



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών

Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Τμήμα Βιομηχανικής  
Διοίκησης & Τεχνολογίας



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

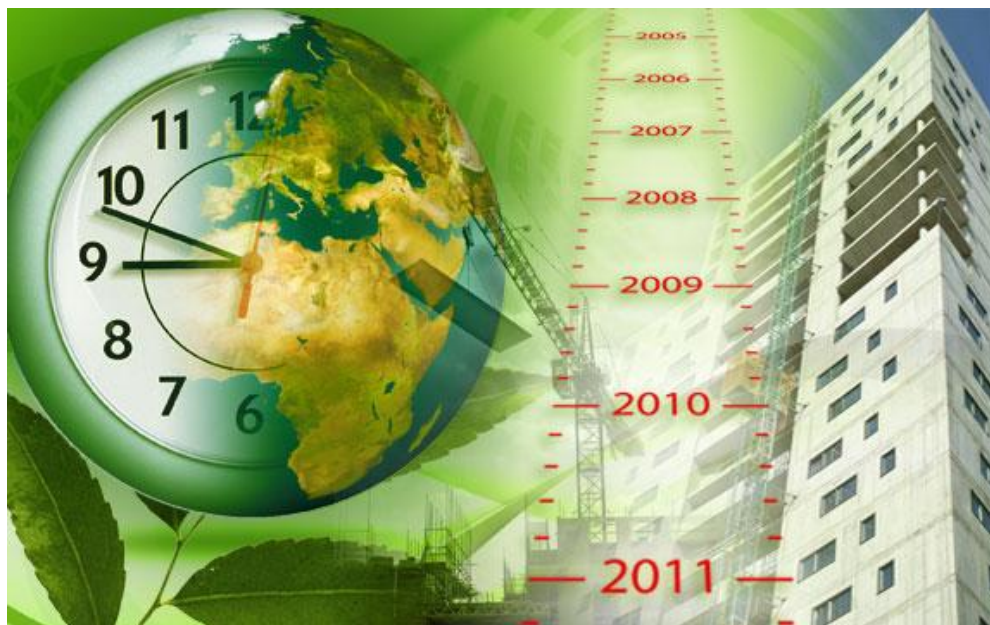
«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ &  
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

ΤΙΤΛΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ,  
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Ν.ΑΤΤΙΚΗΣ»

ΓΑΡΔΕΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Ε. ΓΡΗΓΟΡΟΠΟΥΛΟΥ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Ε.Μ.Π.



ΑΘΗΝΑ 2011



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών

Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Τμήμα Βιομηχανικής  
Διοίκησης & Τεχνολογίας



**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ &**  
**ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

**ΤΙΤΛΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:**

**«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ,**  
**ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ Ν.ΑΤΤΙΚΗΣ»**

**ΓΑΡΔΕΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Ε. ΓΡΗΓΟΡΟΠΟΥΛΟΥ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Ε.Μ.Π.**

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:**

- **ΚΑΘ. Ε. ΓΡΗΓΟΡΟΠΟΥΛΟΥ**
- **ΚΑΘ. Μ. ΦΟΥΝΤΗ**
- **ΚΑΘ. Ι. ΖΙΩΜΑΣ**

**ΑΘΗΝΑ 2011**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας ευχαριστώ την επιβλέπουσα Καθηγήτρια Ε.Μ.Π. κα Γρηγοροπούλου Ελένη, για την καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε καθώς και για την υπόδειξη της μεθοδικότητας με την οποία έπρεπε να πραγματοποιηθεί η εργασία.

Ευχαριστώ την Καθηγήτρια Ε.Μ.Π. κα Φούντη Μαρία και τον Καθηγητή Ε.Μ.Π. κο Ζιώμα Ιωάννη για τη συμμετοχή τους στην εξέταση της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ τον κο Δ.Κιούκη εκπρόσωπο του Δήμου Βούλας στον ΕΣΔΚΝΑ και στην τοπική ένωση δήμων και κοινοτήτων νομού Αττικής (ΤΕΔΚΝΑ) και τον κο Βάιο Ανατολίτη, Περιβαλλοντολόγο υπεύθυνο περιβαλλοντικής διαχείρισης της εταιρίας Νείλος για την καθοριστική βοήθεια τους στην συλλογή πληροφοριών.

Αθήνα, Μάρτιος 2011

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ

αφιερώνεται στο Λετούλι μου

## ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ

ΑΕΚΚ	ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΚΣΚΑΦΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ
ΑΚΖ	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ
ΕΕ	ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΟΕΔΣΑΠ	ΕΘΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ
ΕΣΔΚΝΑ	ΕΝΙΑΙΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΔΗΜΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΕΣΥΕ	ΕΘΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΠΔ	ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ
ΠΟΕ	ΠΤΗΤΙΚΗ ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΠΟΥ	ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΕΕ	ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΥΑ	ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ
ΧΥΤΑ	ΧΩΡΟΣ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ
ETC	EUROPEAN TOPIC CENTER (ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΘΕΜΑΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ)

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	1
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	7
<b>A ΜΕΡΟΣ</b>	9
<b>1. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ</b>	9
1.1. ΞΥΛΟ	10
1.2. ΤΣΙΜΕΝΤΟ-ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	11
1.3. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ	13
1.4. ΧΑΛΥΒΑΣ	14
1.5. ΧΑΛΚΟΣ	15
1.6. ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	15
1.7. ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΛΙΘΟΙ-ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	16
1.8. ΠΛΑΣΤΙΚΑ	19
1.9. ΓΥΑΛΙ	20
1.10. ΧΡΩΜΑΤΑ	21
<b>2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ</b>	23
2.1. ΟΙ 6 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 89/106 ΤΗΣ Ε.Ε.	23
<b>3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ (ΑΕΚΚ)</b>	26
3.1. ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΑ ΑΕΚΚ	30
3.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ	32
3.2.1. ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΔΙΑΛΥΤΕΣ	33
3.2.2. ΑΜΙΑΝΤΟΣ	33
3.2.3. ΧΡΩΜΑΤΑ-ΒΑΦΕΣ	36
3.2.4. ΚΟΛΛΕΣ ΚΑΙ ΡΗΤΙΝΕΣ	38
3.2.5. ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ	39
3.2.6. ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ-ΠΛΑΣΤΙΚΑ	40
3.2.7. ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΕΣ	41
3.2.8. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΗ ΞΥΛΕΙΑ	43
3.2.9. ΙΝΕΣ ΟΡΥΚΤΩΝ (ΜΟΝΩΣΗ)	45
<b>4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΕΚΚ</b>	47
4.1. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΕΚΚ	47
4.2. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΠΟ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΙΣ (ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ-ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ)	51
4.2.1. ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΑΞΥ ΟΝ SITE ΚΑΙ OFF SITE ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	56
4.3. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	57
4.4. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΚΣΚΑΦΩΝ	58
4.5. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ	60
<b>5. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΠΟ ΕΚΣΚΑΦΕΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΙΣ</b>	62
5.1. ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΕΚΚ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	65
5.2. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ	66
5.3. ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΣΕ ΧΥΤΑ	72
5.4. ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ	72
<b>6. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ</b>	75
6.1. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ	76
6.2. ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	77

6.2.1. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	77
6.2.2. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	79
6.2.2.1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΠΑΛΑΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ	81
6.2.2.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΠΑΛΑΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ	84
6.2.2.3. ΕΠΑΝΑΚΤΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	86
6.2.3. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΞΥΛΟΥ	86
6.2.4. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΓΥΑΛΙΟΥ	89
6.2.5. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ	90
6.2.6. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΟΥΒΛΩΝ, ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ, ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ	91
6.2.7. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΧΑΛΥΒΑ	93
6.2.8. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	93
6.2.9. ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΑΝΑΚΥΚΛΩΝΟΝΤΑΙ	94
6.2.10. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	95
<b>7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ</b>	98
7.1. ΟΡΙΣΜΟΣ, ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	98
7.2. Ο ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΕΝΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΟΥ	102
7.3. ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΥΛΙΚΩΝ	103
7.4. ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ	109
<b>Β ΜΕΡΟΣ (ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ)</b>	112
<b>8. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΕΚΚ</b>	112
8.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΑΕΚΚ Fatta et al	115
8.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΑΕΚΚ ΓΙΑ ΤΟΝ Ν. ΑΤΤΙΚΗΣ	118
8.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	119
8.4. ΣΥΣΤΑΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΑΕΚΚ ΑΤΤΙΚΗΣ	124
8.5. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟ 2000 ΕΩΣ ΣΗΜΕΡΑ	125
<b>9. ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΕΚΚ ΣΤΟΝ Ν. ΑΤΤΙΚΗΣ</b>	127
9.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	128
9.2. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ	138
<b>10. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΕΚΚ ΧΩΡΩΝ Ε.Ε.</b>	140
10.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΕΚΚ ΑΝΑ ΧΩΡΑ	141
10.2. ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΕΚΚ ΣΤΗΝ ΕΕ	146
10.3. ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΩΝ ΑΕΚΚ ΣΤΗΝ Ε.Ε.	148
10.4. ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΤΟΝ ΣΤΟΧΟ ΤΟΥ 70%	151
10.5. ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ (CASE STUDY)	152
<b>11. ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΕΚΚ ΣΤΟΝ Ν. ΑΤΤΙΚΗΣ</b>	158
<b>12. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ</b>	161
<b>13. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	163
<b>14. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</b>	167
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	171
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ I,II,III	

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα οικοδομικά απόβλητα αναγνωρίστηκαν ως ιδιαίτερος κλάδος στερεών αποβλήτων γύρω στο 1999. Στην Ελληνική Νομοθεσία (ν.2939/2001, παρ. 4 του άρθρου 2) χρησιμοποιείται ο όρος «απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων» (ΑΕΚΚ), ο οποίος περιγράφει απόβλητα που προέρχονται από δραστηριότητες όπως οικοδομικές εργασίες, τεχνικά έργα υποδομών και φυσικές/τεχνολογικές καταστροφές. Παράγονται κατά την κατεδάφιση οικοδομημάτων και υποδομών, την ανακαίνιση υπαρχουσών δομών και την κατασκευή νέων. Περιέχουν διάφορα συστατικά, άλλα σαφώς επικίνδυνα (αμίαντο και μονωτικά υλικά που περιέχουν αμίαντο), και άλλα που αρχικά δεν θεωρούνται επικίνδυνα αλλά μπορούν να γίνουν (πχ επεξεργασμένα ξύλα, πλαστικά). Τα προβλήματα δημιουργούνται είτε κατά την κατασκευή όταν γίνεται χρήση αυτών των υλικών αλλά και κατά την εγκατάλειψή τους στους χώρους του εργοταξίου είτε κατά την τελική τους διάθεση μετά την κατεδάφιση.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται αναλυτικά οι τρόποι διαχείρισης των ΑΕΚΚ, όπως προκύπτουν από την αντίστοιχη Ελληνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία, με ιδιαίτερη έμφαση στην επαναχρησιμοποίηση των υλικών και στην ανακύκλωση τους. Γίνεται μια αναφορά στην ανακύκλωση των κυριότερων υλικών που υπάρχουν στα ΑΕΚΚ και τονίζεται η σημασία της με την χρήση της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ), μιας μεθόδου που αποτελεί εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης. Από βιβλιογραφικές πηγές παρουσιάζονται οι τιμές της ενσωματωμένης ενέργειας που περιέχεται στα κυριότερα οικοδομικά υλικά και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπονται σε Αυστραλία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ελλάδα και Σκωτία, οι οποίες παρουσιάζουν μεταξύ τους κάποιες διαφορές, κυρίως λόγω διαφορετικής παραγωγικής διαδικασίας. Η ενσωματωμένη ενέργεια έχει άμεση σχέση με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Γίνεται εκτίμηση των παραγομένων ΑΕΚΚ στην Αττική για την περίοδο 2000-2009 από διαθέσιμα στοιχεία της ΕΣΥΕ όπως αριθμό οικοδομών, επιφάνεια κτισμάτων και αριθμό κατεδαφίσεων με τη χρήση δόκιμης μεθόδου και



προκύπτουν τα εξής μεγέθη: Για τα απόβλητα κατεδαφίσεων, αρχικά υπάρχει μια σταδιακή-γραμμική αύξηση στον αριθμό των κατεδαφιστέων κτιρίων και συνεπώς των αντίστοιχων αποβλήτων τη χρονική περίοδο 2000-2003, εν συνεχεία υπάρχει μια μικρή πτώση από το 2003-2004 και ακολουθεί μια μεγάλη αύξηση από το 2004-2005. Από το 2005 έως σήμερα παρατηρείται μια συνεχής μείωση στον αριθμό των κατεδαφίσεων, με κατεδαφίσεις του 2009 μικρότερες της δεκαετίας. Επίσης η μεταβολή των παραγόμενων ποσοτήτων αποβλήτων από τις κατασκευές έχει αντίστοιχη μορφή με αυτή των κατεδαφίσεων, αλλά αριθμητικά υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ τους καθώς τα απόβλητα κατασκευών κυμαίνονται από minimum τιμή (το 2009)  $322 \cdot 10^3$  ton σε maximum τιμή (2005)  $826 \cdot 10^3$  tn ενώ οι αντίστοιχες τιμές για τα απόβλητα κατεδαφίσεων είναι minimum (2009)  $348 \cdot 10^3$ tn και maximum (2005)  $1287 \cdot 10^3$ ton. Όσον αφορά τα απόβλητα εκσκαφών, οι ποσότητες τους είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες (κατασκευών και κατεδαφίσεων) καθώς παρουσιάζουν minimum (2009)  $8373 \cdot 10^3$  ton (26 φορές παραπάνω από τα απόβλητα κατασκευών και 24 φορές από αυτά των κατεδαφίσεων) και maximum (2005)  $16216 \cdot 10^3$ tn (20 φορές παραπάνω από τα απόβλητα κατασκευών και 12,5 φορές από αυτά των κατεδαφίσεων).

Η σύσταση των ΑΕΚΚ για τον ν. Αττικής υπολογίζεται με βάση την τυπική σύσταση των ευρωπαϊκών ΑΕΚΚ. Γίνεται επίσης μια αναφορά στην μοναδική πιλοτική μονάδα ανακύκλωσης ΑΕΚΚ που λειτούργησε στον ν. Αττικής, στα Άνω Λιόσια, για περίοδο 6 μηνών το 2003, παρουσιάζεται η διαδικασία διαχείρισης των ΑΕΚΚ και τα αποτελέσματα λειτουργίας της. Η σύσταση των ΑΕΚΚ για τον Ν. Αττικής όπως εκτιμήθηκε βρέθηκε ελαφρώς διαφοροποιημένη από την καταγεγραμμένη σύσταση στην πιλοτική μονάδα του Δήμου Ν. Λιοσίων, καθώς αυτή αναφερόταν ως επί το πλείστον σε απόβλητα κατεδαφίσεων λόγω του σεισμού το 1999. Αναλύονται τα στοιχεία που δίνει η Ευρωπαϊκή Ένωση για τα ΑΕΚΚ και την διαχείρισή τους στα κράτη μέλη της σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής του 2010 και συγκρίνονται με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας. Βάσει της συγκεκριμένης μελέτης, για την Ελλάδα παρουσιάζεται ανακύκλωση στα ΑΕΚΚ γύρω στο 5%.

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει ένα οργανωμένο δίκτυο συλλογής και αξιοποίησης των υλικών που περιέχονται στα απόβλητα αυτά. Οι ενέργειες αξιοποίησης χαρακτηρίζονται αποσπασματικές και έγκεινται στην δραστηριότητα των εργολάβων που έχουν αναλάβει τα αντίστοιχα έργα. Αξιοποιούνται κυρίως χρήσιμα υλικά, ενώ το ρεύμα των αδρανών χρησιμοποιείται για εργασίες επιχωματώσεων και για την αποκατάσταση παλαιών λατομείων. Ιδιαίτερα για τον ν. Αττικής, υπολογίζεται ότι περίπου 1,9 εκατομμύρια τόνοι χώματος χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη του λατομείου Ζωίτσα, στην Αγία Μαρίνα στο Κορωπί με χρέωση περίπου 1€/τόνο, περίπου 1,7 εκατομμύρια τόνοι μεταφέρονται στον ΧΥΤΑ στα άνω Λιόσια για επικάλυψη των αστικών απορριμμάτων και σχεδόν 665.000 τόνοι ΑΕΚΚ απορρίπτονται ανεξέλεγκτα σε παράνομες χωματερές.

Επίσης παρουσιάζονται τα οικονομικά στοιχεία της προαναφερθείσας πιλοτικής μονάδας ανακύκλωσης των ΑΕΚΚ καθώς επίσης και οικονομικά δεδομένα από την διεξαγωγή μιας μελέτης για την κατασκευή μονάδας ανακύκλωσης στον νομό Ροδόπης, δυναμικότητας 400τόνους/ημέρα και κόστους γύρω στα 3 εκατομμύρια €. Έτσι για την επεξεργασία περίπου 700.000t ΑΕΚΚ (κατασκευές και κατεδαφίσεις, παραγωγή 2009), και με την προϋπόθεση ότι θα γίνεται διαλογή/διαχωρισμός στην πηγή (εργοτάξιο) των αποβλήτων εκσκαφών σε σχέση με αυτά των κατασκευών και κατεδαφίσεων, χρειάζονται περίπου 5-6 τέτοιες μονάδες συνολικού κόστους 15-18.000.000€..

Τέλος προτείνονται κάποια ενδεικτικά μέτρα, τα οποία θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και να γίνει άμεση προσπάθεια από όλους τους φορείς για την μείωση αυτών των αποβλήτων.

## ABSTRACT

Waste from the construction industry was identified as a particular waste stream around 1999. The Greek Law 2939/2001, (paragraph 4 of Article 2) uses for the first time the term “construction, demolition and excavation waste” (CDEW), which describes waste from activities such as construction, technical infrastructure and natural / technological disasters. This waste stream is produced by the demolition of buildings and infrastructure, by renovation of existing structures and by building new ones. They contain several ingredients, some of them very dangerous (for example materials containing asbestos), and some other potentially dangerous (treated wood, plastic). The problem occurs not only at the use of these materials during construction, but also at their abandonment in areas of the site or at their disposal after demolition.

In addition, the management practices of the CDEW according to the national and European legislation are presented, and especially the reuse and the recycle of these materials. Also, the recycle of the materials in the CDEW is combined with the Life Cycle Analysis (LCA), a tool for environmental management. From literature, the embodied energy of the materials which are used at the construction industry, and their emissions of carbon dioxides in Australia, United Kingdom, Scotland and Greece are presented. It is very important to understand that the differences of the prices of the embodied energy and CO<sub>2</sub> emissions between the countries are mainly due to differences in the process of the materials.

In the present study, the Construction, Demolition and Excavation waste (CDEW) amounts generated in Athens for the period 2000-2009 were estimated from data available from the National Statistical Service of Greece (such as number of buildings, surface of the buildings and a number of demolitions) and by using a calculation estimation model, based on Greek data. The results of the above estimation are: For the demolition waste, from 2000 to 2003, a raise of the demolished buildings leads to a raise of this waste stream. The maximum peak of the demolition waste is presented in 2004-2005 and since then it presents a

continuous declining trend. Almost the same applies to the construction waste stream, but there is a difference between them because the construction waste range from minimum (2009)  $322 \cdot 10^3$  ton to maximum (2005)  $826 \cdot 10^3$  ton, while the demolition waste range from minimum (2009)  $348 \cdot 10^3$  ton to maximum (2005)  $1287 \cdot 10^3$  ton. As for the excavation waste, their quantities are greater than the two other waste streams, as it ranges from minimum (2009)  $8373 \cdot 10^3$  ton (26 times more than the construction waste and 24 times more than demolition waste) to maximum (2005)  $16216 \cdot 10^3$  tn (20 times more than the construction waste and 12,5 times more than demolition waste).

The composition of CDEW in Athens was evaluated according to a typical composition of the CDEW in the European Union. This study also presents the results from the operation of a pilot plant for recycling of CDW, located in the municipality of Ano Liossia. The plant operated during a net total period of approximately six months (of year 2003), processing about 30.000 tons of such materials. The estimated composition for the CDEW in Athens was slightly varied from the results from the above pilot plant because the materials that were leaded to this plant were mostly collected as a result of an earthquake in September 1999 in Northwest Attica, so there were mostly demolition wastes.

Based on data of the European Union, the recycling of CDEW in Greece corresponds to 5%. in Greece there is no organized management and treatment of the CDEW, and the recovery actions are fragmentary. Only the flow of aggregate, especially from excavation sites, is it used for restoration of old quarries and for coating the municipal waste, at the landfills. Especially for Athens, 1.9 million tons of aggregates are used for the restoration of an old quarry in the municipality of Koropi charging 1€/ton and 1.7 million tons of aggregates are transferred to landfill of the municipality of Ano Liossia in order to cover the municipal waste. So, almost 665.000 tons of CDEW are uncontrolled rejected.

This study also presents the financial data of the above pilot plant for recycling CDEW as well as the economic data from a study for building an analogous recycling plant in the prefecture of Rodopi with capacity of 400tons/day and with

cost around 3 million €. So, for the management of 700.000tons construction and demolition waste (2009 production) and under the condition that a site source separation for the excavation waste stream is taking place, almost 5-6 CDEW recycling plants are needed with a total cost of 15-18.000.000€..

Finally some indicative measures which could lead to a better management of the CDEW are proposed and if we all make an effort, it is sure that this waste stream could be reduced.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ποσότητα των αποβλήτων που παράγονται από τις διάφορες οικοδομικές εργασίες (Απόβλητα Εκσκαφών Κατασκευών και Κατεδαφίσεων - ΑΕΚΚ) ανέρχεται σε αρκετά εκατ. τόνους ετησίως. Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από την έλλειψη δικτύου συλλογής και διαχείρισης των υλικών που περιλαμβάνονται στα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων. Οι περιορισμένες δράσεις είναι αποσπασματικές και κύρια είναι πρωτοβουλίες κατασκευαστών και επιχειρήσεων. Ειδικότερα λίγα υλικά επαναχρησιμοποιούνται, όπως για παράδειγμα καλώδια, γυαλί, πλαίσια κουφωμάτων και παραθύρων. Ορισμένες ποσότητες καταλήγουν σε χωματερές, ενώ οι μεγαλύτερες ποσότητες εναποτίθενται είτε σε μη ελεγχόμενες είτε σε ακατάλληλες περιοχές.

Αναλυτικά δεδομένα για την υπάρχουσα κατάσταση (παραγωγή, σύσταση και μέθοδοι διαχείρισης) στην ΕΕ και ειδικότερα στην Ελλάδα έχουν δημοσιευτεί κυρίως στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος SUSCON, στο πρόγραμμα LIFE-ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, που γίνεται ανασκόπηση της οικοδομικής δραστηριότητας σε Ελλάδα και Κύπρο (ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ LIFE – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ «Αειφόρος Κατασκευή στο Δημόσιο και Ιδιωτικό Τομέα μέσω της Ολοκληρωμένης Πολιτικής Προϊόντων», Εκτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από την Κατασκευαστική Δραστηριότητα σε Ελλάδα και Κύπρο, Μάρτιος 2006).

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η εκτίμηση των ποσοτήτων των οικοδομικών αποβλήτων στο ν. Αττικής για την περίοδο 2000-2009 με τη χρήση δόκιμης μεθόδου, η οποία βασίζεται σε διαθέσιμα στοιχεία της ΕΣΥΕ όπως αριθμό οικοδομών, επιφάνεια κτισμάτων και αριθμό κατεδαφίσεων και έχει ήδη χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στο παραπάνω πρόγραμμα.

Επιπλέον σκοπός είναι η παρουσίαση της υπάρχουσας εθνικής νομοθεσίας και οι στόχοι που έχουν τεθεί για την διαχείριση των ΑΕΚΚ καθώς επίσης και η παρουσίαση τόσο των παραγόμενων ποσοτήτων ΑΕΚΚ αλλά και της διαχείρισης τους στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Τέλος, γίνεται μια προσπάθεια εκτίμησης της τωρινής διαχείρισης τους, ιδιαίτερα στον ν. Αττικής, συνδυάζοντας και μια οικονομική αποτίμηση του εκάστοτε τρόπου διαχείρισης.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

# Α ΜΕΡΟΣ

## 1. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Ο κλάδος των κατασκευών καταναλώνει μεγάλες ποσότητες φυσικών πόρων (αδρανή υλικά, ορυκτά, ξύλο και νερό) καθώς και ενέργεια. Το ξύλο, το τσιμέντο, ο χάλυβας, το αλουμίνιο, τα συνθετικά υλικά, τα χρώματα, τα βερνίκια, οι οργανικοί διαλύτες και τα άλλα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές, χρειάζονται μεγάλες ποσότητες πρώτων υλών και ενέργειας για την παραγωγή τους, την μεταφορά τους και την ενσωμάτωση τους σε μια κατασκευή.

Πολλά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή, την ανακαίνιση και την συντήρηση μιας οικοδομικής δραστηριότητας περιέχουν τοξικές ουσίες που ρυπαίνουν τον αέρα και τα νερά και προκαλούν βλάβες στην υγεία των ανθρώπων και στα φυσικά οικοσυστήματα. Οι ουσίες αυτές περιέχονται και στα υλικά κατεδάφισης και για να μπορέσουμε να αναλύσουμε τις συνιστώσες της αλληλεπίδρασης των δομικών υλικών μιας κατασκευής με το περιβάλλον παρουσιάζεται ο κάτωθι Πίνακας 1 με τα κυριότερα υλικά που χρησιμοποιούνται σε μια κατασκευή.



ΣΤΑΔΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ
Φέρων οργανισμός	Τσιμέντο, αδρανή και χημικά πρόσμικτα για το σκυρόδεμα, χάλυβας σπλισμού, ξυλεία για τα καλούπια
Τοιχοποιίες	Οπτόπλινθοι, τσιμεντότουβλα, πλίνθοι από πορομπετόν, τσιμεντοσανίδες, γυψοσανίδες, θερμομονωτικά υλικά όπως πολυστερίνη ή πετροβάμβακας, συνδετικό κονίαμα τοιχοποιίας
Επιχρίσματα	Τσιμέντο, αδρανή, ασβέστης, γύψος, έτοιμοι σοβάδες τσιμεντοειδής και πολυμερικοί
Υδραυλικά	Σωληνώσεις χαλκού, σιδήρου, χάλυβα, πλαστικού, εξαρτήματα
Ηλεκτρολογικά	Καλώδια, σωληνώσεις, πίνακες διανομής ρεύματος, μετασχηματιστές
Ξυλουργικά	Κουζίνες, ντουλάπες
Βαφές	Χρώματα, αστάρια, στόκοι σπατουλαρίσματος
Στέγες-δώματα	Κεραμίδια, ξυλεία, θερμομονωτικά υλικά, στεγανωτικά υλικά (ασφαλτικά, πολυμερή, έτοιμες μεμβράνες)
Κουφώματα	Αλουμινίου, ξύλου, πλαστικού, υαλοπετάσματα
Επιστρώσεις δαπέδων	Πλακίδια, μάρμαρα, ξύλινα, πλαστικά, εποξειδικά, τσιμεντοκονιάματα, κόλλες και αρμόστοκοι

Πίνακας 1: Δομικά υλικά στην κατασκευή<sup>1</sup>

## 1.1. ΞΥΛΟ

Το ξύλο είναι από τα παλαιότερα δομικά υλικά και παρά την ανάπτυξη πολλών ανταγωνιστικών υλικών, συνεχίζει να διατηρεί την αξία του σε πολλές παραδοσιακές χρήσεις, αλλά και να αυξάνει σταθερά την χρησιμοποίηση του με την δημιουργία νέων προϊόντων ξύλου. Αυτό οφείλεται στα μοναδικά πλεονεκτήματα που έχει σε σχέση με τα άλλα δομικά υλικά:

- Δυνατότητα περαιτέρω επεξεργασίας και διάθεσης
- Καλή μονωτική ικανότητα από θερμότητα και ψύχος
- Ελαφρό βάρος και υψηλή στερεότητα, συνεπώς έχει μεγάλη μηχανική αντοχή σε σχέση με το βάρος του
- Είναι αισθητικά ασυναγώνιστο καθώς κυκλοφορεί σε μεγάλη ποικιλία χρωμάτων, υφής, σχεδίασης
- Είναι ανανεώσιμο φυσικό οργανικό υλικό
- Έχει μεγάλο χρόνο ζωής

- Η κατεργασία του γίνεται με μικρή κατανάλωση ενέργειας και είναι εύκολη η σύνδεση του.

Είδος έργου	Ξύλο
Στέγες	Ελάτη
Κουφώματα	Ελάτη, Πεύκη, Δρυς
Δάπεδα	Πεύκη, Δρυς, Καστανιά, Οξυά
Σκάλες	Πεύκη, Πίτσ-Πάιν
Πάσσαλοι θεμελίων	Λάρτζινο, Οξυά, Δρυς, Καστανιά
Βοηθητικά ικριώματα	Ελάτη, Πεύκη

Πίνακας 2: Είδη ξύλων και χρήση<sup>2</sup>

## 1.2. ΤΣΙΜΕΝΤΟ-ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Το τσιμέντο είναι μια υδραυλική συνδετική κονία. Δηλαδή είναι ένα λεπτά διαμερισμένο ανόργανο υλικό (ψημένος και αλεσμένος ασβεστόλιθος-σκόνη) που σε ανάμειξη με νερό σχηματίζει μια πάστα η οποία πήζει και σκληραίνει μέσω αντιδράσεων και διεργασιών ενυδάτωσης και μετά την σκλήρυνση επανακτά την αντοχή και την σταθερότητα ακόμα και μέσα στο νερό.

Ο όρος τσιμέντο ή τσιμεντοκονία αναφέρεται στη συνδετική σκόνη, συνήθως προ της ανάμιξης με νερό, χωρίς άλλα αδρανή πρόσθετα όπως άμμος και χαλίκι. Ενώ το σκυρόδεμα αναφέρεται είτε στο μείγμα τσιμέντου με ποσότητα από άλλα αδρανή υλικά, είτε συνήθως στο στερεό κατασκευαστικό υλικό που προκύπτει μετά την ανάμειξη αυτού του μίγματος με νερό, πήξη και σκλήρυνση. Η χημική αντίδραση του τσιμέντου με το νερό (ενυδάτωση τσιμέντου) παράγει προϊόντα που έχουν χαρακτηριστικά πήξης και σκλήρυνσης. Ουσιαστικά η χημεία-τεχνολογία του σκυροδέματος είναι η χημεία της αντίδρασης μεταξύ του τσιμέντου και του νερού.

Σύμφωνα με τον ελληνικό κανονισμό τσιμέντων (EN 196-1) τα τσιμέντα χωρίζονται στους εξής τύπους ανάλογα με την σύνθεσή τους<sup>3</sup>:

- Τύπος I (Τσιμέντο Portland) Χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από την άλεση του κλίνκερ με προσθήκη γύψου 2-3% και filler<3% κ.β.

- Τύπος II (Τσιμέντο Portland με ποζολάνες) Χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που περιέχουν ποζολάνες. Το αδιάλυτο υπόλειμμα ανέρχεται σε ποσοστό 20% κ.β.
- Τύπος III (Ποζολανικά τσιμέντα Portland) Περιέχουν ποζολάνη σε ποσοστό μεγαλύτερο από εκείνα του τύπου II. Το αδιάλυτο υπόλειμμα ανέρχεται σε ποσοστό 20-40%. Παρουσιάζουν χαμηλότερη θερμότητα ενυδάτωσης, και ενδείκνυνται σε ογκώδη έργα (πχ. υπερχειλιστές ΔΕΗ κλπ)
- Τύπος IV(Τσιμέντο Portland ανθεκτικό στα θειικά άλατα) Δεν περιέχουν ποζολάνες αλλά το αργιλικό τριασβέστιο πρέπει να είναι μικρότερο του 3,5% και η περιεκτικότητα σε να μην υπερβαίνει το 2,5%.

Το σκυρόδεμα χαρακτηρίζεται από τις εξής ιδιότητες:

- Είναι εύπλαστο και μπορεί να παίρνει οποιοδήποτε σχήμα με την βοήθεια ξύλινων ή μεταλλικών καλουπιών
- Συνεργάζεται εύκολα με άλλα υλικά όπως χάλυβα, γυαλί κ.α.
- Το χαμηλό κόστος του επιτρέπει την κατασκευή σχετικά φθηνών έργων.

Το σκυρόδεμα στις κατασκευές χρησιμοποιείται κυρίως ως απλό ή οπλισμένο.

Το απλό ή άοπλο σκυρόδεμα αποτελείται από τσιμέντο, νερό και άμμο. Χρησιμοποιείται κυρίως για δάπεδα κατοικιών, αποθηκών, εργοστασίων όταν αυτά εφάπτονται πάνω σε στερεή βάση (π.χ. χώμα, βράχος) ή για την κατασκευή διάφορων υλικών (π.χ. τσιμεντόλιθων, τσιμεντόπλακων).

Το οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελείται από τα υλικά του απλού σκυροδέματος καθώς επίσης και τον οπλισμό (χαλύβδινες βέργες). Οι συνηθέστεροι φέροντες οργανισμοί από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι οι πλάκες, δοκοί και πλακοδοκοί, υποστυλώματα, τοιχώματα, πέδιλα, πλαίσια και κελύφη. Γι' αυτό το σκυρόδεμα χρησιμοποιείται κυρίως οπλισμένο έτσι ώστε να γίνεται συνδυασμός της αντοχής σε θλίψη (σκυρόδεμα) και εφελκυσμού (χαλύβδινος εξοπλισμός).<sup>4</sup>

### 1.3. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ<sup>5</sup>

Το κονίαμα είναι μίγμα άμμου, νερού και μιας συνδετικής ύλης (κονίας). Ενώ στο σκυρόδεμα οι συνδετικές ύλες είναι κυρίως τα τσιμέντα, στα κονιάματα χρησιμοποιούνται διαφορετικές ύλες, όπως για παράδειγμα τσιμέντο, ασβέστης, γύψος και πηλός. Το κονίαμα είναι κατάλληλο για να γεμίζει τους οριζόντιους και κάθετους αρμούς των λίθων και πλίθων και μετά το πήξιμό τους εξασφαλίζει την άκαμπτη σύνδεσή τους σε ένα συμπαγές σώμα. Επίσης χρησιμοποιούνται για την εξομάλυνση επιφανειών τοίχων και ορόφων αλλά και για την προστασία της οικοδομής από τις καιρικές συνθήκες. Τα κονιάματα χρησιμοποιούνται με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

#### α. Συνδετικά υλικά

Στο κτίσιμο των τοίχων από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους παρεμβάλλονται μεταξύ των οριζόντιων και κατακόρυφων αρμών και γεμίζουν έτσι τα κενά που υπάρχουν ανάμεσα στις πέτρες και τα τούβλα. Τα κονιάματα συνδέουν τους λίθους μεταξύ τους και κάνουν συμπαγέστερο και στερεότερο τον τοίχο.

#### β. Καλυπτικά και μονωτικά υλικά

Για την εξομάλυνση και την καλύτερη εμφάνιση των ορατών επιφανειών τοίχων, στύλων, ορόφων χρησιμοποιείται λεπτό στρώμα κονιάματος πάχους 2.5-3.5cm. Το είδος του κονιάματος που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε περίπτωση εξαρτάται από την θέση του στοιχείου που θα καλυφθεί (εξωτερικές ή εσωτερικές επιφάνειες τοίχων, κτλ) και από την εμφάνιση που επιθυμούμε να δώσουμε (μαρμαροκονιάματα κτλ). Επίσης ορισμένα είδη κονιαμάτων χρησιμοποιούνται για την στεγανοποίηση ειδικών έργων. Έτσι οι εσωτερικές επιφάνειες δεξαμενών νερού ή άλλων υγρών χώρων στεγανοποιούνται με ένα στρώμα κονιάματος. Οι αρμοί μεταξύ των πλακών που καλύπτουν διάφορες επιφάνειες καλύπτονται με κονίαμα για να παρεμποδιστεί η διόδος του νερού ή των υγρών. Τέλος όπου απαιτείται, χρησιμοποιούνται ειδικά κονιάματα για ακουστικές ή θερμικές μονώσεις.

#### γ. Πρώτες ύλες για την κατασκευή τεχνητών λίθων.

Ορισμένα κονιάματα, π.χ. τα πηλοκονιάματα και τσιμεντοκονιάματα, χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την κατασκευή τεχνητών λίθων, όπως είναι τα τούβλα και διάφοροι τύποι τσιμεντόλιθων.

#### 1.4. ΧΑΛΥΒΑΣ<sup>5</sup>

Ο χάλυβας προέρχεται από το σίδηρο, με κατάλληλη επεξεργασία και κάποιες προσμίξεις. Είναι ένα κράμα σιδήρου-άνθρακα, που επίσης περιέχει πολύ μικρά ποσοστά πυριτίου, φωσφόρου, θείου και ενδεχομένως και άλλων στοιχείων. Τα είδη χαλύβων που παράγονται και διατίθενται στην αγορά είναι πολλά και διαφορετικά, με διαφορετικές ιδιότητες και εφαρμογές. Ένα από τα είδη είναι και ο χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος.

Ο χάλυβας είναι από τα πιο διαδεδομένα δομικά υλικά και χρησιμοποιείται σε όλους τους κατασκευαστικούς κλάδους (οικοδομική, ναυπηγική κλπ). Έχει ιδιαίτερη χρήση στις οικοδομικές κατασκευές διότι αποτελεί τον οπλισμό του σκυροδέματος. Μπορεί με κατάλληλη επεξεργασία να γίνει πολύ σκληρός και ανθεκτικός. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες χαλύβων:

- Οι μαλακοί χάλυβες έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα (0.26%), είναι μαλακοί και ελατοί και χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ράβδων του οπλισμένου σκυροδέματος, σωλήνες, φύλλα χάλυβα κτλ.
- Οι κατασκευαστικοί χάλυβες έχουν περιεκτικότητα σε άνθρακα μεταξύ 0.15 και 0.25% και χρησιμοποιούνται για την παρασκευή υποστυλωμάτων, δοκών κ.α.
- Οι ανοξειδωτοί χάλυβες είναι χάλυβες που περιέχουν χρώμιο, το οποίο όταν έρχεται σε επαφή με το οξυγόνο δημιουργεί ένα μικροσκοπικό στρώμα (10–100 nm) τριοξειδίου του χρωμίου ( $Cr_2O_3$ ), το οποίο προστατεύει το μεταλλικό υπόστρωμα από την οξείδωση και την διάβρωση. Στη δομική βιομηχανία χρησιμοποιούνται οι ανοξειδωτοί χάλυβες για την παρασκευή συρμάτων και καλωδίων, για διακοσμητικές επικαλύψεις και για την κατασκευή αντικειμένων, όπως νεροχύτες.

## 1.5. ΧΑΛΚΟΣ

Ο χαλκός και τα κράματά του είναι υλικά, τα οποία χρησιμοποιούνται συχνά στις μεταλλικές κατασκευές και την οικοδομική. Χρησιμοποιούνται ως υδρορροές, επενδύσεις προσόψεων, υδροσωλήνες, κιγκλιδώματα κλιμάκων, μεταλλικά εξαρτήματα σε πόρτες, παράθυρα κ.τ.λ.

Η χρήση του χαλκού βασίζεται σε μερικές χαρακτηριστικές του ιδιότητες. Έχει πολύ καλή ηλεκτρική αγωγιμότητα και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται σε καλώδια ρεύματος, καλή αντοχή στη διάβρωση και χρησιμοποιείται σε υδρορροές, επικαλύψεις προσόψεων, σωλήνες και στέγες. Επίσης παρουσιάζει καλή θερμοαγωγιμότητα και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται σε σωλήνες θέρμανσης-ψύξης. Έχει μεγάλη ευκαμψία και αυτό βοηθάει στο να διαμορφωθεί εύκολα με θέρμανση ή ψύξη.

Στις δομικές εργασίες δεν χρησιμοποιείται μόνο καθαρός χαλκός αλλά και κράματά του, από τα οποία τα σπουδαιότερα είναι ο ορείχαλκος και ο νεάργυρος. Ο ορείχαλκος περιέχει χαλκό και ψευδάργυρο καθώς και μόλυβδο για τη βελτίωση της ικανότητας επεξεργασίας. Ο νεάργυρος είναι κράμα τύπου ορείχαλκου με βάση τον χαλκό και με τουλάχιστον 10% νικέλιο.

## 1.6. ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ<sup>6</sup>

Το αλουμίνιο δεν ανήκει στα βαρέα μέταλλα και έχει ως πρώτη ύλη τον βωξίτη. Έχει πολύπλευρες δυνατότητες δομικών εφαρμογών, τόσο σαν καθαρό αλουμίνιο όσο και με την μορφή κραμάτων. Το αλουμίνιο και τα κράματά του μπορούν να υποστούν κατεργασία με αφαίρεση υλικού πολύ ευκολότερα από άλλα μέταλλα.

Παρουσιάζει πολλές ιδιότητες :

- Είναι ελαφρύ. Οι πόρτες και τα παράθυρα είναι ελάχιστα βαρύτερα από τα ξύλινα.
- Έχει αντοχή.
- Είναι ανθεκτικό στη διάβρωση. Σχηματίζεται στην επιφάνεια του μια λεπτή αλλά πυκνή και με ισχυρή πρόσφυση οξειδωμένη στοιβάδα. Με

επιφανειακή επεξεργασία (ανοδική οξείδωση), αυτή η οξειδωμένη στοιβάδα ενισχύεται. Για αυτόν τον λόγο το αλουμίνιο είναι ανθεκτικό στις κανονικές ατμοσφαιρικές επιδράσεις. Η διάρκεια ζωής των αλουμινένιων τεμαχίων στις μεταλλικές κατασκευές είναι εξαιρετικά μεγάλη.

- Διαμορφώνεται εύκολα και παρουσιάζει πολύπλευρη κατεργασία. Μπορεί να υποστεί : έλαση, σφυρηλασία, συμπίεση, τριόνισμα, τρύπημα κ.ά. Ορισμένα χυτοκράματα, μπορούν να χυτευθούν καλά, ενώ άλλα μπορούν να συγκολληθούν.
- Είναι καλός αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτρισμού. Το 95% των αγωγών υψηλών τάσεων έχουν πυρήνα από σύρματα αλουμινίου.
- Δεν είναι ανθεκτικό στην θερμότητα.
- Η χαμηλή πυκνότητά του σε συσχέτισμό με την μεγάλη του αντοχή και την ανθεκτικότητά του στην διάβρωση το κάνουν ένα εξαιρετικό υλικό για τις ελαφριές κατασκευές.
- Έχει μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Είναι ακριβό σε σχέση με τον χαλκό.
- Είναι ανακυκλώσιμο, αλλά η διεργασία είναι ενεργοβόρα.

Για επικαλύψεις στεγών και επενδύσεων τοίχων χρησιμοποιείται αλουμίνιο μόνο σε ταινίες και φύλλα. Τα φύλλα χρησιμοποιούνται και για διακοσμητικούς λόγους. Το κράμα του χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή τυποποιημένων ελασμάτων. Ακόμη κυκλοφορούν φύλλα και ταινίες αλουμινίου με επικαλύψεις. Η πιο διαδεδομένη χρήση του είναι τα κουφώματα αλουμινίου και κυρίως τα εξωτερικά τα οποία έχουν μεγάλη αντοχή στις καταπονήσεις, μπορούν να καλύψουν μεγάλα ανοίγματα, μικρό βάρος και καλή λειτουργία. Γι αυτούς τους λόγους θεωρούνται και πιο αποτελεσματικά από τα ξύλινα κουφώματα.

## **1.7. ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΛΙΘΟΙ-ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ<sup>7</sup>**

Στους τεχνητούς λίθους περιλαμβάνονται κυρίως :

- α) οι οπτόπλινθοι,
- β) τα κεραμίδια,

γ) άλλοι τεχνητοί δομικοί λίθοι είναι τα εμφανή τούβλα, οι πυρίμαχοι πλίνθοι, οι πλίνθοι πατωμάτων και οροφής, οι πλίνθοι καπνοδόχων και επένδυσης σηράγγων, τα υπέρθυρα τούβλα και οι πλάκες πεζοδρομίων και δρόμων, οι πηλοσωλήνες, τα κεραμικά πλακίδια, τα προϊόντα πορσελάνης, τα κεραμικά προηγμένης τεχνολογίας και τα κεραμικά σύνθετα, οι τσιμεντόλιθοι, οι πλίνθοι και οι πλάκες πεζοδρομίου, οι πλάκες δαπέδου, τα κρασπεδόρειθρα, οι σωλήνες και τα άοπλα και οπλισμένα προκατασκευασμένα δομικά στοιχεία τοίχου και οροφής,

δ) τα υαλότουβλα, διάφορα προϊόντα γύψου, όπως γυψότουβλα, πλάκες τοίχου και γυψοσανίδες καθώς και προϊόντα αμιαντοτσιμέντου και ελαφροκυροδέματος

Οι οπτόπλινθοι, ή αλλιώς τούβλα, είναι τεχνητά υλικά και ανήκουν στην κατηγορία των τεχνητών λίθων. Τη χρήση τους στις κατασκευές τη συναντάμε ακόμη και στα αρχαία χρόνια λόγω της έλλειψης φυσικών λίθων, σε μέρη που είχε μόνο χώμα, καθώς έφτιαχναν ψημένο χώμα με τρίχες κασίκας και γυαλιά, (για παράδειγμα στην Μεσοποταμία ή στα παράλια του Νείλου).

