωση των δεδομένων της ανάλυσης εισροών- εκροών, προκειμένου να κατασκευαστεί ένα ισοζύγιο μάζας και ενέργειας. Μέσα από το ισοζύγιο αυτό, θα μπορέσουμε να υπολογίσουμε την συνολικά απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή μίας KWh ηλεκτρικής ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα στάδια του κύκλου ζωής.

Επίσης, θα υπολογίσουμε την ροή μάζας του πετρελαίου σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του, από την εξόρυξη του με την μορφή αργού πετρελαίου, έως την τελική του χρήση στον Θ.Η.Σ. υπό την μορφή πετρελαίου Diesel.

Τέλος, θα υπολογίσουμε τις συνολικές εισροές υλικών, σε όλη την έκταση του κύκλου ζωής και την συνολική ποσότητα αέριων εκπομπών προς το περιβάλλον, που αποτελούν και τις εκροές του υπό μελέτη συστήματος.

Προκειμένου να γίνουν τα παραπάνω ισοζύγια, θα πρέπει να ξεκινήσουμε αντίστροφα την μελέτη.

∅ Ξεκινώντας λοιπόν από το στάδιο της ηλεκτροπαραγωγής στον Θ.Η.Σ. των Χανίων, προκύπτει ότι για την παραγωγή 1 KWh ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτούνται 250 gr πετρελαίου Diesel ή 10,7 MJ εισερχόμενης ενέργειας (βλ. παράγραφο 5.3.9.2. και πίνακα 5.16). Επίσης, οι εισροές υλικών, για την παραγωγή 1KWh, θα είναι πάλι με βάση τον πίνακα 5.16. ως εξής:

Ατσάλι:  $2,3 * 10^{-4}$  kg,  
Τσιμέντο:  $5,74 * 10^{-4}$  kg.

Οι αέριες εκπομπές προς το περιβάλλον, προκύπτουν ως εξής:

SO<sub>2</sub>:  $1,786 * 10^{-4}$  kg,  
NO<sub>x</sub>:  $6,11 * 10^{-3}$  kg,  
Σωματίδια:  $8,3 * 10^{-5}$  kg,  
CO:  $2,07 * 10^{-4}$  kg,  
CO<sub>2</sub>: 0,653 kg

Ø Τα 250 gr Diesel, τα οποία απαιτούνται για την παραγωγή 1KWh, μεταφέρονται στον ΘΗΣ, κατά το στάδιο της θαλάσσιας μεταφοράς με τάνκερ στο λιμάνι της Σούδας και οι αντίστοιχες απαιτούμενες εισροές ενέργειας και υλικών, καθώς και οι προκύπτουσες εκροές προς το περιβάλλον, με βάση τον πίνακα 5.12., έχουν ως εξής:

Ατσάλι: 0,0425 kg  
Εισροή Ενέργειας:  $7,25 * 10^{-3}$  MJ,

Οι αέριες εκπομπές προς το περιβάλλον, (για μεταφορά 250 gr Diesel) προκύπτουν ως εξής:

SO<sub>2</sub>:  $7,125 * 10^{-6}$  kg,  
NO<sub>x</sub>:  $7,675 * 10^{-6}$  kg,  
CO:  $1,228 * 10^{-6}$  kg,  
Στερεά Σωματίδια:  $7,675 * 10^{-7}$  kg,  
NM VOC:  $2,300 * 10^{-7}$  kg,  
CO<sub>2</sub>:  $5,675 * 10^{-4}$  kg,  
N<sub>2</sub>O:  $2,300 * 10^{-9}$  kg,  
CH<sub>4</sub>:  $2,300 * 10^{-8}$  kg

∅ Προκειμένου να παραχθούν αυτά τα 250 gr Diesel, κατά το στάδιο της διύλισης στο διυλιστήριο της Ελευσίνας, απαιτούνται να διυλισθούν  $\frac{100 * 0,25}{97,6} = 0,256 \text{ kg}$  αργού πετρελαίου (βαθμός απόδοσης διυλιστηρίου 97,6%: βλ. παράγραφο 5.3.7.4.) ενώ οι αντίστοιχες απαιτούμενες εισροές ενέργειας και υλικών, καθώς και οι προκύπτουσες εκροές προς το περιβάλλον, με βάση τον πίνακα 5.11., έχουν ως εξής:

<u>Ατσάλι:</u>	$8,203 * 10^{-5} \text{ kg}$ ,
<u>Γσιμέντο:</u>	$1,025 * 10^{-4} \text{ kg}$
<u>Εισροή Ενέργειας:</u>	0,247 MJ,

Οι αέριες εκπομπές προς το περιβάλλον, (για παραγωγή 250 gr Diesel) προκύπτουν ως εξής:

<u>SO<sub>2</sub>:</u>	$2,628 * 10^{-4} \text{ kg}$ ,
<u>NO<sub>x</sub>:</u>	$3,735 * 10^{-5} \text{ kg}$ ,
<u>Στερεά Σωματίδια:</u>	$1,827 * 10^{-5} \text{ kg}$ ,
<u>Υδρογονάνθρακες:</u>	$1,851 * 10^{-4} \text{ kg}$ .

∅ Τα 0,256 kg αργού πετρελαίου που απαιτείται να διυλισθούν, προκειμένου να παραχθούν 0,250 kg Diesel στο διυλιστήριο, μεταφέρονται, κατά το στάδιο της θαλάσσιας μεταφοράς από το Ιράν, στο διυλιστήριο της Ελευσίνας, με χρήση πετρελαιοφόρου τάνκερ. Οι αντίστοιχες απαιτούμενες εισροές ενέργειας και υλικών, καθώς και οι προκύπτουσες εκροές προς το περιβάλλον, με βάση τον πίνακα 5.5., έχουν ως εξής:

<u>Ατσάλι:</u>	0,043 kg
<u>Εισροή Ενέργειας:</u>	0,170 MJ,

Οι αέριες εκπομπές προς το περιβάλλον, (για μεταφορά 0,256 kg αργού πετρελαίου)  
προκύπτουν ως εξής:

<u>SO<sub>2</sub>:</u>	1,672 * 10 <sup>-4</sup> kg,
<u>NO<sub>x</sub>:</u>	1,799 * 10 <sup>-4</sup> kg,
<u>CO:</u>	2,877 * 10 <sup>-5</sup> kg,
<u>Στερεά Σωματίδια:</u>	1,799 * 10 <sup>-5</sup> kg,
<u>NM<sub>VOC</sub>:</u>	5,376 * 10 <sup>-6</sup> kg,
<u>CO<sub>2</sub>:</u>	0,013 kg,
<u>N<sub>2</sub>O:</u>	5,376 * 10 <sup>-8</sup> kg,
<u>CH<sub>4</sub>:</u>	5,376 * 10 <sup>-7</sup> kg

∅ Το τελευταίο στάδιο που πρέπει να ληφθεί υπόψη, προκειμένου να κατασκευαστεί το ισοζύγιο μάζας και ενέργειας του κύκλου ζωής, είναι το στάδιο της εξόρυξης του αργού πετρελαίου. Στο στάδιο αυτό θα υπολογίσουμε τις εισροές υλικών και ενέργειας καθώς και τις αέριες εκπομπές, που αντιστοιχούν στην παραγωγή 0,256 kg αργού πετρελαίου. Με βάση λοιπόν τον πίνακα 5.3. προκύπτουν τα εξής στοιχεία:

<u>Ατσάλι:</u>	6,4 * 10 <sup>-3</sup> kg,
<u>Τσιμέντο:</u>	5,632 * 10 <sup>-3</sup> kg,
<u>Εισροή Ενέργειας:</u>	0,072 MJ.

Οι αέριες εκπομπές προς το περιβάλλον, (για παραγωγή 0,256 kg αργού πετρελαίου)  
προκύπτουν ως εξής:

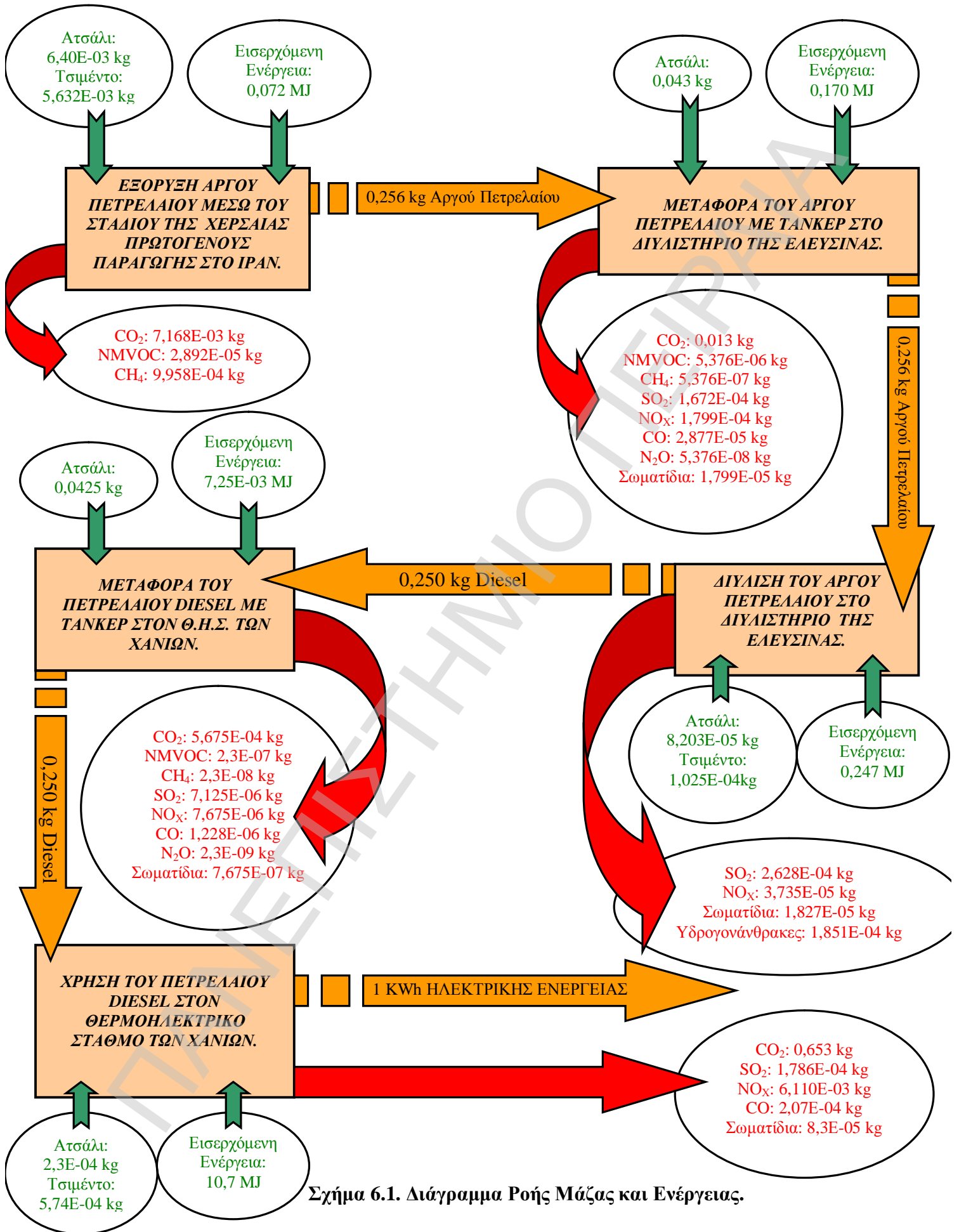
<u>CO<sub>2</sub>:</u>	7,168 * 10 <sup>-3</sup> kg,
<u>NM<sub>VOC</sub>:</u>	2,892 * 10 <sup>-5</sup> kg,
<u>CH<sub>4</sub>:</u>	9,958 * 10 <sup>-4</sup> kg

Αθροίζοντας όλα τα παραπάνω δεδομένα, προκύπτει ο παρακάτω συγκεντρωτικός πίνακας εισροών – εκροών της Ε.Κ.Ζ.

**Πίνακας 6.1. Συγκεντρωτικός πίνακας εισροών – εκροών, για την παραγωγή 1 KWh ηλεκτρικής ενέργειας.**

	Μονάδες:	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΡΟΩΝ – ΕΚΡΟΩΝ ΤΗΣ Ε.Κ.Ζ.
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ:</b>		
Ατσάλι:	kg/KWh	0,092
Τσιμέντο:	kg/KWh	6,309-03
<b>ΕΙΣΡΟΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ:</b>		
Απαιτούμενη ενέργεια:	MJ/KWh	11,196
	KWh/KWh	3,110
<b>ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ:</b>		
SO <sub>2</sub> :	kg/KWh	6,157E-04
NO <sub>x</sub> :	kg/KWh	6,335E-03
CO:	kg/KWh	2,370E-04
Στερεά Σωματίδια:	kg/KWh	1,200E-04
NM <sub>VO</sub> C:	kg/KWh	3,453E-05
CO <sub>2</sub> :	kg/KWh	0,674
CH <sub>4</sub> :	kg/KWh	9,964E-04
Υδρογονάνθρακες:	kg/KWh	1,851E-04

Συνεπώς, το ισοζύγιο μάζας και ενέργειας, μπορεί να περιγραφεί με την βοήθεια του παρακάτω διαγράμματος ροής, όπου εμφανίζονται όλες οι εισροές και εκροές του συστήματος.



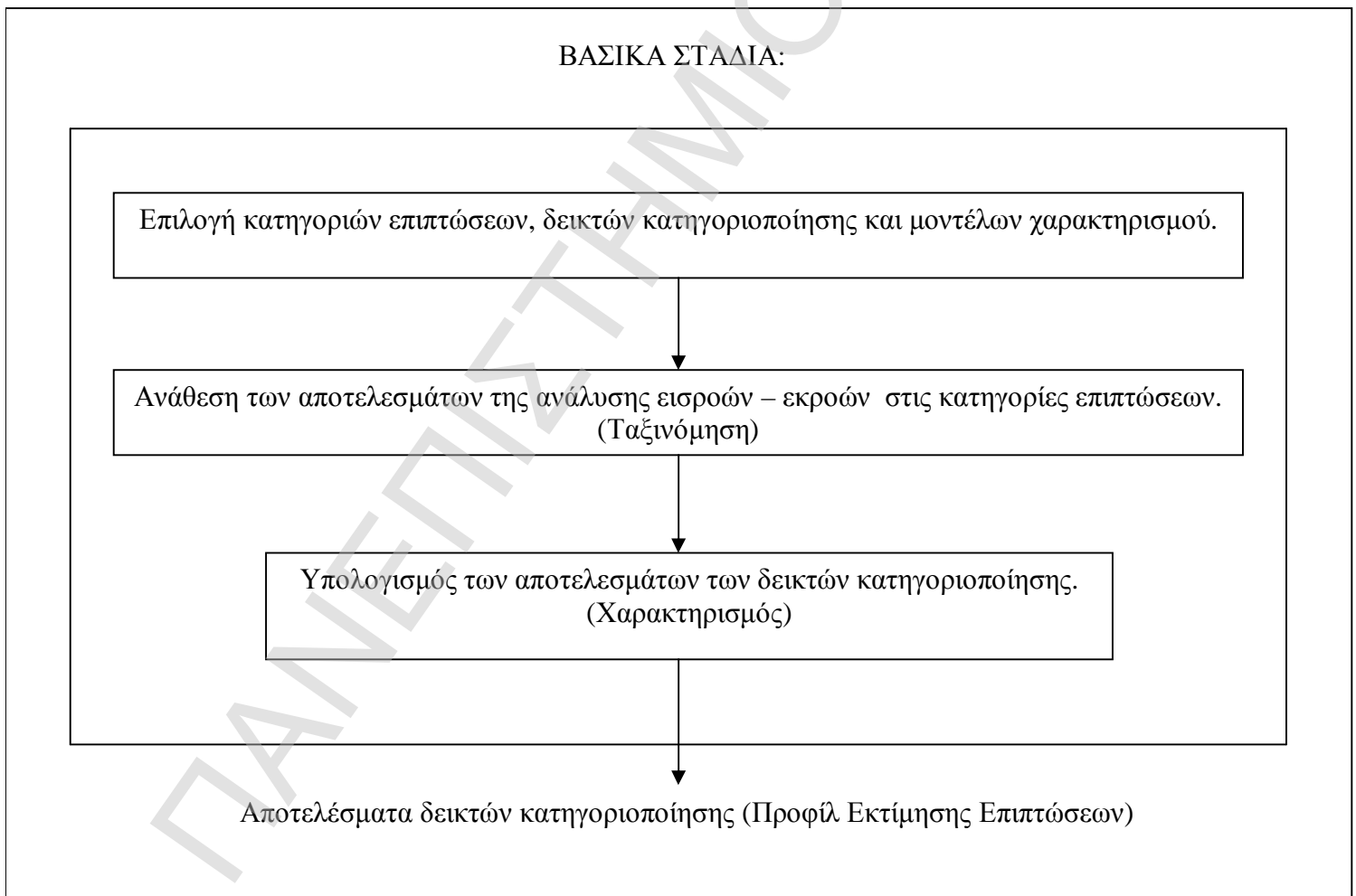
Σχήμα 6.1. Διάγραμμα Ροής Μάζας και Ενέργειας.