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα στη χρήση των τεχνητών λίθων και γενικότερα των τεχνικών υλικών σε αντιδιαστολή προς τα φυσικά υλικά είναι τα εξής:

α) σταθερότητα στην εκδήλωση των ιδιοτήτων τους και γενικά στη συμπεριφορά τους στις εξωτερικές επιδράσεις,

β) δυνατότητα κατασκευής υλικών οποιασδήποτε μορφής και διαστάσεων,

γ) τυποποίηση των διαστάσεων και της ποιότητας τους,

δ) δυνατότητα κατασκευής υλικών με αυξημένο βαθμό εκδηλώσεως ορισμένων ιδιοτήτων,

ε) έχουν μικρότερο βάρος,

στ) παρέχουν ασφάλεια απέναντι σε κινδύνους και προστασία απέναντι σε ατμοσφαιρικές μεταβολές και

ζ) είναι οικονομικά.

Τα τούβλα είναι κεραμικά προϊόντα, δηλαδή κατασκευάζονται με το ψήσιμο της αργίλου (πηλοκονίαμα) σε υψηλή θερμοκρασία αφού πρώτα της δοθεί η κατάλληλη μορφή. Έχουν πρισματικό σχήμα και το χρώμα τους εξαρτάται από τη



χημική σύσταση της αργίλου και κυρίως από την περιεκτικότητά της σε οξειδία του σιδήρου. Τα τούβλα διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- α. Συμπαγή
- β. Διάτρητα
- γ. Ειδικά

Τα συμπαγή τούβλα έχουν αρκετά μεγάλη αντοχή σε σύγκριση με τα άλλα είδη οπτόπλινθων. Στις προηγούμενες δεκαετίες αυτή η κατηγορία οπτόπλινθων έπαιζε πολύ σημαντικό ρόλο στις κατασκευές λόγω του ότι αποτελούσε σε μεγάλο βαθμό το φέροντα οργανισμό των κατασκευών. Τα τελευταία χρόνια όμως έχουν εξαλειφθεί σχεδόν από την αγορά επειδή το φέροντα οργανισμό των κατασκευών αποτελεί το οπλισμένο σκυρόδεμα. Συνεπώς τα τούβλα πλέον χρησιμοποιούνται για το μη φέροντα οργανισμό όπως χωρίσματα στο εσωτερικό των κατασκευών, κτλ.

Τα συμπαγή τούβλα κατασκευάζονται είτε ως χειροποίητα είτε ως μηχανοποίητα πρέσας. Από άποψη ποιότητας γενικά προηγούνται τα τούβλα πρέσας. Είναι συμπαγέστερα, βαρύτερα και εκδηλώνουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή, είναι τελειότερα κατά το σχήμα και οι ακμές τους είναι απολύτως ευθείες. Χρησιμοποιούνται σήμερα για την κατασκευή ειδικών τεχνικών έργων όπως οι καπνοδόχοι, οι εξωτερικοί τοίχοι καμίνων, τοίχων και ως επί των πλείστων ως διακοσμητικά.

Τα κεραμίδια χρησιμοποιούνται κυρίως για την επικάλυψη των στεγών κτιρίων κατοικιών ή δημόσιας χρήσης και μπορούν να προσαρμοστούν σε επιφάνειες με έντονες κλίσεις και σύνθετα σχήματα. Είναι μικρά στοιχεία επικάλυψης, συγκεκριμένα: πλακίδια από φυσική πέτρα, από ασφαλτικά υλικά, από μέταλλο ή από συνδυασμούς αυτών των υλικών. Τα κεραμίδια αποτελούν ένα παραδοσιακό και καλαίσθητο υλικό επικάλυψης στεγών που είναι αδιαπέραστο από το νερό, αλλά ταυτόχρονα έχει δυνατότητα αναπνοής, είναι άκαυστο και παρουσιάζει μεγάλη ικανότητα θερμομόνωσης.

## 1.8. ΠΛΑΣΤΙΚΑ

Τα πλαστικά είναι ανθεκτικά οργανικά υλικά. Τα πλαστικά είναι σχεδόν αποκλειστικά πολυμερή μεγάλου μοριακού βάρους, εξού και η ονομασία πολλών εξ αυτών φέρει το πρόθεμα πολυ-, και που μπορεί να περιέχουν πρόσθετα, οργανικά ή μη, για βελτίωση των ιδιοτήτων τους (μηχανική αντοχή, εμφάνιση, χρώμα κλπ). Κύριο συστατικό παρασκευής τους είναι οι συνθετικές ρητίνες που διακρίνονται σε "εποξειδικές" και "ακρυλικές".

Υπάρχει ιδιαίτερα μεγάλο πλήθος εντελώς διαφορετικών μεταξύ τους πλαστικών, ωστόσο μπορούμε να τα κατατάξουμε σε δύο κατηγορίες. Τα θερμοπλαστικά είναι πολυμερή που αποκτούν μεγαλύτερη πλαστικότητα, δηλαδή ευκολία στο να παραμορφωθούν και να αποκτήσουν το σχήμα που επιθυμούμε, κάθε φορά που θερμαίνονται. Στα θερμοσκληρυνόμενα κατά την πρώτη θέρμανση και ανάμιξη των συστατικών τους προκαλείται πολυμερισμός και σκλήρυνση κατά τρόπο μη αντιστρεπτό. Δηλαδή τα θερμοσκληρυνόμενα μετά την πήξη τους δεν δύνανται να μορφοποιηθούν περαιτέρω.

Είναι υλικά μεγάλης σημασίας και η πολύπλευρη χρησιμοποίησή τους βασίζεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους καθώς και στη δυνατότητα παραγωγής πλαστικών με πολύ διαφορετικές ιδιότητες. Έτσι υπάρχουν πλαστικά τα οποία είναι σκληρά, ανθεκτικά και ελαστικά, καθώς και άλλα πλαστικά τα οποία είναι μαλακά με ιδιότητες καουτσούκ, και άλλα εύπλαστα τα οποία διαμορφώνονται εύκολα ή μπορούν να χυτευθούν.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι:

- α. έχουν μικρό ειδικό βάρος
- β. μπορούν να παρασκευαστούν από αυτά σκληρά ή εύκαμπτα εξαρτήματα
- γ. έχουν μικρή θερμοαγωγιμότητα
- δ. έχουν μεγάλη ικανότητα σε μόνωση
- ε. έχουν μεγάλη αντοχή στην διάβρωση και μεγάλη υδατοαπορροφητικότητα
- στ. σε αντίθεση με τα φυσικά προϊόντα όπως είναι το ξύλο, δεν σαπίζουν και δεν προσβάλλονται από μικροοργανισμούς
- ζ. έχουν μεγάλο συντελεστή διαστολής.

Εκτός από τα παραπάνω χαρακτηριστικά τους υπάρχουν και κάποιες ιδιότητες τους οι οποίες περιορίζουν την χρήση τους, όπως:

- α. έχουν ελάχιστη αντοχή στην θερμότητα, με αποτέλεσμα να καίγονται εύκολα σε περίπτωση πυρκαγιάς
- β. μερικά έχουν ελάχιστη αντοχή
- γ. αρκετά πλαστικά είναι αναφλέξιμα
- δ. μερικά πλαστικά δεν αντέχουν τα διαλυτικά.

Στην οικοδομική δραστηριότητα τα πλαστικά χρησιμοποιούνται:

- Για στεγανοποίηση.
- Για θερμική και ηχητική μόνωση.
- Ως στοιχεία προσόψεων και τοίχων (τα περισσότερα κατασκευάζονται από PVC).
- Για μόνωση και επένδυση ηλεκτρικών αγωγών.
- Για την δημιουργία παραθύρων.
- Ως υλικά επικάλυψης δαπέδων.
- Ως προσθετικά υλικά για τη βελτίωση της δυνατότητας επεξεργασίας και σαν προστατευτικά μέσα, για παράδειγμα το PVC χρησιμοποιείται ως προστατευτική επίστρωση σε ξύλινα δάπεδα.
- Ως συνθετικές κόλλες για ξύλο και συνθετικά μέσα σε ξύλινα υλικά.

## 1.9. ΓΥΑΛΙ

Για την παρασκευή του γυαλιού αναμιγνύονται τρεις ανόργανες ουσίες που στη συνέχεια θερμαίνονται μέχρι να συγχωνευτούν. Οι ουσίες αυτές είναι η άμμος που μας δίνει το πυρίτιο, το ανθρακικό νάτριο (η σόδα) που χαμηλώνει το σημείο τήξης της άμμου, και το ανθρακικό ασβέστιο (ο ασβεστόλιθος) που σταθεροποιεί το γυαλί για να μην διαλυθεί στο νερό. Στα βασικά αυτά συστατικά μπορούν να προστεθούν διάφορα μεταλλικά οξειδία για να γίνει το γυαλί κατάλληλο για συγκεκριμένες χρήσεις και να πάρει διάφορα χρώματα.

Στην οικοδομική δραστηριότητα χρησιμοποιούνται κυρίως τα παρακάτω είδη γυαλιού:

- Υαλόπλινθοι. Χρησιμοποιούνται σε εξωτερικούς και εσωτερικούς τοίχους όταν επιθυμείται η διέλευση φωτός. Προσφέρουν άριστη θερμομόνωση και ηχομόνωση.
- Υαλότουβλα. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε κλιμακοστάσια, φωταγωγούς, εξωτερικά διαχωριστικά κ.α. Προσφέρουν θερμομόνωση, χαρίζοντας παράλληλα ένα εντυπωσιακό αισθητικό αποτέλεσμα, φωτίζοντας τους εσωτερικούς χώρους, χωρίς αυτοί να διακρίνονται από το εξωτερικό περιβάλλον.
- Υαλόπλακες. Είναι γυάλινα χυτοπρεσσαριστά σώματα, η επάνω πλευρά των οποίων είναι ανώμαλη για να προσφέρει αντιολισθητική προστασία.
- Γυάλινα κεραμίδια. Είναι διάφανα κεραμίδια από γυαλί με λεία επιφάνεια.

## 1.10. ΧΡΩΜΑΤΑ

Ως χρώματα θεωρούνται οι υγρές ουσίες που στερεοποιούνται μετά την εφαρμογή τους στις επιφάνειες δομικών στοιχείων, δημιουργώντας μια λεπτή, αναλογικά, μεμβράνη επικάλυψης. Τα χρώματα θεωρούνται η τελική εξωτερική επένδυση ορισμένων κτιρίων ή τμήματος αυτών. Κατασκευάζονται από ένα πτητικό οργανικό υλικό, το διαλύτη, που διατηρεί το χρώμα στη σωστή κατάσταση για χρήση, ένα μη πτητικό υλικό, τη βάση, που δημιουργεί τη στερεή επικάλυψη και λειτουργεί ως συγκολλητική ουσία και τις χρωστικές ουσίες που αποτελούν το κυρίως σώμα του χρώματος, και δίνουν τους χρωματισμούς στις επιφάνειες που βάφονται.

Τα χρώματα χρησιμοποιούνται ως μέσα επιχρώσεως για να προστατεύουν το εκάστοτε υπόστρωμα του ξύλου και του μετάλλου. Προστατεύουν σε εξαιρετικό βαθμό τις κατασκευές από διαβρώσεις αλλά και δίνουν αισθητική και διακοσμητική εμφάνιση στην κατασκευή. Τα χρώματα και τα βερνίκια αποτελούνται κυρίως από συνθέσεις ελαίων, φυσικών ή συνθετικών ρητινών, χρωστικών υλών και διαλυτών και από βοηθητικές ουσίες, όπως ουσίες

επιτάχυνσης ξήρανσης. Αποσκοπούν τόσο στην προστασία του υποστρώματος από την πρόωρη γήρανση εξαιτίας των διαβρωτικών επιδράσεων του εξωτερικού περιβάλλοντος, καθώς το μέσο επικάλυψης είναι εκείνο το στοιχείο που τελικά φαίνεται και έρχεται σε άμεση επαφή με το χρήστη. Το χρώμα που θα επιλεγθεί πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του χρήστη αλλά και να συμφωνεί με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, σύμφωνα με την επιφάνεια την οποία θα καλύψει (π.χ. εσωτερικός ή εξωτερικός τοίχος), με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν (π.χ. καυσαέρια, σκόνη κ.ά.), ή με τις συνθήκες χρήσης του υποστρώματος (π.χ. συχνό πλύσιμο, αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες κ.ά.).

Οι απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν τα υλικά επικάλυψης είναι η αντοχή στις καιρικές συνθήκες και την υγρασία, η χημική τους αδράνεια, η καλή πρόσφυση, η μεγάλη διάρκεια ζωής, η δυνατότητα καθαρισμού, το αναλλοίωτο του χρωματισμού τους, να είναι κατά το δυνατό άκαυστα, η έλλειψη τοξικότητας και πλήθος άλλων ανάλογα με την χρήση. Γενικά αντιμετωπίζουν ολικά ή μερικά τις φθορές που είναι δυνατόν να προξενήσουν εξωτερικοί επιβλαβείς παράγοντες, όπως είναι η υγρασία, η βροχή, τα υπόγεια ύδατα, η σκουριά, η διάβρωση, οι χημικές ουσίες, η ακτινοβολία, η ρύπανση από σκόνη ή βρωμιά, οι ακραίες κλιματικές συνθήκες και η πυρκαγιά.

## 2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα δομικά υλικά αποτελούν τη βάση κάθε είδους κατασκευής, καθορίζουν την αντοχή, την αισθητική έκφραση, την ασφάλεια και τη λειτουργικότητά της. Λόγω της υψηλής απαιτούμενης ποσότητας τους, ο κατασκευαστικός κλάδος πρωτοστατεί στην κατανάλωση πρώτων υλών. Παράλληλα, οι ιδιότητες και οι συνδυασμοί των δομικών υλικών καθορίζουν τις ενεργειακές απαιτήσεις των κτιρίων, γεγονός που ενισχύει την περιβαλλοντική τους σπουδαιότητα.

Σύμφωνα με την Οδηγία 89/106/ΕΟΚ και τους σχετικούς κανονισμούς, τα δομικά υλικά που δεν φέρουν τη σήμανση συμμόρφωσης CE δεν μπορούν ούτε να εισάγονται ούτε να διατίθενται τόσο στην ευρωπαϊκή όσο και στην εγχώρια αγορά.

Αυτό σημαίνει ότι τα προϊόντα είναι κατάλληλα για την κατασκευή δομικών έργων αν είναι συμμορφωμένα με τις 6 Βασικές Απαιτήσεις της Οδηγίας.

### 2.1. ΟΙ 6 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 89/106 ΤΗΣ Ε.Ε.<sup>8</sup>

Τα προϊόντα του τομέα των δομικών κατασκευών πρέπει να είναι κατάλληλα για δομικά έργα τα οποία (και στο σύνολό τους και στα χωριστά μέρη) εξυπηρετούν τη χρήση για την οποία προορίζονται, παραμένοντας συνάμα οικονομικά και πληρούν τις ακόλουθες βασικές απαιτήσεις, όπου αυτές προβλέπονται. Οι απαιτήσεις αυτές πρέπει υπό κανονικές συνθήκες συντήρησης του έργου, να πληρούνται επί μια οικονομικώς αποδεκτή διάρκεια ζωής. Οι απαιτήσεις, κατά κανόνα, προϋποθέτουν προβλεπτές ενέργειες επί του έργου.

#### 1. Μηχανική αντοχή και ευστάθεια.

Το έργο πρέπει να σχεδιάζεται και να κατασκευάζεται κατά τρόπο ώστε οι μηχανικές φορτίσεις που ενδέχεται να ασκηθούν κατά την κατασκευή και τη χρήση του να μην προκαλούν κανένα από τα ακόλουθα περιστατικά:

- α) κατάρρευση της όλης κατασκευής ή μέρους της
- β) μείζονες παραμορφώσεις σε απαράδεκτο βαθμό

γ) φθορά σε άλλα μέρη του έργου ή σε εξαρτήματα ή σε εγκατεστημένο εξοπλισμό .

## 2. Πυρασφάλεια

Το δομικό έργο πρέπει να σχεδιάζεται και να κατασκευάζεται κατά τρόπο ώστε σε περίπτωση πυρκαγιάς:

- να θεωρείται ότι διατηρείται, για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, η στατική αντοχή του κτίσματος,
- η γένεση και η εξάπλωση της φωτιάς και του καπνού στο εσωτερικό του έργου να είναι περιορισμένες,
- η εξάπλωση της φωτιάς σε γειτονικά κατασκευαστικά έργα να είναι περιορισμένη,
- να είναι δυνατόν οι ένοικοι να εγκαταλείψουν το έργο ή να διασωθούν με άλλους τρόπους,
- να λαμβάνεται υπόψη η ασφάλεια των ομάδων διάσωσης.

## 3. Υγιεινή, υγεία και περιβάλλον

Το δομικό έργο πρέπει να σχεδιάζεται και να κατασκευάζεται κατά τρόπο ώστε η χρήση του να μη συνιστά κίνδυνο για την υγιεινή ή την υγεία των ενοίκων ή των γειτόνων, ιδιαίτερα για έναν από τους ακόλουθους λόγους:

- έκλυση τοξικού αερίου,
- παρουσία επικίνδυνων αιωρούμενων σωματιδίων ή αερίων στον αέρα,
- εκπομπή επικίνδυνων ακτινοβολιών,
- ρύπανση ή δηλητηρίαση του νερού ή του εδάφους,
- πλημμυρή διάθεση των λυμάτων, των καυσαερίων και των στερεών ή υγρών αποβλήτων,
- εμφάνιση υγρασίας σε μέρη του έργου ή σε επιφάνειες στο εσωτερικό του έργου.

## 4. Ασφάλεια χρήσης

Το δομικό έργο πρέπει να σχεδιάζεται και να κατασκευάζεται κατά τρόπο ώστε η χρήση του να μη συνεπάγεται απαράδεκτους κινδύνους ατυχημάτων κατά το χειρισμό ή τη λειτουργία του, όπως γλίστρημα, πτώση, σύγκρουση, έγκαυμα, ηλεκτροπληξία, τραυματισμό από έκρηξη.

#### 5. Προστασία κατά του θορύβου

Το δομικό έργο πρέπει να σχεδιάζεται και να κατασκευάζεται κατά τρόπο ώστε ο θόρυβος που γίνεται αισθητός από τους ενοίκους ή τους γείτονες να διατηρείται σε επίπεδο που να μη θέτει σε κίνδυνο την υγεία και που να επιτρέπει τον ύπνο, την ανάπαυση και την εργασία των προσώπων αυτών υπό ικανοποιητικές συνθήκες.

#### 6. Εξοικονόμηση ενέργειας και συγκράτηση θερμότητας

Το δομικό έργο, καθώς και οι εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, πρέπει να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται κατά τρόπο ώστε η απαιτούμενη κατανάλωση ενέργειας κατά τη χρησιμοποίηση του έργου να είναι χαμηλή, ανάλογα με τα κλιματικά δεδομένα του τόπου αλλά και τους χρήστες.

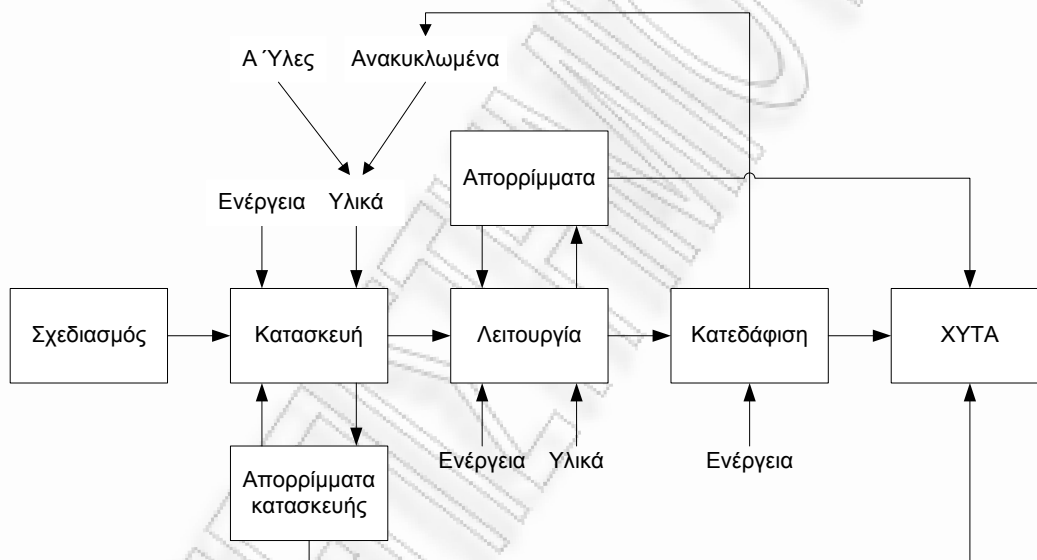
<b>Οι έξι βασικές απαιτήσεις της Οδηγίας 89/106 της Ε.Ε.</b>
1. Μηχανική αντοχή και ευστάθεια
2. Πυρασφάλεια
3. Υγιεινότητα
4. Ασφάλεια χρήσης
5. Προστασία κατά του θορύβου
6. Εξοικονόμηση ενέργειας και συγκράτηση θερμότητας

Σχήμα 1: Οι 6 βασικές απαιτήσεις για την σωστή λειτουργικότητα των δομικών υλικών



### 3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ (ΑΕΚΚ)

Κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός κτιρίου παράγονται απορρίμματα, τα οποία ως κυρίαρχο χαρακτηριστικό έχουν την έντονη διαφοροποίηση τόσο στη σύστασή τους, όσο και στις τελικές προς διάθεση ποσότητες. Το μεγαλύτερο ποσοστό των απορριμμάτων προέρχεται κατά την κατασκευή και κατεδάφιση του κτιρίου. Στο Σχήμα 2 απεικονίζεται η χρήση των διαφόρων υλικών, οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα, καθώς και η παραγωγή των απορριμμάτων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής ενός κτιρίου.<sup>9</sup>



Σχήμα 2. Διάγραμμα ροής υλικών στη διάρκεια του κύκλου ζωής κτιρίου

Ο όρος «απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων» είναι αρκετά γενικός και καλύπτει ένα μεγάλο φάσμα υλικών. Τα απόβλητα από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ) εμπίπτουν στην εφαρμογή των διατάξεων των άρθρων 12 και 13 του Ν.1650/1986 καθώς και των άρθρων 15,16,17, 18 και 24 του Ν. 2939/2001.

Γενικά, τα ΑΕΚΚ προέρχονται από τις παρακάτω δραστηριότητες<sup>10</sup>:

- **Οικοδομικές εργασίες:** ανεγέρσεις, κατεδαφίσεις, ανακαινίσεις, επισκευές, περιφράξεις και περιστοιχίσεις μεμονωμένων οικιών – κτιρίων και κτιριακών συγκροτημάτων.
- **Τεχνικά έργα υποδομών:** κατεδαφίσεις, κατασκευές ή και επιδιορθώσεις δρόμων, γεφυρών, σηράγγων, αποχετευτικών δικτύων, πεζοδρομίων, αναπλάσεις χώρων, κ.α..
- **Φυσικές/τεχνολογικές καταστροφές:** σεισμοί, πλημμύρες, κατολισθήσεις, δυσμενείς κλιματολογικές συνθήκες και λοιπές καταστροφές οικοδομών.

Με βάση τα παραπάνω μπορεί να γίνει κατάταξη των ΑΕΚΚ ανάλογα με την προέλευσή τους στις ακόλουθες κατηγορίες όπως απορρέει από τη νομοθεσία:

**α) Υλικά Εκσκαφών:** Τα υλικά αυτά μπορεί να είναι μητρικά χώματα εκσκαφών, άμμος, χαλίκι, πέτρες, άργιλος και οποιαδήποτε άλλα υλικά που μπορεί να προκύψουν από εκσκαφές. Τα άχρηστα υλικά εκσκαφών υπάρχουν σχεδόν σε κάθε κατασκευαστική δραστηριότητα και ιδιαίτερα στις υπόγειες κατασκευές και σε έργα της γεωτεχνικής μηχανικής. Τα υλικά αυτά μπορούν να προέλθουν και από φυσικά φαινόμενα, όπως για παράδειγμα από υπερχειλίσεις χειμάρρων, κατολισθήσεις σε δρόμους κ.λπ. Η σύσταση των υλικών εκσκαφών εξαρτάται σημαντικά από τα γεωλογικά δεδομένα.

**(β) Υλικά Οδοποιίας:** Τα υλικά αυτά μπορεί να είναι άσφαλτος και οποιαδήποτε άλλα υλικά οδοστρώματος, υλικά βάσεων και υποβάσεων, δηλαδή χαλίκι, άμμος, σκύρα και γενικά υλικά που προκύπτουν από την αποξήλωση και ανακαίνιση οδών. Τα άχρηστα υλικά οδοποιίας προέρχονται όχι μόνο από την αποξήλωση και τη συντήρηση των δρόμων αλλά και από τις υπόγειες υδραυλικές και ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πόλεων καθώς και από έργα επιδιόρθωσης αυτών.

**(γ) Υλικά Κατεδαφίσεων-Μπάζα:** Τα υλικά αυτά μπορεί να είναι χώματα, χαλίκι, κομμάτια ή στοιχεία από μπετόν (σκυροδέματα), επιχρίσματα, πλίνθοι (τούβλα), πλάκες επιστρώσεως, γύψος, άμμος, λαξευμένες πέτρες, θρίμματα ειδών υγιεινής κ.λπ. Τα υλικά κατεδαφίσεων χαρακτηρίζονται από μεγάλη

ανομοιογένεια και προκύπτουν από την εξολοκλήρου ή επιμέρους κατεδάφιση των κατασκευών. Η σύσταση των υλικών αυτών ποικίλλει ανάλογα με το είδος, την ηλικία, τη μορφή, τη χρήση και το μέγεθος του κτιρίου/κατασκευής, ενώ για την κατεδάφιση σημαντικό ρόλο παίζει η ιστορική πολιτιστική και οικονομική αξία της κατασκευής.

**(δ) Απόβλητα από Εργοτάξια:** Τα απόβλητα αυτά μπορεί να είναι ξύλο, πλαστικό, χαρτί, γυαλί, μέταλλα, καλώδια, χρώματα, βερνίκια, στοιχεία επικαλύψεων προσόψεων, κόλλες και γενικά όλα τα υλικά που προέρχονται από τη λειτουργία εργοταξίων κατασκευής, κατεδάφισης, επισκευής, ενίσχυσης, προσθήκης, επέκτασης και ανακαίνισης. Πρέπει να σημειωθεί ότι μεγάλες ποσότητες άχρηστων υλικών στα εργοτάξια αποτελούν τα υλικά συσκευασίας οικοδομικών υλικών.

Σε κάθε περίπτωση, τα υλικά που προέρχονται από τις παραπάνω οικοδομικές δραστηριότητες, μπορεί να περιέχουν ανεξαρτήτως προέλευσης τα ακόλουθα υλικά:

- σκυρόδεμα
- τούβλα
- πλακάκια και κεραμικά
- μίγματα ή επιμέρους συστατικά από σκυρόδεμα, τούβλα, πλακάκια και κεραμικά
- ξύλο
- γυαλί
- πλαστικό
- μίγματα ορυκτής ασφάλτου
- λιθανθρακόπισσα και προϊόντα πίσσας
- χαλκό, μπρούντζο, ορείχαλκο
- αλουμίνιο
- μόλυβδο
- ψευδάργυρο

- σίδηρο και χάλυβα
- κασσίτερο
- ανάμικτα μέταλλα
- καλώδια που περιέχουν πετρέλαιο, λιθανθρακόπισσα και άλλες επικίνδυνες ουσίες
- χώματα και πέτρες
- μπάζα εκσκαφών
- μονωτικά υλικά
- υλικά δομικών κατασκευών που περιέχουν αμίαντο
- υλικά δομικών κατασκευών με βάση τον γύψο
- απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων που περιέχουν υδράργυρο
- απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων που περιέχουν PCB (π.χ. στεγανωτικά υλικά που περιέχουν PCB, δάπεδα με βάση ρητίνες που περιέχουν PCB, πυκνωτές που περιέχουν PCB κ.λπ)
- κόλλες
- γαλακτώματα
- χρώματα – βαφές
- ρητίνες.

Στον Πίνακα 3 παρατίθενται τα κυριότερα απορρίμματα τα οποία συναντώνται κατά τη διάρκεια των τριών κύριων διεργασιών.

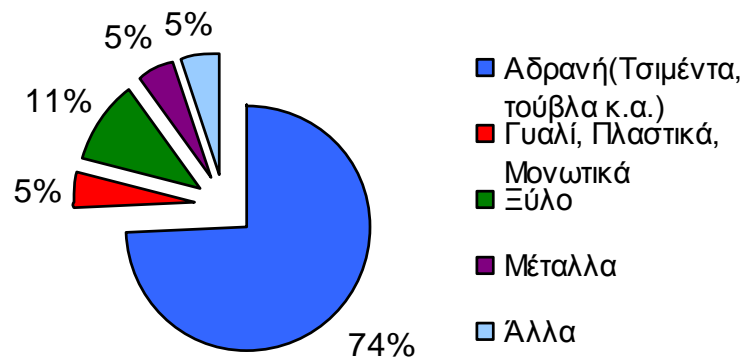
<b>Διεργασία</b>	<b>Απορρίμματα</b>
Κατεδάφιση	Ανάμικτα. Περιλαμβάνουν σκυρόδεμα, τούβλα, σίδηρο, ξύλο, πλαστικό, καλώδια, μηχανικό εξοπλισμό, κτλ.
Κατασκευή	Ξύλο, μονωτικό υλικό, σωλήνες, απορρίμματα συσκευασιών, σκυρόδεμα, τούβλα.
Ανακαίνιση	Ξύλο, μονωτικό υλικό, σωλήνες, απορρίμματα συσκευασιών, σκυρόδεμα, τούβλα, μηχανικός εξοπλισμός.

Πίνακας 3. Κύρια παραγόμενα απορρίμματα ανάλογα με την προέλευσή τους<sup>9</sup>

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις κτιρίων επηρεάζονται από μία σειρά από παράγοντες, όπως:

- Περίοδο κατασκευής
- Είδος κατασκευής
- Βασικά υλικά κατασκευής
- Είδος και χρήση κατασκευής
- Τεχνικές κατασκευής
- Ιστορική, πολιτιστική και οικονομική αξία και σημασία κατασκευής.

Το Σχήμα 3 που ακολουθεί παρουσιάζει την ποσοστιαία σύσταση των ΑΕΚΚ (τυπική σύσταση με βάση στοιχεία από τις χώρες της ΕΕ).



Σχήμα 3: Τυπική Σύσταση ΑΕΚΚ<sup>11</sup>

### 3.1. ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΥΛΙΚΑ ΣΤΑ ΑΕΚΚ<sup>10, 12</sup>

Ανάλογα με το είδος των αποβλήτων που παράγονται, τα ΑΕΚΚ μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο ευρείες κατηγορίες, τα αδρανή και τα επικίνδυνα απόβλητα:

- Αδρανή θεωρούνται τα απόβλητα τα οποία δεν υφίστανται καμία σημαντική φυσική, χημική ή βιολογική μετατροπή, δεν διαλύονται, δεν καίγονται, ούτε συμμετέχουν σε άλλες φυσικές ή χημικές αντιδράσεις, δεν διασπώνται βιολογικά, ούτε επιδρούν δυσμενώς σε άλλα υλικά με τα οποία έρχονται σε επαφή κατά τρόπο ικανό να προκαλέσουν ρύπανση του περιβάλλοντος ή να βλάψουν την υγεία του ανθρώπου.

- Επικίνδυνα είναι τα απόβλητα που περιέχουν ουσίες οι οποίες χαρακτηρίζονται ως τοξικές, εύφλεκτες, καρκινογόνες, ραδιενεργές, ερεθιστικές και μεταλλαξιογόνες, καθώς και κάθε ουσία που μπορεί να προκαλέσει αλλοιώσεις στα νερά, επιφανειακά ή υπόγεια, τον αέρα ή το έδαφος. Το σύνολο των επικίνδυνων αποβλήτων καθώς και ο τρόπος διαχείρισης τους αναφέρονται σε σχετικές διατάξεις και νομοθετικές ρυθμίσεις (Οδηγία 91/689/ΕΟΚ).

Η πλειοψηφία των ΑΕΚΚ διακρίνονται για τον αδρανή χαρακτήρα τους, ενώ μικρές ποσότητες επικίνδυνων αποβλήτων είναι δυνατόν να περιέχονται σε συγκεκριμένο ρεύμα αποβλήτων. Επίσης υπάρχουν περιπτώσεις όπου αδρανή υλικά έχουν αναμιχθεί με επικίνδυνα απόβλητα. Στην περίπτωση αυτή τα απόβλητα στο σύνολο τους θεωρούνται επικίνδυνα.

Τα επικίνδυνα υλικά που μπορεί να εντοπισθούν στα απόβλητα κατασκευών είναι:

- Πρόσθετα σκυροδέματος με βάση διαλύτες
- Χημικές ουσίες για προστασία από την υγρασία
- Κόλλες και ρητίνες
- Γαλακτώματα με βάση την πίσσα
- Υλικά με βάση τον αμίαντο
- Ίνες ορυκτών (μόνωση)
- Βαφές και στρώματα επικάλυψης
- Επεξεργασμένη ξυλεία
- Γυψοσανίδες

Τα επικίνδυνα υλικά που μπορεί να εντοπισθούν στα απόβλητα κατεδαφίσεων είναι:

- Υλικά που περιέχουν αμίαντο
- Επεξεργασμένη ξυλεία
- Ορυκτές ίνες
- Ηλεκτρικός εξοπλισμός που πιθανόν να περιέχει τοξικές ουσίες
- Ψυκτικές μηχανές που περιέχουν χλωροφθοράνθρακες
- Συστήματα πυροπροστασίας που περιέχουν χλωροφθοράνθρακες

- Ραδιονουκλίδια
- Υλικά με ιδιότητες που μπορεί να προκαλέσουν βιολογικούς κινδύνους (biohazards)

### **3.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ**

Η επιλογή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή, ανακαίνιση και συντήρηση των κτιρίων είναι πολύ σημαντική καθώς κάποια από τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στις οικοδομικές δραστηριότητες έχουν αρνητικές επιπτώσεις τόσο στον άνθρωπο όσο και στο περιβάλλον. Το πρόβλημα ξεκινάει κατά την κατασκευή που γίνεται χρήση αυτών των υλικών αλλά και κατά την εγκατάλειψή τους στους χώρους του εργοταξίου που έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον όπως:

- ρύπανση εδάφους
- δυνητική ρύπανση υδάτων μέσω επιφανειακής απορροής
- μεταφορά οργανικών στην ατμόσφαιρα μέσω εξάτμισης

Σε ότι αφορά την τελική τους διάθεση οι αρνητικές επιπτώσεις που παρουσιάζουν είναι:

- παρεμπόδιση των βιοχημικών δράσεων αποδόμησης που αναπτύσσονται στους χώρους διάθεσης
- δεν υπόκεινται σε διαδικασίες αποδόμησης, με αποτέλεσμα να παραμένουν ως έχουν στο χώρο διάθεσης
- ρύπανση του εδάφους μέσω εκχύλισης
- δυνητική μεταφορά στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, με αποτέλεσμα τη ρύπανσή τους και υποβιβασμό της ποιότητάς τους
- διατάραξη της ισορροπίας των οικοσυστημάτων της περιοχής απειλή για τα ενδιαιτήματα (habitats) της περιοχής
- άμεσα, έμμεσα και μακροπρόθεσμα προβλήματα υγείας στους ανθρώπους.

### 3.2.1. Πρόσθετα Σκυροδέματος με Βάση Διαλύτες

Τα πρόσθετα σκυροδέματος είναι λεπτόκοκκα υλικά, τα οποία προστίθενται στο σκυρόδεμα εν γένει σε αρκετά μεγάλες αναλογίες (περίπου 5-20%). Χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν ή να προσδώσουν συγκεκριμένες ιδιότητες στο νωπό και / ή στο σκληρωμένο σκυρόδεμα.

Κάποια από αυτά τα υλικά μπορεί να περιλαμβάνουν ασβεστολιθική πούδρα, χαλαζιακή σκόνη και χρωστικές ουσίες. Οι χρωστικές ουσίες είναι κυρίως χρωστικά μεταλλικά οξειδία (κυρίως οξειδία του σιδήρου) που χρησιμοποιούνται για να χρωματίσουν το σκυρόδεμα. Προστίθενται σε ποσοστά της τάξης του 0,5-5% κατά βάρος του τσιμέντου. Πρέπει να παραμένουν χρωματικώς σταθερά στη μάζα του σκυροδέματος και ανενεργά στο αλκαλικό περιβάλλον του σκυροδέματος. Με χρήση ορισμένων τύπων χρωστικών ουσιών μπορεί να αυξηθεί η απαίτηση του μίγματος σε νερό<sup>13</sup>.

Οι χρωστικές ουσίες και οι διαλύτες που μπορεί να περιέχονται στο σκυρόδεμα μπορεί να περιέχουν εύφλεκτα συστατικά και αρωματικούς υδρογονάνθρακες οι οποίοι μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα υγείας καθώς παρουσιάζουν τοξική και ναρκωτική δράση, αλλά και αυξάνουν τον κίνδυνο μιας πιθανής πυρκαγιάς. Τα πρόσθετα σκυροδέματος αναμιγνύονται με το σκυρόδεμα λίγο πριν χρησιμοποιηθεί το σκυρόδεμα επιτόπου στο έργο. Δεν προστίθενται κατά την παρασκευή του. Στο τέλος, λίγο πριν χρησιμοποιηθεί, όπου το σκυρόδεμα είναι ακόμα νωπό γι' αυτό συγκαταλέγονται στα επικίνδυνα.

### 3.2.2. Αμίαντος

Αμίαντος (αγγλ. asbestos) είναι ομάδα διαφορετικών πυριτικών ορυκτών με κοινό χαρακτηριστικό την ινώδη μορφή τους. Ο αμίαντος έχει χρήσιμες φυσικές και χημικές ιδιότητες και για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε εκτεταμένα στο παρελθόν σε ποικιλία εφαρμογών. Από άποψη χημικής σύστασης πρόκειται για ένυδρα πυριτικά άλατα του μαγνησίου, τα οποία περιέχουν και ασβέστιο, σίδηρο, νάτριο σε διαφορετικούς χημικούς τύπους, καθώς και ελεύθερο πυρίτιο<sup>4</sup>.

Γενικά ο αμίαντος βρίσκει χρήση στον τομέα των κατασκευών στα παρακάτω:



- Υλικά οικοδομών, όπως είναι το αμιαντοσίμεντο. Οι ίνες αμιάντου σχηματίζουν πλέγμα που προσδίδει συνοχή στο αμιαντοσίμεντο. Ο αμίαντος είναι ισχυρά εγκλωβισμένος με φυσικοχημικές δυνάμεις. Χρησιμοποιείται σε πλάκες, σωλήνες αποχέτευσης αλλά και ύδρευσης των πόλεων, λούκια, αεραγωγούς, εξαρτήματα στέγης, επικαλύψεις, σύνδεση αγωγών, πλακάκια οροφής, γλάστρες, ζαρντινιέρες.
- Προϊόντα μονώσεως, που χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση και ηχομόνωση των κτιρίων, για μόνωση σωλήνων και σε διάφορες ηλεκτρικές συσκευές.
- Ηχομονωτικά πλακίδια ορόφων, τοίχων, πλακίδια και μουσαμάδες δαπέδου
- Αμιαντοσωλήνες για ύδρευση και αποχέτευση
- Υλικά βαφής τοίχων

Σήμερα τα υλικά αμιάντου βρίσκονται κυρίως σε παλαιά κτίρια και συγκεκριμένα υπάρχουν στις σωληνώσεις, στα πλακίδια δαπέδου και ορόφου.<sup>14</sup>

Η έκθεση σε εσπνεύσιμες ίνες αμιάντου (διαμέτρου μικρότερης των 3μm) είναι δυνατόν να προκαλέσει διάχυτη διάμεσο πνευμονική ίνωση. Η νόσος αυτή ονομάστηκε αμιάντωση (asbestosis) από τον Cooke το 1927<sup>15</sup>. Όσο οι ίνες αμιάντου παραμένουν σταθεροποιημένες μέσα στα υλικά δεν αποτελούν κίνδυνο, αλλά σε περίπτωση που ελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα (κατεδαφίσεις, ανακαινίσεις, σπάσιμο υλικών κτλ) εισχωρούν στο αναπνευστικό σύστημα προκαλώντας αμιάντωση.

Πρόκειται για μια πολύ σοβαρή εκφυλιστική και προοδευτική ασθένεια των πνευμόνων που τους καταστρέφει σταδιακά. Προκαλείται από τη μακροχρόνια έκθεση στον αμίαντο που μειώνει την ελαστικότητα και τη λειτουργία των πνευμόνων και έχει σαν αποτέλεσμα μόνιμες αναπηρίες και ανεπάρκειες της αναπνευστικής λειτουργίας για τις οποίες χρειάζεται εξειδικευμένη ιατρική αντιμετώπιση. Τα συμπτώματα της ασθένειας είναι δύσπνοια, βήχας, απόχρεμψη και στα τελικά στάδια πνευμονική υπέρταση<sup>16</sup>.

Η έκθεση στον αμίαντο είναι μια από τις κυριότερες αιτίες που προκαλούν καρκίνο του πνεύμονα (lung cancer), έως και 5 φορές υψηλότερη από το γενικό

πληθυσμό. Ο καρκίνος του πνεύμονα που οφείλεται στον αμίαντο περιγράφηκε αρχικά από τους Wood & Gloyne το 1934<sup>17</sup>.

Η μέση περίοδος λανθάνουσας κατάστασης της ασθένειας (από την πρώτη έκθεση στον αμίαντο) κυμαίνεται από 20 έως 30 έτη. Έχει τεκμηριωθεί μια αυξανόμενη εμφάνιση καρκίνου των πνευμόνων μεταξύ των εργαζομένων που συμμετέχουν στην εξόρυξη, στην άλεση αμιάντου και στην κατασκευή και χρήση ποικίλων προϊόντων αμιάντου. Στις Η.Π.Α περισσότεροι από τους μισούς καρκίνους των πνευμόνων αποδίδονται στον αμίαντο<sup>18</sup>.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι χρονολογίες απαγόρευσης χρήσης αμιάντου σε εθνικό επίπεδο για τις χώρες της ΕΕ.

<b>Χώρα</b>	<b>Χρονολογία απαγόρευσης αμιάντου</b>
Αυστρία	1990
Βέλγιο	1998
Βουλγαρία	2005
Κύπρος	2005
Τσεχία	2005
Δανία	1986
Εσθονία	2005
Φιλανδία	1992
Γαλλία	1997
Γερμανία	1993
Ελλάδα	2005
Ουγγαρία	2005
Ιρλανδία	2000
Ιταλία	1992
Λετονία	2001
Λιθουανία	2005
Λουξεμβούργο	2002

Μάλτα	2005
Ολλανδία	1991
Πολωνία	1997
Πορτογαλία	2005
Ρουμανία	2005
Σλοβακία	2005
Σλοβενία	1996
Ισπανία	2002
Σουηδία	1986
Ηνωμένο Βασίλειο	1999

Πίνακας 4: Χρονολογίες απαγόρευσης χρήσης αμιάντου σε εθνικό επίπεδο<sup>19</sup>

### 3.2.3. Χρώματα-Βαφές

Η κατηγορία προϊόντων «χρώματα και βερνίκια εξωτερικών χώρων» περιλαμβάνει τα διακοσμητικά και προστατευτικά χρώματα και βερνίκια, βερνίκια εμποτισμού και συναφή προϊόντα εξωτερικών χώρων για ερασιτεχνική και επαγγελματική χρήση σε κτίρια, δάπεδα και περιφράξεις σύμφωνα με την παράγραφο 2 της Υ.Α. 437/2005/2006. (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1)

Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται μεταξύ άλλων, τα χρώματα δαπέδων, τα χρώματα ξύλου, τα βερνίκια ξύλινων δαπέδων, των επιχρισμάτων τοιχοποιίας και των τελειωμάτων μετάλλου (εξαιρούνται τα αντιδιαβρωτικά τελειώματα και αστάρια).

Τα χρώματα βαφής μπορούν να αποτελέσουν μια από τις πηγές ρύπανσης, κυρίως στο εσωτερικό περιβάλλον των κατοικιών λόγω της αυξημένης συγκέντρωσης πτητικών οργανικών ενώσεων, οι οποίες μάλιστα απελευθερώνονται τόσο κατά την διάρκεια των εργασιών βαφής, αλλά και κατά την υπόλοιπη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Πτητική Οργανική Ένωση (Volatile Organic Compound) είναι κάθε ένωση της οποίας το σημείο βρασμού (σε πίεση 101,3kPa) είναι χαμηλότερο ή ίσο των 250<sup>0</sup>C. Οι ΠΟΕ μπορεί να είναι διαλύτες, ελεύθερα μονομερή, πλαστικοποιητές κλπ.

Οι Πτητικές Οργανικές Ενώσεις<sup>20</sup>:

- Συνεισφέρουν στην αύξηση του ποσού του όζοντος στην τροπόσφαιρα που οδηγεί στη δημιουργία φωτοχημικής ρύπανσης (το γνωστό μας «νέφος»)
- Προκαλούν ρύπανση του υδάτινου ορίζοντα όταν περιέχουν αρωματικές ενώσεις και αποθεθούν σε αυτόν.
- Έχουν ενοχοποιηθεί για την «αραίωση» του στρώματος όζοντος στην στρατόσφαιρα
- Έχουν ενοχοποιηθεί για την έμμεση συνεισφορά τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου
- Προκαλούν, σε χρόνια χρήση, αναπνευστικά προβλήματα και επηρεάζουν το νευρικό σύστημα του ανθρώπου.

Οι χρωματικές ύλες, που αποτελούν συστατικά των χρωμάτων, περιέχουν χημικές ενώσεις, ιδιαίτερα του μολύβδου, όπως ανθρακικός και θειικός μόλυβδος, θειούχος ψευδάργυρος, γραφίτης και άλλες χημικές ενώσεις. Από τα παραπάνω, τα πιο επιβλαβή θεωρούνται ο ανθρακικός και θειικός μόλυβδος. Μια από τις σημαντικότερες ασθένειες που προκαλούνται από τον μόλυβδο είναι η μολυβδίαση<sup>21</sup>, με συμπτώματα όπως πονοκέφαλοι, κράμπες στο στομάχι, πόνος στους μυς και στις αρθρώσεις και κόπωση.