**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο:**  
**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ**  
**ECO-INDICATOR '99**

**7.1. ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ:**

Η εκτίμηση επιπτώσεων, αναθέτει τα αποτελέσματα της ανάλυσης εισροών – εκροών, σε κατηγορίες επιπτώσεων ή κατηγορίες περιβαλλοντικών προβλημάτων. Είναι σημαντικό να έχουμε υπόψη μας, ότι ένα πρόβλημα υφίσταται μόνο όταν ένα πρόσωπο μπορεί να το βιώσει. Συνεπώς, η ανάλυση επιπτώσεων δεν μπορεί ποτέ να είναι απόλυτα αντικειμενική. Παρακάτω παρουσιάζεται η δομή της εκτίμησης επιπτώσεων σύμφωνα με το ISO 14042.



**Σχήμα 7.1. Τα βασικά στάδια της εκτίμησης επιπτώσεων.**

Τα προηγούμενα βασικά βήματα της εκτίμησης επιπτώσεων, αναλύονται παρακάτω ως εξής:

1) Το πρώτο βήμα είναι η επιλογή των κατηγοριών επιπτώσεων, των δεικτών κατηγοριοποίησης και των μοντέλων χαρακτηρισμού. Είναι επίσης σημαντικό να υπογραμμίσουμε την υποκειμενικότητα αυτών των επιλογών. Στην πράξη, η επιλογή αυτή συνίσταται στην επιλογή της μεθόδου εκτίμησης επιπτώσεων, π.χ. Eco-Indicator '99, στην οποία, η επιλογή των κατηγοριών επιπτώσεων έχει ήδη γίνει.

2) Το δεύτερο βήμα περιλαμβάνει την ανάθεση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης εισροών-εκροών στις κατηγορίες επιπτώσεων (Ταξινόμηση). Η ανάθεση αυτή γίνεται με βάση την επιλεγμένη μέθοδο εκτίμησης επιπτώσεων.

3) Το τρίτο βήμα συνίσταται στον υπολογισμό των αποτελεσμάτων των δεικτών κατηγοριοποίησης (Χαρακτηρισμός). Αυτό γίνεται πολλαπλασιάζοντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης εισροών-εκροών με τους παράγοντες χαρακτηρισμού. Τα αποτελέσματα αυτών των υπολογισμών, δίνουν την συμβολή κάθε δείκτη κατηγοριοποίησης. Οι παράγοντες χαρακτηρισμού είναι ισοδύναμοι παράγοντες, βασιζόμενοι σε επιστημονικά συμπεράσματα, όσον αφορά το μέγεθος της επίπτωσης κάθε ουσίας στον εκάστοτε δείκτη κατηγοριοποίησης. Οι παράγοντες χαρακτηρισμού, επίσης παρέχονται από την επιλεγμένη μέθοδο εκτίμησης επιπτώσεων.

Το αποτέλεσμα που προκύπτει μετά την εκτέλεση των παραπάνω βημάτων, είναι το προφίλ της εκτίμησης επιπτώσεων, που μετρά το συνολικό μέγεθος της επίπτωσης του συστήματος σε κάθε κατηγορία επιπτώσεων. Τα προηγούμενα βήματα αποτελούν τα βασικά βήματα της εκτίμησης επιπτώσεων. Πέρα από αυτά, υπάρχουν και κάποια άλλα μη υποχρεωτικά βήματα, από τα οποία θα εξετάσουμε μόνο το στάδιο της ισοστάθμισης. [29]

*Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα μελέτη, για την εκτίμηση των επιπτώσεων του συστήματος είναι η Eco-Indicator '99.*

### 7.1.1. Επιλογή κατηγοριών επιπτώσεων, δεικτών κατηγοριοποίησης και μοντέλων χαρακτηρισμού:

Οι κατηγορίες επιπτώσεων μπορούν να περιγράψουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε διαφορετικά επίπεδα. Μία επιλογή είναι η χρήση της επίδρασης στη φύση, όπως η όξινη βροχή, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η εξάντληση του όζοντος κ.α. Μία άλλη επιλογή είναι να χρησιμοποιήσουμε τις συνέπειες αυτών των φαινομένων, όπως η εξάλειψη της βιοποικιλότητας ή η σμίκρυνση του μέσου όρου της διάρκειας ζωής του ανθρώπου.

Οι δείκτες κατηγοριοποίησης είναι ποσοτικοποιημένα μέτρα, αντιπροσωπευτικά μίας κατηγορίας επιπτώσεων.

Το μοντέλο χαρακτηρισμού, περιγράφει πόσο ισχυρή είναι η επίδραση στο περιβάλλον από μία συγκεκριμένη ουσία, συγκρινόμενη με άλλες ουσίες, για την ίδια κατηγορία επιπτώσεων. Ο χαρακτηρισμός μετατρέπει τα αποτελέσματα της ανάλυσης εισροών - εκροών σε μία κοινή μονάδα για τον δείκτη κατηγοριοποίησης. Το μοντέλο χαρακτηρισμού συμπεριλαμβάνεται στο εκάστοτε μοντέλο εκτίμησης επιπτώσεων. Για την περίπτωση της μεθόδου Eco-Indicator '99, υπάρχουν τρία χρησιμοποιούμενα μοντέλα χαρακτηρισμού, κάθε ένα από τα οποία χρησιμοποιεί τη δική του βάση δεδομένων από συντελεστές χαρακτηρισμού. Τα τρία αυτά μοντέλα είναι:

- Το μοντέλο της Ισοτιμίας (Egalitarian), το οποίο έχει και την μικρότερη ανοχή όσον αφορά την επιστημονική ισχύ των δεδομένων της, ενώ αναφέρεται στο μεγαλύτερο βάθος χρόνου.
- Το μοντέλο του Ατομικιστή (Individualist), στο οποίο περιλαμβάνονται μόνο τα δεδομένα εκείνα που αφορούν επιπτώσεις που έχουν αποδειχτεί επιστημονικά. Αναφέρεται σε μικρό βάθος χρόνου ισχύος των δεδομένων του.
- Το μοντέλο της Ιεραρχίας (Hierarchist), το οποίο αποτελεί τον μέσο όρο των δύο προηγούμενων μοντέλων, τόσο όσον αφορά την επιστημονική ισχύ των δεδομένων του, όσο και το βάθος χρόνου της ισχύος τους. [28]

Στην παρούσα μελέτη θα χρησιμοποιηθεί το μοντέλο της Ιεραρχίας, το οποίο είναι και το προκαθορισμένο μοντέλο της μεθόδου.

Στην μέθοδο Eco Indicator '99, η οποία χρησιμοποιείται στην παρούσα μελέτη, υπάρχουν τρεις κατηγορίες επιπτώσεων, όπως περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 7.1. Πίνακας κατηγοριοποίησης επιπτώσεων. [29]**

<b>Κατηγορία Επιπτώσεων:</b>	<b>Δείκτης Κατηγοριοποίησης:</b>	<b>Μονάδα:</b>
Ποιότητα Οικοσυστήματος:	PDF-Potentially Disappeared Fraction (Αναμενόμενο μέρος του οικοσυστήματος που χάνεται).	PDF*m <sup>2</sup> *yr
Ανθρώπινη Υγεία:	DALY – Disability Adjusted Life Years (Αναμενόμενη μείωση του μέσου όρου ανθρώπινης ζωής)	Person*year
Φυσικοί Πόροι:	Κατανάλωση Φυσικών Πόρων:	MJ/kg

#### 7.1.1.1. Η κατηγορία της ποιότητας του οικοσυστήματος:

Γενικότερα, τα οικοσυστήματα είναι πολύ περίπλοκα και γιαντό είναι πολύ δύσκολο να προσδιορίσουμε την συνολική ζημία που υφίστανται λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η διαφορά της κατηγορίας αυτής, με αυτήν που αφορά την ανθρώπινη υγεία, είναι ότι δεν ενδιαφερόμαστε για τις επιπτώσεις πάνω σε έναν συγκεκριμένο οργανισμό, του ζωικού ή του φυτικού βασιλείου. Εκείνο λοιπόν που μετράμε στην κατηγορία ποιότητα του οικοσυστήματος, είναι συνολικά η βιοποικιλότητα. Έτσι, εκφράζουμε την ζημία του οικοσυστήματος σαν ποσοστό των ειδών που απειλούνται προς εξαφάνιση ή που όντως εξαφανίζονται, από μία συγκεκριμένη περιοχή σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Η μονάδα λοιπόν που χρησιμοποιείται, για την ποσοτικοποίηση της ζημίας που υφίσταται το οικοσύστημα είναι η PDF\*m<sup>2</sup>\*yr. Η μονάδα αυτή έχει την έννοια

του ποσοστού του οικοσυστήματος που απειλείται (π.χ. ένα ζωικό είδος), ανά μονάδα επιφάνειας του εδάφους, ανά έτος και εκφράζει τον αντίστοιχο δείκτη κατηγοριοποίησης.

#### 7.1.1.2. Η κατηγορία της ανθρώπινης υγείας:

Η υγεία ενός οποιοδήποτε ανθρώπου, ανεξάρτητα από το αν ανήκει στην σημερινή ή σε μία μελλοντική γενιά, μπορεί να υποστεί ζημία, είτε λόγω μείωσης της διάρκειας ζωής του εξαιτίας ενός πρόωρου θανάτου, είτε λόγω μίας προσωρινής ή μόνιμης παύσης των λειτουργιών του οργανισμού του. Οι κυριότερες μορφές επιπτώσεων για την ανθρώπινη υγεία είναι κυρίως οι εξής:

- Μολυσματικές ασθένειες, καρδιακές και αναπνευστικές παθήσεις, καθώς και προβλήματα υγείας λόγω κλιματικών αλλαγών,
- Καρκίνος σαν αποτέλεσμα ιονίζουσας ακτινοβολίας,
- Καρκίνος και ζημιές στα μάτια λόγω της εξάντλησης του όζοντος,
- Αναπνευστικές παθήσεις και καρκίνος, λόγω τοξικών χημικών στον αέρα, στο πόσιμο νερό και στο φαγητό.

Φυσικά υπάρχουν και άλλες μορφές ζημίας της ανθρώπινης υγείας, λόγω των εκροών του εκάστοτε προς μελέτη συστήματος, αλλά αυτές δεν είναι δυνατόν να μοντελοποιηθούν και να ποσοτικοποιηθούν. Ο δείκτης λοιπόν κατηγοριοποίησης, που χρησιμοποιείται για τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία είναι ο δείκτης DALY (Disability Adjusted Life Years), που ουσιαστικά αποτελεί μία κλίμακα μέτρησης της καταστροφής της ανθρώπινης υγείας. Η κλίμακα αυτή μετρά πολλούς διαφορετικούς τύπους ζημίας μεταξύ 0 και 1 (Το 0 σημαίνει απόλυτα υγιείς και το 1 θάνατος). Ωστόσο το 1 δεν είναι η ανώτερη τιμή της κλίμακας DALY. Εάν για παράδειγμα μία μορφή καρκίνου προκαλεί μία μείωση του μέσου όρου ζωής των ανθρώπων κατά 10 χρόνια, τότε η μορφή αυτή καρκίνου μετράται με 10 DALYs. Η μονάδα μέτρησης αυτού του δείκτη κατηγοριοποίησης, είναι persons\*year, που έχει την έννοια των θανάτων το χρόνο. [28]

### 7.1.1.3. Η κατηγορία των φυσικών πόρων:

Η μεθοδολογία Eco-Indicator '99, μοντελοποιεί μόνο τα ορυκτά καύσιμα και τους πόρους μεταλλευμάτων. Η μοντελοποίηση αυτών των πόρων αυτών, γίνεται διότι ακριβώς πρόκειται για μη ανανεώσιμους πόρους οι οποίοι αναπόφευκτα κάποια στιγμή θα εξαντληθούν. Εκείνο που λαμβάνεται υπόψη στην περίπτωση των φυσικών πόρων, στην μεθοδολογία αυτή, είναι η συγκέντρωση των εκάστοτε κοιτασμάτων και όχι η ποσότητά τους. Αυτό σημαίνει ότι θα ληφθούν υπόψη στην μεθοδολογία αυτή, τα ήδη γνωστά κοιτάσματα φυσικών πόρων (αργού πετρελαίου) με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις που θεωρούνται και τα πιο «ποιοτικά».

Η λογική της κατηγορίας αυτής των επιπτώσεων, είναι ότι όσο περισσότερους πόρους καταναλώνουμε, τόσο περισσότερο μειώνεται η συγκέντρωση των κοιτασμάτων και συνεπώς τόσο περισσότερη ενέργεια θα απαιτείται στο μέλλον για την εξόρυξη των πόρων αυτών. Έτσι λοιπόν, η μονάδα μέτρησης για τον δείκτη αυτό κατηγοριοποίησης (κατανάλωση φυσικών πόρων), είναι η αναμενόμενη αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας σε MJ, ανά kg εξορυσσόμενου φυσικού πόρου. [28]

### **7.1.2. Ανάθεση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης εισροών – εκροών στις κατηγορίες επιπτώσεων. (Ταξινόμηση):**

Το δεύτερο σημαντικό βήμα της εκτίμησης επιπτώσεων με βάση την μεθοδολογία Eco-Indicator '99, είναι η ανάθεση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης εισροών εκροών στις τρεις προαναφερθείσες κατηγορίες επιπτώσεων. Κάποιες από τις ουσίες των εισροών-εκροών μπορεί να συνεισφέρουν σε μία μόνο κατηγορία επιπτώσεων, ενώ κάποιες άλλες είναι πιθανό να συνεισφέρουν σε περισσότερες από μία κατηγορίες.

Η κατάταξη λοιπόν των διαφόρων εισροών και εκροών του υπό μελέτη συστήματος, έχει ως εξής:

Πίνακας 7.2. Ανάθεση των εισροών-εκροών στις κατηγορίες επιπτώσεων.

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ:	ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ:	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ:
<p><u>Λόγω αύξησης της οξύτητας και της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας:</u> NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>.</p>	<p><u>Αναπνευστικά προβλήματα:</u> Υδρογονάνθρακες, CH<sub>4</sub>, NMVOC, Στερεά σωματίδια, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>. <u>Βλάβες στην υγεία λόγω κλιματικών αλλαγών:</u> CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>.</p>	<p>Κατανάλωση αργού πετρελαίου.</p>

### 7.1.3. Υπολογισμός των αποτελεσμάτων των δεικτών κατηγοριοποίησης (Χαρακτηρισμός):

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων των διαφόρων εισροών-εκροών του υπό μελέτη συστήματος, χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους συντελεστές χαρακτηρισμού. Με την βοήθεια των συντελεστών αυτών, θα υπολογίσουμε σε μονάδες DALY, PDF\*m<sup>2</sup>\*yr και MJ, τις προκύπτουσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, το οικοσύστημα και την εξάντληση των φυσικών πόρων, που στην παρούσα μελέτη είναι το αργό πετρέλαιο. Οι εισροές των υλικών τσιμέντου και ατσαλιού δεν λαμβάνονται υπόψη, λόγω έλλειψης δεδομένων.

Οι συντελεστές χαρακτηρισμού των αέριων εκπομπών του συστήματος και της εξόρυξης του αργού πετρελαίου έχουν ως εξής (με βάση το μοντέλο χαρακτηρισμού της Ιεραρχίας):

Πίνακας 7.3. Συντελεστές χαρακτηρισμού. [28]

ΠΗΓΗ:	ΟΝΟΜΑ:	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ:	ΜΟΝΑΔΑ:
Αέριες Εκπομπές:	CO <sub>2</sub> : (Βλάβες στην υγεία λόγω κλιματικών αλλαγών)	1,36E-05	DALY/kg
Αέριες Εκπομπές:	CH <sub>4</sub> : (Αναπνευστικά προβλήματα από οργανικές ενώσεις)	8,31E-07	DALY/kg
Αέριες Εκπομπές:	CH <sub>4</sub> : (Βλάβες στην υγεία λόγω κλιματικών αλλαγών)	2,86E-04	DALY/kg
Αέριες Εκπομπές:	SO <sub>x</sub> : (Αναπνευστικά προβλήματα από ανόργανες ενώσεις)	3,55E-03	DALY/kg
Αέριες Εκπομπές:	SO <sub>x</sub> : (Καταστροφή οικοσυστήματος)	2,03E-04	PDF*m <sup>2</sup> *yr/kg
Αέριες Εκπομπές:	NO <sub>x</sub> : (Αναπνευστικά προβλήματα από ανόργανες ενώσεις)	5,76E-03	DALY/kg
Αέριες Εκπομπές:	NO <sub>x</sub> : (Βλάβες στην υγεία λόγω κλιματικών αλλαγών)	4,48E-03	DALY/kg
Αέριες Εκπομπές:	NO <sub>x</sub> : (Καταστροφή οικοσυστήματος)	1,11E-03	PDF*m <sup>2</sup> *yr/kg
Αέριες Εκπομπές:	NMVOC: (Αναπνευστικά προβλήματα από οργανικές ενώσεις)	8,31E-05	DALY/kg
Αέριες Εκπομπές:	Στερεά Σωματίδια: (Αναπνευστικά προβλήματα από ανόργανες ενώσεις)	4,55E-02	DALY/kg
Αέριες Εκπομπές:	Υδρογονάνθρακες: (Αναπνευστικά προβλήματα από οργανικές ενώσεις)	2,27E-05	DALY/kg
Εξόρυξη Ορυκτών Καυσίμων:	Αργό Πετρέλαιο: (Εξάντληση φυσικών πόρων)	7,02E-04	MJ/kg