Παρόλο που κατά την φάση κατασκευής λαμβάνονται τα απαιτούμενα μέτρα ασφαλείας, ενώ κατά την χρήση τους (βάψιμο) οι ελαιοχρωματιστές, οι σιδεράδες, οι εργάτες και τα άτομα που κάνουν κατεδαφίσεις κινδυνεύουν περισσότερο από όλους τους άλλους καθώς μπορούν να καταπιούν ακούσια τη σκόνη μολύβδου που βρίσκεται στα χέρια τους .

Αντίστοιχα οι διαλύτες, οι οποίοι προσδίδουν στα χρώματα την κατάλληλη ρευστότητα περιέχουν αρωματικούς υδρογονάνθρακες, οι οποίοι αποτελούν περιβαλλοντικό ρύπο υψηλής τοξικότητας και θεωρούνται ιδιαίτερα επικίνδυνοι<sup>22</sup>.

### 3.2.4. Κόλλες και Ρητίνες<sup>23</sup>

Οι εποξειδικές κόλλες είναι οι πλέον διαδεδομένες και ενδεδειγμένες πολυμερικές κόλλες που χρησιμοποιούνται στις επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος. Προκύπτουν από την επιτόπου ανάμειξη δύο συστατικών, ενός συστατικού Α που βρίσκεται σε υγρή κατάσταση και είναι η εποξειδική ρητίνη και ενός συστατικού Β που είναι ο σκληρυντής. Στην πράξη έχει επικρατήσει η ονομασία ρητίνη υπονοώντας την ρητινοειδή κόλλα. Με τον όρο «ρητινένωση» προσδιορίζεται η διαδικασία έγχυσης μιας ρητινοειδούς κόλλας στις ρωγμές του στοιχείου με ενέσιμο τρόπο. Τα κυριότερα είδη εργασιών στα οποία γίνεται χρήση των ρητινών είναι:

#### α) Υποστυλώματα

Οι ρητινένωσεις χρησιμοποιούνται για επισκευή υποστυλωμάτων με ελαφρές ρωγμές χωρίς να έχει βλάβες το σκυρόδεμα ή ο οπλισμός. Οι ρητινένωσεις είναι κατάλληλες για ρωγμές από 0.1 έως 5 mm. Τα επιστόμια έχουν απόσταση 20-100cm. Όταν το σκυρόδεμα έχει πολύ μικρές βλάβες, απομακρύνεται το αποδιοργανωμένο τμήμα του, οι επιφάνειες εκτραχύνονται και η σκόνη καθαρίζεται.

#### β) Κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων

Εφαρμόζονται ρητινένωσεις για επισκευή κόμβων με ελαφριές-μέτριες ρωγμές χωρίς αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα ή οπλισμό, που έχει υποστεί λυγισμό.

#### γ) Πλάκες

Ρητινένωσεις εφαρμόζονται έτσι ώστε να ενωθούν δύο κομμάτια από σκυρόδεμα που έχουν διαχωριστεί στην περίπτωση που δεν είναι αποδιοργανωμένο και ο οπλισμός δεν έχει λυγίσει ή σπάσει.

#### δ) Τοιχώματα

Όταν ο λογιστικός έλεγχος αποδείξει ότι δεν λείπει σίδηρο και υπό τον όρο ότι το άνοιγμα των ρηγματώσεων που έγιναν δεν ξεπερνάει τα 1-2 mm, είναι δυνατή η επισκευή του τοιχώματος με συστηματικές ενέσεις ρητινών υπό υψηλή πίεση.

#### ε) Τοιχοποιία

Στην τοιχοποιία χρησιμοποιούνται ρητινενέματα που εισάγονται υπό πίεση ή υπό κενό αέρος σε πολύ μικρές ρωγμές.

στ) Άλλες εφαρμογές

Ειδικά στις εργασίες στερέωσης μνημείων που έχουν ήδη μερικές εκατοντάδες χρόνων ζωής και επιδιώκεται περαιτέρω συνέχισή τους οι οργανικές ρητίνες κρίνονται λόγω του μικρού χρόνου εφαρμογής τους και της σύνθεσης τους ακατάλληλες μολονότι παρουσιάζουν ικανοποιητικές ιδιότητες ως προς τις αντοχές σε σύνθλιψη, συνάφεια ως προς τα αρχικά υλικά δόμησης, το μέτρο ελαστικότητας και τη συστολή ξήρανσης.

Οι κόλλες και οι ρητίνες που χρησιμοποιούνται περιέχουν διαλύτες και ισοκυανιούχες ενώσεις οι οποίες είναι πιθανόν να προκαλέσουν τοξικότητα καθώς είναι εύφλεκτες και τοξικές.

### **3.2.5. Μεταλλικά Τμήματα**

Αν και κατά την κατασκευή των κτιρίων χρησιμοποιούνται μικρές ποσότητες μετάλλων, εν τούτοις εμφανίζουν κυρίως περιβαλλοντικά προβλήματα τόσο κατά την εγκατάλειψη τους στους χώρους του εργοταξίου, όσο και κατά την τελική διάθεση τους.

Γενικά η τοξικότητα των μετάλλων εμπίπτει στα εξής<sup>24</sup>:

- σε εκείνα που παρεμποδίζουν τις ουσιώδεις βιολογικές λειτουργικές ομάδες των βιομορίων (π.χ. πρωτεΐνες, ένζυμα)
- σε εκείνα που τροποποιούν την στερεοχημική δομή των βιομορίων (δηλαδή την διαμόρφωσή τους στο χώρο) η οποία είναι πολύ σημαντική για τη λειτουργία τους.

Σε ότι αφορά την επικινδυνότητα των κυριοτέρων μετάλλων που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή έχουμε:

**Χαλκός:** τα άλατα του χαλκού που εισέρχονται μέσω του δικτύου ύδρευσης μπορούν να προκαλέσουν μεγάλη τοξικότητα στους οργανισμούς και η πρόσληψή του σε μεγάλες ποσότητες έχει οδηγήσει ακόμα και θάνατο αυτών. Η τοξίνωση από χαλκό είναι σπάνια στο γενικό πληθυσμό, και αυτό συμβαίνει γιατί

ο χαλκός δεν μεταφέρεται μέσω της τροφικής αλυσίδας, σε αντίθεση με τα άλλα μέταλλα. Τα συμπτώματα της οξείας τοξίνωσης από χαλκό περιλαμβάνουν τους κοιλιακούς πόνους, τη ναυτία, τον εμετό και τη διάρροια. Τα σοβαρότερα σημάδια της οξείας τοξίνωσης από χαλκό περιλαμβάνουν τη σοβαρή βλάβη του συκωτιού, την ανεπάρκεια των νεφρών, το κόμμα και το θάνατο.

**Μόλυβδος:** έχει τοξική επίδραση στους βιολογικούς οργανισμούς. Απορροφούμενος από τον ανθρώπινο οργανισμό προκαλεί αναιμία και προβλήματα στα οστά και στο αναπνευστικό σύστημα.

**Χάλυβας:** Η ραδιενέργεια απειλεί τις οικοδομές και ως ύποπτος καταγράφεται ο χάλυβας που χρησιμοποιείται για το οπλισμένο σκυρόδεμα ιδιαίτερα όταν προέρχεται από ανακύκλωση παλαιοσίδηρου.

Τα συχνότερα εμφανιζόμενα στον παλαιοσίδηρο ραδιενεργά ισότοπα είναι το Co-60, Cs-137, Ra-226, Th-232, U-238, Am-241 και Ir-192.<sup>25</sup> Προέρχονται κυρίως από πηγές που χρησιμοποιούνται στην Ιατρική (όργανα διάγνωσης, θεραπείας κ.α.) και στην βιομηχανία (όργανα μέτρησης διαστάσεων), καθώς και από προστατευτικά περιβλήματα των παραπάνω πηγών. Οπότε τα ανακυκλωμένα παλαιοσίδηρα που μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε μια οικοδομή προέρχονται από τις παραπάνω πηγές είναι άκρως ραδιενεργά.

### **3.2.6. Συνθετικά υλικά-Πλαστικά<sup>26</sup>**

Το κυριότερο πρόβλημα με τα συνθετικά υλικά είναι η αποικοδόμηση τους και η αφομοίωση τους καθώς τα υλικά αυτά διασπώνται δύσκολα με αποτέλεσμα η ρύπανση που προκαλούν να είναι μακράς διάρκειας. Τα κυριότερα υλικά που χρησιμοποιούνται ως δομικά στοιχεία και έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι τα ακόλουθα:

**Πολυουρεθάνη:** Περιέχει ενώσεις που είναι επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία και προκαλούν σημαντική ρύπανση. Τα ισοκυανικά, όπως είναι η πολυουρεθάνη που προέρχονται από μια σύνθετη διαδικασία παραγωγής με βάση το χλώριο, απελευθερώνουν στο περιβάλλον (εσωτερικό και εξωτερικό του κτιρίου) αμίνες, ουσίες ιδιαίτερα επικίνδυνες για τους ανθρώπους. Σε περίπτωση δε πυρκαγιάς

παράγεται κυάνιο, ουσία φοβερά τοξική. Τα προϊόντα της πολυουρεθάνης χρησιμοποιούνται ως μονωτικά, στεγανοποιητικά, βερνίκια και κόλλες. Η διάθεση των προϊόντων της πολυουρεθάνης προκαλεί σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα διότι προκαλεί ρύπανση στο έδαφος και τα νερά.

*Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC):* Είναι ένα από τα πολυχρησιμοποιημένα συνθετικά υλικά. Λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε χλώριο, κατά την διάρκεια της καύσης του παράγονται επιβλαβή συστατικά όπως διοξίνες κ.α. Ακόμα και κατά την διάρκεια της χρήσης του εκπέμπονται ιδιαίτερα επιβλαβή συστατικά, όπως αρωματικοί υδρογονάνθρακες και αρωματικοί εστέρες του ανθρακικού οξέος, καθώς τα διάφορα βελτιωτικά που χρησιμοποιούνται για το PVC έχουν ουσίες όπως το κάδμιο που είναι επικίνδυνες για την υγεία του ανθρώπου

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η χρήση του καδμίου ως βελτιωτικό στο PVC άρχισε από το 2000 να εγκαταλείπεται εθελοντικά σας μέρος της industry's Voluntary Commitment του 2000, λόγω ανησυχίας για ενδεχόμενη τοξικότητα και πιθανή συσσώρευση στον οργανισμό.

### **3.2.7. Γυψοσανίδες**

Τα τελευταία χρόνια παρατηρούμε αντικατάσταση της παραδοσιακής μορφής τοιχοποιίας από τούβλα με ελαφρύτερους τοίχους με μικρό πάχος και μεγάλες μονωτικές ιδιότητες.

Πρόκειται για τοίχους από γυψοσανίδες. Το 1894 ο Αμερικανός Augustin Sackett δημιούργησε ένα νέο υλικό δόμησης χρησιμοποιώντας ορυκτό γύψο και κετσέ από χαρτί, που εξελίχθηκε στο πλέον σύγχρονο υλικό δόμησης. Σήμερα η γυψοσανίδα αποτελείται από έναν πυρήνα ορυκτού γύψου που είναι επενδυμένος με πεπιεσμένο χαρτί από τις δύο πλευρές και χάρη στις ιδιότητες της είναι από τα καλύτερα υλικά για διαμόρφωση εσωτερικού χώρου.

Είναι πλήρως θερμομονωτικό υλικό, με εξαιρετικές ιδιότητες στην ηχομόνωση και αντισεισμικότητα. Είναι υλικό πυράντοχο και μη αναφλέξιμο και μπορούμε να τις χρησιμοποιήσουμε για πυροπροστατευτικά χωρίσματα, επενδύσεις τοίχων, προστατευτικές επενδύσεις μεταλλικών δομικών στοιχείων κλπ<sup>27</sup>.



Έχουν καλές μηχανικές αντοχές, που μπορούν να βελτιωθούν περισσότερο με ίνες, πλέγματα ινών ή ειδικά τεμάχια ινών για την προστασία ακμών, γωνιών κτλ.

Εκτός όμως από τα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι γυψοσανίδες, υπάρχει και ένα σημαντικό μειονέκτημα όταν συμπεριλαμβάνονται στα οικοδομικά απόβλητα.

Η εναπόθεση μιας γυψοσανίδας σε ένα εργοτάξιο, τόσο κατά την κατασκευή όσο και κατά την κατεδάφιση ενός κτιρίου, έχει συνδεθεί άμεσα με τον σχηματισμό και την παραγωγή αέριου υδρόθειου ( $H_2S$ )<sup>28</sup>.

Όταν η γυψοσανίδα, η οποία αποτελείται από 90% περίπου γύψο, δηλαδή ένυδρο θειικό ασβέστιο ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) και από περίπου 10% χαρτί, αποκτήσει υγρασία, για παράδειγμα λόγω διείσδυσης βροχοπτώσεων, τότε επιδρούν σε αυτήν βακτήρια και εκπέμπεται αέριο υδρόθειο. Τα βακτήρια αυτά είναι βακτήρια που ανάγουν τα θειικά άλατα (sulfate-reducing bacteria- SRB), τα οποία λαμβάνουν την απαιτούμενη ενέργεια που χρειάζονται οξειδώνοντας οργανικές ενώσεις ή μοριακό υδρογόνο ενώ παράλληλα μετατρέπουν τα θειικά άλατα σε σουλφίδια, ειδικότερα σε υδρόθειο<sup>29</sup>.

Αποκτούν έτσι μια χαρακτηριστική ενοχλητική μυρωδιά, ακόμα και όταν η συγκέντρωση του υδρόθειου είναι πολύ μικρή. Έχουν καταγραφεί ενοχλήσεις σε κοινότητες που υπάρχουν μεγάλες ποσότητες οικοδομικών αποβλήτων, ακόμα και όταν η συγκέντρωση του υδρόθειου που έχει ανιχνευτεί είναι της τάξης των 0.5 ppbv<sup>30</sup>.

Παρά το γεγονός ότι οι συγκεντρώσεις του υδρόθειου στον ατμοσφαιρικό αέρα που παράγεται γύρω από τους χώρους εναπόθεσης δεν προσεγγίζουν επικίνδυνα επίπεδα, λόγω της αραιώσης, οι συγκεντρώσεις είναι αρκετά μεγάλες για να δημιουργήσουν προβλήματα οσμών. Έρευνες πάντως που έχουν γίνει αποτελούν ένδειξη, ωστόσο, ότι η παρατεταμένη έκθεση ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις υδρόθειου μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των πληθυσμών<sup>31</sup>.

### 3.2.8. Επεξεργασμένη ξυλεία

Το ξύλο είναι ένα άριστο υλικό με πολλά πλεονεκτήματα, αλλά και με μειονεκτήματα. Τα βασικά μειονεκτήματα του ξύλου αναφέρονται στο γεγονός ότι είναι ανισότροπο και ανομοιογενές υλικό, το οποίο ως προϊόν βιολογικών διεργασιών προσβάλλεται από μύκητες, έντομα, βακτήρια και άλλους μικροοργανισμούς. Το ξύλο αποτελείται από κυτταρίνη, ημικυτταρίνες, λιγνίνη και εκχυλίσματα, δηλαδή ουσίες που δεν αποτελούν μέρος των ινών, αλλά βρίσκονται στο εσωτερικό τους. Οι ουσίες αυτές ονομάζονται εκχυλίσματα, διότι είναι δυνατό να εκχυλισθούν και να απομακρυνθούν από το ξύλο με νερό ή με ουδέτερους ή οργανικούς διαλύτες.

Τα δύο πρώτα συστατικά είναι υγροσκοπικά και για το λόγο αυτό το ξύλο είναι και αυτό υγροσκοπικό, δηλ. όταν εκτίθεται στην ατμόσφαιρα προσλαμβάνει υγρασία και διογκώνεται ή χάνει υγρασία από τη μάζα του και συρρικνώνεται. Εκτός από τα μειονεκτήματα αυτά, το ξύλο καίγεται. Για να αντιμετωπίσουμε τα μειονεκτήματα του ξύλου, το υποβάλλουμε σε διάφορους χειρισμούς, όπως είναι ο εμποτισμός της μάζας του με διάφορες χημικές ουσίες, ανάλογα με την τελική χρήση του προϊόντος. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να προστατεύσουμε την κατασκευή μας από προσβολές μυκήτων (δηλ. από σάπισμα), από προσβολές ξυλοφάγων εντόμων και άλλων μικροοργανισμών. Υπάρχουν επίσης χημικές ουσίες - εμποτιστικά ξύλου, με τις οποίες καθιστούμε το ξύλο πιο βραδύκαυστο, ενώ με άλλες ουσίες το ξύλο αποκτάει σταθερές διαστάσεις. Με τους χειρισμούς εμποτισμού του ξύλου πολλαπλασιάζουμε τη διάρκεια ζωής της κατασκευής μας<sup>32</sup>.

Οι κυριότερες εμποτιστικές ουσίες που προκαλούν αρνητικές επιπτώσεις στον οργανισμό και στο περιβάλλον είναι<sup>33</sup>:

#### α. Κρεοζωτέλαιο

Το Κρεοζωτέλαιο (πισσέλαιο) ανήκει στις παλαιότερες εμποτιστικές ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν στη συντήρηση του ξύλου. Πρόκειται για ένα παχύρευστο ελαιώδες υγρό με οσμή πίσσας, το οποίο παράγεται από την ξηρή απόσταξη λιθανθράκων. Η ουσία αυτή εμφανίζει μεγάλη τοξικότητα απέναντι σε

μικροοργανισμούς. Όμως το μεγαλύτερο μειονέκτημά του είναι ότι υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης καρκίνου σε όσους έρχονται σε επαφή με ξύλο που περιέχει κρεόζωτο. Έτσι σύμφωνα με την οδηγία 2001/90/ΕΚ της Επιτροπής της 26<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 2001, το κρεοζωτέλαιο χρησιμοποιείται πλέον κάτω από πολύ αυστηρούς όρους και επιτρέπεται να εμποτίζονται με αυτό μόνο εξωτερικές επιφάνειες με τις οποίες ο άνθρωπος δεν έρχεται συχνά σε επαφή.

#### β. Πενταχλωροφαινόλη<sup>34,35</sup> (PCP)

Η Πενταχλωροφαινόλη αντικατέστησε ως ένα βαθμό τη χρήση του κρεοζωτελαίου. Πρόκειται για μια ελαιοδιαλυτή εμποτιστική ουσία και συνήθως χρησιμοποιεί για διαλύτη κάποιο βαρύ έλαιο σε αναλογία 95% πενταχλωροφαινόλη και 5% έλαιο. Προστατεύει επαρκώς το ξύλο για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η πενταχλωροφαινόλη χρησιμοποιείται σήμερα με περιοριστικούς όρους και έχει απαγορευτεί η χρήση της σε πολλές χώρες κυρίως λόγω της ρύπανσης που προκαλεί στο περιβάλλον, από την έκκριση του ελαίου στην επιφάνεια του ξύλου, αλλά και της ισχυρής τοξικότητάς της στον άνθρωπο, στα ζώα και τους φυτικούς οργανισμούς.

#### γ) Οξειδία χρωμίου, χαλκού και αρσενικού<sup>36</sup>. (CCA)

Πρόκειται για ένα μείγμα χρωμικού οξέος, οξειδίου χαλκού και πεντοξειδίου του αρσενικού διαλυμένα σε νερό που δίνει άριστα αποτελέσματα στην προστασία του ξύλου. Ο χαλκός με περιεκτικότητα 23-25% και το αρσενικό (30-37%) στην πράξη δρουν ως μυκητοκτόνα και εντομοκτόνα, ενώ το χρώμιο (38 - 45%) σταθεροποιεί τις χημικές ουσίες στο ξύλο.

Ο χαλκός, το χρώμιο και το αρσενικό είναι όλα βαριά μέταλλα που σημαίνει ότι είναι μεταλλικά χημικά στοιχεία που έχουν μία υψηλή πυκνότητα και είναι τοξικά στους ανθρώπους ακόμα και στις πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Μεγαλύτερη ανησυχία προκαλεί η ύπαρξη του αρσενικού καθώς θεωρείται και το πιο τοξικό καθώς μπορεί να διαχωριστεί από τα υπόλοιπα χημικά συστατικά του εμποτισμένου ξύλου και να βγει στην επιφάνεια του ξύλου.

Σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας και την Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ το αρσενικό είναι μία γνωστή καρκινογόνος ουσία και

είναι έντονα τοξική. Μπορεί να προκαλέσει καρκίνους διάφορων μορφών συμπεριλαμβανομένου του πνεύμονα και του δέρματος, καθώς επίσης και πληθώρα αναπαραγωγικών και νευρολογικών προβλημάτων. Οι άνθρωποι μπορούν να εκτεθούν μέσω άμεσης επαφής με το αρσενικό το οποίο έχει βγει στην επιφάνεια του ξύλου, που μπορεί να απορροφηθεί από το δέρμα (λιγότερο πιθανό), να αναπνευστεί μέσω της σκόνης από τα ξύλα αυτά, ή ακόμα και να μεταφερθεί στο στόμα.

Επιπλέον είναι δυνατόν να υπάρχουν υπολείμματα αρσενικού, χαλκού και χρωμίου στις επιφάνειες του ξύλου και έτσι να υπάρχει κίνδυνος με μια βροχόπτωση να μεταφερθούν στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, με αποτέλεσμα τη ρύπανσή τους και υποβιβασμό της ποιότητάς τους.

Έτσι λόγω της αυξημένης ανησυχίας των ανθρώπων γύρω από την τοξικότητα των εμποτιστικών που περιέχουν αρσενικό και χρώμιο, έχει απαγορευτεί η ελεύθερη χρήση αλάτων του αρσενικού. Έτσι σύμφωνα με την οδηγία 2006/139/ΕΟΚ (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι) της Επιτροπής της 20<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 2006, ενώσεις αρσενικού δεν χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του ξύλου.

### **3.2.9. Ίνες ορυκτών (μόνωση)**

Στην κατηγορία αυτή των μονωτικών υλικών περιλαμβάνονται :

#### **α. Υαλοβάμβακας**

Παρασκευάζεται από πυριτικό γυαλί με ειδική κατεργασία. Είναι άκαυστος και δεν προσβάλλεται από τα οξέα, εκτός από το υδροχλωρικό. Προσβάλλεται από την υγρασία και πρέπει να προστατεύεται.

#### **β. Πετροβάμβακας**

Παρασκευάζεται από ορυκτά ασβεστολιθικής προέλευσης με ειδική κατεργασία. Αντέχει σε θερμοκρασίες μέχρι 1000°C και χρησιμοποιείται για μόνωση σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Πρέπει να προστατεύεται από την υγρασία.

#### **γ. Ορυκτοβάμβακας**

Παρασκευάζεται από ασβεστόλιθο, ο οποίος διαμορφώνεται σε λεπτές ίνες. Χρησιμοποιείται για μόνωση σωληνώσεων και στις οικοδομές είτε ως μονωτικό

με τη μορφή πλακών, είτε εκτοξευόμενος για την κατασκευή μονωτικών στρώσεων. Πρέπει να προστατεύεται από την υγρασία.

Το I.A.R.C.<sup>37</sup> (Διεθνές Κέντρο για την Έρευνα του Καρκίνου) που υπάγεται στον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, τα κατατάσσει στα εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά που επιδρούν στον άνθρωπο μέσω της αναπνευστικής οδού, αν και δεν υπάρχουν επαρκείς αποδείξεις ότι προκαλούν καρκίνο στους ανθρώπους. Σε αντίθεση με τις ίνες αμιάντου, οι ίνες των υλικών αυτών δεν διαχωρίζονται κατά το μήκος τους, αλλά σπάνε κάθετα στη μάζα τους και σύμφωνα με το I.A.R.C. η επικινδυνότητά τους έγκειται στις διαστάσεις τους (μήκος ανώτερο των 5 μm και διάμετρος μικρότερη των 3 μm).

Το I.A.R.C. επισημαίνει επίσης τον κίνδυνο αναπνευστικών μολύνσεων, λαρυγγίτιδων, φαρυγγίτιδων κλπ σε χώρες όπου εφαρμόζονται αυτά τα υλικά. Ακόμη, οι συνδετικές ουσίες που χρησιμοποιούνται και που έχουν βάση τη φορμόλη και την ουρία, απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες τοξικής φορμαλδεΐδης.

## 4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΕΚΚ

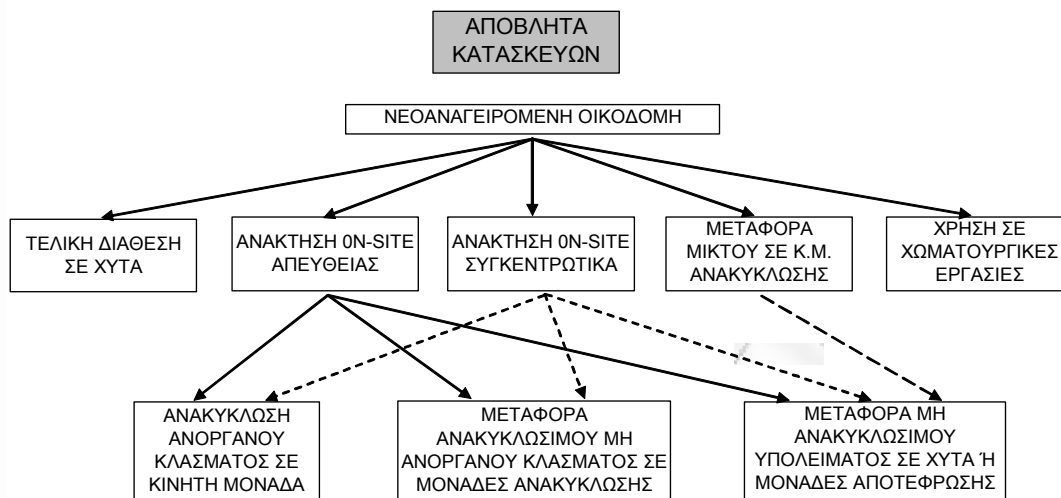
Τα ΑΕΕΚ χρειάζονται επεξεργασία για τρεις βασικούς κύριους λόγους:

- (α) Είναι δυνατή η ορθολογική χρήση μεγάλων ποσοτήτων φυσικών πόρων, που διαφορετικά θα έπρεπε να εξορυχθούν.
- (β) Συμβάλλει στη μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που καταλήγουν στους χώρους υγειονομικής ταφής και παρατείνει το χρόνο ζωής τους.
- (γ) Μειώνει τις επιπτώσεις στο περιβάλλον από την ταφή τους.

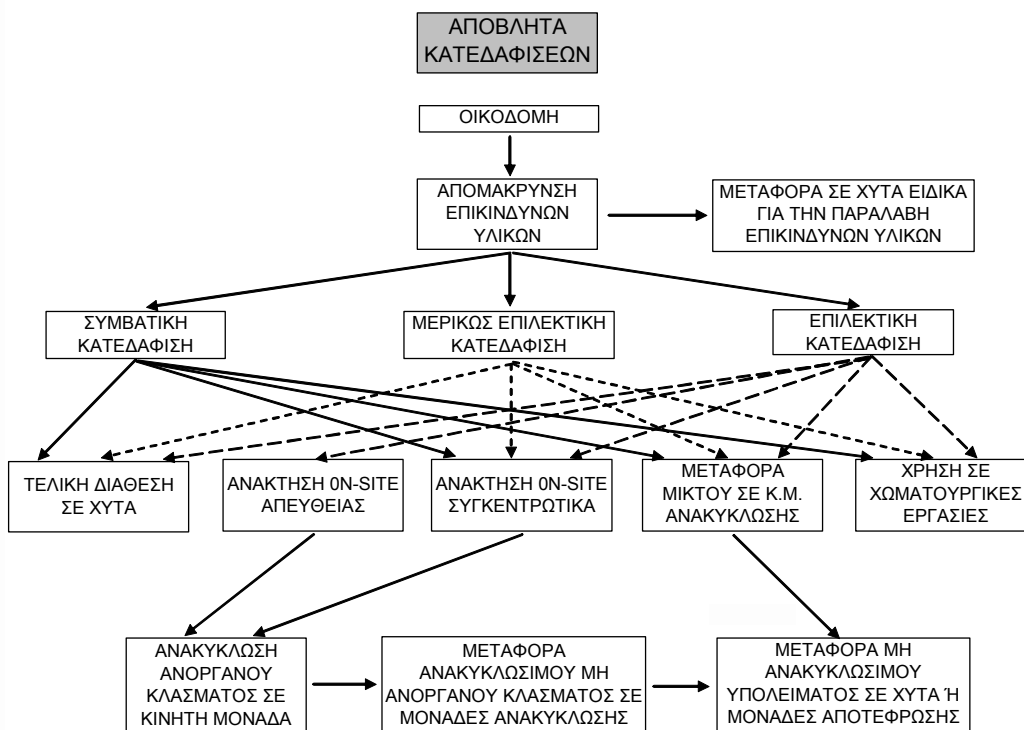
Τα απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις περιλαμβάνουν ποικίλα υλικά. Ένα μέρος αυτών των υλικών μπορεί με κατάλληλο διαχωρισμό να επαναχρησιμοποιηθεί ή να ανακυκλωθεί, το αδρανές μίγμα (τούβλα, πλακάκια κ.λπ.) δύναται να οδηγηθεί σε ειδικούς θραυστήρες και να αξιοποιηθεί ως δευτερεύουσα ύλη, κάποια υλικά (π.χ. ξύλα) μπορούν να αποτεφρωθούν με παράλληλο ενεργειακό κέρδος, ενώ ένα μικρό ποσοστό δεν μπορεί να αξιοποιηθεί και πρέπει αφού υποστεί επεξεργασία να οδηγηθεί σε ειδικούς χώρους υγειονομικής ταφής. Όσον αφορά στην τεχνική της ανακύκλωσης, αυτή βρίσκει κυρίως ευρεία εφαρμογή στον τομέα κατασκευής και συντήρησης δρόμων.

### 4.1. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΕΚΚ

Στα Σχήματα 4 και 5 που ακολουθούν παρουσιάζονται συνοπτικά οι τεχνικές διαχείρισης των ΑΕΚΚ.



Σχήμα 4 : Τεχνικές διαχείρισης αποβλήτων κατασκευών κτιρίων<sup>38</sup>



Σχήμα 5: Τεχνικές διαχείρισης αποβλήτων κατεδαφίσεων στην οικοδομή<sup>38</sup>

Σύμφωνα με τα Σχήματα 4 και 5 τα συστήματα διαχείρισης που μπορούν να εφαρμοστούν στα απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων είναι<sup>39</sup>:

## **α. Κατασκευές**

- Σύστημα Διαχείρισης 1: Τελική διάθεση σε ΧΥΤΑ.
- Σύστημα Διαχείρισης 2: Χρήση για επιχωματώσεις ή άλλες χωματοургικές εργασίες.
- Σύστημα Διαχείρισης 3: Μεταφορά μικτού αποβλήτου σε Κεντρική Μονάδα Ανακύκλωσης, μεταφορά μη ανακυκλώσιμου υπολείμματος σε ΧΥΤΑ ή σε μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων .
- Σύστημα Διαχείρισης 4: Ανάκτηση on site συγκεντρωτικά και ανακύκλωση ανόργανου κλάσματος σε κινητή μονάδα ανακύκλωσης, μεταφορά ανακυκλώσιμου μη ανόργανου κλάσματος σε εξειδικευμένες μονάδες ανακύκλωσης και μη ανακυκλώσιμου υπολείμματος σε ΧΥΤΑ ή σε μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων.
- Σύστημα Διαχείρισης 5: Ανάκτηση on site απευθείας και ανακύκλωση ανόργανου κλάσματος σε κινητή μονάδα ανακύκλωσης, μεταφορά ανακυκλώσιμου μη ανόργανου κλάσματος σε εξειδικευμένες μονάδες ανακύκλωσης και μη ανακυκλώσιμου υπολείμματος σε ΧΥΤΑ ή σε μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων.

## **β. Κατεδάφισεις**

- Σύστημα Διαχείρισης 1: Κατεδάφιση και τελική διάθεση σε ΧΥΤΑ, ως έχουν.
- Σύστημα Διαχείρισης 2: Κατεδάφιση και χρήση για επιχωματώσεις ή άλλες χωματοургικές εργασίες.
- Σύστημα Διαχείρισης 3: Συμβατική κατεδάφιση, μεταφορά μικτού αποβλήτου σε Κεντρική Μονάδα Ανακύκλωσης, μεταφορά μη ανακυκλώσιμου υπολείμματος σε ΧΥΤΑ ή σε μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων.
- Σύστημα Διαχείρισης 4: Συμβατική κατεδάφιση, ανάκτηση on site συγκεντρωτικά και ανακύκλωση ανόργανου κλάσματος σε κινητή μονάδα ανακύκλωσης, μεταφορά ανακυκλώσιμου μη ανόργανου κλάσματος σε εξειδικευμένες μονάδες ανακύκλωσης και μη ανακυκλώσιμου υπολείμματος σε ΧΥΤΑ ή σε μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων.



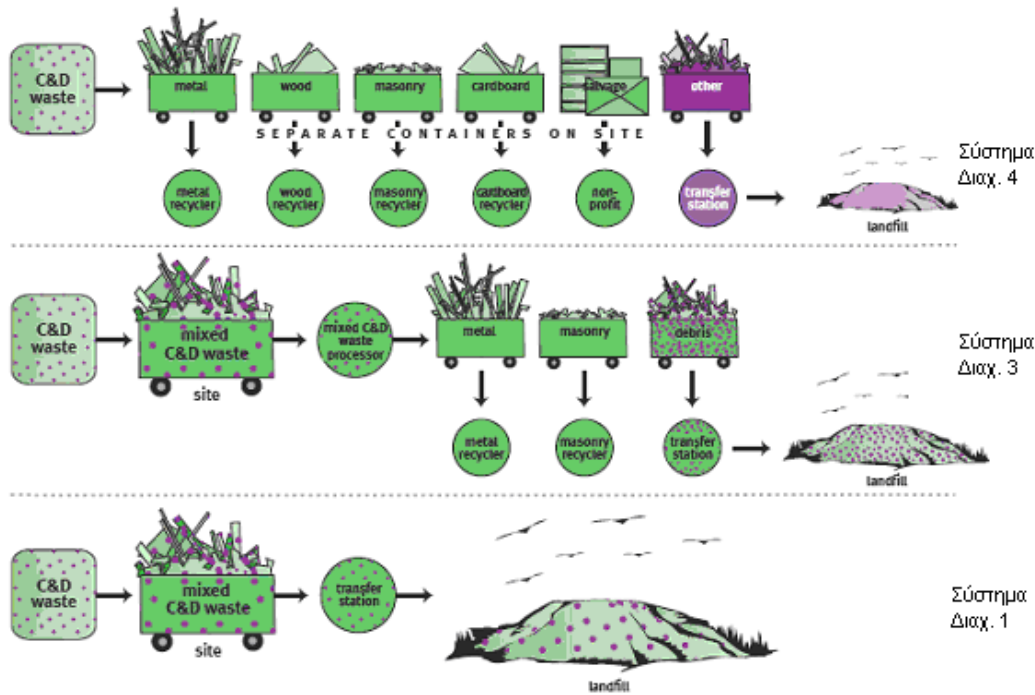
- Σύστημα Διαχείρισης 5: Μερικώς επιλεκτική κατεδάφιση, μεταφορά μικτού σε Κεντρική Μονάδα Ανακύκλωσης, μεταφορά μη ανακυκλώσιμου υπολείμματος σε ΧΥΤΑ ή σε μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων.
- Σύστημα Διαχείρισης 6: Μερικώς επιλεκτική κατεδάφιση, ανάκτηση on site συγκεντρωτικά και ανακύκλωση ανόργανου κλάσματος σε κινητή μονάδα ανακύκλωσης, μεταφορά ανακυκλώσιμου μη ανόργανου κλάσματος σε εξειδικευμένες μονάδες ανακύκλωσης και μη ανακυκλώσιμου υπολείμματος σε ΧΥΤΑ ή σε μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων.
- Σύστημα Διαχείρισης 7: Επιλεκτική κατεδάφιση, μεταφορά μικτού σε Κεντρική Μονάδα Ανακύκλωσης, μεταφορά μη ανακυκλώσιμου υπολείμματος σε ΧΥΤΑ ή σε μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων.
- Σύστημα Διαχείρισης 8: Επιλεκτική κατεδάφιση, ανάκτηση on site συγκεντρωτικά και ανακύκλωση ανόργανου κλάσματος σε κινητή μονάδα ανακύκλωσης, μεταφορά ανακυκλώσιμου μη ανόργανου κλάσματος σε εξειδικευμένες μονάδες ανακύκλωσης και μη ανακυκλώσιμου υπολείμματος σε ΧΥΤΑ ή σε μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων.
- Σύστημα Διαχείρισης 9: Επιλεκτική κατεδάφιση, ανάκτηση on site απευθείας και ανακύκλωση ανόργανου κλάσματος σε κινητή μονάδα ανακύκλωσης, μεταφορά ανακυκλώσιμου μη ανόργανου κλάσματος σε εξειδικευμένες μονάδες ανακύκλωσης και μη ανακυκλώσιμου υπολείμματος σε ΧΥΤΑ ή σε μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων.

#### **γ. Εκσκαφές – απόβλητα οδοποιίας**

- Σύστημα Διαχείρισης 1: Τελική διάθεση σε ΧΥΤΑ.
- Σύστημα Διαχείρισης 2: Χρήση για επιχωματώσεις ή άλλες χωματοουργικές εργασίες.

Πρακτικά, τα συστήματα διαχείρισης που εφαρμόζονται ως επί το πλείστον στις κατασκευές και στις κατεδαφίσεις είναι αυτά που παρουσιάζονται στο Σχήμα 6. Παρατηρούμε ότι το σύστημα διαχείρισης 4, έχει τελικά το μικρότερο ποσό των αποβλήτων ΑΕΚΚ που οδηγείται σε ΧΥΤΑ, δίνοντας σημασία στην διαλογή στην

πηγή, σε αντίθεση με το σύστημα 1, στο οποίο δεν γίνεται καμία επεξεργασία και το 100% τον ΑΕΚΚ καταλήγει σε ΧΥΤΑ.



Σχήμα 6: Τα συστήματα διαχείρισης 1,3,4, τόσο για τις κατασκευές όσο και για τις κατεδαφίσεις (τα πιο χαρακτηριστικά)<sup>40</sup>.

## 4.2. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΠΟ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΙΣ (ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ-ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ)

Τα απόβλητα που προκύπτουν από την κατεδάφιση κτιρίων εμφανίζουν μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας όσον αφορά στη διαχείρισή τους, εν συγκρίσει με τα απόβλητα που προκύπτουν από τις ανεγέρσεις κτιρίων<sup>41</sup>. Σημαντικό πρόβλημα αποτελεί το γεγονός, ότι ο εργολάβος που αναλαμβάνει τις εργασίες κατεδάφισης δεν μπορεί να γνωρίζει εκ των προτέρων τη σύσταση των άχρηστων υλικών που θα προκύψουν, έτσι είναι πιο δύσκολος ο ποσοτικός προσδιορισμός και στην ουσία η διαχείρισή τους.

Γενικά, σε κάθε κατεδάφιση το οικοδόμημα και οι εξωτερικοί χώροι του κτιρίου μετατρέπονται σε απόβλητα. Η σύσταση των αποβλήτων εξαρτάται τόσο από τη

μέθοδο κατεδάφισης όσο και από το είδος του κτιρίου. Για παράδειγμα, εάν επιτραπεί σε κάποιο συνεργείο να έχει πρόσβαση στο κτίριο πριν από το κύριο στάδιο της κατεδάφισης τότε μπορεί να ανακτηθεί μεγάλη ποσότητα επαναχρησιμοποιήσιμων υλικών, όπως ξυλεία και μέταλλα. Αντίθετα, εάν η κατεδάφιση πραγματοποιηθεί με έκρηξη ή χρήση βαριών μηχανικών μέσων, τότε τα απόβλητα που παράγονται είναι μικτά.

Ένα κτίριο μπορεί να κατεδαφιστεί με διάφορες τεχνικές όπως με ελεγχόμενη έκρηξη, με μπάλα γκρεμίσματος, με υδραυλικό θραυστήρα και με τη μέθοδο από πάνω προς τα κάτω (top-down method). Σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, όπως π.χ. Αττική, όπου η χρήση μεγάλων γερανών είναι δύσκολη συνιστάται η χρήση της μεθόδου top-down. Κατά την τεχνική αυτή, η κατεδάφιση αναπτύσσεται από την οροφή προς το έδαφος, σταδιακά ανά όροφο.

Τα βήματα που ακολουθούνται κατά την εφαρμογή μιας συμβατικής κατεδάφισης είναι τα εξής:

1. Αποσύνδεση όλων των υπηρεσιών: ηλεκτρικό, νερό, φυσικό αέριο, τηλέφωνο και αποχέτευση.
2. Δημιουργία ζώνης ασφαλείας γύρω από την οικοδομή πριν το κύριο στάδιο της κατεδάφισης.
3. Τοποθέτηση συστήματος από σκαλωσιές και προστατευτική σήτα γύρω από το κτίριο.
4. Δημιουργία οπής διέλευσης των αποβλήτων 2-3 τετραγωνικών μέτρων σε κάθε όροφο του κτιρίου.
5. Ανύψωση μηχανής εκσκαφής με υδραυλικό κρουστικό σπαστήρα στην οροφή του κτιρίου.
6. Κατεδάφιση των δοκαριών, των κολονών και της πλάκας στην οροφή και στη συνέχεια σε ένα-ένα όροφο κατεβαίνοντας προς τα κάτω.
7. Ξερίζωμα πασάλων, δοκών εδάφους και σωλήνων.
8. Συλλογή υλικών στο επίπεδο του εδάφους διαμέσου των οπών που έχουν δημιουργηθεί στο βήμα 4.
9. Διαχωρισμός των υλικών που είναι κατάλληλα για ανακύκλωση από τα απόβλητα.

## 10. Απομάκρυνση των αποβλήτων από τον χώρο.

Αναλυτικότερα: αρχικά, συνεργεία εισέρχονται στην οικοδομή και απομακρύνουν από αυτήν τα ανακυκλώσιμα υλικά. Μετά από αυτό το στάδιο, συνεργεία απομακρύνουν οποιοδήποτε επικίνδυνο υλικό υπάρχει στην οικοδομή. Ακολουθεί το κύριο στάδιο της κατεδάφισης από πάνω προς τα κάτω το οποίο λαμβάνει χώρα με τη βοήθεια υδραυλικών θραυστήρων. Στη συνέχεια και εφόσον αυτό είναι επιθυμητό, μπορεί να πραγματοποιηθεί διαχωρισμός και μείωση του μεγέθους των υλικών που προκύπτουν από την κατεδάφιση και τέλος μεταφορά αυτών ανάλογα με τη σύσταση τους σε μονάδες ανακύκλωσης, χώρους επαναχρησιμοποίησης ή σε χώρους τελικής διάθεσης.

Από τα προηγούμενα γίνεται φανερό ότι χρησιμοποιώντας συμβατικές μεθόδους κατεδάφισης είναι αδύνατο να επιτευχθεί υψηλός βαθμός ανάκτησης υλικών από μια οικοδομή. Για τον λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται μια νέα μέθοδος, η επιλεκτική κατεδάφιση, δηλαδή η οργανωμένη απομάκρυνση ή και επεξεργασία συγκεκριμένων υλικών και συστατικών, πριν την έναρξη της διαδικασίας της κατεδάφισης του βασικού σκελετού της κατασκευής. Τα υλικά αυτά πρέπει να απομακρυνθούν είτε λόγω της οικονομικής τους αξίας, είτε γιατί η παρουσία τους ρυπαίνει ή μειώνει την ποιότητα του ρεύματος των αποβλήτων (π.χ. η παρουσία επικίνδυνων ή ανόργανων συστατικών στο ρεύμα των αδρανών αποβλήτων), η οποία παρέχει υψηλούς ρυθμούς ανάκτησης υλικών.

Ο λόγος για τον οποίο υπάρχει αυτή η διαφορά μεταξύ συμβατικής και επιλεκτικής κατεδάφισης είναι γιατί στην επιλεκτική κατεδάφιση οι εργάτες χρησιμοποιούν χειροκίνητα μηχανικά εργαλεία με στόχο να ανακτηθεί το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό των υλικών που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, ενώ στη συμβατική κατεδάφιση χρησιμοποιείται βαρύς εξοπλισμός (εκρηκτικά, μπάλες γκρεμίσματος, μπουλντόζες) και το απόβλητο που παράγεται είναι ανάμικτο με αποτέλεσμα η ανάκτηση των υλικών που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν να είναι πιο δύσκολη.

Η επιλεκτική κατεδάφιση πραγματοποιείται ακολουθώντας αντίστροφα τα βήματα που εφαρμόζονται κατά την κατασκευή του κτιρίου. Λόγω του γεγονότος ότι η απομάκρυνση των διαφόρων υλικών γίνεται χειρωνακτικά, η τεχνική αυτή

απαιτεί μεν περισσότερο χρόνο εργασίας και προσωπικό, αλλά το απόβλητο που προκύπτει είναι απαλλαγμένο από επικίνδυνα ή μη ανακυκλώσιμα υλικά. Επιπρόσθετα, η επιλεκτική κατεδάφιση επιμερίζεται σε διάφορες φάσεις, έτσι ώστε σε κάθε φάση να απομακρύνεται και να συλλέγεται ένα είδος υλικού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται πολύ το ποσοστό των υλικών που ανακυκλώνονται. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι η επιλεκτική κατεδάφιση πραγματοποιείται συνήθως σε συνδυασμό με τη μέθοδο “top-down” κατά την οποία το κτίριο κατεδαφίζεται διαδοχικά από τη στέγη προς τους κάτω ορόφους και τα υλικά που προκύπτουν καταλήγουν στο επίπεδο του εδάφους μέσα από χοάνες ειδικές για μπάζα. Στον Πίνακα 5 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι βασικές εργασίες που εφαρμόζονται κατά την επιλεκτική κατεδάφιση, καθώς και τα υλικά που ανακτώνται σε καθεμιά από αυτές.