Συνεπώς, πολλαπλασιάζοντας την ποσότητα των αέριων εκπομπών και του αργού πετρελαίου που προέκυψαν από την ανάλυση εισροών-εκροών, μπορούμε να πάρουμε το τελικό ποσοτικό αποτέλεσμα της περιβαλλοντικής επίδρασης, του υπό μελέτη συστήματος, στις αντίστοιχες μονάδες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Δηλ. την συνολική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία σε μονάδες DALY[persons\*year], την συνολική επίπτωση στο οικοσύστημα σε μονάδες PDF\*m<sup>2</sup>\*yr και την επίπτωση στην εξάντληση των φυσικών πόρων σε MJ επιπρόσθετης απαιτούμενης ενέργειας. Προκύπτει λοιπόν ο παρακάτω πίνακας:

**Πίνακας 7.4. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα περιβαλλοντικών επιπτώσεων.**

<b>ΟΝΟΜΑ:</b>	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΙΣΡΟΩΝ-ΕΚΡΟΩΝ:</b>	<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ:</b>	<b>ΤΕΛΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ:</b>
CO <sub>2</sub> : (Βλάβες στην υγεία λόγω κλιματικών αλλαγών)	0,674 kg	1,36E-05 DALY/kg	9,166E-06 DALY
CH <sub>4</sub> : (Αναπνευστικά προβλήματα από οργανικές ενώσεις)	9,964E-04 kg	8,31E-07 DALY/kg	8,280E-10 DALY
CH <sub>4</sub> : (Βλάβες στην υγεία λόγω κλιματικών αλλαγών)	9,964E-04 kg	2,86E-04 DALY/kg	2,850E-07 DALY
SO <sub>x</sub> : (Αναπνευστικά προβλήματα από ανόργανες ενώσεις)	6,157E-04 kg	3,55E-03 DALY/kg	2,186E-06 DALY
NO <sub>x</sub> : (Αναπνευστικά προβλήματα από ανόργανες ενώσεις)	6,335E-03 kg	5,76E-03 DALY/kg	3,649E-05 DALY

NO <sub>x</sub> : (Βλάβες στην υγεία λόγω κλιματικών αλλαγών)	6,335E-03 kg	4,48E-03 DALY/kg	2,838E-05 DALY
NM VOC: (Αναπνευστικά προβλήματα από οργανικές ενώσεις)	3,453E-05 kg	8,31E-05 DALY/kg	2,869E-09 DALY
Στερεά Σωματίδια: (Αναπνευστικά προβλήματα από ανόργανες ενώσεις)	1,200E-04 kg	4,55E-02 DALY/kg	5,460E-06 DALY
Υδρογονάνθρακες: (Αναπνευστικά προβλήματα από οργανικές ενώσεις)	1,851E-04 kg	2,27E-05 DALY/kg	4,202E-09 DALY
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ:</b>			<b>8,197E-05 DALY</b>
SO <sub>x</sub> : (Καταστροφή οικοσυστήματος)	6,157E-04 kg	2,03E-04 PDF*m <sup>2</sup> *yr/kg	1,250E-07 PDF*m <sup>2</sup> *yr
NO <sub>x</sub> : (Καταστροφή οικοσυστήματος)	6,335E-03 kg	1,11E-03 PDF*m <sup>2</sup> *yr/kg	7,032E-06 PDF*m <sup>2</sup> *yr
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΣΤΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ:</b>			<b>7,157E-06 PDF*m<sup>2</sup>*yr</b>
Αργό Πετρέλαιο: (Εξάντληση φυσικών πόρων)	0,256 kg	7,02E-04 MJ/kg	1,797E-04 MJ
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΞΑΝΤΛΗΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ:</b>			<b>1,797E-04 MJ</b>

Η μεθοδολογία Eco-Indicator '99, κάνει την παραδοχή ότι οι επιπτώσεις που προκύπτουν με βάση την βάση δεδομένων της, αφορούν μόνο την ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης. Εξαίρεση αποτελούν οι επιπτώσεις που προέρχονται από την κατανάλωση των φυσικών πόρων και τις κλιματικές αλλαγές, την εξάντληση του όζοντος, τις αέριες εκπομπές καρκινογόνων ουσιών, τους ανόργανους αέριους ρυπαντές και μερικές ραδιενεργές ουσίες.

**7.2. ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΤΗΣ ΙΣΟΣΤΑΘΜΙΣΗΣ:**

Πέρα από τα προηγούμενα βασικά και υποχρεωτικά στάδια της εκτίμησης επιπτώσεων, μπορούμε να συμπεριλάβουμε και άλλο ένα πολύ σημαντικό στάδιο, εκείνο της ισοστάθμισης.

Όπως προέκυψε από την προηγούμενη παράγραφο, η συνολική επίπτωση του υπό μελέτη συστήματος, χωρίστηκε σε τρία διαφορετικά μέρη, ανθρώπινη υγεία, οικοσύστημα και κατανάλωση φυσικών πόρων, τα οποία ωστόσο δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα μεταξύ τους, λόγω των διαφορετικών μονάδων μέτρησης που χρησιμοποιούν. Με το στάδιο λοιπόν της ισοστάθμισης, μας δίνεται η δυνατότητα να μετατρέψουμε τα αποτελέσματα κάθε κατηγορίας επιπτώσεων, σε μία κοινή μονάδα μέτρησης, μέσω κάποιων συντελεστών βαρύτητας. Προκειμένου να καταρτιστούν αυτοί οι συντελεστές βαρύτητας, έχει δοθεί μία υποκειμενική και ποσοτική σειρά προτεραιότητας της σχετικής δριμύτητας των τριών κατηγοριών επιπτώσεων. Έτσι, οι κατηγορίες της ανθρώπινης υγείας και της ποιότητας του οικοσυστήματος έχουν τον ίδιο συντελεστή βαρύτητας, ενώ η κατηγορία των φυσικών πόρων θεωρείται μικρότερης σημασίας και δέχεται μικρότερο συντελεστή βαρύτητας. [29]

Οι συντελεστές βαρύτητας του σταδίου της ισοστάθμισης της μεθόδου Eco-Indicator '99, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

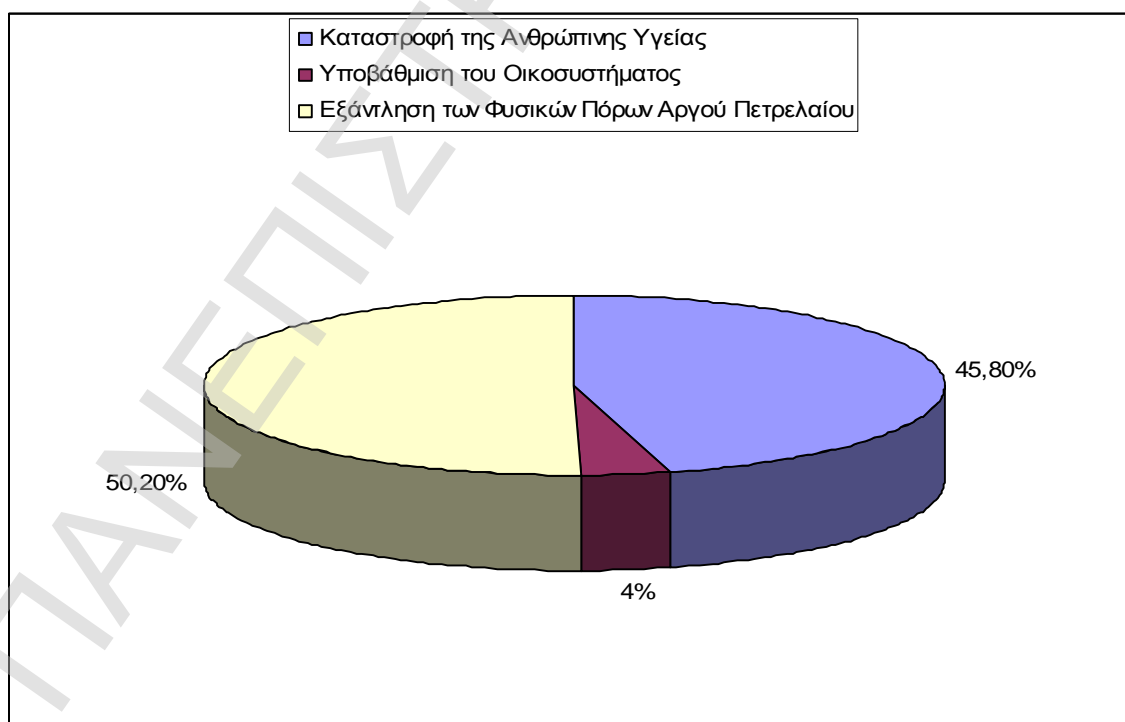
**Πίνακας 7.5. Συντελεστές Βαρύτητας των κατηγοριών επιπτώσεων. [28]**