	<b>Δραστηριότητες</b>	<b>Υλικά</b>
1α	Επιλεκτική απομάκρυνση υλικών που αφαιρούνται εύκολα και έχουν αξία πώλησης	Αρχιτεκτονικά υλικά (τζάκι, γυαλί βιτρό, πόρτες ασφαλείας, διακοσμητικός σφυρήλατος σίδηρος, πλακάκια), κεραμίδια, πόρτες αλουμινίου με διπλά τζάμια, ηλεκτρικές συσκευές, μέταλλα.
1β	Επιλεκτική απομάκρυνση υλικών που αφαιρούνται εύκολα και εφόσον δεν απομακρυνθούν το απόβλητο θα αντιμετωπιστεί ως επικίνδυνο	Αμίαντος και άλλα επικίνδυνα υλικά.
1γ	Επιλεκτική απομάκρυνση υλικών που αφαιρούνται εύκολα και εφόσον δεν απομακρυνθούν θα μειωθεί η αξία των υλικών που θα παραχθούν από το απόβλητο	Ξύλινα αντικείμενα, πλαστικά αντικείμενα, μεγάλοι όγκοι γυαλιού και γύψος.
1δ	Χημική επεξεργασία on site των υλικών του κτιρίου που έχουν μολυνθεί κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου ακολουθούμενη από απομάκρυνση των υλικών αυτών εφόσον είναι απαραίτητο.	Επιφάνειες από οροφές, τοίχους και πατώματα που έχουν υποστεί χημικές αλλοιώσεις.

Πίνακας 5 : Βασικές δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα κατά την επιλεκτική κατεδάφιση και υλικά που παράγονται ανά περίπτωση

Τα μεγαλύτερα εμπόδια για τη διάδοση της επιλεκτικής κατεδάφισης, είναι η απαίτηση για ταχύτητα στην κατεδάφιση και η αβεβαιότητα όσον αφορά στη ζήτηση συγκεκριμένων υλικών που θα επαναχρησιμοποιηθούν. Όπως ήδη αναφέρθηκε, μετά την ολοκλήρωση της κατεδάφισης το μίγμα των αδρανών υλικών δύναται να διαχωριστεί με τη χρήση ειδικών θραυστήρων είτε εντός εργοταξίου (on site) είτε σε χώρο εκτός εργοταξίου (off-site).

Στο Σχήμα 7 που ακολουθεί απεικονίζεται το Διάγραμμα Ροής Διαχείρισης Αποβλήτων Κατεδαφίσεων Οικοδομικών και Τεχνικών Έργων που εφαρμόστηκε στην πιλοτική μονάδα ανακύκλωσης ΑΕΚΚ στα Α. Λιόσια το 2003 και αναλύεται περισσότερο στο Κεφάλαιο 9.



Σχήμα 7: Διάγραμμα Ροής Διαχείρισης Αποβλήτων Κατεδαφίσεων Οικοδομικών και Τεχνικών Έργων<sup>42</sup>

Εκτός από τη συμβατική και την επιλεκτική κατεδάφιση υφίσταται και μια τρίτη μέθοδος κατεδάφισης, η μερικώς επιλεκτική κατεδάφιση, η οποία είναι συνδυασμός της επιλεκτικής και της συμβατικής κατεδάφισης. Κατά την μερικώς επιλεκτική κατεδάφιση αρχικά χρησιμοποιούνται συνεργεία με μηχανικά εργαλεία για την απομάκρυνση των υλικών με τη μεγαλύτερη αξία (δίνεται περισσότερος χρόνος και εργατοώρες στις εργασίες αυτές σε σχέση με τη συμβατική και λιγότερος σε σχέση με την επιλεκτική κατεδάφιση) και στη συνέχεια η κατεδάφιση ολοκληρώνεται με συμβατικά μέσα. Τα απόβλητα που προκύπτουν από αυτήν τη μέθοδο κατεδάφισης είναι καλύτερης ποιότητας από της συμβατικής, όχι όμως τόσο απαλλαγμένα από επικίνδυνα συστατικά όσο της επιλεκτικής κατεδάφισης.

Με βάση τη μέθοδο κατεδάφισης που εφαρμόζεται, καθορίζεται και η ευκολία διαχωρισμού των αποβλήτων on-site. Στην πράξη στην Αττική και γενικά στην Ελλάδα η κατεδάφιση έγκειται στην πρόθεση του ιδιοκτήτη. Δεν υπάρχει νομοθεσία για τον τρόπο κατεδάφισης και αφού δεν υπάρχει ανταποδοτικό όφελος από μέρους της πολιτείας ο μηχανικός ως υπεύθυνος της κατεδάφισης σε συνεργασία με το συνεργείο και τον ιδιοκτήτη αποφασίζουν τον τρόπο. Στο 99,9% των περιπτώσεων η κατεδάφιση γίνεται με τον συμβατικό τρόπο από πάνω προς τα κάτω για πολυώροφο κτίριο ή με χρήση μηχανικών μέσων για διώροφο ή ισόγειο κτίσμα.

#### **4.2.1. Επιλογή μεταξύ on site και off site επεξεργασίας**

Οι διαδικασίες διαχωρισμού και θραύσης των οικοδομικών αποβλήτων που περιλαμβάνονται στην επιλεκτική κατεδάφιση μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε στο χώρο της κατεδάφισης είτε σε εγκαταστάσεις διαχείρισης. Η επιλογή μεταξύ των δύο παραπάνω δυνατοτήτων εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- I. Τη διαθεσιμότητα (κατοχή) των απαραίτητων μηχανημάτων
- II. Την ποιότητα του μίγματος αδρανών που παράγεται
- III. Το διαθέσιμο χρόνο και χώρο για την αποπεράτωση των διαδικασιών
- IV. Τις αποστάσεις μεταξύ του εργοταξίου (ή του χώρου κατεδάφισης) και της πλησιέστερης εγκατάστασης επεξεργασίας

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των δύο κατηγοριών επεξεργασίας.

Πλεονεκτήματα on site επεξεργασίας	Μειονεκτήματα on site επεξεργασίας
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Λιγότερα υλικά για διαχείριση, μικρότερο λειτουργικό κόστος</li> <li>✓ Μικρότερη συγκοινωνιακή διαταραχή (στην περίπτωση που τα ανακυκλωμένα υλικά χρησιμοποιούνται επί τόπου)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Μεγαλύτερο λειτουργικό κόστος ανά τόνο οικοδομικών αποβλήτων</li> <li>✓ Αύξηση θορύβου και επιπέδων σκόνης</li> <li>✓ Πιθανή καθυστέρηση της ανέγερσης της νέας κατασκευής</li> <li>✓ Μείωση του διαθέσιμου χώρου</li> </ul>
Πλεονεκτήματα off site επεξεργασίας	Μειονεκτήματα off site επεξεργασίας
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στις γειτονικές περιοχές</li> <li>✓ Μικρότερο λειτουργικό κόστος ανά τόνο οικοδομικών αποβλήτων</li> <li>✓ Δυνατότητα αποθήκευσης των οικοδομικών αποβλήτων</li> <li>✓ Δυνατότητα χρησιμοποίησης μηχανών μεγαλύτερης χωρητικότητας</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Μεταφορικό κόστος</li> <li>✓ Υποχρεωτικός ο έλεγχος της διαδικασίας κατεδάφισης προκειμένου να αποφευχθεί η ανακύκλωση άγνωστης ποιότητας υλικών</li> <li>✓ Μεγαλύτερο λειτουργικό κόστος</li> </ul>

Πίνακας 6: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα on και off site επεξεργασίας

### 4.3. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Μια βασική διαφορά ανάμεσα στα απόβλητα που προκύπτουν από τα εργοτάξια όπου λαμβάνει χώρα κατασκευαστική δραστηριότητα και στα απόβλητα από κατεδαφίσεις είναι ότι ο εργολάβος στο εργοτάξιο γνωρίζει (ή οφείλει να γνωρίζει) ακριβώς τη σύσταση των υλικών που χρησιμοποιούνται. Έχει τη δυνατότητα να οργανώσει καλύτερα τη διαχείριση των αποβλήτων που προκύπτουν, καθώς και να αντιμετωπίσει τα προβλήματα που πιθανόν να προκύψουν κατά το σχεδιασμό διαχείρισης.

Ο εργολάβος οφείλει να διατηρεί αποθέματα υλικών για την αποφυγή τυχόν καθυστερήσεων στην ολοκλήρωση της κατασκευής. Στα εργοτάξια που λαμβάνει χώρα κατασκευαστική δραστηριότητα, εξαιτίας των δύσκολων εργασιακών συνθηκών, κάποια δομικά υλικά αναπόφευκτα καταστρέφονται. Σε αυτή την περίπτωση ο εργολάβος οφείλει να προμηθευτεί νέα ποσότητα υλικών αλλά και να διαχειριστεί τα κατεστραμμένα υλικά που χαρακτηρίζονται ως απόβλητα.

Συνοψίζοντας, τα απόβλητα από κατασκευές χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

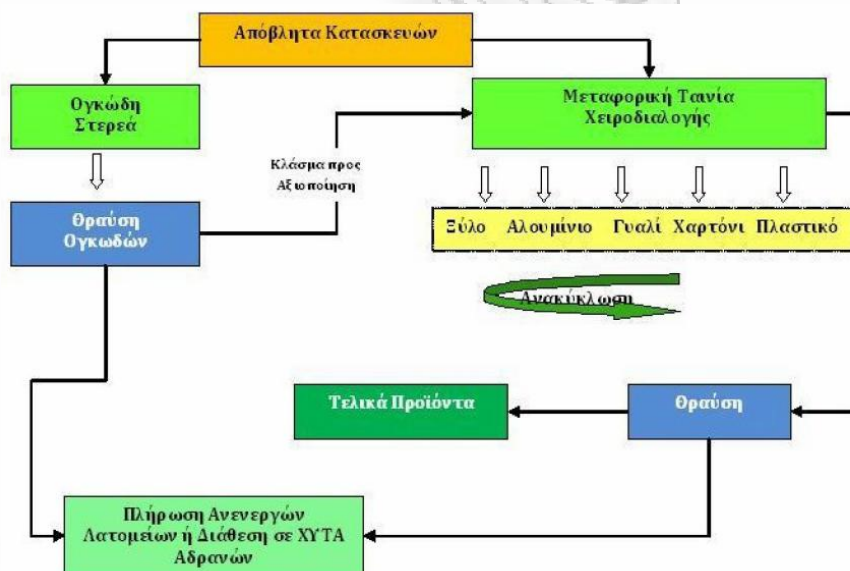
- Κατεστραμμένα υλικά.



- Υλικά που δεν χρησιμοποιήθηκαν.
- Υλικά συσκευασίας.
- Άλλα βοηθητικά υλικά.

Όσον αφορά στις δύο πρώτες κατηγορίες, οι ποσότητες των αποβλήτων μπορούν να περιορισθούν με καλύτερο έλεγχο στη διαχείριση των αποθεμάτων και την αρτιότερη εκπαίδευση των εργαζομένων, με στόχο τη μείωση πρόκλησης φθορών στα δομικά υλικά. Η θέσπιση ενός εσωτερικού δικτύου ώστε τα υλικά που περισσεύουν να επιστρέφονται στον παροχέα ή να μεταφέρονται σε άλλο κατασκευαστικό χώρο μπορεί να είναι επίσης χρήσιμη. Η έλλειψη οργάνωσης σε αυτό τον τομέα έχει ως αποτέλεσμα την απόθεση υλικών από κατασκευές καλής ποιότητας, ως μικτά απόβλητα κατασκευών σε χώρους διάθεσης.

Η διαδικασία επεξεργασίας των παραπάνω αποβλήτων περιγράφεται συνοπτικά στο παρακάτω Σχήμα 8.



Σχήμα 8: Διάγραμμα Ροής για τη διαχείριση Αποβλήτων Κατασκευών<sup>42</sup>

#### 4.4. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΚΣΚΑΦΩΝ

Τα χώματα εκσκαφών σε περίπτωση που δεν έχουν ρυπανθεί, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις λειτουργικές ανάγκες των χώρων διάθεσης (π.χ. επιχωματώσεις), για την αποκατάσταση παλαιών χώρων διάθεσης κ.λπ. Το πρόβλημα όσον αφορά στη διαχείρισή τους, έγκειται στο μεγάλο όγκο των

συγκεκριμένων αποβλήτων και στο αντίστοιχα υψηλό κόστος μεταφοράς τους (120€ ανά κάδο αποκομιδής χωρητικότητας περίπου 7m<sup>3</sup>). Όσον αφορά στα χώματα από ρυπασμένα εδάφη, έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές για την επεξεργασία τους με στόχο τη διάσπαση/εξουδετέρωση των ουσιών που προκάλεσαν τη ρύπανση.

Οι τεχνικές επεξεργασίας των ρυπασμένων χωμάτων ταξινομούνται ως εξής<sup>43</sup>:

1.Βιολογικές μέθοδοι: Πρόκειται για μεθόδους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καταστροφή ρύπων οι οποίοι θεωρούνται βιοαποικοδομήσιμοι, όπως κυανιούχες ενώσεις και αρωματικοί υδρογονάνθρακες. Αντίθετα δεν ενδείκνυται η εφαρμογή τους για την αποκατάσταση εδαφών, τα οποία έχουν ρυπανθεί από βαρείς υδρογονάνθρακες και πολυχλωριωμένα διφαινύλια, επειδή η αποικοδόμηση τους απαιτεί πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα.

2.Φυσικές μέθοδοι: Πρόκειται για μεθόδους που βασίζονται στις διαφορετικές φυσικές ιδιότητες του ρυπαντή και των χωμάτων, όπως διαφορά στην πυκνότητα, το ηλεκτρικό δυναμικό, διαλυτότητα κ.α. Οι μέθοδοι αυτές πρέπει να συνδυασθούν με συστήματα διαχωρισμού ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή ανάκτηση.

3.Χημικές μέθοδοι: Πρόκειται για μεθόδους που βασίζονται στην ανάμειξη των χωμάτων με χημικές ουσίες, οι οποίες προκαλούν μείωση της τοξικότητας.

4.Θερμικές μέθοδοι: Πρόκειται για μεθόδους που βασίζονται στη θέρμανση των χωμάτων και στοχεύουν στη διάσπαση των ρύπων σε υψηλές θερμοκρασίες. Πρέπει να εφαρμόζονται με προσοχή, ούτως ώστε να διασφαλίζονται τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του εδαφικού υλικού.

5.Μέθοδοι στερεοποίησης/σταθεροποίησης: Οι μέθοδοι αυτές μειώνουν ή και εξαφανίζουν τη ρυπογόνο δραστηριότητα του ρύπου, δεν στοχεύουν στην απομάκρυνση των ρυπαντών από τα εδάφη, αλλά στην αλλαγή των φυσικοχημικών τους χαρακτηριστικών, έτσι ώστε τα εδάφη να μπορούν να διαχειριστούν με ασφαλή τρόπο. Με τη χρήση σταθεροποιητών (τσιμέντο, PFA κ.α.) μειώνεται η μη επιθυμητή ρυπογόνος δραστηριότητα του ρύπου και βελτιώνεται η ποιότητα του εδάφους, το οποίο χαρακτηρίζεται από αυξημένη αντοχή και μειωμένη συμπίεστικότητα και διαπερατότητα. Άλλες μέθοδοι

μετατρέπουν τα ρυπασμένα χώματα σε βιομηχανικό προϊόν, το οποίο για παράδειγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή δρόμων.

Σε κάθε περίπτωση η επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας εξαρτάται από το είδος του ρύπου, το βαθμό της ρύπανσης και τις συνθήκες του εδάφους.

#### **4.5. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ<sup>10</sup>**

Υπάρχουν δύο τύποι οδοστρωμάτων, τα εύκαμπτα και τα άκαμπτα οδοστρώματα. Το εύκαμπτο οδόστρωμα κατασκευάζεται συνήθως από σύμφυρμα χαλικιών και ασφάλτου. Τα άκαμπτα οδοστρώματα κατασκευάζονται από σκυρόδεμα τσιμέντου τύπου πόρτλαντ, και ενώ γενικά χαρακτηρίζονται από υψηλότερη αντοχή, εμφανίζουν ευπάθεια σε ρηγμάτωση.

Τα ασφατικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην οδοποιία είναι κυρίως βιτουμενιούχα υλικά, δηλαδή υδρογονανθρακούχα υλικά φυσικής ή πυρογενούς προελεύσεως, τα οποία έχουν συγκολλητικό χαρακτήρα. Στα βιτουμενιούχα υλικά οδοποιίας περιλαμβάνονται οι άσφαλτοι και οι πίσσες. Οι άσφαλτοι βρίσκονται στη φύση, σε καθαρή κατάσταση ή αναμεμιγμένες με διάφορες ανόργανες ουσίες, ή προέρχονται από τη διύλιση του πετρελαίου. Οι πίσσες είναι βιτουμενιούχα αποστάγματα που παράγονται με κλασματική απόσταξη οργανικών υλών, όπως είναι ο λιθάνθρακας και το ξύλο. Τα ασφατικά υλικά χρησιμοποιούνται κυρίως στην επίστρωση της επιφάνειας των δρόμων. Απόβλητα από τα υλικά που περιγράφηκαν ανωτέρω, παράγονται σε κάθε εργασία ανακατασκευής, συντήρησης ή χάραξης δρόμων.

Υπάρχουν δύο διαδεδομένες μέθοδοι για την ανακύκλωση των υλικών κατασκευής του οδοστρώματος. Η μέθοδος της επιτόπιας ανακύκλωσης στο χώρο αποκατάστασης του δρόμου (*in situ*) και η μέθοδος της ανακύκλωσης σε κεντρική εγκατάσταση παραγωγής ασφαλτομίγματος (*ex situ*). Διευκρινίζεται ότι καμία από τις δύο μεθόδους δεν παρέχει διαχωρισμό των υλικών του ασφατικού οδοστρώματος στα δύο βασικά του συστατικά, την άσφαλτο και τα αδρανή, καθώς και οι δύο βελτιώνουν απευθείας το αρχικό υλικό. Για την επιλογή της μεθόδου ανακύκλωσης, γίνεται δειγματοληψία του παλαιού υλικού του

ασφαλοτάτητα και με εργαστηριακές εξετάσεις καταγράφονται τα χαρακτηριστικά του. Εν συνεχεία προσδιορίζεται το περιεχόμενο ποσοστό της ασφάλτου καθώς και η ποιότητά της (π.χ. βαθμός οξείδωσης, σκληρότητας κ.α.). Τα αποτελέσματα αυτά θα καθορίσουν και τη μέθοδο ανακύκλωσης καθώς και το βαθμό προσθήκης νέου ασφαλτομίγματος, αδρανών υλικών κ.α

Στο Σχήμα 9 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής των εργασιών για την διαχείριση των αποβλήτων εκσκαφών και οδοποιίας (ασφάλτου).



Σχήμα 9: Διάγραμμα Ροής διαχείρισης αποβλήτων εκσκαφών και ασφάλτου<sup>42</sup>

## 5. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΠΟ ΕΚΣΚΑΦΕΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΙΣ

Ανάλογα με τις ιδιομορφίες και τις υποδομές που υπάρχουν σε κάθε χώρα υπάρχουν περισσότερες ή λιγότερες δυνατότητες πρόληψης, αξιοποίησης, επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης των διάφορων κατηγοριών αποβλήτων από έργα κατασκευών και κατεδαφίσεων:

α) *Πρόληψη*, δηλαδή μέτρα και πρακτικές που επιδιώκουν αφενός την μείωση της ποσότητας των αποβλήτων που προέρχονται από διάφορες κατεργασίες κατασκευής, κατεδάφισης και εκσκαφών καθώς και των υλικών και των ουσιών που περιέχουν και τον προσδιορισμό των κινδύνων που συνεπάγονται για το περιβάλλον.

β) *Επαναχρησιμοποίηση*, δηλαδή οποιαδήποτε ενέργεια χάρη στην οποία τα υλικά που προέρχονται από κατεδαφίσεις, ανεγέρσεις οικοδομών, φυσικές ή άλλες καταστροφές χρησιμοποιούνται για τους σκοπούς που σχεδιάστηκαν, με ή χωρίς την υποστήριξη βοηθητικών προϊόντων που υπάρχουν στην αγορά. Για παράδειγμα μέχρι πρόσφατα ήταν συνηθισμένη πρακτική η αξιοποίηση μεταχειρισμένων προϊόντων, όπως παράθυρα, κουφώματα, πόρτες, μάρμαρα, κεραμικά, σιδηροκατασκευές κ.α.

γ) *Εναλλακτική διαχείριση*, (Η εναλλακτική διαχείριση είναι μια διαδικασία που εμπεριέχει και κάποιες από τις υπόλοιπες μορφές διαχείρισης) σύμφωνα με το σχετικό Προεδρικό Διάταγμα, αποτελούν οι εργασίες συλλογής, μεταφοράς, προσωρινής αποθήκευσης, διαλογής, επαναχρησιμοποίησης, και αξιοποίησης των υλικών από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις, ώστε μετά την επαναχρησιμοποίηση ή επεξεργασία τους αντίστοιχα να επιστρέψουν στο ρεύμα της αγοράς.

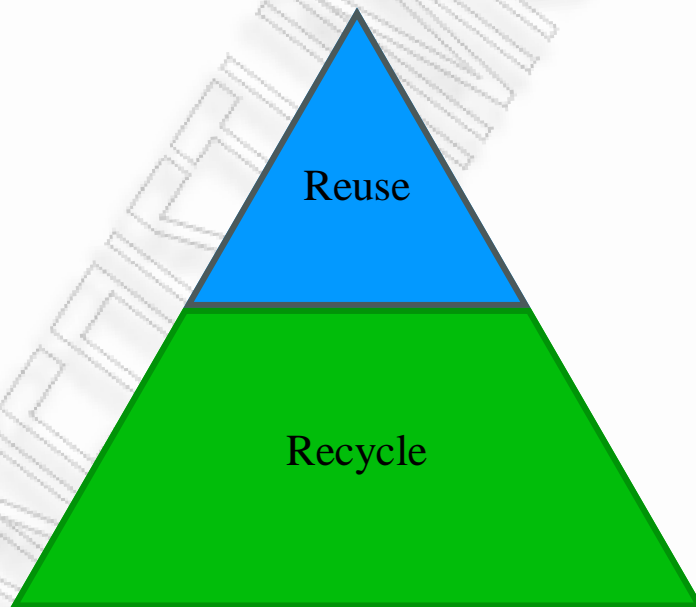
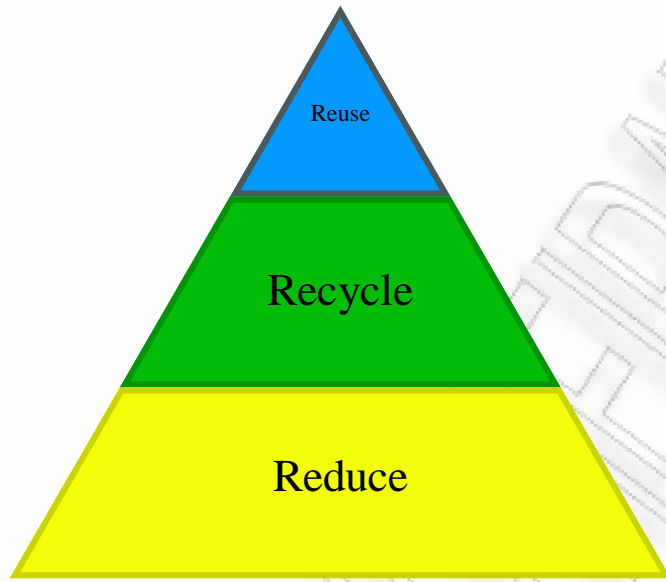
δ) *Επεξεργασία*, είναι οποιαδήποτε δραστηριότητα, συμπεριλαμβανομένης της διαλογής, αφότου τα απόβλητα παραδοθούν σε εγκατάσταση που διαθέτει άδεια για να περιοριστούν ο όγκος ή οι επικίνδυνες ιδιότητές τους, να διευκολυνθεί η διακίνηση τους και να βελτιωθεί η ανάκτηση των περιεχόμενων χρήσιμων υλών.

ε) *Ανακύκλωση*, η εκ νέου ένταξη διάφορων υλικών σε μια παραγωγική διαδικασία προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για τον αρχικό ή για άλλους σκοπούς. Στην ανακύκλωση δεν συμπεριλαμβάνεται η ανάκτηση ενέργειας. Ανάλογα με την υπάρχουσα εμπειρία και τις υποδομές της κάθε περιοχής και χώρας είναι δυνατόν να ανακυκλωθούν διάφορα υλικά από συνηθισμένα (συσκευασίες, σίδηρος, αλουμίνια) μέχρι πιο εξειδικευμένα (όπως γύψος, κεραμικά, κ.α.).

στ) *Ανάκτηση ενέργειας*, νοείται η χρήση των καυσίμων υλικών των εν λόγω αποβλήτων ως μέσου παραγωγής ενέργειας με άμεση καύση, μαζί ή χωρίς άλλα απόβλητα, αλλά με ανάκτηση της θερμότητας, χωρίς ρύπανση του περιβάλλοντος σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία.

ζ) *Αξιοποίηση*, κάθε εργασία, που επιτρέπεται από την ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία, συμπεριλαμβανομένων των επιχωματώσεων, αποκαταστάσεων ανενεργών λατομείων και ανεξέλεγκτων χωματερών, επικαλύψεων χώρων υγειονομικής ταφής και εν γένει αναμόρφωση υποβαθμισμένων τοπίων ή αναπλάσεων χώρων.

Όσον αφορά τα απόβλητα των κατεδαφίσεων η αειφόρος ανάπτυξη βασίζεται στα λεγόμενα 2R (reuse, recycle), δηλαδή στην επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. Αντίστοιχα για τα απόβλητα των κατασκευών υιοθετείται η λογική των 3R (reduce, reuse, recycle), δηλαδή μείωση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση (Σχήμα 10).



Σχήμα 10: Η λογική των 3R-2R στα ΑΕΚΚ<sup>44</sup>

## 5.1. ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΕΚΚ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Όσον αναφορά στην υφιστάμενη διαχείριση των αδρανών αποβλήτων στην Ελλάδα, δεν υπάρχει ένα κεντρικά οργανωμένο δίκτυο συλλογής και αξιοποίησης των υλικών που περιέχονται στα απόβλητα αυτά. Οι ενέργειες αξιοποίησης που λαμβάνουν χώρα χαρακτηρίζονται αποσπασματικές και έγκεινται στην δραστηριότητα των εργολάβων που έχουν αναλάβει τα αντίστοιχα έργα. Αξιοποιούνται κυρίως χρήσιμα υλικά όπως καλώδια, κουφώματα, γυαλιά, ενώ το ρεύμα των αδρανών χρησιμοποιείται σε άλλα έργα για εργασίες επιχωματώσεων και για την αποκατάσταση παλαιών λατομείων. Οι ποσότητες που δεν αξιοποιούνται οδηγούνται σε ένα μικρό ποσοστό είτε σε ΧΥΤΑ είτε σε παλαιά λατομεία για την ανάπλάσή τους, ενώ μεγάλες ποσότητες απορρίπτονται ανεξέλεγκτα σε ρέματα και εν γένει στο φυσικό περιβάλλον. Στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ), τα κατασκευαστικά απόβλητα κατόπιν επεξεργασίας, θεωρούνται συχνά χρήσιμα υλικά καθώς χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση των πρανών, την κατασκευή εσωτερικών δρόμων και την ημερήσια κάλυψη των απορριμμάτων. Οι ΧΥΤΑ χρειάζονται για την λειτουργία τους ορισμένες ποσότητες αδρανών υλικών και αν δεν δεχτούν κατασκευαστικά απόβλητα θα αγοράσουν πρωτογενή αδρανή υλικά (χώμα, άμμο, χαλίκι) αυξάνοντας τόσο το λειτουργικό τους κόστος όσο και την κατανάλωση φυσικών πόρων. Ωστόσο, οι ποσότητες των κατασκευαστικών αποβλήτων που καταλήγουν στους ΧΥΤΑ είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερες από αυτές που είναι απαραίτητες για την κάλυψη των λειτουργικών αναγκών τους. Συχνά τα κατασκευαστικά απόβλητα καταλαμβάνουν ένα σημαντικό μέρος του χώρου ενός ΧΥΤΑ. Ακόμα, δεν είναι γνωστό τι ποσοστό των αποβλήτων απορρίπτεται σε ΧΥΤΑ, σε λατομεία προς αποκατάσταση ή τελείως παράνομα π.χ. σε κοίτες χειμάρρων. Μόνο για την Αττική επιτράπη με την ΚΥΑ 14312/1302/9-06-2000 να χρησιμοποιούνται τα αδρανή απόβλητα που προέρχονται από τα μεγάλα έργα υποδομής (Αθήνα 2004, Αττικό μετρό, κλπ), για την ανάπλαση 6 λατομείων.

Με κατάλληλο διαχωρισμό ένα μεγάλο μέρος των αποβλήτων από τις κατεδαφίσεις και τις ανακαινίσεις είναι δυνατόν να ανακτηθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί. Στην Ελλάδα αυτό γίνεται άτυπα από μαστόρους και



πλανόδιους εμπόρους που μαζεύουν υλικά υψηλής σχετικά αξίας, όπως δομικά στοιχεία αρχιτεκτονικού ενδιαφέροντος, πόρτες, παράθυρα, περισσεύματα υλικών, συσκευές και συσκευασίες και τα πωλούν σε μάντρες κλπ. Είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί με ακρίβεια η ποσότητα των κατασκευαστικών αποβλήτων που ανακτώνται με αυτόν τον τρόπο, αλλά σίγουρα αντιπροσωπεύει ένα μικρό ποσοστό του συνόλου των παραγόμενων αποβλήτων.

## 5.2. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων αναμφισβήτητα αποτελεί ένα πολύπλοκο θέμα που δεν είναι μόνο περιβαλλοντικό αλλά και οικονομικό, κοινωνικό και τεχνολογικό. Η μεγάλη ποικιλία των παραγόμενων προϊόντων, η υπερκατανάλωσή τους, η αφθονία ειδών υλικών κατασκευής, η διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων και η μη ορθολογική διάθεσή τους μετά τη χρήση τους, δημιούργησαν τεράστια περιβαλλοντικά προβλήματα.

Η σύγχρονη άσκηση περιβαλλοντικής πολιτικής στον τομέα της διαχείρισης των αποβλήτων σε κοινοτικό και διεθνές επίπεδο, καθώς και η ανάγκη αποτελεσματικής προστασίας του περιβάλλοντος και έλεγχου της ρύπανσης από τα απόβλητα δημιουργούν νέους προσανατολισμούς και επιβάλλουν μια περισσότερο εμπειριστατωμένη αντιμετώπιση και τεκμηριωμένη ανάλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων ρύπανσης από τα απόβλητα. Είναι διαπιστωμένο ότι τα στερεά απόβλητα αποτελούν σημαντική πηγή ρύπανσης με συνεχώς αυξανόμενες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον δημιουργώντας παράλληλα και μια αδικαιολόγητη σπατάλη πόρων.

Οι γενικές αρχές εναλλακτικής διαχείρισης είναι:

- ♦ Η αρχή της πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων.
- ♦ Η αρχή της επαναχρησιμοποίησης.
- ♦ Η αρχή της αξιοποίησης (ανάκτηση υλικών και ενέργειας).
- ♦ Η αρχή « ο ρυπαίνων πληρώνει ».
- ♦ Η αρχή της ευθύνης.
- ♦ Η αρχή της δημοσιότητας.

♦ Η αρχή της μη-διάκρισης των υλικών.

Έτσι, με Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ Α 179/6.8.01) για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων εκσκαφών, κατεδαφίσεων και κατασκευών (ΑΕΚΚ), δημιουργείται το απαραίτητο θεσμικό πλαίσιο για την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των υλικών αυτών τόσο στα Ιδιωτικά όσο και στα Δημόσια έργα, σύμφωνα με το Ν.2939/2001 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι), στον οποίο γίνεται μια πρώτη αναφορά για τα απόβλητα ΑΕΚΚ στην παρ. 4 του άρθρου 2, και ο οποίος αφορά τη νομοθεσία για τις συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων, την ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ) και άλλες διατάξεις. Τα ΑΕΚΚ αναφέρονται στην κατηγορία «άλλα προϊόντα». Όσο για τους στόχους που έθετε, αυτοί αφορούσαν κυρίως τα απόβλητα συσκευασίας και είναι οι εξής:

α) μέχρι την 31η Δεκεμβρίου 2005, να αξιοποιείται κατ' ελάχιστο το 50 % κατά βάρος των παραγομένων αποβλήτων συσκευασίας με ανώτατο όριο το 65%.

β) Στο πλαίσιο του παραπάνω στόχου και για το ίδιο χρονικό διάστημα πρέπει να ανακυκλώνεται από το σύνολο των υλικών συσκευασίας τουλάχιστον το 25% κατά βάρος με ανώτατο όριο το 45%. Στο ποσοστό αυτό πρέπει να ανακυκλώνεται τουλάχιστον το 15% κάθε υλικού συσκευασίας.

γ) Μετά την ημερομηνία αυτή το ποσοστό αξιοποίησης και ανακύκλωσης καθορίζεται σύμφωνα με το άρθρο 6 (παρ.1γ) της οδηγίας 94/62/ΕΚ. (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι)

Τον Ιούλιο του 2004 εκδόθηκε ένα σχέδιο Π.Δ. με θέμα: « Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ) ».

Με το παρόν Προεδρικό Διάταγμα αποσκοπείται η εφαρμογή των διατάξεων των άρθρων 12 και 13 του Ν.1650/1986 «για την προστασία του περιβάλλοντος» (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι), καθώς και των άρθρων 15,16,17, 18 και 24 του Ν. 2939/2001 ώστε με την κατά προτεραιότητα πρόληψη δημιουργίας αποβλήτων από οικοδομικές εργασίες, έργα τεχνικών υποδομών, εκσκαφές, φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές και επιπροσθέτως την επαναχρησιμοποίηση, την

ανακύκλωση και τις άλλες μορφές αξιοποίησης να μειώνεται η ποσότητα και η επικινδυνότητα των προς διάθεση αποβλήτων σύμφωνα με τους στόχους και τις γενικές αρχές του Ν. 2939/2001 (άρθρα 1 και 4) καθώς και να βελτιώνεται η Περιβαλλοντική επίδοση όλων των οικονομικών παραγόντων που συμμετέχουν σε οικοδομικές εργασίες και τεχνικά έργα και κυρίως των φορέων που συμμετέχουν άμεσα στη διαχείριση των υλικών αυτών.

Το παρόν διάταγμα εφαρμόζεται στα απόβλητα από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις ανεξάρτητα από τη μορφή τους, τον όγκο, το βάρος ή τα επιμέρους υλικά από τα οποία συντίθενται. Το παρόν εφαρμόζεται με την επιφύλαξη της ισχύουσας εθνικής και κοινοτικής νομοθεσίας σχετικά με τις απαιτήσεις ασφαλείας και υγείας, τις εκπομπές στον αέρα και τους ελέγχους θορύβου, καθώς και την προστασία του εδάφους και των νερών.

Εξαιρούνται από το πεδίο εφαρμογής του παρόντος:

α) Τα απόβλητα από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις από το κεφάλαιο 17 του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων του Παραρτήματος 1.Β του άρθρου 17 της υπ. αριθ. 50910/2727/2003 ΚΥΑ, που επισημαίνονται με αστερίσκο (\*) και τα οποία χαρακτηρίζονται ως εν δυνάμει επικίνδυνα σύμφωνα με την Απόφαση 2001/118/ΕΚ (ΕΕL 47/16-2-2001). Η διαχείριση των αποβλήτων αυτών πραγματοποιείται σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας για την διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων.

β) Υλικά εκσκαφών και κατεδαφίσεων που προέρχονται από βιομηχανικές ή άλλες περιοχές και έχουν ρυπανθεί σε προηγούμενη χρήση από επικίνδυνες ουσίες ή ύλες σε ποσότητες ή περιεκτικότητες τέτοιες ώστε να αποτελούν κίνδυνο για την υγεία και το Περιβάλλον, η διαχείριση των οποίων καθορίζεται από τις σχετικές διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας για τα επικίνδυνα απόβλητα.

γ) Χώματα και αδρανή απόβλητα που προέρχονται από την αναζήτηση και την εξόρυξη, την επεξεργασία, την περαιτέρω κατεργασία και την αποθήκευση ορυκτών πόρων, καθώς και από την εκμετάλλευση λατομείων και κατασκευή σκυροδέματος.

Στο άρθρο 12 του παρόντος Π.Δ. παρουσιάζονται οι εξής ποσοτικοί στόχοι για την συλλογή – αξιοποίηση των αποβλήτων από κατασκευές, εκσκαφές και κατεδαφίσεις.

α) μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2006, να αξιοποιείται κατ' ελάχιστο το 30 % κατά βάρος των παραγομένων αποβλήτων, από το οποίο να ανακυκλώνεται τουλάχιστον 50%.

β) μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2008, να αξιοποιείται κατ' ελάχιστο το 50 % κατά βάρος των παραγομένων αποβλήτων, από το οποίο να ανακυκλώνεται τουλάχιστον 50%.

γ) μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2015, να αξιοποιείται τουλάχιστον το 80 % κατά βάρος των παραγομένων αποβλήτων, από το οποίο να ανακυκλώνεται τουλάχιστον 50%.

Οι ως άνω ποσοτικοί στόχοι είναι δυνατό να τροποποιούνται με κοινή απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων μετά από εισήγηση του ΕΟΕΔΣΑΠ σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 17 (παρ. 5) του Ν. 2939/2001.

Καθώς όμως το παραπάνω σχέδιο δεν οδήγησε στην έκδοση κάποιας αντίστοιχης νομοθεσίας, εκδόθηκε ένα νεώτερο τον Μάιο του 2007 με αντίστοιχο θέμα: «Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ)», το οποίο είχε ίδιο σκοπό και πεδίο εφαρμογής με το προηγούμενο, με την διαφορά ότι θέσπισε τους παρακάτω νέους ποσοτικούς στόχους:

α) μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2010, να αξιοποιείται κατ' ελάχιστο το 30 % κατά βάρος των παραγομένων αποβλήτων στη χώρα, από το οποίο να ανακυκλώνεται τουλάχιστον 50%.

β) μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2015, να αξιοποιείται τουλάχιστον το 60 % κατά βάρος των παραγομένων αποβλήτων στη χώρα, από το οποίο να ανακυκλώνεται τουλάχιστον 50%.

Οι ως άνω ποσοτικοί στόχοι είναι δυνατό να τροποποιούνται με κοινή απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων

μετά από εισήγηση του ΕΟΕΔΣΑΠ σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 17 (παρ.5) του Ν.2939/2001.

Έτσι, τον Αύγουστο του 2010 εκδόθηκε η Υ.Α. 36259/1757/Ε103/2010 με θέμα: «Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ)», στην οποία:

1. Καθορίζονται νέοι ποσοτικοί στόχοι για την ανακύκλωση και αξιοποίηση των ΑΕΚΚ. Θα ανακυκλώνονται ή αξιοποιούνται:

- το 30% μέχρι το τέλος του 2012,
- το 50% μέχρι το τέλος του 2015,
- το 70% μέχρι το 2020.

2. Δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για την ίδρυση Συστημάτων Εναλλακτικής Διαχείρισης, Επαναχρησιμοποίησης, Ανάκτησης και Αξιοποίησης των υλικών αυτών.

3. Προβλέπονται μέτρα για τη συνεργασία όλων όσων προβαίνουν στη διαχείριση των ΑΕΚΚ στο πλαίσιο της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει». Υπόχρεοι φορείς διαχείρισης των ΑΕΚΚ είναι οι κατασκευαστές, οι εργολήπτες τεχνικών και οικοδομικών έργων, οι φορείς εκμίσθωσης εξοπλισμού και παροχής υπηρεσιών προσωρινής αποθήκευσης, συλλογής και μεταφοράς των ΑΕΚΚ ή/και ο ιδιοκτήτης εφόσον δεν έχει αναθέσει το έργο στους προαναφερόμενους.

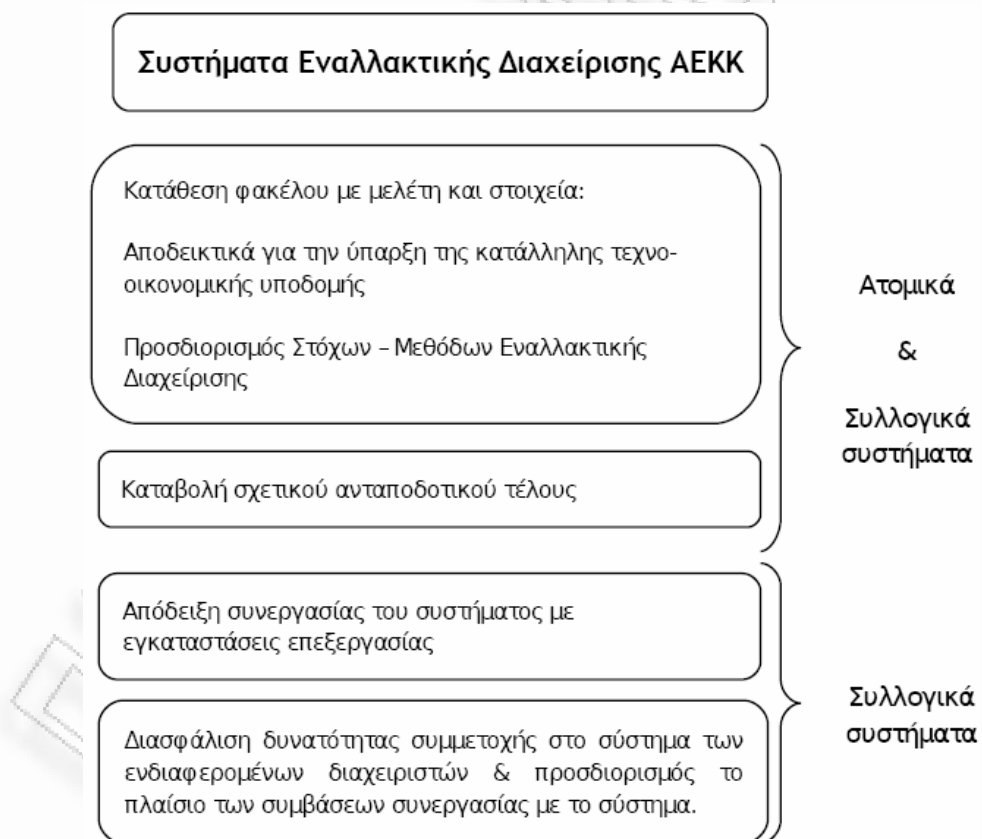
4. Περιλαμβάνονται μέτρα για την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού.

5. Οι διαχειριστές ΑΕΚΚ υποχρεούνται να οργανώσουν ή να συμμετέχουν σε συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης κατ' εφαρμογή του άρθρου 17 του Ν. 2939/2001. Σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης νοείται η οργάνωση σε ατομική ή συλλογική βάση με οποιαδήποτε νομική μορφή των εργασιών συλλογής, μεταφοράς, προσωρινής αποθήκευσης, επαναχρησιμοποίησης, επεξεργασίας, ανάκτησης και αξιοποίησης των υλικών από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις. Κάθε εργασία διαχείρισης των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις, πραγματοποιείται σύμφωνα με τη διαδικασία, τους όρους και τις προϋποθέσεις που προβλέπονται στις σχετικές διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας για τη διαχείριση των μη επικίνδυνων αποβλήτων.

Αρμόδια αρχή για την εφαρμογή της Υπουργικής Απόφασης είναι ο Εθνικός Οργανισμός Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ), ο οποίος ως τώρα δεν έχει συσταθεί και δεν έχει λειτουργήσει ακόμη.

Η ενεργοποίηση και βιώσιμη λειτουργία του Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π. είναι σημαντική και απαραίτητη πράξη για τη περαιτέρω προώθηση της ανακύκλωσης, καθώς και για το γεγονός ότι πολλά ρεύματα εναλλακτικής διαχείρισης συσκευασιών και άλλων προϊόντων αφορούν επικίνδυνα απόβλητα.

Σύμφωνα με την Υ.Α. 36259/1757/Ε103/2010, κάθε νέο σύστημα που εκτελεί εργασίες συλλογής, μεταφοράς, επεξεργασίας, ανακύκλωσης και αξιοποίησης αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις θα υποχρεωθεί να ακολουθήσει τη νομική διαδικασία που φαίνεται στο Σχήμα 11:



Σχήμα 11: Νομική διαδικασία για ΑΕΚΚ σύμφωνα με την Υ.Α. 36259/1757/Ε103/2010

### **5.3. ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΣΕ ΧΥΤΑ**

Η οδηγία 1999/31/ΕΕ για την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων έχει στόχο την πρόληψη ή τη μείωση των αρνητικών συνεπειών της ταφής των αποβλήτων τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη υγεία. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους και τη σύνθεσή τους τα απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις θα πρέπει να απορρίπτονται σε μια από τις τρεις κατηγορίες ΧΥΤΑ που προβλέπονται από την Οδηγία, οι οποίες σύμφωνα με το άρθρο 4 είναι:

- χώρος ταφής επικίνδυνων αποβλήτων,
- χώρος ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων,
- χώρος ταφής αδρανών αποβλήτων.

Η τροποποίηση της παραπάνω οδηγίας (2003/33/ΕΕ, την 19η Δεκεμβρίου 2002) επιτρέπει την απόρριψη συγκεκριμένων αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις γενικά στους ΧΥΤΑ. Ειδικότερα επιτρέπεται η απόρριψη σκυροδέματος, τούβλων, κεραμικών, που είναι γνωστό από πού προέρχονται και στα οποία περιέχονται χαμηλές ποσότητες άλλων υλικών (όπως μέταλλα, πλαστικά, χώμα, οργανικά, ξύλο, ελαστικά κ.α.). Δεν επιτρέπεται η απόρριψη σε ΧΥΤΑ αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις που έχουν ρυπανθεί από οργανικές ή ανόργανες επικίνδυνες ουσίες. Επίσης δεν επιτρέπεται η απόρριψη σε ΧΥΤΑ γενικά αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις στα οποία έχει γίνει επεξεργασία, κάλυψη ή βαφή με υλικά που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες σε σημαντικό βαθμό.

### **5.4. ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ**

Η πολιτική πρόληψης περιλαμβάνει την ποσοτική (μείωση της παραγωγής αποβλήτων) και την ποιοτική (μείωση της επικινδυνότητας των παραγόμενων αποβλήτων) πρόληψη. Όσον αφορά την ποσοτική πρόληψη θα πρέπει όταν κατασκευάζεται ένα κτήριο ή οποιοδήποτε άλλο έργο να γίνεται σχεδιασμός τέτοιος, ώστε όταν έρθει η ώρα να καταστραφεί να είναι εύκολη η ανάκτηση των υλικών και να μην παραχθούν μεγάλες ποσότητες αποβλήτων. Πιλοτικά προγράμματα, και ιδιαίτερα αυτά που έγιναν από την CIRIA<sup>45</sup> έχουν αποδείξει

πως είναι εφικτές τέτοιες πρακτικές. Επίσης θα πρέπει ο σχεδιασμός νέων και η διατήρηση παλιών κατασκευών να συμβάλλει στην επιμήκυνση του χρόνου ζωής τους.

Ορισμένα υλικά που υπάρχουν στα απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Απαιτείται βέβαια η απομάκρυνση των υλικών πριν την έναρξη της κατεδάφισης της κατασκευής, διαδικασία πιο επίπονη άλλα και με υψηλότερο κόστος σε σύγκριση με τη συμβατική κατεδάφιση. Επιπλέον είναι απαραίτητος ο προσεκτικός διαχωρισμός, η ταυτοποίηση καθώς και ο έλεγχος των υλικών που προκύπτουν. Για τους παραπάνω λόγους το κόστος ανάκτησης υλικών χαμηλής αξίας όπως τούβλα και πλακάκια είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερο από αυτό της αγοράς νέων υλικών. Σε αντίθεση, προϊόντα υψηλότερης αξίας όπως διάφορα μέταλλα και η ξυλεία ήδη ανακτώνται σε κάποιο βαθμό.

Για ένα χρησιμοποιημένο προϊόν πρέπει εμπειρικά να αποδειχθεί ότι μπορεί να ξαναεπιτελέσει τους σκοπούς για τους οποίους κατασκευάστηκε. Στην περίπτωση που δεν είναι γνωστή η ακριβής χρονική διάρκεια χρήσης ενός υλικού αλλά και πώς αυτό χρησιμοποιήθηκε, τότε είναι απαραίτητη η διεξαγωγή ελέγχων απόδοσης (performance test), δραστηριότητα με υψηλό κόστος που κρίνεται ασύμφορη ειδικά για μικρές ποσότητες υλικών. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αφορά στην επαναχρησιμοποίηση των τούβλων που έχουν ψηθεί σε χαμηλές θερμοκρασίες και θεωρούνται ακατάλληλα για εξωτερική χρήση. Η εμφάνισή τους μοιάζει με αυτή των τούβλων που έχουν κατασκευαστεί για εξωτερική χρήση καθιστώντας δύσκολο το διαχωρισμό τους οπτικά.

Όσον αφορά στα μέταλλα, το μεγαλύτερο ποσοστό των μετάλλων που υπάρχουν ως απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις, ανακτάται λόγω της οικονομικής του αξίας. Τα μεταλλικά συστατικά σπάνια επαναχρησιμοποιούνται και συνήθως ανακυκλώνονται. Εξαίρεση αποτελούν οι καλωδιώσεις, οι σκελετοί στήριξης παραθύρων κατασκευασμένοι από αλουμίνιο και άλλα υλικά, τα οποία έχουν αρκετά υψηλό κόστος ανακύκλωσης.

Τμήματα ξυλείας (δοκάρια υποστήριξης στέγης, πόρτες κλπ) συχνά επαναχρησιμοποιούνται. Τροχοπέδη στην επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση



της ξυλείας, αποτελεί το γεγονός ότι συνήθως έχει ρυπανθεί από πολλά υλικά όπως βίδες, καρφιά, μπογιές, και συντηρητικά<sup>10</sup>.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ

## 6. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ<sup>46</sup>

Ο αρχικός στόχος του κατάλληλου συστήματος διαχείρισης των οικοδομικών αποβλήτων όπως αναφέρθηκε είναι να απομακρύνει το μέγιστο ποσό οικοδομικών υλικών από το ρεύμα αποβλήτων. Η προτεραιότητα τοποθετείται στην άμεση επαναχρησιμοποίηση των υλικών, είτε σε νέες είτε σε υπάρχουσες δομές. Η άμεση επαναχρησιμοποίηση επιτρέπει στα υλικά να διατηρήσουν την τρέχουσα οικονομική αξία τους. Η πιο βιώσιμη μορφή ανακύκλωσης μετατρέπει τα απόβλητα σε νέα προϊόντα. Επιπλέον, η εύρεση των εναλλακτικών χρήσεων για τα απόβλητα μπορεί να θεωρηθεί σαν μια άλλη μορφή ανακύκλωσης.

Η ανακύκλωση των υλικών στη κατασκευή διαχωρίζεται σε δύο είδη, βάσει δύο διαφορετικών κριτηρίων: Σε πρωτογενή και δευτερογενή - ανάλογα με τον τομέα που χρησιμοποιούνται τα ανακυκλωμένα υλικά - και σε άμεση και έμμεση - ανάλογα με το πόση επεξεργασία χρειάζονται τα υλικά για να επαναχρησιμοποιηθούν.

Στην πρωτογενή ανακύκλωση τα υλικά χρησιμοποιούνται στην ίδια εφαρμογή της αρχικής τους χρήσης δηλαδή π.χ. στην κατασκευή κτιρίων. Αυτά τα οικοδομικά υλικά που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν είναι ουσιαστικά κατασκευαστικά απόβλητα που παράγονται κατά την εκτέλεση διάφορων κατασκευαστικών έργων. Στη δευτερογενή αξιοποιούνται σε διαφορετικούς τομείς με αλλαγή του χρηστικού τους χαρακτήρα. Την πρωτογενή ανακύκλωση αφορούν καθαρά οικοδομικά υλικά, κυρίως τούβλα, κεραμικά πλακάκια, σκυρόδεμα, χώματα, πέτρες, μπάζα εκσκαφών, μέταλλα κ.α. ενώ τη δευτερογενή «μη οικοδομικά υλικά», όπως χαρτί, μοκέτες, ελαστικά και παρμπρίζ αυτοκινήτων, παλέτες, ηλεκτρικές συσκευές κ.α., δηλαδή αυτά που προέρχονται από τη βιομηχανία και τη βιοτεχνία.

Στην άμεση τα υλικά μπορούν να λάβουν ξανά μέρος στην κατασκευή κτιρίων με ελάχιστη ή ανύπαρκτη μεταποιητική διαδικασία. Τα άμεσα επαναχρησιμοποιήσιμα υλικά προτιμώνται από περιβαλλοντικής άποψης, γιατί η ποιοτική αξία του υλικού δεν μειώνεται και η ενέργεια που καταναλώνεται κατά την επανάχρησή τους είναι πολύ λιγότερη σε σχέση με αυτή των ανακυκλωμένων

υλικών. Στην έμμεση προηγείται ένας μετασχηματισμός τους προτού αυτά επαναχρησιμοποιηθούν. Πρόκειται ουσιαστικά για τα ανακυκλωμένα υλικά.

## 6.1. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

Τα οφέλη που θα μπορούσαμε να αποκομίσουμε από την ανακύκλωση των οικοδομικών υλικών είναι:

- α. μείωση της ανάγκης για χρήση και εκμετάλλευση φυσικού μη ανανεώσιμου κεφαλαίου
- β. αποφεύγονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εξόρυξη των πρωτογενών πρώτων υλών, καθώς και από τη μεταποίηση των πρώτων υλών κατά την παραγωγική διαδικασία
- γ. μείωση της ποσότητας των απορριπτόμενων υλικών και κατά συνέπεια περιορισμός των αναγκαίων χώρων εναπόθεσής των και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνεπάγονται.
- δ. μείωση του κόστους κατασκευής λόγω χαμηλού ή μηδενικού κόστους των στερεών αποβλήτων
- ε. κατανάλωση λιγότερης ενέργειας για την παραγωγή πρώτων υλών. Ο παρακάτω Πίνακας 7 είναι ενδεικτικός:

Υλικά	Πρωτογενής παραγωγή (GJ/tn)	Ανακύκλωση (GJ/tn)
Σκυρόδεμα	0,5-1-1,5	0,5-1,5
Τούβλα	2,5-6,1	
Ξύλο	4,0-5,0	
Γυαλί	13-25	10,0-20,0
Πλαστικό	80-220	50-160
Χάλυβας	25-45	9,0-15,0
Χαλκός	70-170	10,0-80,0
Αλουμίνιο	150-220	10,0-15,0

Πίνακας 7: Χρησιμοποιούμενη ενέργεια στην παραγωγή και ανακύκλωση ορισμένων οικοδομικών υλικών στο Ηνωμένο Βασίλειο<sup>47</sup>

Η επιλογή της καταλληλότερης πρακτικής για την ανακύκλωση εξετάζεται ανά περίπτωση και εξαρτάται από τις συνθήκες και τα χαρακτηριστικά του εργοταξίου, καθώς και από τη σύσταση του προς επεξεργασία απόβλητου.

## 6.2. ΑΝΑΚΥΚΛΟΥΜΕΝΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

### 6.2.1. Ανακύκλωση Αλουμινίου<sup>48</sup>

Το αλουμίνιο είναι ιδανικό υλικό για ανακύκλωση γιατί:

- Μπορεί να διαχωριστεί εύκολα από τα άλλα υλικά και έτσι η διαλογή του δεν απαιτεί υψηλό κόστος.
- Η ανακύκλωση του αλουμινίου είναι μια διαδικασία που μπορεί να επαναλαμβάνεται συνεχώς.
- Για την παραγωγή του μετάλλου που προέρχεται από την επαναχύτευση μεταχειρισμένων προϊόντων και απορριμμάτων από αλουμίνιο (scrap) απαιτείται μόνον το 5% της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή πρωτόχυτου μετάλλου, δηλαδή εκείνου που παράγεται από το βωξίτη. Τα μεταχειρισμένα προϊόντα και τα απορρίμματα αλουμινίου (scrap) αποτελούν μια πολύ σημαντική πηγή πρώτης ύλης για την παραγωγή εκ νέου ιδίων ή άλλων προϊόντων αλουμινίου. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι πάνω από το 1/3 του αλουμινίου που καταναλώνεται στην Ευρώπη για την παραγωγή διαφόρων τελικών προϊόντων προέρχεται από δευτερόχυτο αλουμίνιο (ανακύκλωση).

Οι κύριες πηγές απορριμμάτων αλουμινίου είναι δύο:

1. Τα απορρίμματα αλουμινίου που δημιουργούνται κατά τη διαδικασία μεταποίησης και παραγωγής προϊόντων από αλουμίνιο (new scrap).
2. Τα απορρίμματα αλουμινίου που δημιουργούνται με το τέλος της ζωής των προϊόντων (old scrap).

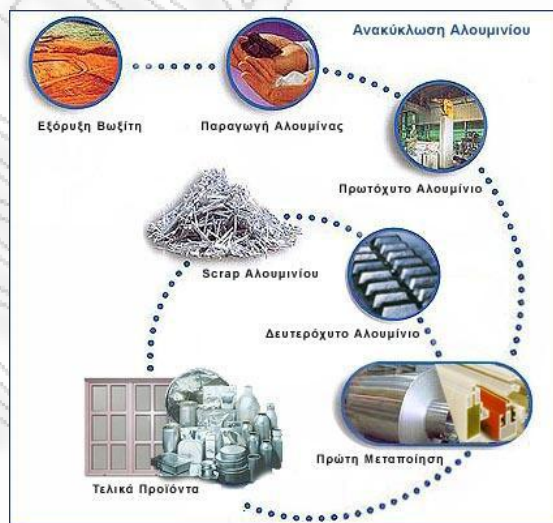
Η επεξεργασία του αλουμινίου για την παραγωγή προϊόντων πρώτης και δεύτερης μεταποίησης δημιουργεί σημαντικές ποσότητες απορριμμάτων, οι οποίες σε ποσοστό 100% συλλέγονται, επαναχυτεύονται και έτσι ξαναγεννάνται

πρώτη ύλη αλουμινίου για την ίδια χρήση. Από την ανακαίνιση κατοικιών, γραφείων και καταστημάτων, όπου τα προϊόντα αλουμινίου (πόρτες, παράθυρα, κλπ) έχουν ευρεία εφαρμογή μπορούν να συλλεχτούν σημαντικές ποσότητες. Ένας τόνος αλουμινίου που παράγεται από βωξίτη απαιτεί κατανάλωση ενέργειας 51,000 KWh. Ένας τόνος από ανακυκλωμένο αλουμίνιο απαιτεί μόνο 2,000 KWh. Έχουμε λοιπόν 95 % εξοικονόμηση ενέργειας<sup>49</sup>.

Στον κλάδο του αλουμινίου έχουν δημιουργηθεί προγράμματα ανακύκλωσης από την Ελληνική Ένωση Αλουμινίου προς όφελος τόσο του περιβάλλοντος, όσο και της εθνικής οικονομίας συμμετέχοντας ενεργά στην εφαρμογή της πολιτικής για την διαχείριση των αποβλήτων. Στο Σχήμα 12 παρουσιάζεται το σήμα της ανακύκλωσης του αλουμινίου και στο Σχήμα 13 παρουσιάζεται σχηματικά η πρωτογενής και δευτερογενής ανακύκλωση του. Πλέον η Ελληνική Ένωση Αλουμινίου δεν δραστηριοποιείται στον τομέα της ανακύκλωσης αλουμινίου.



Σχήμα 12 : Το σήμα της ανακύκλωσης του αλουμινίου



Σχήμα 13: Πρωτογενής και δευτερογενής ανακύκλωση αλουμινίου

## 6.2.2. Ανακύκλωση Σκυροδέματος

Η ανακύκλωση του σκυροδέματος είναι μία εξελισσόμενη μέθοδος, η οποία αξιοποιεί τα παλαιά σκυροδέματα, που προέρχονται από κατεδαφίσεις, σεισμούς ή καταρρεύσεις. Είναι απαραίτητη από οικονομική αλλά και περιβαλλοντική άποψη.

Στα πλεονεκτήματα της ανακύκλωσης που αναφέρθηκαν νωρίτερα, πρέπει να προστεθεί και το γεγονός ότι κατά την ανακύκλωση του σκυροδέματος είναι δυνατή η παραγωγή άμμου ελεγχόμενης κοκκομετρικής διαβάθμισης και καθορισμένου ποσοστού παιπάλης (το λεπτότερο αδρανές υλικό).

Οι περιοριστικές διατάξεις προστασίας του περιβάλλοντος για την εγκατάσταση νέων λατομείων (Νόμος 1428/1984 «Εκμετάλλευση λατομείων αδρανών υλικών και άλλες διατάξεις», ΦΕΚ Α' 43/11.4.84) δυσχεραίνουν το πρόβλημα της παραγωγής αδρανών υλικών για την κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων αναγκών. Οι καταστροφές στο περιβάλλον από την υπαίθρια όρυξη πέτρας για την παραγωγή αδρανών υλικών είναι ανυπολόγιστη και ανεπίστρεπτη. Είναι ανεπανάληπτες οι πληγές που δημιουργούν τα υπαίθρια λατομεία σε όλα τα βουνά της χώρας, ακόμη και κοντά σε πόλεις, τουριστικά θέρετρα και αρχαιολογικά κέντρα (παράδειγμα το λατομείο στη βόρεια πλαγιά του Διόνυσου).



Σχήμα 14: Φωτογραφία από λατομείο σε πευκόφυτο δάσος στη βόρεια πλαγιά του Διόνυσου, μόλις λίγα χιλιόμετρα από το κέντρο της Αθήνας

Η σύγχρονη τεχνολογία προσφέρει αξιόλογες λύσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Μία από αυτές είναι η παραγωγή εμπορεύσιμων αδρανών υλικών από παλαιά σκυροδέματα, που προέρχονται από κατασκευές και κατεδαφίσεις, και από την απόπλυση υπολειμμάτων σκυροδέματος των εγκαταστάσεων παραγωγής. Τα υλικά από την ανακύκλωση παλαιών σκυροδεμάτων, μπορούν μετά από κατάλληλη επεξεργασία να χρησιμοποιηθούν ως αδρανή υλικά, εφάμιλλα προς τα πρωτογενή παραγόμενα υλικά και σε πολλές περιπτώσεις ακόμη καλύτερα (Σχήμα 15).



*Άμμος χυτηρίων*



*Ιπτάμενη τέφρα*



*Σκωρία υφικαμίνων*

Σχήμα 15: Ανακυκλωμένα αδρανή σκυροδέματος

Στον ακόλουθο Πίνακα 8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης για κάθε συστατικό του σκυροδέματος κατά την πρωτογενή παραγωγή του.

Συστατικό	Ενέργεια(MJ/Kg σκυροδέματος)
Χονδρόκοκο μίγμα	0.028
Λεπτόκοκκο μίγμα	0.028
Σκυρόδεμα Portland	0.735
Νερό	0.000
Κατασκευαστικά	0.102
Σύνολο	0.839

Πίνακας 8: Ενέργεια κατανάλωσης ανά Kg σκυροδέματος κατά την πρωτογενή παραγωγή<sup>50</sup>

Ο Πίνακας 9 που ακολουθεί δείχνει τη δυνητική εξοικονόμηση πόρων για επαναχρησιμοποίηση σκυροδέματος το 2008, από στοιχεία ΕΕ-27.

	Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου: t CO <sub>2</sub> / t τσιμέντου	Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου: t CO <sub>2</sub> / t σκυροδέματος	Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ΕΕ-27: 10 <sup>3</sup> t CO <sub>2</sub>	Πιθανή εξοικονόμηση (για 10% επαναχρησιμοποίηση σκυροδέματος) σε 10 <sup>3</sup> t CO <sub>2</sub>
Τρέχουσα κατάσταση (0,6t CO <sub>2</sub> / τόνο τσιμέντου)	0.6	0.07	64.8	6.48

Πίνακας 9: Εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά τόνο τσιμέντου<sup>51</sup>

Η επαναχρησιμοποίηση του σκυροδέματος μπορεί συνεπώς να έχει σημαντικά οφέλη στο περιβάλλον, κυρίως μέσω της αποφυγής της παραγωγής νέου τσιμέντου.

#### 6.2.2.1. Μέθοδοι Ανακύκλωσης Παλαιών Σκυροδεμάτων<sup>52</sup>

Τα συγκροτήματα ανακύκλωσης διακρίνονται σε συγκροτήματα παραγωγής αυτοφερόμενα για χρησιμοποίηση μέσα στο εργοτάξιο, και σε μόνιμα συγκροτήματα εγκατεστημένα σε οργανωμένες κεντρικές μονάδες, δημόσιες, κοινοτικές ή ιδιωτικές, οι οποίες ανταποκρίνονται στις νέες τεχνολογικές εξελίξεις.

Τα υλικά τα οποία συλλέγονται από την αφαίρεση (καθαίρεση) σκυροδέματος μεταφέρονται στο Κέντρο Ανακύκλωσης και αρχικά τροφοδοτούνται στο θραυστήρα πρόθραυσης. Μπορεί οι πέτρες και τα συντρίμμια σκυροδέματος να περιέχουν διάφορα άλλα υλικά όπως άσφαλτο, ξύλα, τούβλα, χαρτιά, πλαστικά, και ακαθαρσίες. Τα μηχανήματα θραύσεως επεξεργάζονται μόνο σκυροδέματα που είναι απαλλαγμένα από τα ακατάλληλα αυτά υλικά, τα οποία απομακρύνονται με ειδικές διατάξεις. Μέταλλα όπως κομμάτια από ράβδους οπλισμού γίνονται δεκτά, αφού μπορεί να αφαιρεθούν με μαγνήτες ή άλλες διατάξεις διαχωρισμού και στη συνέχεια να ανακυκλωθούν με τήξη για άλλες χρήσεις.

- *Αυτοφερόμενα συγκροτήματα ανακύκλωσης*



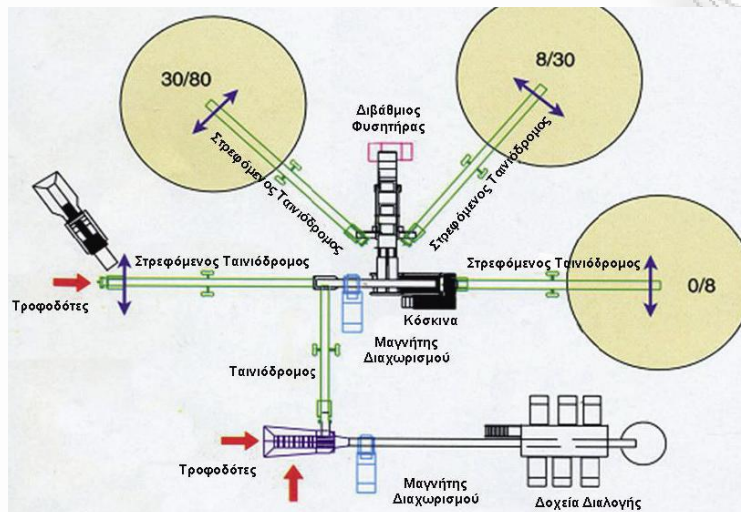
Η θραύση στο εργοτάξιο κατεδάφισης μπορεί να γίνει με αυτοφερόμενα θραυστικά συγκροτήματα, τα οποία μειώνουν το κόστος κατασκευής και την ατμοσφαιρική ρύπανση, που δημιουργείται από τη μεταφορά υλικών προς και από το λατομείο. Τα κινητά συγκροτήματα ανακύκλωσης τοποθετούνται μέσα στο εργοτάξιο του έργου. Έχουν συγκριτικά χαμηλό κόστος και μπορεί ένα συγκρότημα να αποσβεστεί σε ένα μεγάλο έργο. Τα μεγάλα αυτοφερόμενα συγκροτήματα μπορούν να επεξεργαστούν μέχρι 400 m<sup>3</sup>/h μπάζων. Τα συγκροτήματα αυτά αποτελούνται από ένα θραυστήρα μπάζων σκυροδέματος, πλευρικό μεταφορέα απόθεσης ακατάλληλων υλικών, θραυστήρα δευτερογενούς θραύσης, συγκρότημα κοσκινίσματος, και ταινιόδρομο επαναφοράς του υπερδιάστατου υλικού από το κόσκινο στο θραυστήρα για συμπληρωματική θραύση. Σε περίπτωση μικρών ποσοτήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν μικρά αυτοφερόμενα συγκροτήματα μέχρι 100 m<sup>3</sup>/h, τα οποία μπορούν να εγκατασταθούν σε στενούς χώρους μέσα σε πόλεις. Τα πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης κατάλληλων αυτοφερόμενων συγκροτημάτων ανακύκλωσης μπάζων σκυροδέματος είναι:

- Δεν υπάρχουν έξοδα απομακρύνσεως των μπάζων στη χωματερή και μεταφοράς αδρανών στο εργοτάξιο.
- Μειωμένοι άεργοι χρόνοι (αναμονή οχημάτων, προετοιμασία προσβάσεων κ.α.), αύξηση της παραγωγής, μειωμένο εργατικό κόστος.
- Με κατάλληλες προστατευτικές διατάξεις δεν υπάρχουν παράπονα από τους περιοίκους, ή αυτές μειώνονται στο ελάχιστο.
- Δεν ενοχλούν την κυκλοφορία οχημάτων και πεζών, δεν ρυπαίνουν τους δρόμους κυκλοφορίας, δεν προκαλούν ρύπανση από καυσαέρια ή θορύβους.

- *Μόνιμα συγκροτήματα ανακύκλωσης*

Τα μόνιμα συγκροτήματα των κέντρων ανακύκλωσης, είναι ολοκληρωμένα εργοστάσια παραγωγής με εξελιγμένα μηχανήματα καθαρισμού, θραύσεως, μηχανικής διαλογής ή με μαγνήτες, διαχωρισμού, κοσκινίσματος, πλύσεως του λεπτόκοκκου υλικού και ελέγχου της παραγωγής. Η ποιότητα των παραγομένων από την ανακύκλωση υλικών στα συγκροτήματα αυτά είναι εφάμιλλη ή και

ανώτερη από τα συμβατικά υλικά, αφού η τελευταία βαθμίδα παραγωγής περιλαμβάνει και πλύσιμο της άμμου, δηλαδή τον έλεγχο του ανεπιθύμητου λεπτόκοκκου υλικού σε επιθυμητές τιμές, όπως φαίνεται στο Σχήμα 16.



Σχήμα 16: Συγκρότημα ανακύκλωσης παλαιού σκυροδέματος

Γενικά πολλοί παραγωγοί αδρανών υλικών, οι οποίοι εφαρμόζουν την ανακύκλωση, ακολουθούν και τις δύο μεθόδους: Την ανακύκλωση στο λατομείο με μόνιμο συγκρότημα, και την ανακύκλωση στο εργοτάξιο του έργου με κινητό συγκρότημα. Οι παραγωγοί ζητούν από τους εργολάβους να φέρουν τα μπάζα τους στο λατομείο. Το υλικό αυτό είναι μία έτοιμη πρώτη ύλη, η οποία μετά την επεξεργασία μετατρέπεται σε χρησιμοποιήσιμα αδρανή υλικά. Οι εργολάβοι έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να επιλέγουν το πλησιέστερο προς το εργοτάξιο τους λατομείο με κέντρο ανακύκλωσης και να επιστρέφουν τα φορτηγά τους με πρωτογενή ή ανακυκλωμένα αδρανή, αντί να επιστρέφουν άδεια από τη χωματερή, η οποία πολλές φορές είναι δυσεύρετη.

Το κινητό συγκρότημα έχει το πλεονέκτημα της συγκριτικά χαμηλής επένδυσης, αλλά δεν έχει την ικανότητα με μόνο μηχανικά μέσα (κατάλληλα μηχανήματα πρωτογενούς και δευτερογενούς θραύσης) να ελέγχει το ποσοστό του ανεπιθύμητου λεπτού υλικού, όπως παιπάλη και διάφορες άλλες ρυπαντικές προσμίξεις. Εκτός αν το εργοτάξιο βρίσκεται κοντά σε ποτάμι και υπάρχει η

δυνατότητα χρησιμοποιήσεως και απόρριψης του νερού πλύσεως στα κατάντι του πλυντηρίου, αν βέβαια αυτό επιτρέπεται. Τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί το κινητό συγκρότημα κοσκίνου με καταιονισμό νερού και αποστραγγιστικό κοχλία.

#### **6.2.2.2. Διαδικασία Ανακύκλωσης Παλαιών Σκυροδεμάτων**

Το συγκρότημα ανακύκλωσης πρέπει να είναι κατάλληλο για την επεξεργασία μεγάλου εύρους μικτών υλικών που μπορεί να περιέχουν χαρτιά, πλαστικά, πολυστερίνες και σκουπίδια, όπως χώμα, άργιλο και ξύλα.

Τα μικτά υλικά διαφόρων συστατικών φτάνουν στο εργοτάξιο ανακύκλωσης με φορτηγά οχήματα. Με την άφιξή τους στη γεφυροπλάστιγγα το φορτίο εξετάζεται με μία ευρυγώνιο κάμερα για τον έλεγχο της καταλληλότητας επεξεργασίας από το συγκρότημα πλύσεως. Τα ακατάλληλα φορτία οδηγούνται σε χωματερή για απόρριψη, ενώ τα κατάλληλα οδηγούνται στο συγκρότημα πλύσεως. Μεγάλα κομμάτια από κατεδαφίσεις τεμαχίζονται με κρουστικό σφυρί ή «ψαλίδι» (concrete cruncher, Σχήμα 17) που είναι προσαρμοσμένο στην άκρη του προβόλου υδραυλικού εκσκαφέα κατάλληλου μεγέθους. Τα ψαλίδια μπορούν να αναπτύξουν δυνάμεις μέχρι 600 t. Το μεγαλύτερο μέρος των υλικών μεταφέρεται με φορτωτή σε ένα σιαγονοφόρο θραυστήρα. Το τροφοδοτούμενο υλικό περνάει πρώτα από ένα δονητικό διαχωριστή πρώτης βαθμίδας για την αφαίρεση των υπερδιάστατων υλικών > 100 mm.



Σχήμα 17: Θρυμματιστής Σκυροδέματος

Ο θρυμματιστής σκυροδέματος, είναι κατάλληλος για την κατάτμηση σκυροδέματος σε μικρά κομμάτια στο δάπεδο του εργοταξίου. Με κατάλληλη διαμόρφωση των εσωτερικών οδόντων κόβει και διαχωρίζει το χαλύβδινο οπλισμό. Η εργασία αυτή αυξάνει την παραγωγικότητα του συγκροτήματος ανακύκλωσης.

Τα μεταλλικά αντικείμενα απομακρύνονται με ένα μαγνήτη που είναι τοποθετημένος πάνω από τον τροφοδοτικό ιμάντα. Ο ιμάντας μεταφέρει το υλικό σε ένα κόσκινο αποπλύσεως με καταιονισμό νερού. Πολτός υλικού <math>< 5 \text{ mm}</math> οδηγείται σε ένα συγκρότημα πλύσεως και επεξεργασίας άμμου με ενσωματωμένο υδροκυκλώνα, ο οποίος αφαιρεί τα αιωρούμενα υλικά, όπως παιπάλη και άργιλο. Η άμμος αφυδατώνεται σε ποσοστό υγρασίας μικρότερο του 12% και είναι απαλλαγμένη από μικροϋλικά κάτω των 40  $\mu\text{m}$  (=10-3 mm). Η διαδικασία αυτή δίνει εμπορεύσιμη λεπτή άμμο χωρίς την ανάγκη προκοσκινίσματος ή αφαιρέσεως φυτικής γης από το τροφοδοτούμενο υλικό, έτσι

ώστε να βελτιώνεται σημαντικά η ποιότητα των παραγομένων προϊόντων, ιδιαίτερα της λεπτόκοκκης άμμου.

### **6.2.2.3. Επανάκτηση Υλικών Από Υπολείμματα Σκυροδέματος**

Διακρίνονται δύο συστήματα επανάκτησης:

#### **1. Επανάκτηση ανοικτού κυκλώματος.**

Με το σύστημα ανακύκλωσης υπολειμμάτων σκυροδέματος ανοικτού κυκλώματος τα υλικά (άμμος και χαλίκι) επανακτώνται και τροφοδοτούνται στο συγκρότημα παραγωγής. Το νερό συλλέγεται σε μία δεξαμενή καθίζησης και στη συνέχεια χρησιμοποιείται πάλι για το πλύσιμο. Τα προϊόντα του πλυσίματος, μικρόκοκκα υλικά, τα οποία κατακάθονται στον πυθμένα της δεξαμενής μαζεύονται με φορτωτή και χρησιμοποιούνται σε άλλες χρήσεις.

#### **2. Επανάκτηση κλειστού κυκλώματος.**

Στο κλειστό κύκλωμα, μαζί με την επανάκτηση των υπολειμμάτων σκυροδέματος οδηγείται στο συγκρότημα παραγωγής σκυροδέματος ολόκληρη η ποσότητα του υπολειπόμενου νερού, στο οποίο συνυπάρχουν λεπτόκοκκα υλικά και τσιμέντο. Με το σύστημα αυτό η απώλεια υλικού είναι μηδενική.

### **6.2.3. Ανακύκλωση Ξύλου<sup>53</sup>**

Τόσο το πρωτογενές ξύλο όσο και τα απόβλητά του έχουν δυο χρήσεις : ως καύσιμη ύλη και ως πρώτη ύλη διαφόρων προϊόντων. Το ανακτημένο ξύλο είναι το ξύλο που υπάρχει στα απορρίμματα των κατασκευών και υλικών κατεδάφισης. Για την Ελλάδα η διαχείριση του ξύλου είναι σημαντική λαμβάνοντας υπόψη ότι η χώρα μας αποτελεί ένα καθαρό εισαγωγέα μεγάλων ποσοτήτων ξύλου. Η διαχείριση του ανακτημένου ξύλου θα συμβάλει στη μείωση των εισαγωγών και θα βοηθήσει σημαντικά την εγχώρια βιομηχανία μοριοσανίδων και ινοπλακών. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η βιομηχανία Shelman A.E. Η βιομηχανία αυτή είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός προϊόντων ξύλου στην Ελλάδα. Παράγει μια σειρά προϊόντων όπως: πριστή ξυλεία, παρκέτα, κοντραπλακέ, μοριοσανίδες, καπλαμάδες και άλλα.

Η Shelman A.E. έχει δυο παραγωγικές μονάδες: η μία βρίσκεται στην περιοχή Βασιλικού Ευβοίας και η άλλη στη ΒΙΠΕ Κομοτηνής. Το εργοστάσιο του Βασιλικού είναι μεγαλύτερο και καταλαμβάνει μεγάλη παραθαλάσσια έκταση. Η κάθε μια από τις δυο μονάδες έχει αναπτύξει από ένα ξεχωριστό δίκτυο αξιοποίησης αποβλήτων ξύλου. Στο δίκτυο της Shelman A.E. Βασιλικού συμμετέχουν, πλην αυτής, δεκάδες ξυλουργεία της Αττικής και 20 περίπου ξυλουργεία της περιοχής Χαλκίδας-Βασιλικού. Σε αυτό της Κομοτηνής συμμετέχουν, πλην αυτής, δεκάδες ξυλουργεία της ευρύτερης περιοχής Μακεδονίας και Θράκης, μια μονάδα καθαρισμού από ξένα σώματα-στεγνώματος πριονιδιών των Σερρών και, επιπλέον, 10 περίπου ξυλουργεία της πόλης της Κομοτηνής. Οι ροές μεταξύ των επιχειρήσεων περιλαμβάνουν κυρίως απόβλητα ξύλου διαφόρων ειδών και δευτερευόντως σκραπ σιδήρου, που αφαιρείται από τα απόβλητα ξύλου (παλαιές κλειδαριές, καρφιά κλπ). Το ενδιαφέρον είναι ότι τα απόβλητα ξύλου χρησιμοποιούνται από τη Shelman A.E. τόσο ως πρώτη ύλη για την παραγωγή άλλων προϊόντων (όπου ενσωματώνονται σε αυτά), όσο και ως ενεργειακό υλικό στους λέβητες παραγωγής υπέρθερμου νερού, θερμού ελαίου και καυσαερίων που χρειάζονται στην παραγωγική διαδικασία. Η ενσωμάτωση στο προϊόν γίνεται σε ποσοστό περίπου 20% του προϊόντος (το 80% παραμένει πρωτογενές ξύλο), προκειμένου να διατηρηθούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων.

Οι κυριότεροι τρόποι ανακύκλωσης ξύλου το οποίο προέρχεται από κατεδαφίσεις είναι οι εξής:

- κατασκευή σανίδων πάνελ καθώς και μεσαίας πυκνότητας MDF (medium-density fiberboard) οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή σπιτιών. (Σχήμα 18)
- θρυμματισμός ξύλου (ροκανίδια-σκόνη) για την παραγωγή προϊόντων συμπίεσης, όπως ξύλινα δάπεδα, σανίδες κόντρα πλακέ, κτλ.
- αξιοποίηση της θερμογόνου δύναμης του εφόσον είναι απαλλαγμένο από διάφορες προσμίξεις (ελεγχόμενη καύση)

- προϊόντα ξύλου-σκυροδέματος. Μπορεί να επιτευχθεί παραγωγή τούβλων, πάνελ από υπολείμματα ξύλου και σκυροδέματος με σχετικά καλές θερμομονωτικές και αντιπυρικές ιδιότητες.

-χρήση σε συνδυασμό με ανακυκλωμένα πλαστικά υλικά για τη δημιουργία συνθετικών υλικών εξαιρετικά αποτελεσματικών και υψηλής απόδοσης.



Σχήμα 18: Θρυμματισμός ξύλου και παραγωγή MDF

Η συνολική ποσότητα των αποβλήτων ξύλου που παράγεται στην ΕΕ εκτιμήθηκε σε 70,5 εκατομμύρια τόνους το 2004, από τα οποία το 65% ανακυκλώθηκε.<sup>54</sup>

Τα καλύτερα διαθέσιμα στοιχεία οδηγούν σε μια εκτίμηση ότι τα απόβλητα ξύλου στα ΑΕΚΚ κυμαίνονται από 10 έως 20 εκατομμύρια τόνους ανά έτος στην ΕΕ-27<sup>55</sup>.

Η εταιρεία ΣΕΛΜΑΝ Α.Ε. το 2000 ανακύκλωσε 151 τόνους αποβλήτων συσκευασίας ξύλου, ενώ το 2008 η ποσότητα ανακυκλούμενων αποβλήτων συσκευασίας ξύλου σε Χαλκίδα και Κομοτηνή, ανήλθε στους 20.854 τόνους (12.861 τόνοι στην Χαλκίδα και 7.993 τόνοι στην Κομοτηνή).

Η δυναμικότητα των μονάδων ανακύκλωσης αποβλήτων συσκευασίας ξύλου είναι για την Χαλκίδα 150 tn/day σε επεξεργαζόμενο ξηρό βάρος αποβλήτων ξύλου και για την Κομοτηνή 140 m<sup>3</sup>/βάρδια. Το σύνολο των ανακυκλώσιμων αποβλήτων ξύλου στα εργοστάσια Χαλκίδας και Κομοτηνής, ανήλθε από 75.000 m<sup>3</sup> το 2004, στα 198.000 m<sup>3</sup> το 2008.

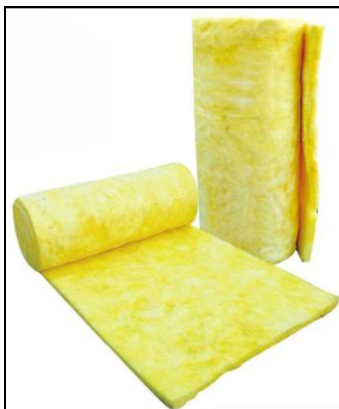
#### 6.2.4. Ανακύκλωση Γυαλιού<sup>56</sup>

Οι ποσότητες γυαλιού προς διαχείριση μπορεί να προέλθουν κατά τη διάρκεια μιας κατασκευής ή μιας κατεδάφισης ενός έργου κυρίως από τη θραύση των υαλοπινάκων. Το γυαλί έχει το σημαντικό πλεονέκτημα συγκριτικά με τα υπόλοιπα ΑΕΚΚ ότι μπορεί να ανακυκλωθεί πολλές φορές χωρίς να αλλοιωθούν οι φυσικές και μηχανικές του ιδιότητες. Δεδομένου ότι για την παραγωγή του απαιτούνται αρκετά μεγάλες ποσότητες ενέργειας, η ανάκτησή του και η τελική ανακύκλωσή του μπορεί να οδηγήσει σε αρκετά μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.

Κατά τη διάρκεια μιας κατεδάφισης ή ανακαίνισης και εφόσον το γυαλί δεν θα οδηγηθεί για επαναχρησιμοποίηση, θραύεται με σκοπό να μειωθεί ο όγκος του. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται το υαλόθραυσμα, το οποίο αποθηκεύεται προσωρινά σε ξεχωριστό κάδο αποθήκευσης έτσι ώστε να μην αναμιχθεί με άλλα απόβλητα. Το υαλόθραυσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή σκυροδέματος, ασφάλτου, υαλότουβλων, κεραμικών πλακιδίων καθώς επίσης και για την αύξηση της αντοχής του σκυροδέματος. Αναλυτικά ανακυκλωμένο γυαλί χρησιμοποιείται για:

- παραγωγή ινών γυαλιού. Το ανακυκλωμένο γυαλί χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή ινών γυαλιού για την κατασκευή ηχομονωτικών και θερμομονωτικών υλικών και συγκεκριμένα για την παραγωγή υαλοβάμβακα. Το ανακυκλωμένο γυαλί χρησιμοποιείται σε ποσοστό 3-4% σε σχέση με τις συνολικές ποσότητες των χρησιμοποιούμενων πρώτων υλών, κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας του υαλοβάμβακα (Σχήμα 19). Το γυαλί που προέρχεται από ΑΕΚΚ μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή καινούριου γυαλιού μόνο όταν δεν περιέχει κάποια άλλη ουσία.
- παραγωγή ασφάλτου για κατασκευή δρόμων. Το προς ανακύκλωση γυαλί θα πρέπει να θρυμματιστεί σε πολύ μικρές διαστάσεις προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ασφάλτου.





Σχήμα 19: Παραγωγή υαλοβάμβακα από ανακυκλωμένο γυαλί

Στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται μόνο δύο μεγάλα κέντρα ανακύκλωσης γυαλιού, στην Αθήνα και τη Λάρισα, και ελάχιστες μικρές μονάδες. Συγκεκριμένα, οι εταιρείες αυτές είναι η ΓΙΟΥΛΑ Α.Ε. ΥΑΛΟΥΡΓΙΚΗ με έδρα στην Αθήνα, καθώς και η ΒΑΛΑΒΑΝΗΣ ΗΛΙΑΣ Α.Ε. ΥΑΛΟΥΡΓΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ με έδρα στη Λάρισα, η οποία έχει εγκαταστήσει μονάδα επεξεργασίας ανακυκλωμένου γυαλιού σε γήπεδο 26.000τ.μ., στη ΒΙΠΕ Λάρισας. Η δυναμικότητα επεξεργασίας της μονάδας είναι 8 τόνοι την ώρα και διαθέτει μαγνήτες και απορροφητήρες για τον διαχωρισμό των ξένων υλικών (χαρτί, πλαστικό, μέταλλο).<sup>57</sup>

#### **6.2.5. Ανακύκλωση Πλαστικών<sup>56</sup>**

Η ανακύκλωση πλαστικών είναι δύσκολη και πολλές φορές οικονομικά ασύμφορη. Αυτό οφείλεται στο ότι υπάρχουν πολλοί τύποι πλαστικών με διαφορετική σύσταση και διαφορετικές φυσικές ιδιότητες και στο ότι υπάρχουν σε αυτά πολλές προσμίξεις. Από περιβαλλοντικής άποψης είναι ιδιαίτερα σημαντική επειδή όταν καίγονται τα πλαστικά που περιέχουν χλώριο (π.χ. πολυβινυλοχλωρίδιο) παράγουν τοξικές ουσίες (διοξίνες και φουράνια), όπως επίσης και για το λόγο ότι τα περισσότερα πλαστικά βιοδιασπώνται δύσκολα.

Τα πλαστικά υλικά τα οποία ανακτώνται από τα ΑΕΚΚ μπορούν να διαχωριστούν, να καθαριστούν, να ανακυκλωθούν και να χρησιμοποιηθούν σε προϊόντα τα οποία είναι σχεδιασμένα να χρησιμοποιούν ανακυκλωμένα πλαστικά ως πρώτη ύλη για την παραγωγή τους όπως:

- προϊόντα πλαστικής ξυλείας
- διαχωριστικά αυτοκινητοδρόμων
- κώνους ρύθμισης της κυκλοφορίας

#### **6.2.6. Ανακύκλωση Τούβλων, Πλακιδίων, Κεραμικών<sup>56</sup>**

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να αξιοποιηθεί το συγκεκριμένο κλάσμα των ΑΕΚΚ. Από τη μια η άμεση επαναχρησιμοποίηση κεραμιδιών από τις στέγες κτιρίων είναι απόλυτα εφικτή, καθώς η αφαίρεσή τους δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολη. Επίσης σε πολλά οικοδομικά έργα δεν είναι δυνατός ο ακριβής υπολογισμός των αναγκών σε τούβλα, οπότε αυτά που μένουν αχρησιμοποίητα σε ένα έργο μπορούν να διοχετεύονται για άλλες χρήσεις. Αντίθετα τα τούβλα που έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί και προκύπτουν από εργασίες αποδόμησης, κατεδάφισης ή ανακαίνισης ενός τεχνικού έργου παρουσιάζουν περισσότερες δυσκολίες για άμεση επαναχρησιμοποίηση, για το λόγο ότι μπορεί πιθανότατα να έχουν μολυνθεί με σκυρόδεμα, κονίαμα, γύψο ή/και άλλα υλικά.

Οι κύριοι τρόποι αξιοποίησης τούβλων, πλακιδίων και κεραμικών στο τέλος της ωφέλιμης τους ζωής είναι:

- αναμόρφωση ως τούβλα και κεραμίδια
- χρήση ως υλικά πλήρωσης και σταθεροποίησης για έργα υποδομής. Παρόλο που τα υλικά που προέρχονται από τη θραύση ενός τοίχου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για δρόμους ελαφριάς κυκλοφορίας, δεν είναι κατάλληλα για βαριά κυκλοφορία λόγω του κινδύνου παραμόρφωσης. Τα ανωτέρω υλικά αντικαθιστούν φυσικά υλικά όπως την άμμο και τα χαλίκια, τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως σε μεγάλες ποσότητες για αυτό το σκοπό. Σε μερικές περιπτώσεις, τα υλικά που προέρχονται από τη θραύση ενός τοίχου, αναμιγνύονται μαζί με σκυρόδεμα και φυσικά αδρανή για τη δημιουργία ενός μίγματος.