<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ:</b>	<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ:</b>	<b>ΜΟΝΑΔΑ:</b>
Ανθρώπινη Υγεία:	400	ECO 99 unit/DALY
Ποιότητα Του Οικοσυστήματος:	400	ECO 99 unit/PDF*m <sup>2</sup> *yr
Φυσικοί Πόροι Αργού Πετρελαίου:	200	ECO 99 unit/MJ

Πολλαπλασιάζοντας λοιπόν τους προηγούμενους συντελεστές βαρύτητας, με τα στοιχεία που προέκυψαν από τον πίνακα 7.4. προκύπτουν τα εξής:

- Η καταστροφή της ανθρώπινης υγείας, αντιστοιχεί σε:  
 **$8,197\text{E-}05 \text{ DALY} * 400 (\text{ECO } 99 \text{ unit/DALY}) = 3,279\text{E-}02 \text{ ECO } 99 \text{ units}$ ,**
- Η υποβάθμιση της ποιότητας του οικοσυστήματος, αντιστοιχεί σε:  
 **$7,157\text{E-}06 (\text{PDF} * \text{m}^2 * \text{yr}) * 400 (\text{ECO } 99 \text{ unit/PDF} * \text{m}^2 * \text{yr}) = 2,863\text{E-}03 \text{ ECO } 99 \text{ units}$ ,**
- Η εξάντληση των φυσικών πόρων (αργού πετρελαίου), αντιστοιχεί σε:  
 **$1,797\text{E-}04 \text{ MJ} * 200 \text{ ECO } 99 \text{ unit/MJ} = 3,594\text{E-}02 \text{ ECO } 99 \text{ units}$ .**

Προκύπτει λοιπόν, σύμφωνα με τα δεδομένα της παρούσης Ε.Κ.Ζ., ότι η εξάντληση των φυσικών πόρων αργού πετρελαίου καταλαμβάνει το 50,2% των συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η καταστροφή της ανθρώπινης υγείας το 45,8%, ενώ η υποβάθμιση της ποιότητας του οικοσυστήματος καταλαμβάνει μόλις το 4% του συνόλου. Η αναλογία αυτή παρουσιάζεται γραφικά στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 7.1. Κατανομή Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

Βέβαια, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας, ότι στην παρούσα Ε.Κ.Ζ. δεν ελήφθησαν υπόψη, οι εκροές του συστήματος προς το νερό και το έδαφος, καθώς και οι επιπτώσεις λόγω της κατανάλωσης των υλικών τσιμέντου και ατσαλιού, λόγω έλλειψης δεδομένων.

Σε αυτές τις παραλείψεις οφείλεται και το μικρό ποσοστό που καταλαμβάνει η καταστροφή του οικοσυστήματος, επί του συνόλου των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της μελέτης.

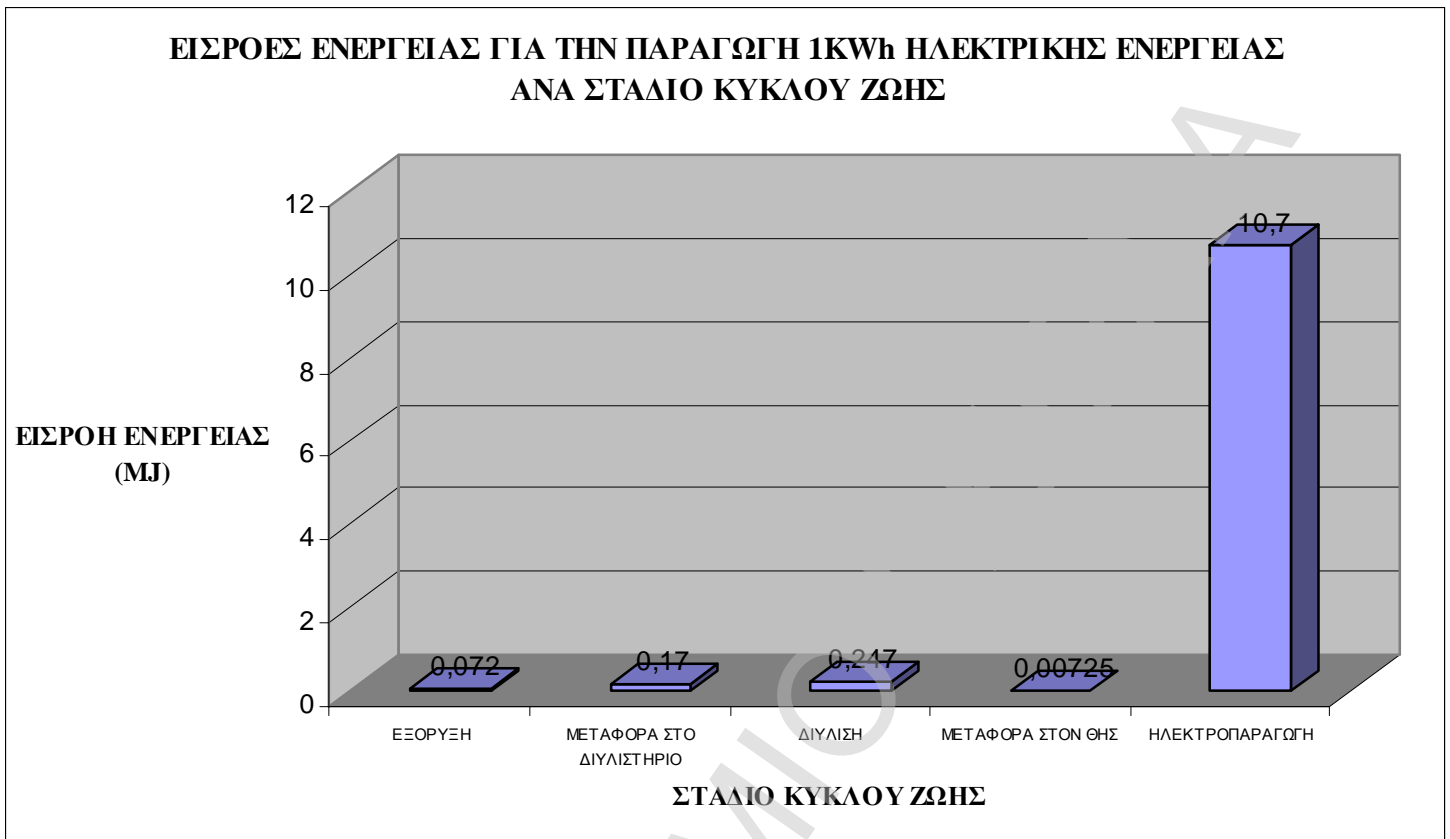
## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο:**

### **ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:**

#### **8.1. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΙΣΡΟΕΣ-ΕΚΡΟΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ:**

Όσον αφορά τις συνολικές εισροές του συστήματος της Ε.Κ.Ζ., μπορούμε να εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

- Ø Συνολικά, από όλα τα στάδια του υπό μελέτη κύκλου ζωής, για την παραγωγή 1 KWh ηλεκτρικής ενέργειας από τον Θ.Η.Σ. των Χανίων, απαιτούνται 11,196 MJ ενεργειακών εισροών ή 3,11 KWh. Άρα, για κάθε μία παραγόμενη KWh ηλεκτρικής ενέργειας, πρέπει να καταναλώσουμε συνολικά 3,11 KWh, κάτι που σημαίνει ότι ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος που προκύπτει είναι **32,15%**. (βλ. πίνακα 6.1).
- Ø Από το σύνολο των ενεργειακών εισροών, για την παραγωγή και μεταφορά του πετρελαίου Diesel στον Θ.Η.Σ. των Χανίων, το μεγαλύτερο μέρος καταναλώνεται στο στάδιο της διύλισης (0,247MJ). Η κατανομή των εισροών ενέργειας, στα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής 1 KWh ηλεκτρικής ενέργειας, παρουσιάζεται γραφικά με την βοήθεια του παρακάτω ραβδογράμματος.