-χρήση ως αδρανή για το εργοταξιακό και πρόχυτο σκυρόδεμα και κονιάματα. Θραυσμένα τούβλα και άλλα υλικά τοιχοποιίας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στην πλήρωση ορυγμάτων για σωλήνες.

-θραυσμένα τούβλα, κεραμίδια και άλλα στοιχεία τοιχοποιίας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως αδρανή στο έγχυτο σκυρόδεμα.

-άμμος για γήπεδα τένις. Η άμμος για την επιφανειακή κάλυψη γηπέδων τένις παράγεται από τη θραύση ερυθρών τούβλων και κεραμιδιών για στέγες.



Σχήμα 20: Τεμαχισμός και θραύσματα κεραμιδιών



Σχήμα 21: Δάπεδο γηπέδου tennis από άμμο ερυθρών τούβλων

Η ενεργειακή κατανάλωση για μια στέγη τούβλων και κεραμικών, κυμάνθηκε το 2001 μεταξύ 1,4 και 2,42 GJ ανά τόνο<sup>58</sup> που αντιπροσωπεύει έκλυση μεταξύ 80 και 138 ισοδύναμα CO<sub>2</sub> ανά τόνο. Αυτό το ποσό του CO<sub>2</sub> μπορεί να αποφευχθεί χάρη στην επαναχρησιμοποίηση των τούβλων, κεραμικών.

Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι η ειδική κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή τοιχοποιίας 1m<sup>2</sup> από τούβλα μειώθηκε κατά 40% από το 1990 έως το 2007, όπως και το αρχικά απαιτούμενο ποσό ενέργειας από 190 kWh μειώθηκε σε 115 kWh.

Σύμφωνα με την Gamle Mursten<sup>59</sup> (μια δανέζικη εταιρεία), η επαναχρησιμοποίηση 2.000 παλαιών τούβλων μπορεί να εξοικονομήσει έως και 1 τόνο CO<sub>2</sub> εκπομπής στην ατμόσφαιρα.

### 6.2.7. Ανακύκλωση Χάλυβα

Τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές χωρίζονται σε σιδηρούχα (χάλυβας) και μη σιδηρούχα (κυρίως αλουμίνιο, όπως αναφέρθηκε παραπάνω)

Σε όλες τις φάσεις κατασκευής αλλά και κατεδάφισης ενός έργου προκύπτουν σιδηρούχα απόβλητα από ένα πλήθος πηγών, όπως κάγκελα, χαλύβδινα πλαίσια, οπλισμός σκυροδέματος, κτλ. Οι ποσότητες του χάλυβα συλλέγονται συνήθως από ιδιώτες οι οποίοι αναλαμβάνουν την ανακύκλωσή τους πχ. παρασκευή κραμάτων ή την πώληση τους σε άλλους ενδιαφερόμενους. Ο χάλυβας μπορεί να ανακυκλωθεί και να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή καινούριων ποσοτήτων χάλυβα.

### 6.2.8. Ανακύκλωση Μονωτικών Υλικών<sup>60</sup>

Ο πετροβάμβακας στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του πρακτικά δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Είναι όμως ανακυκλώσιμος και η συνηθέστερη πρακτική αφορά στην χρησιμοποίησή του ως πρώτη ύλη για την παραγωγή καινούριου πετροβάμβακα.

Η πολυστερίνη μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί αλλά και να ανακυκλωθεί σχετικά εύκολα λόγω της θερμοπλαστικής φύσης του υλικού. Η ανακύκλωση μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας την πολυστερίνη ως πρώτη ύλη για την παραγωγή καινούριας πολυστερίνης. Επίσης μετά από θερμική επεξεργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή άκαυστου, υψηλών προδιαγραφών σκυροδέματος.

Ενδεικτικά, η εταιρία FIBRAN AE<sup>61</sup> ασχολείται εκτός των άλλων και με την παραγωγή θερμομονωτικών οικοδομικών στοιχείων εξηλασμένης πολυστερίνης και προϊόντων πετροβάμβακα, κατατάσσοντας τη μία από τις μεγαλύτερες μονάδες παραγωγής εξηλασμένης πολυστερίνης σε ολόκληρο τον κόσμο.

Το εργοστάσιο έχει έδρα στις Σέρρες και η μονάδα παραγωγής της εξηλασμένης πολυστερίνης έχει ετήσια δυναμικότητα 4.000t ενώ το 2009 ανακύκλωσε εσωτερικά περίπου 1.800t. Η ανακύκλωση από εξωτερικούς φορείς όπως κατασκευαστές, προμηθευτές, απλούς ιδιώτες κλπ δεν ξεπέρασε τους 3t.

Η μονάδα που αφορά τον πετροβάμβακα έχει ετήσια δυναμικότητα ανακύκλωσης περισσότερη από 30.000t αλλά η ανακύκλωση του κυμάνθηκε σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

### **6.2.9. Επιπλέον Οικοδομικά Υλικά Που Ανακυκλώνονται<sup>62</sup>**

Συνθετικά κουφώματα: Μπορεί να συμπεριλαμβάνονται τα τζάμια ή όχι. Καθώς το υλικό κατασκευής των συνθετικών κουφωμάτων είναι συνήθως PVC, μετά από μια αρχική διαλογή οδηγούνται προς ανακύκλωση του πλαστικού,

Θερμοπλαστικές μεμβράνες που χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση ή υδατομόνωση οροφών: Οι μεμβράνες συλλέγονται συνήθως σε μεγάλες πλαστικές τσάντες. Το υλικό κατασκευής τους είναι από PVC. Για να είναι δυνατή η διαχείριση τους, θα πρέπει να έχουν ληφθεί τα παρακάτω μέτρα στο χώρο του κτιριακού έργου και πριν την παράδοση τους προς αποκομιδή: α) αρχικός καθαρισμός ώστε να μην έχουν υπολείμματα από κόλλα ή πίσσα, β) απομάκρυνση των μηχανικών συνδέσμων (αν υπάρχουν) για τη σύνδεση της μεμβράνης με την οροφή, γ) τεμαχισμός σε μακρόστενα κομμάτια, δ) τύλιγμα σε ρολό και τοποθέτηση στην τσάντα συλλογής,

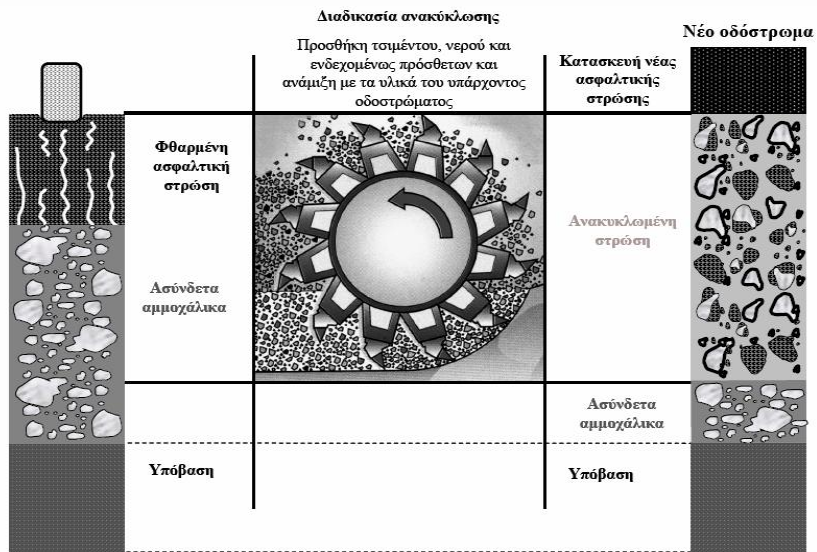
Πλαστικά πατώματα: Για την αποκομιδή χρησιμοποιημένων πλαστικών πατωμάτων ως αποβλήτων κατασκευών, θα πρέπει να προηγηθεί αρχικός διαχωρισμός τους στο χώρο του κτιριακού έργου. Διακρίνονται οι παρακάτω κατηγορίες: α) ομογενή πλαστικά πατώματα (ένα στρώμα), β) ετερογενή πλαστικά πατώματα (επιφανειακό στρώμα PVC πάνω σε υπόστρωμα PVC), γ) σύστημα πατώματος (επιφανειακό στρώμα PVC μεγάλου πάχους σε υπόστρωμα αφρού PVC), δ) πλεχτό βινυλικό δάπεδο (επιφανειακό στρώμα PVC μικρού πάχους σε υπόστρωμα αφρού PVC). Για να είναι δυνατή η περαιτέρω διαχείριση των πλαστικών πατωμάτων θα πρέπει να πληρούνται τα εξής κριτήρια: α) το υλικό δεν θα πρέπει να έχει συμπιεστεί, β) δεν θα πρέπει να υπάρχουν μεγάλες ποσότητες τσιμέντου ή κόλλας πάνω στο υλικό, γ) το υλικό θα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από λάδια, διαλύτες και λοιπές ουσίες (πίσσα, ελαστικό κ.α.). Τα πλαστικά πατώματα οδηγούνται προς μηχανική ανακύκλωση όπου παράγεται ως

προϊόν μια λεπτόκοκκη σκουρόχρωμη σκόνη (μέγεθος σωματιδίων μικρότερη από 400 $\mu$ m) που περιέχει PVC, πλαστικοποιητές και fillers.

Πλαστικοί σωλήνες: Για να είναι δυνατή η περαιτέρω διαχείρισή τους θα πρέπει να πληρούνται τα παρακάτω κριτήρια: α) το υλικό να αποτελείται μόνο από θερμοπλαστικούς σωλήνες και παρεμφερή εξαρτήματα (PVC, PE, PP), β) το υλικό θα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από λοιπούς μολυντές, γ) το υλικό θα πρέπει να έχει υποστεί ένα αρχικό καθαρισμό, δ) το υλικό δε θα πρέπει να περιέχει πολυεστερικά, πλαστικά φύλλα, άμμο, σίδηρο, καλώδια, πλαστικά υλικά συσκευασίας, ε) οι σωλήνες δε θα πρέπει να είναι ραγισμένοι ή να έχουν υποστεί μεγάλη συμπίεση. Οι πλαστικοί σωλήνες χρησιμοποιούνται για την κατασκευή νέων σωλήνων. Τα ανακυκλωμένα αυτά προϊόντα αποτελούνται από τρία στρώματα: το εσωτερικό και το εξωτερικό στρώμα είναι κατασκευασμένα από νέο PVC ενώ το μεσαίο στρώμα από ανακυκλωμένο PVC.

#### **6.2.10. Ανακύκλωση Οδοστρωμάτων<sup>63</sup>**

Η ψυχρή επιτόπου ανακύκλωση είναι μία μέθοδος αποκατάστασης και ενίσχυσης φθαρμένων εύκαμπτων οδοστρωμάτων με τσιμέντο, η αρχή της οποίας παρουσιάζεται σχηματικά στο Σχήμα 22. Η αντικατάσταση μέρους των κοινών αδρανών που χρησιμοποιούνται στα τσιμεντόδετα υλικά και στο σκυρόδεμα με υλικά (αμμοχάλικα) που προέρχονται από το φρεζάρισμα κοινών ασφαλτομιγμάτων παρουσιάζει ιδιαίτερο θεωρητικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό ενδιαφέρον.



Σχήμα 22: Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας ανακύκλωσης με τσιμέντο

Έτσι, τα σταθεροποιημένα/ανακυκλωμένα με τσιμέντο μίγματα αποτελούνται κυρίως από:

- Θραυστά αμμοχάλικα, που προέρχονται από το υπάρχον υλικό των υποκείμενων των ασφαλτικών στρώσεων του οδοστρώματος.
- Φρεζαρισμένο ασφαλτόμιγμα, που προκύπτει μετά τη διέλευση του ειδικού μηχανήματος ανακύκλωσης και το φρεζάρισμα/θρυμματισμό των ασφαλτικών στρώσεων του υπάρχοντος οδοστρώματος.
- Τσιμέντο, το οποίο προστίθεται αμέσως πριν ή κατά τη διάρκεια των εργασιών ανακύκλωσης. Χρησιμοποιείται ως συνδετικό μέσο των θραυστών αμμοχάλικων και του φρεζαρισμένου ασφαλτομίγματος.
- Νερό, που προστίθεται κατά τη διάρκεια των εργασιών ανακύκλωσης για την ενυδάτωση του τσιμέντου και για τη συμπύκνωση του μίγματος σε ποσοστό βέλτιστης υγρασίας.
- Χημικά πρόσθετα, που ενδεχομένως προστίθενται στο μίγμα, για παράταση του χρόνου εργασιμότητας.

Από αυτή τη διαδικασία παράγεται λεπτόκοκκο υλικό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για ίσιωμα δρόμων, αναμόρφωση ιδιωτικών χώρων, κλπ. Μεγάλα κομμάτια ασφαλτικών από οδοστρώματα μπορούν επίσης να

χρησιμοποιηθούν (μετά από θραύση τους σε θραυστήρα) ως υποθεμέλιο υλικό κάτω από ασφαλτικό τάπητα.

Στην Ελλάδα η μέθοδος της ψυχρής ανακύκλωσης του οδοστρώματος εφαρμόστηκε πιλοτικά για την αποκατάσταση ημιακάμπτων οδοστρωμάτων του ΠΑΘΕ (ΠΑΤΡΑΣ - ΑΘΗΝΑΣ - ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ – ΕΥΖΩΝΩΝ)<sup>64</sup>. Έτσι, η ανακύκλωση οδοστρώματος εφαρμόστηκε πιλοτικά το 2001-02 σε τμήματα συνολικού μήκους 21 χλμ. της Εθνικής οδού Υλίκης - Αθηνών - Κορίνθου. Το έργο αυτό εντάσσεται στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος μεταξύ του ΥΠΕΧΩΔΕ/ ΕΥΔΕ (Ειδική Υπηρεσία Δημόσιων Έργων) Αυτοκινητόδρομος ΠΑΘΕ και του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ για την προκαταρκτική αξιολόγηση της δομικής κατάστασης του πιλοτικού οδικού τμήματος. Η αξιολόγηση βασίστηκε κυρίως σε αναλύσεις με χρήση κατάλληλων λογισμικών των επιτόπου μετρήσεων με το σύστημα Μη Καταστρεπτικών Δοκιμών του ΕΜΠ. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν χαρακτηρίστηκαν ως ενθαρρυντικά για την εφαρμογή της υπόψη τεχνικής. Πλην όμως, κρίθηκε ως απαραίτητη η περαιτέρω παρακολούθηση της συμπεριφοράς του ανακυκλωμένου υλικού και κατ' επέκταση του συνόλου του οδοστρώματος πριν την χρήση αυτής της μεθόδου ανακύκλωσης.

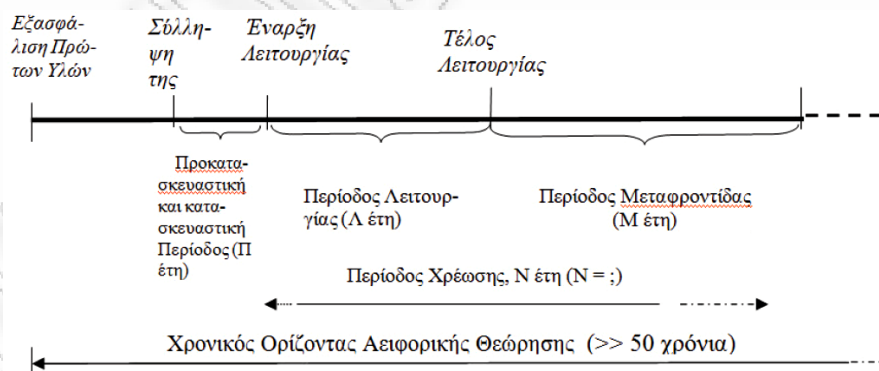


## 7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

### 7.1. ΟΡΙΣΜΟΣ, ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

Η αξιολόγηση εναλλακτικών έργων και τεχνικών συστημάτων πρέπει να γίνεται σε λογική ολοκληρωμένης **Ανάλυσης Κύκλου Ζωής** (Life Cycle Analysis). Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) είναι ένα εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και λήψης αποφάσεων, το οποίο συνεπάγεται την καταγραφή και αποτίμηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων που σχετίζονται με όλες τις φάσεις δημιουργίας, εξέλιξης, χρήσης και τελικής διάθεσης ενός προϊόντος, μιας υπηρεσίας ή ενός συστήματος, από την εξόρυξη των πρώτων υλών για την παραγωγή μέχρι την απόρριψη του στο (και την απορρόφηση των συστατικών του από το) περιβάλλον.

Σε κάθε τεχνικό έργο διακρίνουμε τον εσωτερικό και τον εξωτερικό κύκλο ζωής (Σχήμα 23). Ο εσωτερικός κύκλος αρχίζει με την σύλληψη της ιδέας για το έργο και κλείνει με το τέλος της λειτουργίας του κατασκευάσματος. Ο εξωτερικός αρχίζει με την απόληψη των πρώτων υλών για τα χρησιμοποιούμενα υλικά από την φύση και τελειώνει με την απορρόφηση των υπολειμμάτων του και των πάσης φύσεως επιπτώσεων του από το περιβάλλον και την κοινωνία<sup>65</sup>.



Σχήμα 23: Χρονικός ορίζοντας ανάλυσης τεχνικών συστημάτων

Τα τελευταία χρόνια εξελίσσεται ο τομέας της αειφορικής κατασκευής (sustainable construction) που αναφέρεται στον εξωτερικό κύκλο ζωής των

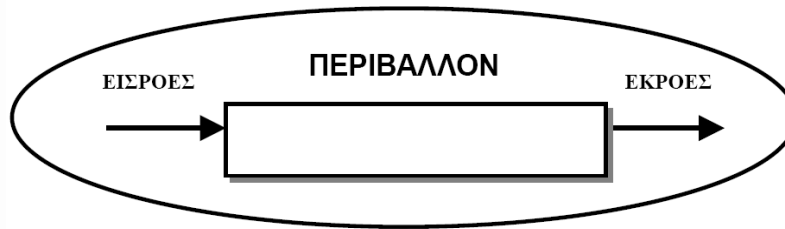
έργων και προϋποθέτει, μεταξύ άλλων, διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων ως προς την τεχνολογία, τα υλικά και τις μεθόδους κατασκευής, και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων κάθε ιδιότητας του έργου συμπεριλαμβανομένης της μορφής του.

Στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις περιλαμβάνονται και οι περιβαλλοντικές αλλαγές που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της αφαίρεσης και επιστροφής υλικών στο περιβάλλον. Γενικότερα, οι πραγματικές περιβαλλοντικές αλλαγές είναι πολύπλοκοι συνδυασμοί των μετακινήσεων και τροποποιήσεων των υλικών, καθώς και των χημικών και άλλων αλλαγών τους. Οι αλλαγές αυτές συμβαίνουν σε ένα πλαίσιο χρονικά εξαρτώμενο, έτσι είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη και ο χώρος αλλά και ο ρυθμός με τον οποίο συμβαίνουν οι αλλαγές αυτές.<sup>66</sup>

Η Α.Κ.Ζ. στον κτιριοδομικό σχεδιασμό έχει ως στόχο να εισαγάγει και να μελετήσει τις περιβαλλοντικές παραμέτρους των διαφόρων φάσεων του κύκλου ζωής των κτιρίων και των στοιχείων που τα συνθέτουν. Οι περιβαλλοντικές παράμετροι προσδιορίζονται βάσει των εισροών υλικών και ενέργειας στο σύστημα κτίριο και μελετώνται βάσει των εκροών σε ατμοσφαιρικούς ρύπους, στερεά και υγρά απόβλητα. Η δομή και το μοντέλο της ανάλυσης του κύκλου ζωής (Α.Κ.Ζ), προδιαγράφεται σήμερα από το διεθνές πρότυπο ISO 14041<sup>67</sup>, σύμφωνα με το οποίο προδιαγράφονται αναλυτικά όλες οι φάσεις για τη σωστή εφαρμογή του.

Σύμφωνα με το ISO 14041 βασικοί στόχοι της εφαρμογής της Α.Κ.Ζ αποτελούν:

- ✓ Η μελέτη των σχέσεων του συστήματος με το περιβάλλον και κυρίως ως προς τις εισροές σε ενέργεια και πόρους και εκροές που συνεπάγονται περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Σχήμα 24).
- ✓ Ο προσδιορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στο φυσικό περιβάλλον.
- ✓ Η παροχή πληροφοριών γύρω από περιβαλλοντικά ζητήματα και η αξιοποίηση τους για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.



Σχήμα 24: Εισροές και εκροές για το υπό εξέταση σύστημα

Σύμφωνα και πάλι με το ISO 14041 η εφαρμογή της Α.Κ.Ζ περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

- i. Τον καθορισμό των στόχων και του αντικειμένου της ανάλυσης. (Όρια της ανάλυσης, λειτουργική μονάδα, βαθμός λεπτομέρειας).
- ii. Την καταγραφική ανάλυση. (Προσδιορισμός εισροών – εκροών από το εξεταζόμενο σύστημα προϊόντος).
- iii. Την εκτίμηση-ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- iv. Την ταξινόμηση και τον χαρακτηρισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- v. Την ανάλυση των προοπτικών βελτίωσης.

Για την ανάλυση των προοπτικών βελτίωσης απαιτείται τόσο η εξέταση των τεχνικών που συνεπάγονται βελτίωση της κατάστασης του περιβάλλοντος όσο και η συνδυαστική εξέταση της οικονομικής βιωσιμότητάς τους.

Η εφαρμογή της ΑΚΖ στον κτιριοδομικό σχεδιασμό με όλα τα βήματα που απαιτούνται, σήμερα δεν είναι ακόμη εύκολα δυνατή. Κύριοι λόγοι είναι μια σειρά από δυσκολίες, αποτέλεσμα της μεθοδολογίας της ανάλυσης του κύκλου ζωής γενικότερα αλλά και λόγω των χαρακτηριστικών του κτιριοδομικού σχεδιασμού. Ειδικότερα προβλήματα στην εφαρμογή της στον κτιριοδομικό σχεδιασμό δημιουργούν:

- Ο μεγάλος αριθμός των υλικών που συνθέτουν ένα κτίριο. Απαιτείται συνεπώς για κάθε δομικό υλικό λεπτομερής Α.Κ.Ζ, κάτι που συνεπάγεται σημαντικό χρόνο και κόστος για την εφαρμογή της μεθοδολογίας από έναν μελετητή στο επίπεδο ενός κτιρίου.
- Οι σχέσεις που δημιουργούν μεταξύ τους τα υλικά κατά τη σύνθεσή τους σε δομικά στοιχεία.

- Η μεγάλη διάρκεια ζωής των κτιρίων όπως και οι διαφορετικοί χρόνοι ζωής των δομικών στοιχείων και δομικών υλικών που τα συνθέτουν.

Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κτιριοδομικού σχεδιασμού, όπως οι κανονιστικές και νομοθετικές απαιτήσεις, οι επιρροές από εξωγενείς παράγοντες από τους κατασκευαστές και τους χρήστες και τέλος τα οικονομικά κριτήρια, μεταβάλλουν σημαντικά τις μεταβλητές που συνθέτουν το πρόβλημα εφαρμογής της Α.Κ.Ζ στον κτιριοδομικό σχεδιασμό.

Για όλους τους παραπάνω λόγους δεν αξιοποιείται από την κατασκευαστική βιομηχανία η ΑΚΖ και πολλά υλικά ή προϊόντα συγκρίνονται και λαμβάνονται αποφάσεις βάσει μιας ή μερικών μεμονωμένων περιβαλλοντικών παραμέτρων χωρίς να ληφθούν υπόψη όλες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που παρουσιάζονται σε όλο το κύκλο ζωής τους. Τέτοιες απλοϊκές αποφάσεις μπορεί να είναι επικίνδυνες και να οδηγήσουν σε λανθασμένες ή φτωχές επιλογές<sup>68</sup>.

Η ΑΚΖ λοιπόν, αποτελεί τη μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός υλικού ή προϊόντος από τη γέννησή του μέχρι και την τελική απόρριψή του. Ο κατά ISO ορισμός είναι ο ακόλουθος: «Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής είναι μία τεχνική για την εκτίμηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιδράσεων που συνδέονται με ένα προϊόν (ή υπηρεσία), μέσω της σύνταξης ενός ποσοτικού διαγράμματος (inventory) των εισροών και των εκροών, την αξιολόγηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιδράσεων που συνδέονται με αυτά και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων του καταλόγου και του αντίκτυπου των σταδίων παραγωγής, σε σχέση με τους στόχους της μελέτης».

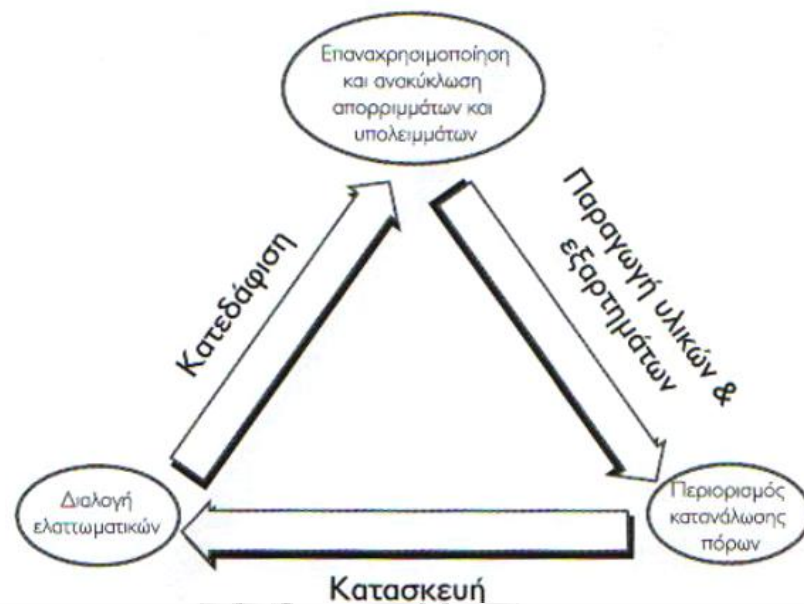
Οι βασικές αρχές της ΑΚΖ παρουσιάζονται στα ακόλουθα πρότυπα ISO:

- ISO 14040:1997 “Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework”
- ISO 14041:1998 “Environmental Management – Life Cycle Assessment – Goal and Scope definitions and inventory analysis”
- ISO 14042:2000 “Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact assessment”
- ISO 14043:2000 “Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle interpretation”

## 7.2. Ο ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΕΝΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΟΥ

Ο κύκλος ζωής ενός δομικού έργου καταμερίζεται σε τρία κύρια στάδια

1. Σχεδιασμός και φάση πριν την κατασκευή.
2. Κατασκευή.
3. Κατεδάφιση.



Σχήμα 25: Οι τρεις κόμβοι διαχείρισης αποβλήτων στον κλάδο των κατασκευών<sup>65</sup>

Ο κύκλος ζωής ενός οικοδομικού υλικού περιέχει τα εξής στάδια (Σχήμα 26)

- Συλλογή-εξόρυξη.
- Βιομηχανική παραγωγή-επεξεργασία.
- Κατασκευή.
- Χρήση της κατασκευής.
- Κατεδάφιση.
- Επανάχρηση, ανακύκλωση, βιοδιάσπαση.

Για τα περισσότερα οικοδομικά υλικά το μεγαλύτερο μέρος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, βρίσκεται στα δύο πρώτα στάδια αλλά καθώς μεγαλώνει το πρόβλημα των αποβλήτων, γνωρίζουμε ότι αυξάνεται σημαντικά το πρόβλημα που προκύπτει λόγω της κατεδάφισης και τελικής διάθεσης τους.

Σε όλη τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος, από την εξόρυξή του, την διαδικασία παραγωγής του, μέχρι και τη χρήση του, παράγονται απόβλητα. Με την ολοκλήρωση της χρήσιμης διάρκειας ζωής του, το ίδιο το κτίριο, θεωρείται άχρηστο και κατατάσσεται στην κατηγορία των αποβλήτων.

Είναι προφανές ότι η περιβαλλοντική επίπτωση των υλικών με μικρό χρόνο ζωής είναι πολύ μεγαλύτερη από υλικά που έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Το πρόβλημα που προκύπτει όμως σε όλες αυτές τις μελέτες είναι η πιστοποίηση της αντοχής των υλικών. Για παράδειγμα το μάρμαρο εθεωρείτο, μέχρι σήμερα, πολύ ανθεκτικό υλικό. Σήμερα όμως λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της όξινης βροχής διαπιστώνουμε ότι γυψοποιείται και αποσθρώνεται με ταχύτατους ρυθμούς. Αυτό σημαίνει ότι τα υλικά δεν έχουν πιστοποιηθεί στις νέες συνθήκες του περιβάλλοντος, πράγμα που πλέον δυσκολεύει ιδιαίτερα τον προσδιορισμό του χρόνου ζωής τους.



Σχήμα 26: Διάγραμμα ροής του κύκλου ζωής ενός δομικού υλικού<sup>5</sup>

### 7.3. ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΥΛΙΚΩΝ

Για τη βελτιστοποίηση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ενός κτιρίου σε όλη την διάρκεια ζωής του είναι χρήσιμο να προσδιοριστεί η ενσωματωμένη ενέργεια (embodied energy) των κατασκευαστικών υλικών, η οποία είναι μια από τις παραμέτρους της ανάλυσης κύκλου ζωής ενός υλικού.

Η ενσωματωμένη ενέργεια ενός υλικού είναι μείζονος σημασίας, καθότι υλικά με μεγάλη ενσωματωμένη ενέργεια προκαλούν γενικά κατά τη διαδικασία παραγωγής μεγάλες εκπομπές CO<sub>2</sub> και θερμική ρύπανση. Είναι γνωστό ότι χρησιμοποιούνται πολλά και διαφορετικά υλικά σε ένα κτίριο με διαφορετικό ποσοστό συμμετοχής το καθένα. Σύμφωνα με το ποσοστό συμμετοχής κάθε υλικού στην κατασκευή προκύπτει η συνολική ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών του κτιρίου. Από την επιλογή λοιπόν των υλικών και την κατασκευαστική λύση που θα προταθεί, προκύπτει το ποσό της ενσωματωμένης ενέργειας που θα περιλάβει η κατασκευή. Στην ουσία η μείωση της ενσωματωμένης ενέργειας της κατασκευής επιτυγχάνεται με τη μείωση των χρησιμοποιούμενων υλικών.

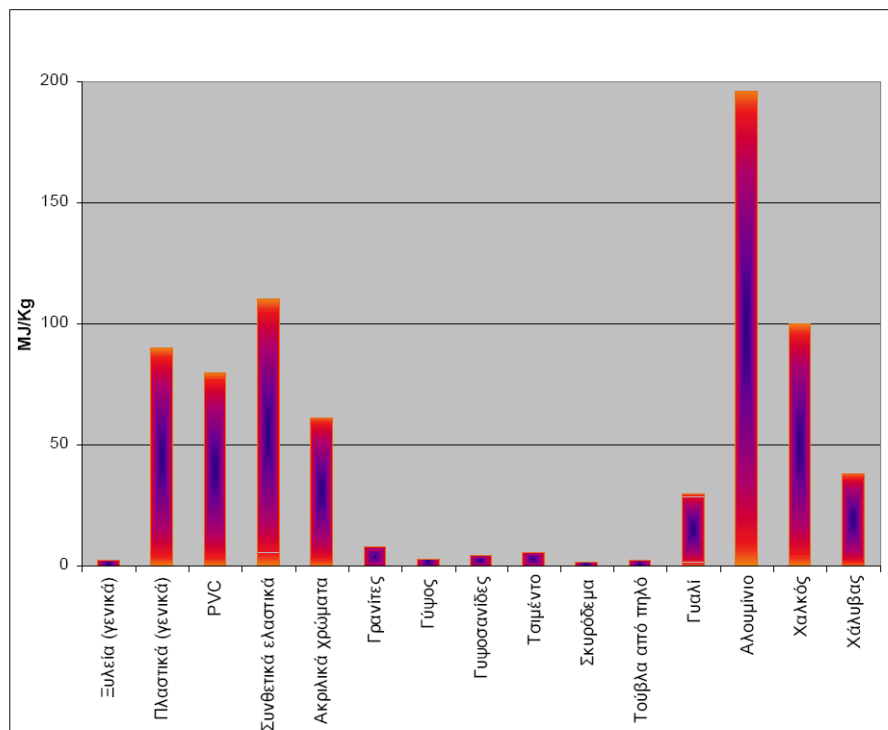
Η ενσωματωμένη ενέργεια είναι η συνολική ενέργεια η οποία έχει καταναλωθεί ώστε το υλικό να έρθει στην παρούσα του μορφή. Περιλαμβάνει την ενέργεια η οποία έχει καταναλωθεί για την εξόρυξη των πρώτων υλών, την επεξεργασία τους και την παρασκευή/κατασκευή των σύνθετων υλικών, καθώς και τη μεταφορά των υλικών από τη μια διεργασία στην άλλη αλλά και εντός των διεργασιών. Επιπλέον, περιλαμβάνει τα ανάλογα ποσά ενέργειας τα οποία αντιστοιχούν στην κατασκευή των μηχανημάτων και οχημάτων τα οποία εμπλέκονται στον κύκλο ζωής του υλικού.

Μια πλήρης ανάλυση της ενσωματωμένης ενέργειας ενός αντικειμένου μπορεί να είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και η ακρίβεια των δεδομένων που εισέρχονται στην ανάλυση ελαττώνεται όσο απομακρυνόμαστε από την παρούσα μορφή του υλικού. Εντούτοις, δεν είναι γενικά απαραίτητο να υπάρχει πολύ μεγάλη ακρίβεια στα δεδομένα ώστε να είναι χρήσιμα στη λήψη αποφάσεων. Οι δημοσιευμένες τιμές ενσωματωμένης ενέργειας για τα συνήθη κατασκευαστικά υλικά παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους και πολύ συχνά δεν υπάρχουν και ενδείξεις για τις απλοποιήσεις, τις παραδοχές και τα δεδομένα που έχουν ληφθεί υπόψη και το πώς έχουν παρθεί. Είναι επομένως προφανές ότι η ενσωματωμένη ενέργεια είναι απλώς μια ενδεικτική παράμετρος για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του υλικού<sup>69</sup>.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα εύρη τιμών για τις ενσωματωμένες ενέργειες των σημαντικότερων κατασκευαστικών υλικών στην Αυστραλία (Πίνακας 10) και την Ελλάδα (Σχήμα 27).

ΥΛΙΚΟ	ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (GJ/t)
Αλουμίνιο	200-260
Χαλκός	95-175
Χάλυβας	80-115
Πλαστικό	75-120
Τσιμέντο	10-15
Σκυρόδεμα	3.2-4.5
Ξύλο	2.5-4.3
Τούβλο	0.5-1.20
Τάπητας	0.25-1.23
Πλαστικό δάπεδο	0.20-0.35
Γυψοσανίδα	0.03-0.06

Πίνακας 10: Ενσωματωμένη ενέργεια για τα συνήθη δομικά υλικά, σε Αυστραλία<sup>70</sup>



Σχήμα 27: Ενσωματωμένη ενέργεια για τα συνήθη δομικά υλικά σε Ελλάδα<sup>5</sup>



Η ενσωματωμένη ενέργεια έχει άμεση σχέση με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται για την ενσωματωμένη ενέργεια είναι το MJ/kg (Τα megajoules της ενέργειας που απαιτείται για να παραχθεί ένα κιλό προϊόντος) και tCO<sub>2</sub> (τόνους διοξειδίου του άνθρακα που δημιουργούνται από την ενέργεια που χρειάζεται για να κάνει ένα κιλό προϊόντος).

Η μετατροπή των MJ ανά tCO<sub>2</sub> δεν είναι μία απλή υπόθεση, γιατί οι διάφορες μορφές ενέργειας (όπως πετρέλαιο, αιολική, ηλιακή, πυρηνική ενέργεια κλπ) εκπέμπουν διαφορετικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Το πραγματικό ποσό του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται όταν ένα προϊόν έχει κατασκευαστεί, θα εξαρτάται από το είδος της ενέργειας που χρησιμοποιείται στην παραγωγική διαδικασία. Για παράδειγμα, η αυστραλιανή κυβέρνηση δίνει τον παγκόσμιο μέσο όρο των 0,098 tCO<sub>2</sub> = 1 GJ. Αυτό είναι το ίδιο με το 1 MJ = 0,098 kgCO<sub>2</sub> = 98 gCO<sub>2</sub> ή 1 kgCO<sub>2</sub> = 10,204 MJ.

Το πανεπιστήμιο του Bath στο Ηνωμένο Βασίλειο, σε μια πιο πρόσφατη μελέτη, έχει δημιουργήσει μια βάση δεδομένων που περιέχει την ενσωματωμένη ενέργεια και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για διάφορα υλικά που χρησιμοποιούνται κυρίως στον κατασκευαστικό τομέα (Inventory of Carbon & Energy (ICE) Version 1.6a. ). Τα δεδομένα έχουν συλλεχθεί από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων άρθρων σε περιοδικά, αξιολογήσεων του κύκλου ζωής (AKZ), βιβλία, πρακτικά συνεδρίων κλπ.

Η βάση δεδομένων που έχει δημιουργηθεί περιλαμβάνει πάνω από 1700 εγγραφές σχετικά με την ενσωματωμένη ενέργεια. Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται τα κυριότερα υλικά και το ενεργειακό τους προφίλ, και στο Παράρτημα III βρίσκονται οι πίνακες με τα 34 κύρια υλικά που χρησιμοποιούνται στην οικοδομική δραστηριότητα χωρισμένα το καθένα σε υποομάδες.

Για την επιλογή των ποσών που σημειώνονται τόσο για την ενσωματωμένη ενέργεια, όσο και για τις εκπομπές του CO<sub>2</sub>, οι δημιουργοί του ICE βασίστηκαν σε πέντε κριτήρια ώστε να μπορέσουν να βγάλουν μια μέση τιμή για την ενεργειακή αποτύπωση των υλικών και να εξασφαλίσουν την συνοχή των δεδομένων. Τα κριτήρια που χρησιμοποίησαν ήταν τα εξής:

1. Η συμμόρφωση με εγκεκριμένα πρότυπα: Προτίμηση δόθηκε στα δεδομένα που προέρχονται από πηγές που ακολουθούν τα περιβαλλοντικά πρότυπα, όπως το ISO 14040/44 (διεθνές πρότυπο για τον περιβαλλοντικό σχεδιασμό AKZ). Ωστόσο, επειδή ακόμα και οι μελέτες που συμμορφώνονται με τα πρότυπα ISO μπορεί να έχουν μια ευρεία εμβέλεια στα δεδομένα τους, κρίθηκε απαραίτητη η χρήση περαιτέρω κριτηρίων επιλογής.
2. Δημιουργία συστήματος ορίων: Η ενέργεια πρώτων υλών συμπεριλήφθηκε μόνο αν αντιπροσώπευε μια μόνιμη απώλεια πολύτιμων πόρων, όπως η χρήση ορυκτών καυσίμων. Για παράδειγμα, τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη, όπως τα πετροχημικά που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή πλαστικών, συμπεριλήφθησαν (και αναφέρονται ξεχωριστά για κάθε κατηγορία). Ωστόσο, η θερμογόνο δύναμη του ξύλου έχει αποκλειστεί κάτι που συμφωνεί με την βιβλιογραφία.
3. Καταγωγή (Χώρα) Δεδομένων: Αρχική σκέψη ήταν τα στοιχεία για την δημιουργία της ICE να έχουν προκύψει από μελέτες που απορρέουν από τα βρετανικά νησιά. Αλλά στην περίπτωση των περισσότερων υλικών αυτό δεν ήταν εφικτό, καθώς δεν υπήρχαν αρκετά δεδομένα και έτσι χρησιμοποιήθηκαν μέσοι όροι από ευρωπαϊκή και παγκόσμια κλίμακα.
4. Ηλικία των πηγών των στοιχείων: Προτεραιότητα δόθηκε στις σύγχρονες πηγές των δεδομένων.
5. Όσο αφορά τις τιμές για τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, αυτές ελήφθησαν από δεδομένα του βιομηχανικού τομέα στο Ηνωμένο Βασίλειο.

	Ενσωματωμένη Ενέργεια (MJ/Kg)	kgCO <sub>2</sub> /Kg
Αλουμίνιο	155	8,24
Τούβλα	3,0	0,22
Τσιμέντο	4,6	0,83
Σκυρόδεμα	0,95	0,13
Χαλκός	40-50	2,19-3,83
Γυαλί	15,0	0,85
Σίδηρος	25,00	1,91

Χαρτί	24,80	1,32
Πλαστικά	80,50	2,53
Ατσάλι	24,4	1,77
Ξυλεία	8,5	0,46

Πίνακας 11: Ενσωματωμένη ενέργεια και εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε διάφορα υλικά <sup>71</sup>

Ομοίως, στον Πίνακα 12 παρουσιάζεται η ενέργεια που καταναλώνεται, καθώς και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για την παραγωγή των βασικότερων οικοδομικών υλικών, από μια μελέτη που έγινε για τη Σκωτία, που αφορούσε την ΑΚΖ μιας κατοικίας τριών υπνοδωματίων, με πέντε κύρια δομικά υλικά (ξύλο, αλουμίνιο, γυαλί, τσιμέντο και κεραμικά).

ΥΛΙΚΟ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/Kg)	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO <sub>2</sub> (Kg CO <sub>2</sub> /Kg)
Ξύλο	5.24	0.12
Τσιμέντο	1.00	4.63
Γυαλί	13.00	0.57
Αλουμίνιο	232.02	1.90
Σχιστόλιθος	0.10	0.01
Κεραμίδια	8.00	0.57
Κονίαμα	5.00	0.27
Γυψοσανίδα	1.00	4.00

Πίνακας 12: Κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή οικοδομικών υλικών <sup>72</sup>

Οι τιμές αυτές, όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαφοροποιούνται σύμφωνα με τις παρακάτω παρατηρήσεις:

- Η ενσωματωμένη ενέργεια ενός υλικού που παράγεται σε μία χώρα (Αυστραλία-Ελλάδα-Ηνωμένο Βασίλειο-Σκωτία) με συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία είναι πολύ πιθανόν να είναι πολύ διαφορετική από την ενσωματωμένη ενέργεια του ίδιου υλικού που παράγεται σε άλλη χώρα με διαφορετική παραγωγική διαδικασία.
- Εξάλλου στην ενσωματωμένη ενέργεια περιλαμβάνουμε και την ενέργεια μεταφοράς του υλικού στην τελική του θέση.

Η ενσωματωμένη ενέργεια ενός υλικού εξαρτάται κυρίως από την επεξεργασία που δέχεται το υλικό αυτό. Για το λόγο αυτό διαφορετική είναι η ενσωματωμένη ενέργεια που περιέχεται σε διαφορετικές μορφές του ίδιου υλικού (Παράρτημα III)

Η ενσωματωμένη ενέργεια αποτελεί μέσον αποτίμησης του περιβαλλοντικού αντίκτυπου της κατασκευής καθώς και της αποτελεσματικότητας ενδεχόμενης ανακύκλωσης του προϊόντος.

#### 7.4. ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

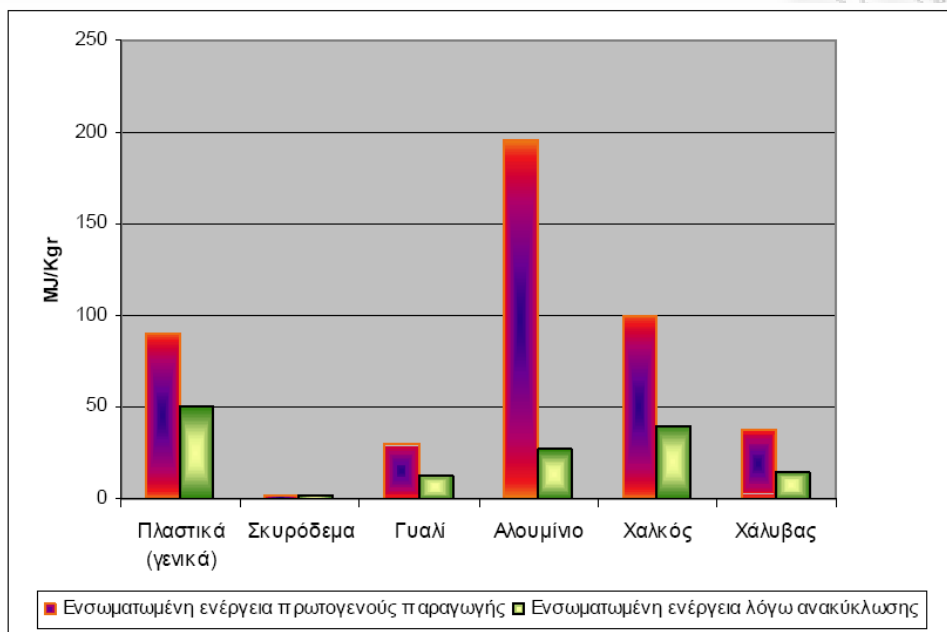
Η χρήση πρώτων υλών από ανακυκλούμενα υλικά μειώνει σαφώς το ποσό των υλών που απαιτεί ο άνθρωπος από τη φύση για να τα δημιουργήσει. Μέχρι σήμερα υπήρχε η γενική θεώρηση ότι χρειαζόταν λιγότερη ενέργεια για να παραχθεί ένα υλικό μέσω της ανακύκλωσης από ότι να παραχθεί μέσω της φύσης. Αυτό πλέον έχει γίνει κατανοητό ότι δεν ισχύει πάντα και η ανακύκλωση είναι ωφέλιμη κυρίως για υλικά που έχουν την ικανότητα να ανακυκλώνονται δηλαδή, έχουν μεγάλη ενσωματωμένη ενέργεια παραγωγής και μικρή ενσωματωμένη ενέργεια ανακύκλωσης<sup>73</sup>. Έτσι, τα ανακυκλωμένα προϊόντα συχνά απαιτούν λιγότερη ενέργεια για την παραγωγή τους σε σχέση με τα πρωτογενή υλικά, άρα η χρήση τους συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενεργειακών διαθεσίμων πόρων.