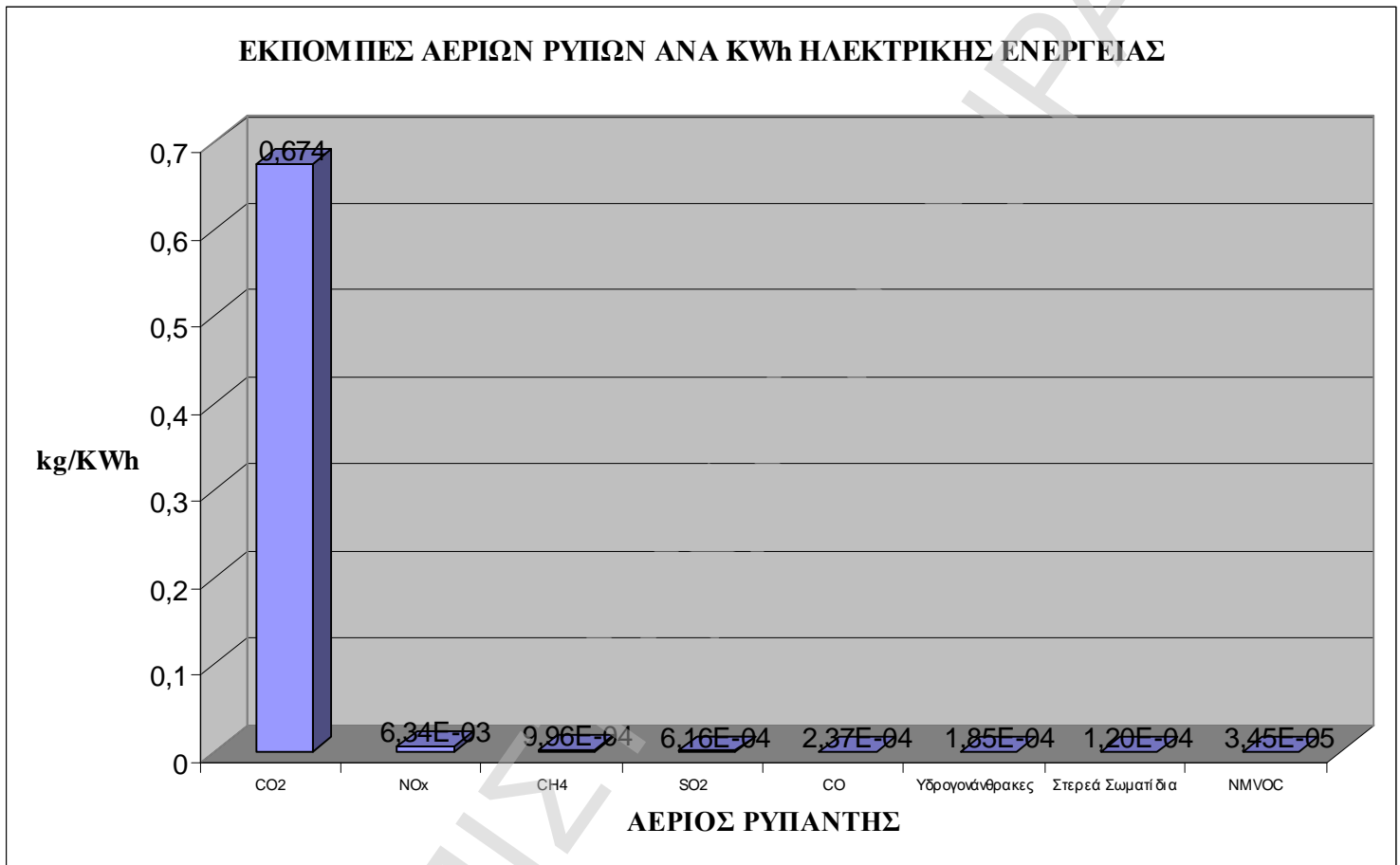
**Σχήμα 8.1. Εισροές Ενέργειας ανά KWh ηλεκτρικής ενέργειας και ανά στάδιο κύκλου ζωής.**

Όπως παρατηρείται στο προηγούμενο σχήμα, η συνολικά μεγαλύτερη ποσότητα ενεργειακών εισροών παρουσιάζεται στο στάδιο της τελικής ηλεκτροπαραγωγής στον Θ.Η.Σ., διότι μόνο στο στάδιο αυτό έχει ληφθεί υπόψη η θερμογόνος ικανότητα του καυσίμου που χρησιμοποιείται.

Όσον αφορά τις συνολικές εκροές του συστήματος της Ε.Κ.Ζ., μπορούμε να εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

Ø Από το σύνολο των αέριων εκπομπών του συστήματος (**0,683 kg**), το μεγαλύτερο μερίδιο καταλαμβάνουν οι εκπομπές του CO<sub>2</sub> με 0,674 kg/KWh (98,68% επί του συνόλου), δεύτερες έρχονται οι εκπομπές NO<sub>x</sub> με 6,335\*10<sup>-3</sup> kg/KWh και τρίτες οι εκπομπές CH<sub>4</sub> με 9,964\*10<sup>-4</sup> kg/KWh

(βλ. πίνακα 6.1). Οι παραπάνω αναλογίες, καθώς και οι υπόλοιπες εκπομπές αέριων ρύπων, με φθίνουσα σειρά, παρουσιάζονται γραφικά με την βοήθεια του παρακάτω ραβδογράμματος.



**Σχήμα 8.2. Συνολικές αέριες εκπομπές του συστήματος (ανά KWh παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας).**

## 8.2. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ:

Όσον αφορά το στάδιο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, μπορούμε να εξάγουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Ø Από το σύνολο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παρούσας Ε.Κ.Ζ., η εξάντληση των φυσικών πόρων αργού πετρελαίου καταλαμβάνει το **50,2%**, η καταστροφή της ανθρώπινης υγείας το **45,8%**, ενώ η υποβάθμιση της ποιότητας του οικοσυστήματος καταλαμβάνει μόλις το **4%**. (βλ. παράγραφο 7.2).
- Ø Για την παραγωγή κάθε KWh ηλεκτρικής ενέργειας από τον Θ.Η.Σ. των Χανίων, προκύπτει ότι η καταστροφή της ανθρώπινης υγείας αντιστοιχεί σε **8,197E-05 DALY's**, που ισοδυναμεί αναλογικά με **8,197\*10<sup>-5</sup>** θανάτους ανθρώπων τον χρόνο ανά παραγόμενη KWh, στην περιοχή της Ευρώπης (βλ. πίνακα 7.4).
- Ø Για την παραγωγή κάθε KWh ηλεκτρικής ενέργειας από τον Θ.Η.Σ. των Χανίων, προκύπτει ότι η συνολική επίπτωση στο οικοσύστημα αντιστοιχεί στην απειλή προς εξαφάνιση, ή την εξαφάνιση του **0,000007%** περίπου της βιοποικιλότητας ανά m<sup>2</sup> επιφάνειας του εδάφους της Ευρώπης και ανά χρόνο (βλ. πίνακα 7.4).
- Ø Για την παραγωγή κάθε KWh ηλεκτρικής ενέργειας από τον Θ.Η.Σ. των Χανίων, προκύπτει ότι η συνολική επίπτωση στην κατανάλωση των φυσικών πόρων αργού πετρελαίου, αντιστοιχεί σε αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας για κάθε kg εξορυσόμενου αργού πετρελαίου, ίση με **0,00018 MJ** περίπου (βλ. πίνακα 7.4).



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ:

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ G.E.M.I.S. (Global Emission Model of Integrated Systems)

Στο παράρτημα αυτό αναφέρονται κάποια στοιχεία σχετικά με το λογισμικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε, το G.E.M.I.S.

Στην αγορά αυτή τη στιγμή κυκλοφορούν αρκετά τέτοια προγράμματα που παρέχουν και συνδυάζουν δεδομένα για την εκτέλεση ΕΚΖ. Τα περισσότερα βέβαια κοστίζουν αρκετές χιλιάδες ευρώ. Υπάρχουν προγράμματα από δύο χιλιάδες έως και δεκαπέντε χιλιάδες ευρώ. Ο λόγος που προτιμήθηκε το G.E.M.I.S. είναι καθαρά οικονομικός, αφού το συγκεκριμένο πρόγραμμα αποκτήθηκε μέσω του διαδικτύου δωρεάν. Είναι αυτονόητο λοιπόν ότι υστερεί έναντι άλλων σε λειτουργικότητα και σε πλήθος δεδομένων και εφαρμογών.