	Απαιτούμενη ενέργεια παραγωγής από πρώτη ύλη (εκατ. Btu/ton)	Εξοικονόμηση ενέργειας από ανακυκλωμένα υλικά (%)
Αλουμίνιο	250	95
Πλαστικό	98	88
Χαρτί	29.8	34
Χαρτόνι	26.5	24
Γυαλί	15.6	5

Πίνακας 13: Δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας από την χρήση ανακυκλούμενων υλικών<sup>74</sup>

Αν και τα παραπάνω στοιχεία ποικίλλουν ανάλογα με την ποιότητα και την ποσότητα των ανακυκλωμένων πρώτων υλών, δείχνουν ότι η χρήση ανακυκλωμένων υλικών μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για τουλάχιστον μερικά από τα πλέον χρησιμοποιούμενα οικοδομικά υλικά.

Στο παρακάτω Σχήμα 28 παρουσιάζεται η ενσωματωμένη ενέργεια για την ανακύκλωση συνήθων υλικών.



Σχήμα 28: Ενσωματωμένη ενέργεια για την ανακύκλωση συνήθων υλικών<sup>5</sup>

Από το Σχήμα 28, παρατηρούμε πως το υλικό που συμφέρει ενεργειακά περισσότερο να ανακυκλωθεί είναι το αλουμίνιο καθώς εμφανίζει την μεγαλύτερη διαφορά στην ενσωματωμένη ενέργεια της πρωτογενούς παραγωγής σε σχέση με την παραγωγή από ανακύκλωση. Η ανακύκλωση αλουμινίου οδηγεί σε υψηλά ποσοστά ενεργειακής εξοικονόμησης μέχρι και 95% ενώ η ανακύκλωση του γυαλιού μπορεί να εξοικονομήσει μέχρι και 20% μόνο της ενέργειας που χρειάζεται για την παραγωγή του, κυρίως λόγω της πολυπλοκότητας της διαδικασίας ανάκτησης και ανακύκλωσης του σε σχέση με την ανακύκλωση του αλουμινίου.

Όσο αφορά το σκυρόδεμα, γενικά δεν ανακυκλώνεται τόσο εύκολα ούτε μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί σε νέες κατασκευές λόγω απαιτήσεων στην ποιότητα του υλικού. Στο Σχήμα 28 φαίνεται ότι δεν υπάρχει ιδιαίτερη διαφορά ενεργειακά στην πρωτογενή παραγωγή και στην ανακύκλωση. Βέβαια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έργα χαμηλότερων απαιτήσεων, π.χ. οδοποιίας συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση φυσικών πόρων.

Η επιλογή των καλύτερων πρακτικών και υλικών με την καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση, που συμβάλλουν στην συντήρηση των φυσικών διαθεσίμων και τη διαχρονική επάρκεια τους, προκύπτει από τη μελέτη της ΑΚΖ των κατασκευαστικών υλικών. Η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός υλικού μπορεί να προκύψει μέσα από την ελάττωση της ποσότητας των υλικών που χρησιμοποιούνται, τη χρήση ανανεώσιμων υλικών, τη χρήση ανακυκλωμένων υλικών ή υλικών με υψηλό περιεχόμενο ποσοστό ανακυκλωμένων υλικών, την επαναχρησιμοποίηση των υλικών, τη χρήση υλικών με μεγάλη ανθεκτικότητα, τη χρήση τοπικών υλικών και την ελάττωση των παραγόμενων στερεών αποβλήτων κατά την διαδικασία της κατασκευής και την ανακύκλωση των αποβλήτων αυτών.

## **B ΜΕΡΟΣ (ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ)**

### **8. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΕΚΚ**

Για την εκτίμηση της ποσότητας των ΑΕΚΚ που παράγονται εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι, κάθε μία από τις οποίες χρησιμοποιεί διαφορετικές υποθέσεις και παραμέτρους για την εκτίμηση των ΑΕΚΚ. Στη διεθνή βιβλιογραφία εντοπίστηκαν πέντε μέθοδοι, τα βασικά στοιχεία των οποίων παρουσιάζονται στη συνέχεια.

1. Σύμφωνα με τους Pinto και Agoryan (1994), η παραγωγή των αποβλήτων σε ένα κατασκευαστικό έργο στη Βραζιλία, αποτελεί το 20-30% του βάρους του συνόλου των υλικών που χρησιμοποιούνται.<sup>75</sup>
2. Οι Bossink και Brouwers (1996)<sup>76</sup> αναφέρουν ότι τα απόβλητα, για κάθε οικοδομικό υλικό στις Κάτω Χώρες, κυμαίνονται μεταξύ 1% και 10% του ποσού των υλικών που αγοράζονται, με συνολικό μέσο όρο 9% των υλικών που αγοράζονται να είναι εν δυνάμει απόβλητα. Πρόκειται για ένα μοντέλο που προέρχεται από εκτιμήσεις δεδομένων καθώς βασίζεται σε μια έρευνα που διεξήχθη από τον Απρίλιο του 1993 έως τον Ιούνιο του 1994 και αφορούσε μετρήσεις αποβλήτων στο εργοτάξιο για πέντε διαφορετικά κατασκευαστικά σχέδια. Το πρώτο αφορούσε 8 μονοκατοικίες, το δεύτερο 6 μονοκατοικίες, το τρίτο 136 διαμερίσματα για άτομα τρίτης ηλικίας (senior-citizens-apartments), και το τέταρτο και πέμπτο 16 και 18 μονοκατοικίες αντίστοιχα. Το επόμενο στάδιο αφορούσε τον καθορισμό του είδους των ΑΕΚΚ και το τι τα προκαλεί σε συνεργασία με τους κατασκευαστές. Κατά την διάρκεια της έρευνας όλα τα απόβλητα που συγκεντρώθηκαν χωρίστηκαν σε κατηγορίες και ζυγίστηκαν και προέκυψε ότι το 29% των ΑΕΚΚ ήταν πέτρα, το 17% ήταν στοιχεία θεμελίωσης (πάσσαλοι), το 13% ήταν μπετό, το 11% άμμος και σοβάς, το 10% κεραμίδια και το υπόλοιπο υπολείμματα ξύλου και μετάλλου. Τα παραπάνω αποτελέσματα προέκυψαν από σύγκριση των

ποσοτήτων υλικών που είχαν αγοραστεί για κάθε έργο με τα απόβλητα που παρήχθησαν.

3. Οι Fatta et al (2003, 2004)<sup>77,78</sup> έχουν αναπτύξει ένα υπολογιστικό μοντέλο για την εκτίμηση των παραγόμενων ποσοτήτων ΑΕΚΚ, βάσει ανάλυσης στατιστικών στοιχείων. Οι παράμετροι που λαμβάνει υπόψη το μοντέλο για την εκτίμηση των παραγόμενων ποσοτήτων των ΑΕΚΚ είναι:

- Επιφάνεια νέων κατασκευών και προσθηκών / επεκτάσεων
- Εκτίμηση όγκου παραγόμενων ΑΕΚΚ ανά 100 m<sup>2</sup>.
- Πυκνότητα αποβλήτων (σχέση όγκου / βάρους).

Το παρόν μοντέλο αναλύεται στη συνέχεια, καθώς χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία για μια θεωρητική προσέγγιση των παραγόμενων ποσοτήτων ΑΕΚΚ στον ν. Αττικής.

4. Το SMARTWaste<sup>TM</sup> (2008)<sup>79</sup> είναι μια άλλη μέθοδος ποσοτικού προσδιορισμού, η οποία χρησιμοποιείται στο Ηνωμένο Βασίλειο, και βασίζεται σε δεδομένα που προέκυψαν από προηγούμενες εμπειρίες και υπολογίζει τον όγκο των αποβλήτων σε διάφορες κατηγορίες, για παράδειγμα: κεραμικά, σκυρόδεμα, παλετών από ξύλο, κ.λπ.

5. Οι Jaime Solís-Guzmán et al (2009)<sup>80</sup> χρησιμοποιούν για την Ισπανία ένα μοντέλο για την ποσοτικοποίηση των ΑΕΚΚ που έχει προκύψει από έρευνες που έχουν διενεργηθεί για 100 οικιστικά έργα κατά τη διάρκεια του 2004 και οι πληροφορίες αυτές έχουν συνδυαστεί με τα υλικά και τα χαρακτηριστικά τους. Τα έργα αυτά καθορίζονται από τα ακόλουθα πέντε κύρια χαρακτηριστικά:

- Έργο: Νέες κατασκευές ή κατεδαφίσεις.
- Αριθμός ορόφων: 1-10 όροφοι, με 1-2 υπόγεια και καταστήματα ή γραφεία που είναι ισόγεια.
- Θεμελίωση: πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, πασσαλοστήριξη
- Δομή: Οπλισμένο σκυρόδεμα ή τοιχοποιία από τούβλα.
- Ανώτερο επίπεδο: Επικλινές ή οριζόντιο.

Κάποια άλλα κοινά χαρακτηριστικά των έργων που μελετήθηκαν ήταν: ξηρά δόμηση (γυψοσανίδες) στους εξωτερικούς τοίχους, αντίστοιχες εγκαταστάσεις παροχής νερού και ρεύματος, κεραμικά πλακίδια τοίχου στην κουζίνα και στο



μπάνιο, πλαστικό χρώμα για τους εξωτερικούς τοίχους, ματ χρώμα στο εσωτερικό και συνθετικό χρώμα για τις εσωτερικές πόρτες.

Έτσι, από μετρήσεις υπολογίστηκε μια μέση τιμή για κάποιες παραμέτρους  $Q_i$  που αντιστοιχεί σε ένα μέσο όρο από τα παραπάνω δεδομένα, δηλαδή σε μια κατοικία, με 4 ορόφους, με 4 κατοικίες ανά όροφο, με συνολικό εμβαδόν  $1600\text{m}^2$ , με θεμελίωση από πασσάλους ύψους 8m, δομή από οπλισμένο σκυρόδεμα και τaráτσα επικλινή. Οι τιμές  $Q_i$  για τις παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 14.

<b>Concept</b>	<b><math>Q_i</math></b>	<b>Concept</b>	<b><math>Q_i</math></b>
$\text{m}^3$ . Earthmoving transport	0.20	u. Electric sockets	0.25
Kg. Concrete reinforcement	5.19	m. Ground connection	0.12
m. Piles	0.36	m. Hot water pipes	0.21
$\text{m}^3$ . Reinforced concrete foundation	0.07	u. Drains	0.09
$\text{m}^3$ . Concrete	0.01	m. Cold water pipes	0.41
$\text{m}^3$ . Concrete foundation	0.02	u. Tap	0.07
u. Catch basins	0.01	u. Toilet, basin and bathtub	0.06
m. Collectors	0.05	u. Thermos/heaters	0.01
m. Downpipe	0.11	$\text{m}^2$ . Thermal insulation	0.80
$\text{m}^2$ . Concrete slabs	1.24	$\text{m}^2$ . Tiling	0.48
Kg. Steel reinforcement	12.67	$\text{m}^2$ . Plaster	1.69
$\text{m}^3$ . Reinforced concrete	0.10	$\text{m}^2$ . Whitewash	3.01
$\text{m}^2$ . Wall (chambers)	0.81	$\text{m}^2$ . Screed	0.88
$\text{m}^2$ . Wall (partitions)	0.89	$\text{m}^2$ . Floors	0.03
$\text{m}^2$ . Brick exterior	0.95	$\text{m}^2$ . Ceiling	0.09
$\text{m}^2$ . Brick interior	0.35	m. Finishing	0.10
$\text{m}^2$ . Roof	0.29	$\text{m}^2$ . Steel frames	0.13
m. Circuits	0.71	$\text{m}^2$ . Wood doors	0.15
m. Electric lines and derivations	0.14	$\text{m}^2$ . Glass	0.13
u. Light points	0.13	$\text{m}^2$ . Exterior paints	0.20
		$\text{m}^2$ . Interior paints	0.50

Πίνακας 14: Τιμές παραμέτρων για το μαθηματικό μοντέλο των Jaime Solís-Guzmán et al.

Το μοντέλο αυτό προβλέπει τρεις κατηγορίες αποβλήτων, τον όγκο της κατεδάφισης, τον όγκο των συντριμμιών και τον όγκο των συσκευασιών, οι οποίοι προκύπτουν από υπολογισμούς του φαινόμενου κατασκευαστικού όγκου,  $VAC_i$ .

$$VAC_i = Q_i \times CC_i \quad (1)$$

όπου  $Q_i$  η αντίστοιχη παράμετρος για το συστατικό  $i$  και  $CC_i$  είναι ο λόγος μετατροπής της ποσότητας του στοιχείου  $i$  σε  $m^3/Q_i$ .

Ο φαινόμενος όγκος κατεδάφισης είναι:

$$VAD_i = VAC_i \times CT_i = Q_i \times CC_i \times CT_i \quad (2)$$

όπου  $CT_i$  είναι ένας συντελεστής κατεδάφισης.

Ο φαινόμενος όγκος των συντριμμιών είναι:

$$VAR_i = VAC_i \times CR_i = Q_i \times CC_i \times CR_i \quad (3)$$

όπου  $CR_i$  ο συντελεστής μετατροπής των στοιχείων από κατασκευή σε συντρίμια.

Τέλος ο φαινόμενος όγκος συσκευασιών είναι:

$$VAE_i = VAC_i \times CE_i = Q_i \times CC_i \times CE_i \quad (4)$$

όπου  $CE_i$  ένας συντελεστής μετατροπής των ποσοτήτων της κατασκευής σε συσκευασίες.

Από το διαθέσιμα μοντέλα, αυτό που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία είναι αυτό των Fatta et al, λόγω του ότι έχει ήδη εφαρμοστεί σε Ελλάδα και Κύπρο και είναι το πλέον κοντινό τόσο στα υλικά που χρησιμοποιούνται στην οικοδομική δραστηριότητα του Ν. Αττικής, όσο και στην σύνθεση και τα χαρακτηριστικά των υλικών αυτών.

### 8.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΑΕΚΚ Fatta et al

Η Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας της Σχολής Χημικών Μηχανικών ανέπτυξε ένα υπολογιστικό μοντέλο που προσδιορίζει τις παραγόμενες ποσότητες για τα απόβλητα κατασκευών, τα απόβλητα κατεδαφίσεων και τα απόβλητα εκσκαφών, ξεχωριστά. Το μοντέλο αυτό έχει ήδη χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια του προγράμματος SUSCON (Sustainable

Construction) του Ευρωπαϊκού προγράμματος LIFE-Περιβάλλον<sup>81</sup>, το οποίο συγχρηματοδοτεί καινοτόμα έργα περιβαλλοντικής επίδειξης στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Έτσι στο έργο LIFE05 ENV/GR/000235 με τίτλο: «Αειφόρες κατασκευές στα δημόσια και ιδιωτικά έργα εφαρμόζοντας την προσέγγιση της εφαρμοσμένης πολιτικής προϊόντων», χρησιμοποιείται το παραπάνω μοντέλο για τον υπολογισμό των ΑΕΚΚ σε Ελλάδα και Κύπρο. Επιπλέον στην ιστοσελίδα της Ελληνικής Εταιρείας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων προτείνεται το παραπάνω μοντέλο για τον υπολογισμό των ΑΕΚΚ.

Σε ότι αφορά τα απόβλητα κατασκευών θεωρήθηκε ότι για κάθε  $100\text{m}^2$  κατασκευής παράγονται απόβλητα όγκου  $6\text{m}^3$ . Για τον υπολογισμό του βάρους των κατασκευαστικών αποβλήτων, η μέση πυκνότητα τους είναι ίση με  $1.6\text{tn}/\text{m}^3$ . Αναφορικά με τα απόβλητα κατεδαφίσεων θεωρήθηκε ότι η μέση τιμή του αριθμού των ορόφων για κάθε κτίριο που κατεδαφίζεται είναι 1.3. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι τα κατεδαφισθέντα κτίρια στην Ελλάδα κατασκευάστηκαν στις δεκαετίες '50-'70 και ήταν κατά κύριο λόγο μονώροφα και διώροφα. Επιπλέον έγιναν οι παραδοχές ότι κάθε κατεδάφιση αφορά σε κτίριο με μέση επιφάνεια  $130\text{m}^2$ , ενώ το παραγόμενο απόβλητο έχει τιμές όγκου και πυκνότητας  $0.8\text{m}^3/\text{m}^2$  και  $1.6\text{tn}/\text{m}^3$  αντίστοιχα. Τέλος σχετικά με τα απόβλητα εκσκαφών θεωρήθηκε ότι η μέση επιφάνεια της κάθε εκσκαφής ισούται με την επιφάνεια του κτιρίου που κατεδαφίζεται ( $130\text{m}^2$ ). Η μέση τιμή του βάθους κάθε εκσκαφής υπολογίστηκε στα 3m ενώ η πυκνότητα του παραγόμενου αποβλήτου θεωρήθηκε ότι είναι ίση με  $1.4\text{tn}/\text{m}^3$ . Οι παράμετροι αυτές αποτυπώνονται στον Πίνακα 15.

Παράμετρος	Ελλάδα
Όγκος αποβλήτων κατασκευών ανά εμβαδό νέας οικοδομής+προσθήκης	0.06 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Πυκνότητα αποβλήτων κατασκευών	1.6 tn/m <sup>3</sup>
Μέσος αριθμός ορόφων ανά κτίριο	2.4
Όγκος αποβλήτων κατεδαφίσεων ανά εμβαδό οικοδομής	0.8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Πυκνότητα αποβλήτων κατεδαφίσεων	1.6 tn/m <sup>3</sup>
Μέση επιφάνεια εκσκαφής	130 m <sup>2</sup>
Μέσο βάθος εκσκαφής	3 m
Πυκνότητα αποβλήτου εκσκαφών	1.4 tn/m <sup>3</sup>

Πίνακας 15: Παράμετροι για τον υπολογισμό των ποσοτήτων ΑΕΚΚ <sup>77,78</sup>

Οι παράμετροι αυτές θεωρούνται σταθερές για όλα τα χρόνια, δεδομένου ότι είναι μέσες τιμές εκτιμημένες από τα διαχρονικά στοιχεία του μοντέλου (αριθμός μοντέλου 3 της σελ. 113).

#### α. Απόβλητα Κατεδαφίσεων

Όπου γίνεται κατεδάφιση κτιρίου συνήθως συνοδεύεται από εκσκαφή για την απομάκρυνση των παλαιών θεμελίων και την τοποθέτηση νέων. Τα απόβλητα εκσκαφών αποτελούνται κυρίως από χώμα και πέτρες σε μικρότερες ποσότητες. Επίσης κατά την αρχή της διαδικασίας της κατασκευής παράγονται απόβλητα εκσκαφών λόγω των εργασιών διαμόρφωσης του οικοπέδου και την τοποθέτηση των θεμελίων.

Η εξίσωση για τα απόβλητα κατεδαφίσεων έχει τη μορφή:

$$DW = ND \times SD \times WD \times D \quad (5)$$

DW: Απόβλητα κατεδαφίσεων σε τόνους

ND: Αριθμός κατεδαφίσεων

SD: Μέσο εμβαδόν των κτηρίων (m<sup>2</sup>/κτίριο)

WD: Παραγόμενο απόβλητο για κάθε κατεδάφιση (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)

D: Πυκνότητα παραγόμενου αποβλήτου (tn/m<sup>3</sup>)

## β. Απόβλητα Κατασκευών

Η παραγόμενη ποσότητα αποβλήτων κατασκευής υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$CW = [NC + EX] \times VW \times D \quad (6)$$

CW: Απόβλητα κτηριακών κατασκευών σε τόνους

NC: Εμβαδόν νέων κατασκευών (m<sup>2</sup>)

EX: Προσθήκες σε υφιστάμενες οικοδομές (m<sup>2</sup>)

VW: Όγκος παραγόμενου αποβλήτου ανά εμβαδόν νέας οικοδομής (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)

D: Πυκνότητα αποβλήτου (tn/m<sup>3</sup>)

## γ. Απόβλητα Εκσκαφών

Η εξίσωση για τα απόβλητα εκσκαφών είναι:

$$EW = ND \times ES \times ED \times D \quad (7)$$

EW: Απόβλητα εκσκαφών σε τόνους

ND: Αριθμός αδειών νέων κατασκευών

ES: Μέση επιφάνεια εκσκαφής (m<sup>2</sup>)

ED: Μέσο βάθος εκσκαφής (m)

D: Πυκνότητα παραγόμενου αποβλήτου (tn/m<sup>3</sup>)

## 8.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΑΕΚΚ ΓΙΑ ΤΟΝ Ν. ΑΤΤΙΚΗΣ

Η εφαρμογή του παραπάνω μοντέλου οδηγεί στον υπολογισμό τριών ποσοτήτων οικοδομικών αποβλήτων εφαρμόζοντας κάθε φορά τις αντίστοιχες εξισώσεις του: Απόβλητα κατεδαφίσεων, απόβλητα κατασκευών και απόβλητα εκσκαφών.

Στον Πίνακα 16 που ακολουθεί απεικονίζονται συνοπτικά στοιχεία από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδας (ΕΣΥΕ) που αφορούν τον αριθμό κτιρίων, όπως έχουν προκύψει από νέες οικοδομές και προσθήκες, το συνολικό εμβαδό και τον αριθμό ορόφων νέων οικοδομών και προσθηκών ανά έτος από τα οποία υπολογίστηκε και το μέσο εμβαδόν (m<sup>2</sup>/κτήριο) ανά έτος για τον νομό Αττικής.

Τα στοιχεία της ΕΣΥΕ παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα ΙΙ για τα έτη 2000-2009.

ΕΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟ (m <sup>2</sup> )	ΜΕΣΟ ΕΜΒΑΔΟ (m <sup>2</sup> /κτίριο) SD
2000	19,790	5,074,465	256
2001	22,885	6,014,347	263
2002	24,746	6,789,647	274
2003	24,177	6,211,486	257
2004	22,630	5,439,573	240
2005	29,700	8,603,778	290
2006	25,313	6,488,275	256
2007	23,960	5,578,849	233
2008	18,368	4,120,862	224
2009	15,335	3,352,450	219

Πίνακας 16: Νέες οικοδομές, προσθήκες ανά έτος στον Ν. ΑΤΤΙΚΗΣ (στοιχεία της ΕΣΥΕ. Με έντονα στοιχεία υπολογισμοί του συγγραφέα)

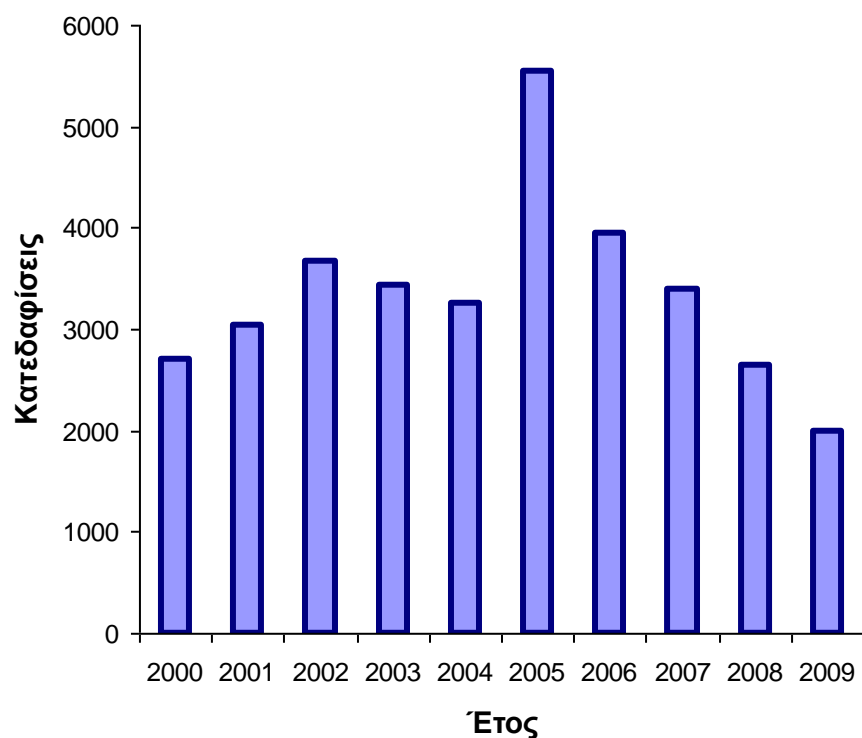
### 8.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### Α. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ

Ο αριθμός των κατεδαφίσεων για την Αττική για τη χρονική περίοδο 2000-2009 και η διακύμανση τους ανά έτος προκύπτει από τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας και παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα 17 και στο Σχήμα 29.

Έτος	Αριθμός
2000	2707
2001	3041
2002	3675
2003	3434
2004	3265
2005	5554
2006	3953
2007	3403
2008	2654
2009	1990

Πίνακας 17: Αριθμός κατεδαφίσεων ανά έτος για την Αττική

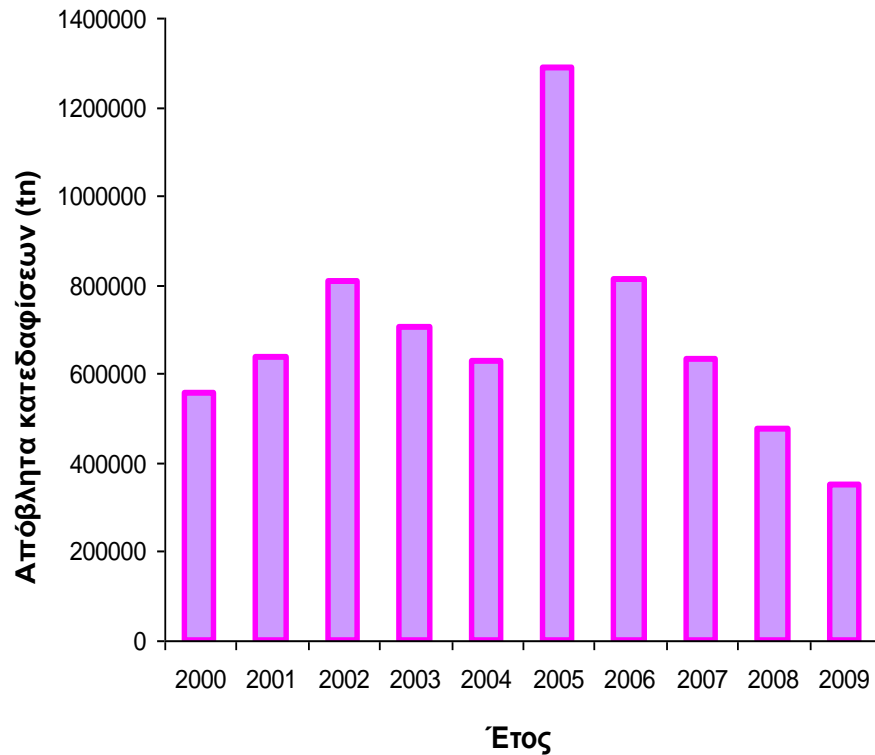


Σχήμα 29: Αριθμός κατεδαφίσεων ανά έτος

Με εφαρμογή της εξίσωσης (5) προκύπτει ο παρακάτω Πίνακας 18 και το αντίστοιχο Σχήμα 30 που παρουσιάζουν τη διακύμανση των οικοδομικών αποβλήτων από κατεδαφίσεις για τον νομό Αττικής ανά έτος:

ΕΤΟΣ	ND	SD	WD	DW *10 <sup>3</sup> (tn)
2000	2707	256	0.8	555
2001	3041	263	0.8	639
2002	3675	274	0.8	806
2003	3434	257	0.8	706
2004	3265	240	0.8	628
2005	5554	290	0.8	1287
2006	3953	256	0.8	810
2007	3403	233	0.8	634
2008	2654	224	0.8	476
2009	1990	219	0.8	348

Πίνακας 18: Ποσότητες αποβλήτων κατεδαφίσεων Αττικής ανά έτος



Σχήμα 30: Ποσότητες αποβλήτων κατασκευών ανά έτος

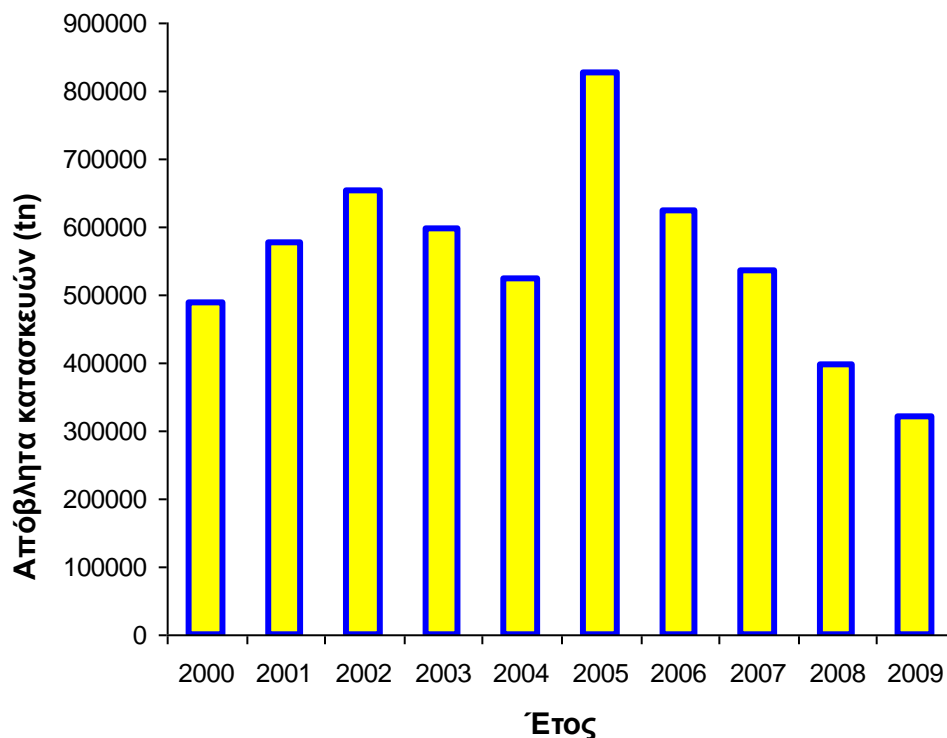
## **Β. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

Με εφαρμογή της αντίστοιχης εξίσωσης (6) του μοντέλου για τα απόβλητα κατασκευών προκύπτει ο παρακάτω Πίνακας 19 και το αντίστοιχο Σχήμα 31 της διακύμανσης των οικοδομικών αποβλήτων από κατασκευές για το νομό Αττικής ανά έτος:

<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>VW</b>	<b>D</b>	<b>(NC+EX)</b>	<b>CW*10<sup>3</sup> (tn)</b>
2000	0.06	1.6	<b>5,074,465</b>	<b>487</b>
2001	0.06	1.6	<b>6,014,347</b>	<b>577</b>
2002	0.06	1.6	<b>6,789,647</b>	<b>652</b>
2003	0.06	1.6	<b>6,211,486</b>	<b>596</b>
2004	0.06	1.6	<b>5,439,573</b>	<b>522</b>
2005	0.06	1.6	<b>8,603,778</b>	<b>826</b>
2006	0.06	1.6	<b>6,488,275</b>	<b>623</b>
2007	0.06	1.6	<b>5,578,849</b>	<b>536</b>
2008	0.06	1.6	<b>4,120,862</b>	<b>396</b>
2009	0.06	1.6	<b>3,352,450</b>	<b>322</b>

πίνακας 19: Ποσότητες αποβλήτων κατασκευών Αττικής ανά έτος





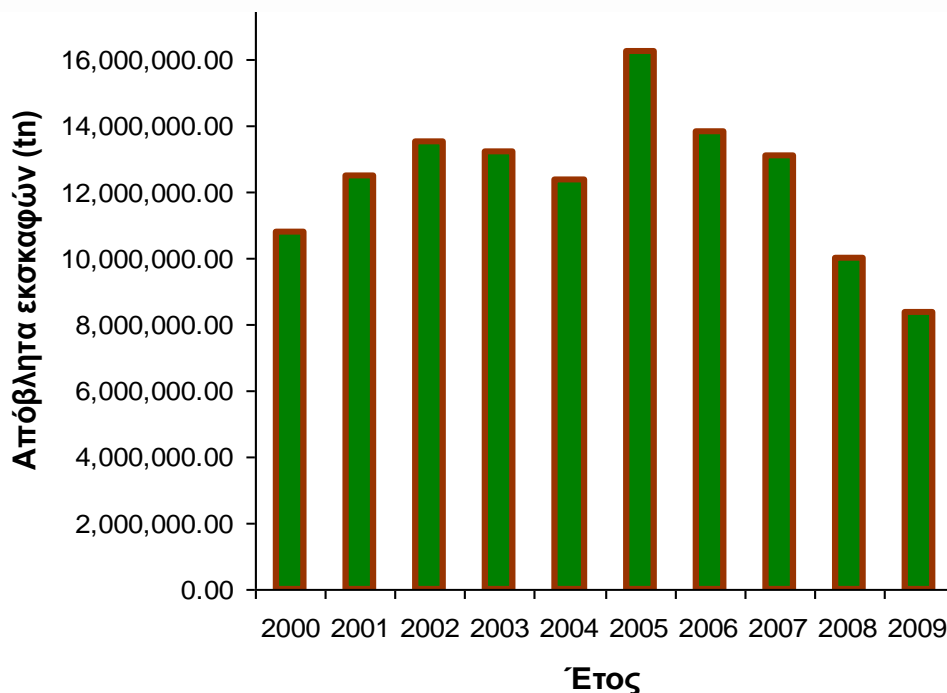
Σχήμα 31: Ποσότητες αποβλήτων κατασκευών Αττικής ανά έτος

### **Γ. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΕΚΣΚΑΦΩΝ**

Με εφαρμογή της αντίστοιχης εξίσωσης (7) του μοντέλου για τα απόβλητα εκσκαφών προκύπτει ο παρακάτω Πίνακας 20 και το αντίστοιχο Σχήμα 32 της διακύμανσης των οικοδομικών αποβλήτων από κατασκευές για το νομό Αττικής ανά έτος:

ΕΤΟΣ	ES	ED	D	ND	EW*10 <sup>3</sup> (tn)
2000	130	3	1.4	19790	<b>10805</b>
2001	130	3	1.4	22885	<b>12495</b>
2002	130	3	1.4	24746	<b>13511</b>
2003	130	3	1.4	24177	<b>13201</b>
2004	130	3	1.4	22630	<b>12356</b>
2005	130	3	1.4	29700	<b>16216</b>
2006	130	3	1.4	25313	<b>13821</b>
2007	130	3	1.4	23960	<b>13082</b>
2008	130	3	1.4	18368	<b>10029</b>
2009	130	3	1.4	15335	<b>8373</b>

Πίνακας 20: Ποσότητες αποβλήτων εκσκαφών Αττικής ανά έτος



Σχήμα 32: Ποσότητες αποβλήτων εκσκαφών Αττικής ανά έτος

Από όλα τα παραπάνω προκύπτει ο παρακάτω Πίνακας 21 με το άθροισμα των αποβλήτων κατεδαφίσεων, κατασκευών και εκσκαφών που αντιπροσωπεύει τη συνολική ποσότητα των ΑΕΚΚ για το νομό Αττικής για τα έτη 2000-2009.

ΕΤΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΕΚΚ ΣΥΝΟΛΙΚΑ (tn)
2000	11,847,782
2001	13,711,945
2002	14,969,780
2003	14,502,747
2004	13,506,025
2005	18,329,311
2006	15,254,365
2007	14,251,613
2008	10,900,871
2009	9,042,779
<b>ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ/ΕΤΟΣ</b>	<b>13,631,722</b>
<b>ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ/ΚΑΤΟΙΚΟ/ΕΤΟΣ</b>	<b>3,41**</b>

Πίνακας 21: Συνολικές ποσότητες ΑΕΚΚ ανά έτος για το νομό Αττικής (2000 έως 2009)

\*\*Σύμφωνα με την επίσημη απογραφή του 2001 της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας ο πληθυσμός της Περιφέρειας ανέρχεται σε 3.761.810 κατοίκους

#### 8.4. ΣΥΣΤΑΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΩΝ ΑΕΚΚ ΑΤΤΙΚΗΣ

Μία εκτίμηση για την ποσοστιαία σύσταση των ΑΕΚΚ στην Αττική μπορεί να γίνει αν ληφθεί υπόψη το Σχήμα 3 του Κεφαλαίου 3 που παρουσιάζει μια τυπική σύσταση των ΑΕΚΚ. Έτσι προκύπτει ο παρακάτω Πίνακας 22 και το αντίστοιχο Σχήμα 33:

ΕΤΟΣ	ΥΛΙΚΟ (% ΣΥΣΤΑΣΗ)				
	Αδρανή (Τσιμέντο, τούβλα, κ.α) (tn)	Γυαλί, πλαστικά, μονωτικά (tn)	Ξύλο (tn)	Μέταλλα (tn)	Άλλα (tn)
	74%	5%	11%	5%	5%
2000	8,767,359	592,389	1,303,256	592,389	592,389
2001	10,146,839	685,597	1,508,314	685,597	739,151
2002	11,077,637	748,489	1,646,676	748,489	817,737
2003	10,732,033	725,137	1,595,302	725,137	788,427
2004	9,994,459	675,301	1,485,663	675,301	736,327
2005	13,563,690	916,466	2,016,224	916,466	1,035,073
2006	11,288,230	762,718	1,677,980	762,718	838,121
2007	10,546,194	712,581	1,567,677	712,581	780,397
2008	8,066,644	545,044	1,199,096	545,044	601,589
2009	6,691,657	452,139	994,706	452,139	492,608

Πίνακας 22: Εκτιμώμενη σύσταση των παραγόμενων αποβλήτων για το νομό Αττικής



Σχήμα 33: Εκτιμώμενη σύσταση των παραγόμενων αποβλήτων ανά έτος για το νομό Αττικής

## 8.5. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟ 2000 ΕΩΣ ΣΗΜΕΡΑ

Από το Σχήμα 29 του αριθμού των κατεδαφίσεων στον νομό Αττικής παρατηρούμε ότι αρχικά υπάρχει μια σταδιακή-γραμμική αύξηση στον αριθμό των κατεδαφιστέων κτηρίων τη χρονική περίοδο 2000-2003, εν συνεχεία υπάρχει μια μικρή πτώση από το 2003-2004 και ακολουθεί μια μεγάλη αύξηση από το 2004-2005. Από το 2005 έως σήμερα παρατηρείται μια συνεχής μείωση στον αριθμό των κατεδαφίσεων, με κατεδαφίσεις του 2009 μικρότερες της δεκαετίας. Συνεπώς και η διακύμανση των παραγόμενων αποβλήτων ακολουθεί την ίδια πορεία.

Από τη σύγκριση των Σχημάτων 30 και 31 παρατηρείται επίσης ότι η μεταβολή των παραγόμενων ποσοτήτων αποβλήτων από τις κατασκευές έχει αντίστοιχη μορφή με αυτή των κατεδαφίσεων, αλλά αριθμητικά υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ τους καθώς τα απόβλητα κατασκευών κυμαίνονται από minimum τιμή (το 2009)  $322 \cdot 10^3$  ton σε maximum τιμή (2005)  $826 \cdot 10^3$  tn ενώ οι αντίστοιχες τιμές για τα απόβλητα κατεδαφίσεων είναι minimum (2009)  $348 \cdot 10^3$ tn και maximum (2005)  $1287 \cdot 10^3$ ton.

Όσο αφορά τα απόβλητα εκσκαφών, όπως φαίνεται από τα Σχήματα 30, 31 και 32, παρότι και σε αυτή την περίπτωση ακολουθείται η ίδια διακύμανση των τιμών των αποβλήτων ανά έτος, παρατηρούμε ότι οι ποσότητες των αποβλήτων εκσκαφών είναι οι μεγαλύτερες σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες, κατασκευών και κατεδαφίσεων καθώς παρουσιάζουν minimum (2009)  $8373 \cdot 10^3$  ton (26 φορές παραπάνω από τα απόβλητα κατασκευών και 24 φορές από αυτά των κατεδαφίσεων) και maximum (2005)  $16216 \cdot 10^3$ tn (20 φορές παραπάνω από τα απόβλητα κατασκευών και 12,5 φορές από αυτά των κατεδαφίσεων). Αυτό είναι λογικό να συμβαίνει λόγω του ότι τόσο κατά την κατεδάφιση υφιστάμενων κτηρίων όσο και κατά τις διαδικασίες για ανέγερση νέας οικοδομής έχουμε την απομάκρυνση μεγάλων ποσοτήτων χώματος και πετρών.

Λόγω της πρόσφατης παγκόσμιας κρίσης, η οποία έχει άμεσες επιπτώσεις στην οικοδομική δραστηριότητα, δεν θα επιχειρήσουμε να κάνουμε πρόβλεψη σε ότι αφορά την οικοδομική δραστηριότητα για την πενταετία 2010 – 2014.

Σύμφωνα με το Τεχνικό Επιμελητήριο της Ελλάδος<sup>82</sup> με αμείωτο ρυθμό συνεχίζεται η πτώση στην οικοδομική δραστηριότητα και κύριο χαρακτηριστικό είναι ότι οι νέες άδειες που εκδίδονται αφορούν, συγκριτικά με το παρελθόν, κτίρια με μικρότερο εμβαδό και όγκο. Όπως προκύπτει από τα στοιχεία που έδωσε στην δημοσιότητα η Εθνική Στατιστική Αρχή για τον Ιούλιο του 2010, σχετικά με την ιδιωτική οικοδομική δραστηριότητα, η πτώση αναφορικά με την επιφάνεια των κτιρίων φτάνει στο 30,5% σε σύγκριση με τον αντίστοιχο μήνα του 2009, με βάση τον όγκο η πτώση ανέρχεται στο 29,1%, ενώ σχετικά μικρότερη είναι με βάση τον αριθμό των νέων αδειών, αφού ανέρχεται στο 20,1%. Για το συγκεκριμένο μήνα η μεγαλύτερη πτώση εντοπίζεται στην Δυτική Μακεδονία με 48,7%, στην Αττική με 47,6%, στο Νότιο Αιγαίο με 40,80% και στα Ιόνια Νησιά με 38,6%. Καμιά περιοχή δεν βρέθηκε με θετικό πρόσημο, με την μικρότερη ωστόσο πτώση να εντοπίζεται στην Ήπειρο, με 4,9% και στην Θεσσαλία με 5,3%.

Στο δωδεκάμηνο δηλαδή από τον Αύγουστο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010, η ιδιωτική οικοδομική δραστηριότητα εμφανίζει στο σύνολο της χώρας μείωση κατά 10% στον αριθμό των εκδοθεισών οικοδομικών αδειών κατά 20,8% στην επιφάνεια και κατά 25,2% στον όγκο, σε σύγκριση με την αντίστοιχη περίοδο Αυγούστου 2008-Ιουλίου 2009. Η μεγαλύτερη πτώση με κριτήριο την επιφάνεια εντοπίζεται σε Θεσσαλία και Δυτική Μακεδονία με 29,5% και 29,3% αντίστοιχα.

Το επτάμηνο Ιανουαρίου-Ιουλίου η οικοδομική δραστηριότητα εμφανίζει στο σύνολο της χώρας μείωση κατά 10,6% στον αριθμό των εκδοθεισών οικοδομικών αδειών κατά 20,4% στην επιφάνεια και κατά 24,8% στον όγκο, σε σύγκριση με την αντίστοιχη περίοδο Ιανουαρίου-Ιουλίου 2009. Η μεγαλύτερη πτώση με βάση την επιφάνεια των κτιρίων εντοπίζεται στην Αττική και Στερεά Ελλάδα, με 34% και 25,2% αντίστοιχα.

Παράλληλα, για την ΕΕ ισχύει μια αντίστοιχη μειωτική τάση στον κατασκευαστικό κλάδο. Οι μεγαλύτερες μειώσεις καταγράφηκαν στην Ισπανία (-34,1%), τη Σλοβενία (-17,6%) και τη Βουλγαρία (-10,7%).<sup>83</sup>

## 9. ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΕΚΚ ΣΤΟΝ Ν. ΑΤΤΙΚΗΣ<sup>84,85</sup>

Ένα πιλοτικό έργο ανακύκλωσης που έχει πραγματοποιηθεί στον νομό Αττικής αφορά το Δήμο Άνω Λιοσίων Αθηνών, στα πλαίσια του έργου LIFE 00 ENV/GR/000739 και πραγματοποιήθηκε με τη συνεργασία της κατασκευαστικής εταιρίας TOMH ATE, την αυστριακή κατασκευαστική εταιρία BILFINGER BERGER Baugesellschaft m.b.H., και την Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Άνω Λιοσίων. Το πρόγραμμα εκπονήθηκε σε χρονική περίοδο 6 μηνών, από 1/1/2003 έως 30/6/2003, με δυναμικότητα μονάδας 300ton/ημέρα και επεξεργαζόμενο συνολικά 30.000 τόνους ΑΕΚΚ.