Το G.E.M.I.S. είναι αποτέλεσμα της δουλειάς μιας ομάδας ερευνητών στο Oeko Institute for Applied Ecology που έχει έδρα το Freiburg της Γερμανίας.

Η λειτουργία του είναι αρκετά απλή. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα εργασία είναι η G.E.M.I.S. 4.2. Η βάση δεδομένων της αποτελείται από 1035 περίπου προϊόντα και 7130 περίπου διεργασίες. Λέγοντας προϊόντα εννοούμε το αποτέλεσμα μιας ή περισσότερων διεργασιών, για παράδειγμα βενζίνη, υδρογόνο, πλαστικά υλικά, τρόφιμα, ποτά, οικοδομικά υλικά και πολλά άλλα. Ουσιαστικά τα προϊόντα είναι οι εισροές και οι εκροές ενός συστήματος (inputs-outputs). Με τον όρο διεργασία εννοούμε την μετατροπή μιας εισροής (πρώτη ύλη, καύσιμο, ενέργεια κλπ) σε εκροή διαφορετικής μορφής (προϊόντα όπως γάλα, ηλεκτρική ενέργεια, βενζίνη, βιοντίζελ κλπ) ή την μεταφορά αυτών.

Συνδυάζοντας ένα σύνολο διεργασιών, ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει δικά του σενάρια. Με τον όρο σενάριο εννοούμε μία ή περισσότερες διεργασίες συνδυασμένες μεταξύ τους, ώστε να συγκροτούν ένα συγκεκριμένο σύστημα. Ένα σενάριο για παράδειγμα είναι ο συνδυασμός μιας διεργασίας παραγωγής υδρογόνου και μιας διεργασίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από κυψέλη καυσίμου. Το σενάριο αυτό μας δίνει μια Ε.Κ.Ζ. παραγωγής ηλεκτρισμού από κυψέλη καυσίμου

υδρογόνου. Ένα άλλο σενάριο θα μπορούσε να είναι η σύγκριση παραγωγής ηλεκτρισμού με στρόβιλο φυσικού αερίου και κυψέλη καυσίμου υδρογόνου. Το σενάριο αυτό μας δίνει συγκριτική E.K.Z. μεταξύ των παραπάνω τεχνολογιών.

Τα προϊόντα και οι διεργασίες που υπάρχουν στη βάση δεδομένων του G.E.M.I.S. είναι υπαρκτά. Για παράδειγμα, αν μας ενδιαφέρει μια διεργασία σχετική με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη, το G.E.M.I.S. μας παραθέτει έναν αριθμό υπαρκτών σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού με καύσιμο το λιγνίτη με ποικιλία αποδόσεων, ονομαστικών ισχύων και χωρών στις οποίες λειτουργούν αυτά. Ο χρήστης, επιλέγει τη διεργασία εκείνη που ικανοποιεί τις ανάγκες της μελέτης του. Δηλαδή αν ενδιαφέρεται για έναν ατμοηλεκτρικό σταθμό με καύσιμο λιγνίτη με ονομαστική ισχύ 10000MW τότε πρέπει να επιλέξει από τη βάση δεδομένων του G.E.M.I.S. την πιο προσιτή περίπτωση που μπορεί να είναι ένας ατμοηλεκτρικός σταθμός στην Τσεχία, για παράδειγμα, με ισχύ 12000MW. Με μια μικρή μετατροπή στην τιμή της ισχύος φέρνει τη διεργασία στα δικά του μέτρα.

Επιλέγοντας έτσι μία ή παραπάνω διεργασίες, μπορεί να δημιουργήσει ένα δικό του σενάριο για ένα δικό του σύστημα και να «απαιτήσει» από αυτό να έχει μια συγκεκριμένη ονομαστική ισχύ ή να λειτουργεί για ένα συγκεκριμένο αριθμό ωρών.

Το G.E.M.I.S. μπορεί να δώσει άμεσα αποτελέσματα σχετικά με τις εκπομπές προς το περιβάλλον σε κιλά ή ανοιγμένες προς τη λειτουργική μονάδα (π.χ. KWh) με την κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών, καθώς επίσης και πληροφορίες σχετικά με το κόστος μιας διεργασίας ή ενός προϊόντος. Επίσης μπορεί να κάνει συγκρίσεις μεταξύ διεργασιών και να εμφανίσει τα αποτελέσματα υπό μορφή πινάκων ή διαγραμμάτων. [30]

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Curran Mary Ann: **Environmental Life-Cycle Assessment**, McGraw-Hill, New York 1996,
2. Καρβούνης Σωτ., Γεωργακέλλος Δημ.: **Διαχείριση του Περιβάλλοντος**, ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ, Αθήνα 2003,
3. Σπύρτου Άννα: **Θέματα Χημείας**, ΠΤΔΕ ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 2002
4. Εγκυκλοπαίδεια Πάπυρος – Λαρούς – Μπριτάνικα , Αθήνα 1992
5. Κατσίνης Δημ., **Σημειώσεις πάνω σε θέματα ενέργειας**, Πειραιάς 1999
6. Κυριακόπουλου Γεωργίου Καθ. Ε.Μ.Π. : **Τεχνολογία Πετρελαίου**, Αθήνα 1977
7. Ρ.Α.Ε : **Μακροχρόνιος ενεργειακός σχεδιασμός της Ελλάδος για την περίοδο 2001-2010**, Ρ.Α.Ε., Αθήνα 2003
8. [www.ecocity.gr](http://www.ecocity.gr)
9. [www.petrola.gr](http://www.petrola.gr)
10. **Υπουργείο Ανάπτυξης**, [www.ypan.gr](http://www.ypan.gr), Στοιχεία 2004
11. **ΤΑ ΝΕΑ** , 05/06/2004 , Σελ.: Ν26 Κωδικός άρθρου: Α17956Ν261
12. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Εργαστήριο Μεταφοράς Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας, **Οικονομική Ανάλυση Ενεργειακών Συστημάτων Κεφ.6<sup>ο</sup>**

13. Κ.Α.Π.Ε. **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Κρήτη, Πρόγραμμα AltenerII**, Ε.Μ.Π., Κ.Α.Π.Ε., Ενεργειακό Κέντρο Περιφέρειας Κρήτης
14. Σταματάκη Σοφία, Αυλωνίτης Γεράσιμος.: **Μηχανική Πετρελαίων**, Αθήνα 2001
15. John Sheehan, Vince Camobreco, James Duffield, Michael Graboski, Housein Shapouri : **Life Cycle Inventory of Biodiesel and Petroleum Diesel for Use in an Urban Bus**, Final Report, May 1998
16. US Energy Information Agency, International Energy Annual Report
17. **NASA**, <http://earthobservatory.nasa.gov>
18. Υπουργείο Ανάπτυξης, **Refinery Capacity Data**, ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ Α.Ε., 2000
19. Site των Ελληνικών Πετρελαίων, [www.hellenic-petroleum.gr](http://www.hellenic-petroleum.gr)
20. Πανιτσίδης Χ., **Εισήγηση «Αναβάθμιση & Εκσυγχρονισμός του Δωλιστηρίου της Πετρόλα»**, Οκτώβριος 2000.
21. **Ενημερωτικό Δελτίο, Πετρόλα Ελλάς Α.Ε.Β.Ε.**, Αθήνα 2001
22. Παπαγεωργίου Ν. : **Ατμοπαραγωγοί I**, , Αθήνα, 1991
23. Κακκαράς Εμμ.: **Θερμοηλεκτρικοί Σταθμοί**, Ε.Μ.Π., Αθήνα 2000
24. Κέντρο Διάδοσης Επιστημών & Μουσείο Τεχνολογίας
25. Ρακόπουλος Κ.: **Αρχές Βιομηχανικών Αεριοστροβίλων**, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2001
26. **Τ.Ε.Ι. Κρήτης**, Εργαστήριο Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας

27. ΔΕΗ, Διεύθυνση εκμετάλλευσης ΘΗΣ, Κλάδος Κρήτης/ΑΗΣ Χανίων, **Ετήσια Έκθεση Ποιότητας Περιβάλλοντος 2002**
28. Goedkoop Mark, Spriensma Renilde, **The Eco-Indicator 99, A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment, Methodology Report**, June 2001, Third Edition
29. Carlson Raul, Häggström Sandra, Pålsson Ann-Christin, Industrial Environmental Informatics, Chalmers University of Technology, **LCA training package for users of LCA data and results**, Sweden 2003
30. Global Emission Model of Integrated Systems (GEMIS) database, Öko Institut, Gesamthochschule Kasse, September 2002.