Το έργο αυτό, συνολικού προϋπολογισμού 2.403.685 €, είχε τους παρακάτω βασικούς στόχους:

- Την επίδειξη αποδεκτών μεθόδων διαχείρισης ΑΕΚΚ.
- Την ανάπτυξη συστημάτων επεξεργασίας οικοδομικών υλικών υιοθετώντας τεχνολογίες αιχμής που εφαρμόζονται σε περιβαλλοντικά προηγμένες χώρες της Ε.Ε.
- Την ελαχιστοποίηση χρήσης μη ανανεώσιμων υλικών όπως είναι τα λατομικά προϊόντα.
- Την αξιολόγηση των υποψήφιων αγορών διάθεσης των προϊόντων.
- Την αξιοποίηση των αδρανών υλικών με τρόπο ώστε να αποβεί σε ωφέλεια του κοινωνικού συνόλου.
- Την ελαχιστοποίηση της ανεξέλεγκτης απόρριψης ΑΕΚΚ.

Οι ποσότητες συλλέχθηκαν από συνεργεία οικοδομών σε τοποθεσίες κατεδάφισων, όπου υλοποιείται ένα μεγάλο έργο κτιριακών κατασκευών, με την κατεδάφιση κατεστραμμένων κτιρίων (λόγω του σεισμού στην Β.Δ. Αττική το Σεπτέμβριο 1999) και τη κατασκευή 1000 νέων. Το έναυσμα για την πραγματοποίηση αυτού του έργου αποτέλεσε ο σεισμός που έπληξε τους Δήμους Άνω Λιοσίων και Μενιδίου το Σεπτέμβριο του 1999 και οδήγησε στην κατεδάφιση αρκετών κτιρίων και την παραγωγή σημαντικής ποσότητας αδρανών υλικών.

## 9.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η πρότυπη μονάδα διαχείρισης και ανακύκλωσης αδρανών υλικών, η οποία χωροθετήθηκε εντός του ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων, έχει προδιαγραφές επεξεργασίας ΑΕΚΚ και κυρίως των «βαρέων» υλικών (σκυρόδεμα, τούβλα), αφού τα «ελαφρά» υλικά (κουφώματα, μεταλλικές κατασκευές, κ.λπ.) συνήθως αφαιρούνται προ της κατεδάφισης.

Η δυναμικότητα της μονάδας για τις ανάγκες του έργου καθορίσθηκε στους 300 t/ημέρα. Η μονάδα αποτελείται από τα ακόλουθα παραγωγικά τμήματα:

- Τμήμα προσωρινής αποθήκευσης της προσκομιζόμενης πρώτης ύλης, προκειμένου να υπάρχει μία σχετική επάρκεια στην τροφοδοσία της μονάδας, ως δικλείδα ασφαλείας έναντι πιθανών δυσλειτουργιών στο δίκτυο συλλογής.
- Τμήμα διαχωρισμού, εφόσον τα υλικά έρχονται ανάμικτα (σκυρόδεμα, τούβλα, ανακυκλώσιμα), με χειροδιαλογή και θραύση των ογκωδών τμημάτων σε μικρότερα με χρήση υδραυλικού ψαλιδιού.
- Διάταξη μηχανημάτων αποτελούμενη από θραυστήρα, μαγνητικό διαχωριστή, κόσκινο και μεταφορικές ταινίες.
- Τμήμα αποθήκευσης του τελικού προϊόντος, πριν τη διάθεση στους τελικούς αποδέκτες.
- Τμήμα αποθήκευσης των ανακτώμενων σιδηρών οπλισμών και λοιπών μεταλλικών στοιχείων.
- Επιπλέον, η μονάδα διαθέτει οικήματα - container για το προσωπικό και το θάλαμο ελέγχου της, όπως επίσης αποθήκη ανταλλακτικών και συνεργείο.

Το διάγραμμα ροής καθώς και μία άποψη της μονάδας κατά την λειτουργία της παρουσιάζεται στα Σχήματα 34 και 35.



Σχήμα 34: Διάγραμμα ροής της μονάδας ανακύκλωσης ΑΕΚΚ στον ΧΥΤΑ Α. Λιοσίων



Σχήμα 35 : Άποψη της επιδεικτικής μονάδας ανακύκλωσης ΑΕΚΚ του έργου

Οι ποσότητες των εισερχόμενων ΑΕΚΚ, όπως προέκυψαν από το βασικό διαχωρισμό και την χειροδιαλογή, αποτυπώνονται στον Πίνακα 23, όπου επιπλέον αναφέρονται και ορισμένες βασικές στατιστικές τους παράμετροι.



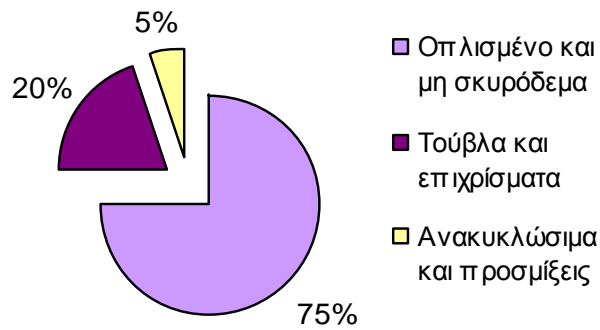
Ημερομηνίες λειτουργίας			Τύπος εισερχόμενου υλικού (t/εβδομάδα)			Σύνολο
Μήνας	Ημερομηνία	α/α μέτρησης	Τσιμέντο	Τούβλα & Σοβάς	Ξύλο & Υπολείμματα	
ΙΑΝ 03	2-7/1	1	480,6	155,25	39,15	675
	8-14/1	2	675	198	27	900
	15-21/1	3	824,22	239,4	76,38	1.140
	22-31/1	4	1404	429	117	1.950
ΦΕΒΡ 03	1-7/2	5	1059,84	262,2	57,96	1.380
	8-14/2	6	1260	286,65	28,35	1.575
	15-21/2	7	1179,75	297	173,25	1.650
	22-28/2	8	1327,2	252	100,8	1.680
ΜΑΡΤ 03	1-7/3	9	1393,29	254,25	47,46	1.695
	8-14/3	10 (*)	1218,24	340,2	61,56	1.620
ΑΠΡΙΛ 03	12-18/4	14	765	236,25	123,75	1.125
	19-25/4	15	953,04	237,6	129,36	1.320
	26-30/4	16	662,4	211,2	86,4	960
ΜΑΙΟΣ 03	1-8/5	17	966	358,8	55,2	1.380
	9-15/5	18	1337,4	399,6	63	1.800
	16-22/5	19	1259,25	336,375	129,375	1.725
	23-31/5	20	1458	455,625	111,375	2.025
ΙΟΥΝ 03	1-7/6	21	1409,1	329,4	91,5	1.830
	8-14/6	22	1288,2	377,985	28,815	1.695
	15-21/6	23	701,1	128,25	25,65	855
	22-29/6	24	533,25	121,5	20,25	675
		<b>Σύνολο</b>	<b>22.155</b>	<b>5.907</b>	<b>1.594</b>	<b>29.655</b>
		<i>Μέση τιμή ποσοστού (%)</i>	<i>74,65%</i>	<i>19,94%</i>	<i>5,41%</i>	
		<i>Τυπική απόκλιση</i>	<i>0,041</i>	<i>0,029</i>	<i>0,028</i>	
		<i>Μέγιστο ποσοστό (%)</i>	<i>82,20%</i>	<i>26,00%</i>	<i>11,00%</i>	
		<i>Ελάχιστο ποσοστό (%)</i>	<i>68,00%</i>	<i>15,00%</i>	<i>1,70%</i>	

(\*) Οι μετρήσεις 11-13 δεν συνεκτιμήθηκαν εξαιτίας υπολειτουργίας της μονάδας κατά την εν λόγω περίοδο, λόγω της κατολίσθησης μεγάλου όγκου απορριμμάτων από τον γειτονικό ΧΥΤΑ στον δρόμο κυρίας εισόδου της περιοχής.

Πίνακας 23: Εισερχόμενες ποσότητες ΑΕΚΚ στη μονάδα και στατιστικά τους χαρακτηριστικά

Κατά τη διάρκεια της περιόδου πλήρους λειτουργίας της, στη μονάδα υπέστησαν επεξεργασία (χωρίς χρέωση στους προμηθευτές των οικοδομικών απορριμμάτων) περί τους 30.000 t ανάμικτων ΑΕΚΚ με την ακόλουθη κατά μέσο όρο σύσταση:

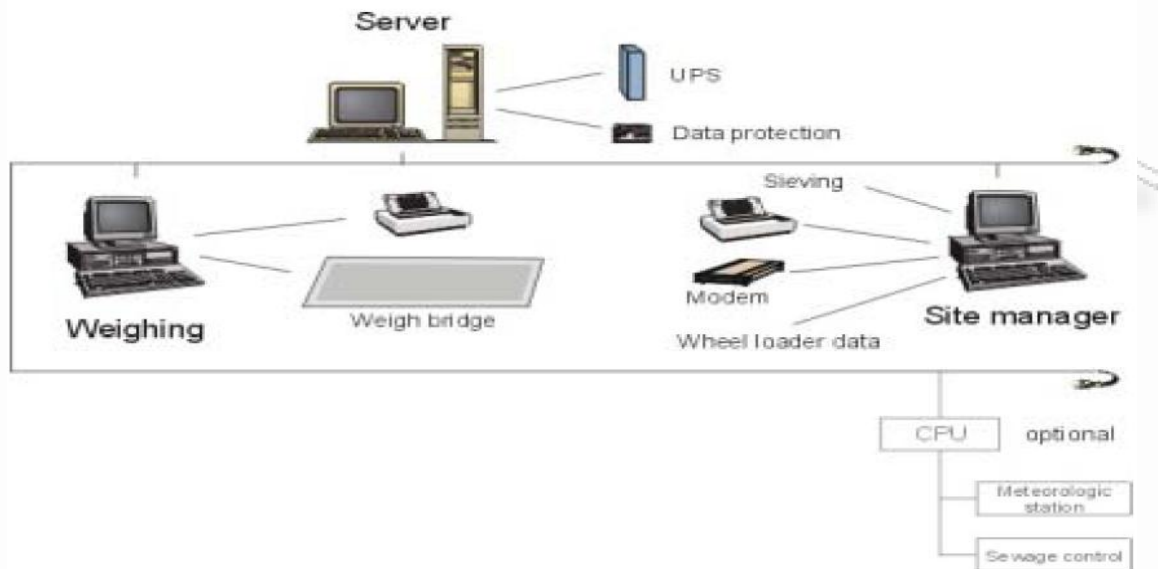
- Οπλισμένο και μη σκυρόδεμα (~75%).
- Τούβλα και επιχρίσματα (~20%).
- Ανακυκλώσιμα (κυρίως ξύλο οικοδομών) και προσμίξεις (~5%).



Σχήμα 36: Σύσταση ΑΕΚΚ μονάδας

Για τον Πίνακα 22 της παραγράφου 8.4, που υπολογίστηκε η σύσταση των ΑΕΚΚ στον ν. Αττικής, χρησιμοποιήθηκαν ποσοστά σύστασης ΑΕΚΚ από την ευρωπαϊκή ένωση, τα οποία είναι λίγο διαφορετικά από αυτά που προέκυψαν από την μονάδα ανακύκλωσης ΑΕΚΚ στον ΧΥΤΑ Α. Λιοσίων (Σχήμα 36), κάτι το οποίο δικαιολογείται καθώς η παραπάνω μονάδα, όπως αναφέρθηκε, αφορούσε κυρίως ποσότητες που συλλέχθηκαν από συνεργεία οικοδομών σε τοποθεσίες κατεδαφίσεων, με την κατεδάφιση κατεστραμμένων κτιρίων (λόγω του σεισμού στην Β.Δ. Αττική το Σεπτέμβριο 1999).

Για τη βέλτιστη παρακολούθηση της πιλοτικής μονάδας σχεδιάσθηκε βάσει των προδιαγραφών του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων<sup>86</sup> πρωτότυπο λογισμικό, του οποίου η φιλοσοφία στηρίζεται στο διάγραμμα του Σχήματος 37:



Σχήμα 37: Πρόγραμμα στατιστικής παρακολούθησης πιλοτικής μονάδας

Οι ενδείξεις των ζυγίσεων των εισερχομένων υλικών και των εξερχόμενων τελικών προϊόντων καταγράφονται σε πρόγραμμα Η/Υ, το οποίο σχεδιάστηκε ειδικά για τη συγκεκριμένη μονάδα και παρέχει τη δυνατότητα άμεσου ελέγχου των ποσοτήτων (input, output), καθώς και τη στατιστική επεξεργασία και ανάλυση όλων των δεδομένων του συστήματος. Το πρόγραμμα, επίσης, παρέχει τη δυνατότητα διασύνδεσης μέσω δικτύου με τα κεντρικά γραφεία του φορέα διαχείρισης και κατά συνέπεια τη συνεχή παρακολούθηση του προγράμματος διαχείρισης. Μετά τη ζύγιση, τα υλικά μεταφέρονται και αποτίθενται στο χώρο προσωρινής αποθήκευσης, όπου γίνεται ένα πρώτο στάδιο διαλογής δια χειρός, ενώ τα ογκώδη τεμάχια σπλισμένου σκυροδέματος διαλύονται με υδραυλικό ψαλίδι σε μικρότερα προκειμένου να τροφοδοτηθούν στο θραυστήρα.

Μετά την τροφοδοσία του θραυστήρα και τα διαδοχικά στάδια θραύσης και απομάκρυνσης στοιχείων όπως πλαστικά, σίδερα, κλπ., το τεμαχισμένο υλικό διέρχεται από κόσκινο, το οποίο διαχωρίζει το πιο λεπτόκοκκο κλάσμα (0-16 mm). Το κλάσμα αυτό καταλήγει σε μεταφορική ταινία και στη συνέχεια σε σωρούς. Το υπόλοιπο υλικό είναι δυνατό να αποφέρει κατά ένα μέρος κλάσμα μεσαίας κοκκομετρίας (16-32 mm), ενώ το υπόλοιπο μεταφέρεται και πάλι για θραύση μέσω μεταφορικής ταινίας προς παραγωγή υλικού μικρότερης

κοκκομετρίας. Στην περίπτωση που ζητείται υλικό μεγάλης κοκκομετρίας (>32 mm), η παραγωγή του είναι εφικτή.

Στον Πίνακα 24 παρουσιάζονται τα επιμέρους κλάσματα που προέκυψαν από την όλη επεξεργασία, μαζί με ορισμένες βασικές στατιστικές τους παραμέτρους.

Ημερομηνίες λειτουργίας			Τύπος εξερχόμενου υλικού (t/εβδομάδα)				
Μήνας	Ημερο- μηνία	α/α μέ- τρησης	0-16mm	16-32 mm	Σίδηρος - χάλυβας	< 50 mm	Ξύλο
ΙΑΝ 03	2-7/1	1	141,8	90,5	27,7	177,8	12,3
	8-14/1	2	306,0	198,0	63,0	315,0	18,0
	15-21/1	3	356,6	225,7	72,6	458,9	26,2
	22-31/1	4	394,9	267,2	85,9	554,4	17,6
ΦΕΒΡ 03	1-7/2	5	492,7	327,9	98,5	444,4	16,6
	8-14/2	6	663,1	381,2	119,1	396,9	14,8
	15-21/2	7	493,7	323,1	95,9	693,0	44,4
	22-28/2	8	634,0	425,0	129,4	441,0	50,6
ΜΑΡΤ 03	1-7/3	9	587,8	376,6	112,7	587,3	30,5
	8-14/3	10(*)	550,8	356,4	113,4	567,0	32,4
ΑΠΡΙΛ 03	12-18/4	14	275,9	187,2	58,0	431,0	22,9
	19-25/4	15	389,4	265,3	81,3	545,2	38,8
	26-30/4	16	523,8	351,0	105,8	756,0	63,4
ΜΑΙ 03	1-8/5	17	563,6	373,2	125,6	838,5	49,1
	9-15/5	18	710,7	468,7	143,5	633,2	53,9
	16-22/5	19	658,0	412,6	134,1	747,1	43,3
	23-31/5	20	545,4	341,6	106,3	688,3	43,5
ΙΟΥΝ 03	1-7/6	21	665,8	442,9	137,1	570,0	14,3
	8-14/6	22	546,3	358,4	112,5	508,3	19,5
	15-21/6	23	293,3	193,1	55,1	196,9	11,7
	22-29/6	24	168,3	106,9	30,6	133,9	10,4
		<b>Σύνολα</b>	<b>9961,8</b>	<b>6472,4</b>	<b>2008,0</b>	<b>10683,8</b>	<b>634,0</b>
<i>Μέση τιμή ποσοστού (%)</i>			<i>33,6%</i>	<i>21,8%</i>	<i>6,7%</i>	<i>35,8%</i>	<i>2,1%</i>
<i>Τυπική απόκλιση</i>			<i>0,038</i>	<i>0,022</i>	<i>0,006</i>	<i>0,060</i>	<i>0,007</i>
<i>Μέγιστο ποσοστό (%)</i>			<i>42,10%</i>	<i>25,74%</i>	<i>7,70%</i>	<i>44,20%</i>	<i>3,52%</i>
<i>Ελάχιστο ποσοστό (%)</i>			<i>28,30%</i>	<i>19,14%</i>	<i>5,81%</i>	<i>25,20%</i>	<i>0,78%</i>

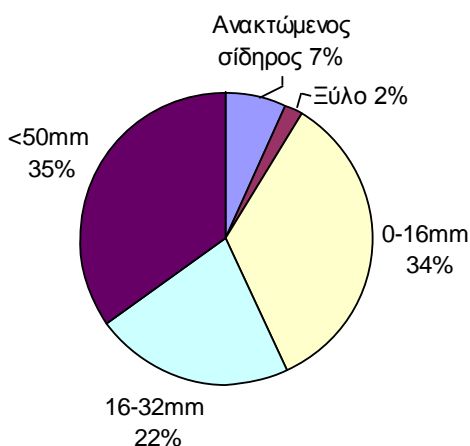
Πίνακας 24: Επιμέρους κλάσματα εξερχόμενου υλικού από την μονάδα

Η κατά μέσο όρο παραγωγή της μονάδας, στη περίοδο πλήρους λειτουργίας, ήταν η ακόλουθη :

- Ανακτώμενος σίδηρος (7%) που διατέθηκε χωρίς χρέωση σε ανεξάρτητους ανακυκλωτές.
- Ανακτώμενο ξύλο (2%) που διατέθηκε χωρίς χρέωση σε ανεξάρτητους ανακυκλωτές.

- Κλάσμα 0-16 mm (34%) που, κατόπιν ανάμιξης με το κλάσμα των 16-32 mm, διατέθηκε χωρίς χρέωση ως αδρανές υλικό για κατασκευή προσωρινής οδοποιίας, επί του απορριμματικού ανάγλυφου, στον παρακείμενο ΧΥΤΑ.
- Κλάσμα 16-32 mm (22%) που κατόπιν ανάμιξης με αυτό των 0-16 mm διατέθηκε χωρίς χρέωση ως αδρανές υλικό για κατασκευή προσωρινής οδοποιίας, επί του απορριμματικού ανάγλυφου, στον παρακείμενο ΧΥΤΑ.
- Κλάσμα <50 mm (35%), κυρίως εδαφικό υλικό, προσμίξεις και θραυσμένα τεμάχια τούβλου, τα οποία διατέθηκαν χωρίς χρέωση ως υλικό ημερήσιας κάλυψης του παρακείμενου ΧΥΤΑ.

Στο Σχήμα 38 παρουσιάζεται η κατά μέσο όρο παραγωγή της μονάδας για το διάστημα λειτουργίας της.



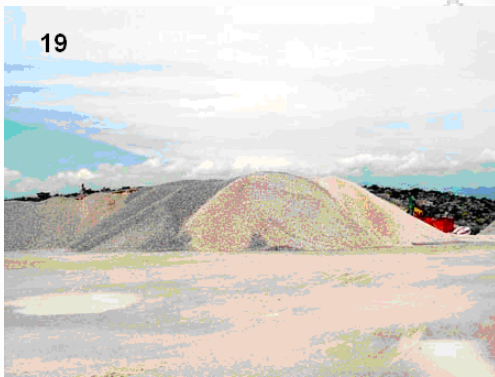
Σχήμα 38: Η κατά μέσο όρο παραγωγή της μονάδας από 1/1/2003 έως 30/6/2003

Με τον τρόπο αυτό επιτεύχθηκε ένας συντελεστής ανακύκλωσης 65%, εάν λάβει κανείς υπόψη ότι το προδιαλεγμένο κλάσμα (< 50mm) δεν μπορεί να θεωρηθεί ως ανακυκλώσιμο, υπό την έννοια ότι τελικά διατίθεται σε ΧΥΤΑ (ακόμη και εάν τελικά χρησιμοποιείται ως υλικό καθημερινής κάλυψης). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί ότι η καθημερινή λειτουργία των ΧΥΤΑ απαιτεί σημαντικές ποσότητες ανάμικτου εδαφικού υλικού για την ημερήσια κάλυψη των αποτιθέμενων στερεών αποβλήτων. Υπό την έννοια αυτή λοιπόν, η χρήση και του κλάσματος αυτού εκτιμάται ότι δεν θα αποτελέσει πρόβλημα κατά το μέλλον.

Στο Σχήμα 39 φαίνεται η διαδοχική σειρά παραγωγής του ανακτώμενου υλικού από την μονάδα ανακύκλωσης:







Σχήμα 39: Διαδοχική σειρά παραγωγής του ανακτώμενου υλικού από την μονάδα ανακύκλωσης<sup>87</sup>



## 9.2.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

Τα τεχνικά πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μονάδας είναι πολλαπλά:

- Αυτονομία λειτουργίας.
- Πλήρης διαχειριστικός έλεγχος μέσω λογισμικού ειδικά σχεδιασμένου για την εφαρμογή αυτή (ποσότητες, είδη, στατιστική ανάλυση, διαγράμματα, μητρώο μεταφορέων).
- Πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία με δυνατότητα επέμβασης του χειριστή σε περίπτωση ανάγκης.
- Κινητή μονάδα θραύσης/κοσκίνισης.
- Ευελιξία στη δυναμικότητα και το τελικό μέγεθος προϊόντων.
- Παραγωγή προϊόντων ομοιόμορφου σχήματος.

Οι δυνατότητες αξιοποίησης των προϊόντων της μονάδας ήταν πολλαπλές:

- Χρήση ως αδρανών σε παραγωγή σκυροδέματος και ασφάλτου.
- Χρήση σε βάσεις και υποβάσεις έργων οδοποιίας.
- Χρήση σε προσωρινή οδοποιία και χωματόδρομους ή και δασικούς δρόμους.
- Χρήση ως υλικό επιχώσεων σε οικοδομικά έργα.
- Χρήση ως υλικό ημερήσιας κάλυψης των απορριμμάτων των ΧΥΤΑ.
- Χρήση σε αντικατάσταση του χαλικιού.

Έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια υλοποίησης του έργου απέδειξαν ότι τα προϊόντα ήταν αποδεκτής ποιότητας για εφαρμογές ανακύκλωσης.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη από την ανάπτυξη και λειτουργία μονάδων διαχείρισης και ανακύκλωσης ΑΕΚΚ, όπως αυτή του παρόντος πιλοτικού έργου, είναι πολλαπλά:

- Προστασία του περιβάλλοντος και διατήρηση των φυσικών πόρων με τη μείωση χρήσης λατομικών προϊόντων και την αντικατάστασή τους από ανακυκλωμένα αδρανή.

- Επανασχεδιασμός και εξυγίανση του δικτύου συλλογής και διαχείρισης των οικοδομικών απορριμμάτων προς όφελος του περιβάλλοντος με τη χρήση αυστηρών κριτηρίων – προδιαγραφών.
  - Σημαντική μείωση και σταδιακή εξάλειψη των φαινομένων ανεξέλεγκτης απόρριψης σε ευαίσθητους αποδέκτες (ρέματα, περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλλους, κ.λπ.).
  - Σημαντική αύξηση του χρόνου ζωής των τελικών χώρων διάθεσης απορριμμάτων και πλήρης αξιοποίηση του διαθέσιμου όγκου τους προς διάθεση μη αξιοποιήσιμων αποβλήτων.
  - Συμβολή στην ανάπλαση ανενεργών λατομείων με την πλήρη επανένταξή τους στο φυσικό περιβάλλον μέσω αξιοποίησης προϊόντων και υπολειμμάτων των μονάδων αυτών σύμφωνα με κατάλληλες προδιαγραφές.
- Σημειώνεται ότι η μονάδα ανακύκλωσης ΑΕΚΚ δεν έχει λειτουργήσει από τότε.

## 10. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΕΚΚ ΣΤΗΝ Ε.Ε

Στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης και διατήρησης των πρωτογενών πηγών, το Ευρωπαϊκό Θεματικό Κέντρο (ETC) πραγματοποιεί μελέτες για την τρέχουσα χρήση των φυσικών πόρων στα κράτη μέλη της Ε.Ε., και τον τρόπο διαχείρισής τους. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται στοιχεία από την τελευταία μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο παραπάνω πλαίσιο και δημοσιεύθηκε τον Μάιο του 2010 από την Ε.Ε. με τον τίτλο: *A project under the Framework contract ENV.G.4/FRA/2008/0112, SERVICE CONTRACT ON MANAGEMENT OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE – SR1, Draft Final Report Task 2 May 2010*. Η παραπάνω μελέτη βασίστηκε σε διάφορες πηγές οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά στη συνέχεια.

Στον Πίνακα 25 παρουσιάζονται οι τρεις βασικότερες πηγές στις οποίες βασίστηκε η παραπάνω μελέτη, και οι ποσότητες των ΑΕΚΚ που έχει υπολογίσει η κάθε μια.

Πηγή	Ποσότητες ΑΕΚΚ χιλ. (t)	ΑΕΚΚ t ανά κάτοικο
WBCSD 2009 (στοιχεία 2002)	510	1,1
ETC/RWM 2009 (στοιχεία 2004)	866	1,8
EUROSTAT 2010 (στοιχεία 2006)	970	2,0

Πίνακας 25: εκτιμήσεις ΑΕΚΚ Ε.Ε.<sup>88,89,90</sup>

Επειδή εκτιμήθηκε ότι τα δεδομένα ποικίλλουν μεταξύ τους, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 25, έγινε προσπάθεια στα πλαίσια της παραπάνω μελέτης να εκτιμηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η παραγωγή ΑΕΚΚ, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια.

## 10.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΕΚΚ ΑΝΑ ΧΩΡΑ

Ο Πίνακας 26 δίνει μια συγκεντρωτική εικόνα για την κατά κεφαλή παραγωγή ΑΕΚΚ στην ΕΕ από το 1999 έως το 2006.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (τόνοι ανά κάτοικο)	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Αυστρία						0,81		0,81
Βέλγιο	0,84	0,95	0,81	0,8	1,11	1,06	1,22	1,18
Βουλγαρία						0,39		
Κύπρος						0,58		
Δημοκρατία Τσεχίας	0,78	0,91	0,85	0,85	1	1,44	1,2	1,15
Δανία						3,99		
Εσθονία	0,57	0,74	0,64	0,94	0,93	1,12	1,61	0,54
Φινλανδία						3,99		
Γαλλία						5,50		
Γερμανία	3,15	3,17	3,05	2,92	2,71	2,33	2,24	
<b>Ελλάδα</b>	<b>0,17</b>	<b>0,19</b>	<b>0,41</b>	<b>0,38</b>	<b>0,37</b>	<b>0,37</b>		
Ουγγαρία		0,29	0,49	0,59	0,51	0,43	0,49	0,54
Ιρλανδία			1,7			2,74	3,6	3,95
Ιταλία		0,48	0,54	0,65	0,74	0,80	0,78	
Λετονία				0,06	0,03	0,04	0,07	0,05
Λιθουανία						0,10		0,18
Λουξεμβούργο						5,90		
Μάλτα						1,95		
Ολλανδία	1,14	1,49	1,48	1,47	1,467	1,47	1,58	
Νορβηγία	0,24	0,25	0,27	0,28	0,27	0,70	0,32	
Πολωνία						0,11	0,14	0,44
Πορτογαλία						1,09		
Ρουμανία	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01		0,02	
Σλοβακία					0,07	0,26		
Σλοβενία								
Ισπανία			0,59	0,58	0,66	0,74	0,8	0,88
Σουδία						1,14		
Ηνωμένο Βασίλειο			1,74	0,74	0,75	1,66	1,9	1,89

Πίνακας 26: Κατά κεφαλή παραγωγή αποβλήτων 1999-2006<sup>89</sup>

Καθώς για το έτος 2004 υπάρχουν τα περισσότερα στοιχεία-εκτιμήσεις για την κατά κεφαλή παραγωγή ΑΕΚΚ σε όλα τα κράτη μέλη, με εξαίρεση τη Ρουμανία και τη Σλοβενία, χρησιμοποιήθηκε από την Ε.Ε. για περαιτέρω μελέτη αυτή η χρονολογία (Πίνακας 27).

ΧΩΡΑ	ΑΕΚΚ (τόνοι ανά κάτοικο)
Αυστρία	0,81
Βέλγιο	1,06
Βουλγαρία	0,39
Κύπρος	0,58
Δημοκρατία Τσεχίας	1,44
Δανία	3,99
Εσθονία	1,12
Φινλανδία	3,99
Γαλλία	5,50
Γερμανία	2,33
Ελλάδα	0,37
Ουγγαρία	0,43
Ιρλανδία	2,74
Ιταλία	0,80
Λετονία	0,04
Λιθουανία	0,10
Λουξεμβούργο	5,90
Μάλτα	1,95
Ολλανδία	1,47
Νορβηγία	0,70
Πολωνία	0,11
Πορτογαλία	1,09
Ρουμανία	-
Σλοβακία	0,26
Σλοβενία	-
Ισπανία	0,74
Σουδία	1,14
Ηνωμένο Βασίλειο	1,66
Ευρωπαϊκή Ένωση (27)	1,74

Πίνακας 27: ΑΕΚΚ που προκύπτουν κατά κεφαλή (2004)<sup>89</sup>

Σημείωση: Οι αναφερόμενες ποσότητες που διαφέρουν πολύ από το μέσο όρο επισημαίνονται με κίτρινο χρώμα.

Αυτά τα στοιχεία δείχνουν σημαντικές διαφορές στα ΑΕΚΚ μεταξύ των κρατών μελών: Η παραγωγή κυμαίνεται από 0,04 τόνους ανά κάτοικο (Λετονία) σε 5,9 τόνους ανά κάτοικο (Γαλλία).

Έξι χώρες (Δανία, Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ιρλανδία και Λουξεμβούργο) παρουσιάζουν υψηλές ποσότητες παραγωγής ΑΕΚΚ (πάνω από 2 τόνους κατ'έτος κατά κεφαλήν).

Επτά χώρες (Βουλγαρία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Λετονία, Λιθουανία, Πολωνία και Σλοβακία), παρουσιάζουν πολύ χαμηλά επίπεδα παραγωγής ΑΕΚΚ, (κάτω των 500kg ανά έτος ανά κάτοικο).

Η ευρωπαϊκή επιτροπή θεωρεί πως αυτές οι μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ των χωρών, δεν αντανakλούν την πραγματική εικόνα για την παραγωγή των ΑΕΚΚ καθώς πιστεύουν ότι οι κυριότεροι λόγοι για αυτές τις διαφορές είναι τα άνισα επίπεδα του ελέγχου και αναφοράς των αποβλήτων αυτών στα κράτη μέλη, καθώς και οι διαφορές στους μηχανισμούς υποβολής εκθέσεων και τους ορισμούς αυτών των αποβλήτων. Η ποιότητα των διαθέσιμων στοιχείων είναι, συνεπώς, το κύριο ζήτημα κατά την εκτίμηση των παραγόμενων ποσοτήτων ΑΕΚΚ.

Έτσι έγιναν νέες εκτιμήσεις που παρουσιάζονται παρακάτω με βάση τις εξής υποθέσεις:

**α) Εξαιρούνται τα απόβλητα εκσκαφής από τις δηλωθείσες ποσότητες:**

Οι έξι χώρες με υψηλή παραγωγή ανά κάτοικο παράγουν σχεδόν το 70% των ΑΕΚΚ που αναφέρθηκαν στην ΕΕ-27, ενώ φιλοξενούν μόνο το 32% του πληθυσμού.

Η ανάλυση των εθνικών εκθέσεων για τις παραπάνω χώρες δείχνει ότι οι ποσότητες που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα περιλαμβάνουν υψηλά ποσά υλικών εκσκαφής, τα οποία δεν περιλαμβάνονται στον ορισμό των ΑΕΚΚ για το στόχο του 70% που ορίζει η ΕΕ.

Για την καλύτερη εκτίμηση των ΑΕΚΚ στην Ευρώπη, τα δεδομένα για τις έξι αυτές χώρες διορθώθηκαν από το ETC με την παραδοχή ότι όπου δεν υπάρχουν ακριβή δεδομένα, το υλικό εκσκαφής αντιπροσωπεύει περίπου το 75% του παραπάνω συνολικού ποσού. Η υπόθεση του 75% βασίζεται στην παρατήρηση των δεδομένων που είχε στην διάθεση της το ETC για τις 6 χώρες που γίνεται η διάκριση όσο αφορά τα απόβλητα εκσκαφών.

Για αυτές τις 6 χώρες τα τελικά αποτελέσματα είναι τα εξής:

ΧΩΡΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ (t ανά κάτοικο)	ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ (t ανά κάτοικο), αφαιρώντας τα υλικά εκσκαφών
Δανία	3.99	0.98
Φινλανδία	3.99	1.00
Γαλλία	5.50	1.38
Γερμανία	2.33	0.88
Ιρλανδία	2.74	0.63
Λουξεμβούργο	5.90	1.48

Πίνακας 28: Αποκλεισμός των αποβλήτων εκσκαφής για χώρες με υψηλή παραγωγή ΑΕΚΚ ανά κεφαλήν

Οι προκύπτουσες διακυμάνσεις των ποσοτήτων ΑΕΚΚ είναι οι εξής:

- ΑΕΚΚ (εξαιρουμένων των υλικών εκσκαφής): 0,63 - 1,48 τόνους ανά κάτοικο και ανά έτος.
- ΑΕΚΚ + απόβλητα εκσκαφής: 2,74 έως 5,9 τόνους κατά κεφαλήν ανά έτος.

### **β) Μη ολοκληρωμένη αναφορά**

Τα πολύ χαμηλά επίπεδα της παραγωγής που αναφέρθηκαν σε ορισμένα κράτη μέλη κατά πάσα πιθανότητα αντικατοπτρίζουν την έλλειψη ελέγχου από τις δημόσιες αρχές και, επομένως, μια πολύ ελλιπή έκθεση των παραγόμενων ΑΕΚΚ. Ως αποτέλεσμα, οι ποσότητες αυτές θεωρούνται υποεκτιμημένες, και εκτιμάται μια αναλογία ΑΕΚΚ 1 τόνου ανά κάτοικο και ανά έτος.

Οι χώρες στις οποίες έγινε η διόρθωση αυτή παρουσιάζονται στον Πίνακα 29:

ΧΩΡΑ	ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ (Τόνοι ανά κάτοικο)	ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ (Τόνοι ανά κάτοικο)
Βουλγαρία	0,39	1,00
Κύπρος	0,58	1,00
<b>Ελλάδα</b>	<b>0,37</b>	<b>1,00</b>
Ουγγαρία	0,43	1,00
Λετονία	0,04	1,00
Λιθουανία	0,10	1,00
Πολωνία	0,11	1,00
Ρουμανία	0,00	1,00
Σλοβακία	0,26	1,00
Σλοβενία	0,00	1,00

Πίνακας 29: Πλήρωση των κενών στοιχείων για χώρες με χαμηλή έκθεση

Με βάση τα πλέον πρόσφατα συγκεντρωτικά στοιχεία<sup>89</sup> και την εφαρμογή των διορθώσεων που αναφέρονται παραπάνω, γίνεται εκτίμηση των 1,09 τόνων ανά κάτοικο (εξαιρουμένων των υλικών εκσκαφής). Σε αντίθεση για τις 6 χώρες που έχουν αναφέρει τα υψηλότερα ποσοστά κατά κεφαλήν θεωρείται πιθανό να έχουν τα πιο αντιπροσωπευτικά δεδομένα και για το λόγο αυτό παρουσιάζονται ως οι πιο αξιόπιστες πηγές. Από τις παραπάνω υποθέσεις προέκυψαν οι ακόλουθες διακυμάνσεις (Πίνακας 30).

	ΧΑΜΗΛΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ	ΥΨΗΛΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ (t ανά κάτοικο)	0.63	1.48
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΕΚΚ (t ανά κάτοικο)	2.74	5.9
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ (εκατομμύρια τόνοι )-2005	309	727
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΚΚ (εκατομμύρια τόνοι )-2005	1.35	2.898

Πίνακας 30: Εκτιμώμενο εύρος τιμών για τη μέση παραγωγή ΑΕΚΚ στην ΕΕ, με βάση τις ανωτέρω υποθέσεις

Συνεπώς η ποσότητα των ΑΕΚΚ είναι πιθανόν να κυμανθεί μεταξύ συνολικά 310 και 730 εκατομμύρια τόνους ετησίως στην ΕΕ (0,63 - 1,48 τόνους κατά κεφαλήν ανά έτος). Η συστηματική συμπερίληψη των αποβλήτων εκσκαφής θα σήμαινε αύξηση των ποσών αυτών, μεταξύ 1350-2900 εκατ. τόνους αποβλήτων ετησίως (2,74 έως 5,9 τόνους ανά κάτοικο και ανά έτος). Η ποιότητα και η αξιοπιστία των στοιχείων που είναι σήμερα διαθέσιμα δεν επιτρέπουν τον προσδιορισμό των ποσοτήτων ΑΕΚΚ με μικρότερο εύρος διακύμανσης.

Στη βάση του παραπάνω σκεπτικού του ETC, αν από τον Πίνακα 21, όπου υπολογίστηκε η συνολική παραγωγή ΑΕΚΚ για το ν. Αττικής αφαιρεθούν τα απόβλητα από τις εκσκαφές, προκύπτει ο Πίνακας 31:



ΕΤΟΣ	ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΩΝ (t)	ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ (t)	ΣΥΝΟΛΙΚΑ (t)
2000	555294	487149	1042442
2001	639358	577377	1216735
2002	806658	651806	1458464
2003	705803	596303	1302105
2004	627846	522199	1150045
2005	1287148	825963	2113111
2006	810592	622874	1433467
2007	633884	535570	1169453
2008	476340	395603	871943
2009	348034	321835	669869
<b>ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (t/έτος)</b>			<b>1242764</b>
<b>ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ(t/κεφαλή/έτος)</b>			<b>0.31</b>

Πίνακας 31: Συνολική παραγωγή ΑΕΚΚ στο Ν. Αττικής (με αποκλεισμό των αποβλήτων εκσκαφής)

Αρα η υπολογισμένη ποσότητα είναι περίπου ίση με αυτήν που ήταν καταγεγραμμένη στην Ε.Ε. (Πίνακας 26). Αν πάλι χρησιμοποιήσουμε την συνολική ποσότητα ΑΕΚΚ (συμπεριλαμβανομένων των υλικών εκσκαφής), που από τον Πίνακα 21, ανέρχονται σε 3,41t/κεφαλή/έτος είναι μέσα στο εύρος που δίνει η Ε.Ε. (ΑΕΚΚ + απόβλητα εκσκαφής: 2,74 έως 5,9 τόνους κατά κεφαλήν ανά έτος).

## 10.2. ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΕΚΚ ΣΤΗΝ ΕΕ

Στον Πίνακα 32 παρουσιάζονται τα διαθέσιμα στοιχεία για 9 κράτη μέλη. Η σύνθεση των ΑΕΚΚ διαφέρει σημαντικά μεταξύ των εν λόγω χωρών.

ΧΩΡΑ	Ολλανδία	Φλάνδρα	Δανία	Εσθονία	Φινλανδία	Δημοκρατία Τσεχίας	Ιρλανδία	Ισπανία	Γερμανία
ΕΤΟΣ	2001	2000	2003	2006	2006	2006	1996	2005	2007
Σκυρόδεμα	40%	41%	25%	8%	33%	33%	39%	12%	70%
Τοιχοποιία	25%	43%	6%			35%		54%	
Άλλα ορυκτά απόβλητα	2%		22%	53%			51%	9%	
Ολικά ορυκτά απόβλητα	67%	84%	53%	61%	33%	68%	90%	75%	70%
Άσφαλτος	26%	12%	19%	4%			2%	5%	27%
Ξύλο	2%	2%			41%			4%	
Μέταλλο	1%	0%		19%	14%		2%	3%	
Γύψος		0%						0%	0%
Πλαστικά		0%						2%	
Διάφορα	7%	2%	28%	16%	12%	32%	6%	12%	3%

Πίνακας 32: Ανάλυση σύνθεσης ΑΕΚΚ για ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες<sup>91</sup>

Σημείωση : Τα κίτρινα κελιά περιλαμβάνουν μεγάλες ποσότητες υλικών εκσκαφής

Όπως συνέβη και για τον προσδιορισμό της ολικής ποσότητας ΑΕΚΚ έτσι κι εδώ κρίθηκε απαραίτητο να διορθωθούν οι παραπάνω τιμές με τον αποκλεισμό των αποβλήτων εκσκαφών και έτσι ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις διορθωμένες τιμές για την Εσθονία, Δανία και Ιρλανδία.

ΧΩΡΑ	Ολλανδία	Φλάνδρα	Δανία	Εσθονία	Φινλανδία	Δημοκρατία Τσεχίας	Ιρλανδία	Ισπανία	Γερμανία
ΕΤΟΣ	2001	2000	2003	2006	2006	2006	1996	2005	2007
Σκυρόδεμα	40%	41%	32%	17%	33%	33%	80%	12%	70%
Τοιχοποιία	25%	43%	8%			35%		54%	
Άλλα ορυκτά απόβλητα	2%		0%	0%			0%	9%	
Ολικά ορυκτά απόβλητα	67%	84%	40%	17%	33%	68%	80%	75%	70%
Άσφαλτος	26%	12%	24%	9%			4%	5%	27%
Ξύλο	2%	2%			41%			4%	
Μέταλλο	1%	0.20%		40%	14%		4%	3%	
Γύψος		0.30%						0.2%	0.4%
Πλαστικά		0,10%						2%	
Διάφορα	7%	2%	36%	34%	12%	32%	12%	12%	3%

Πίνακας 33: Ανάλυση σύνθεσης ΑΕΚΚ για ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες διορθωμένη ως προς τα υλικά εκσκαφής (τα κίτρινα κελιά είναι τα διορθωμένα)

Στον Πίνακα 34 παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις στη σύνθεση των ΑΕΚΚ για τα παραπάνω κράτη μέλη (εκτός Εσθονίας και Φινλανδίας που εξαιρούνται επειδή

δείχνουν πολύ συγκεκριμένη σύνθεση με αντίστοιχα υψηλά ποσοστά από μέταλλο και ξύλο).

ΕΥΡΟΣ	% ΕΛΑΧΙΣΤΟ	% ΜΕΓΙΣΤΟ	ΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙΑ ΤΟΝΟΙ-ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙΑ ΤΟΝΟΙ-ΜΕΓΙΣΤΟ
Ολικό Σκυρόδεμα και τοιχοποιία	40%	84.0%	214	449
Σκυρόδεμα	12.0%	40.0%	64	214
Τοιχοποιία	8.0%	54.0%	43	289
Άσφαλτος	4.0%	26.0%	21	139
Άλλα ορυκτά απόβλητα	2.0%	9.0%	11	48
Ξύλο	2.0%	4.0%	11	21
Μέταλλο	0.2%	4.0%	1	21
Γύψος	0.2%	0.4%	1	2
Πλαστικά	0.1%	2.0%	1	11
Διάφορα	2.0%	36.0%	11	191

Πίνακας 34: Διακυμάνσεις στην σύνθεση των ΑΕΚΚ για τα προαναφερθέντα κράτη μέλη (εκτός από Εσθονία και Φινλανδία)

### 10.3. ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΩΝ ΑΕΚΚ ΣΤΗΝ ΕΕ.

Επί του παρόντος δεν υπάρχουν αξιόπιστα στοιχεία σχετικά με τα ποσοστά ανάκτησης και ανακύκλωσης των ΑΕΚΚ στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Δύο πρόσφατες πηγές<sup>92,89</sup> προβλέπουν την ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση των ΑΕΚΚ σε ορισμένα κράτη μέλη. Υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ αυτών των δύο πηγών, τόσο σε ποσότητες ΑΕΚΚ που προκύπτουν όσο και σε ποσοστά ανακύκλωσης. Η αιτία είναι γιατί ορισμένα στοιχεία περιλαμβάνουν υλικά εκσκαφής, ενώ ορισμένα άλλα όχι (για παράδειγμα, η Γερμανία παράγει 73 εκατομμύρια τόνους ΑΕΚΚ χωρίς χώμα εκσκαφής<sup>91</sup> και 192 εκατ. τόνους με εκσκαφή του εδάφους<sup>89</sup>). Ομοίως, ορισμένα στοιχεία περιλαμβάνουν τα απόβλητα δημοσίων έργων, ενώ κάποια άλλα όχι (για παράδειγμα, στη Γαλλία παράγονται 47,9 εκατομμύρια τόνοι ΑΕΚΚ που προέρχονται από τα κτίρια, και αυτό το ποσοστό ανέρχεται σε 343 εκατομμύρια τόνους όταν συμπεριληφθούν τα απόβλητα από δημόσια έργα - τα οποία επίσης περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποσότητα των υλικών εκσκαφής)<sup>91</sup>.

ΠΗΓΗ	UBA 2009 <sup>92</sup>			ETC/RWM 2009 <sup>89</sup>		
	ΧΩΡΑ	ΕΤΟΣ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΚΚ (εκατομ. τόνοι)	ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ Η ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ	ΕΤΟΣ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΚΚ (εκατομ. τόνοι)
Αυστρία	2004	6.6	76%	2006	6,7	60%
Βέλγιο		12.3	86%	2004	11	68%
Βέλιγο-Βρυξέλλες	2000	1.2	59%			
Βέλιγο-Φλάνδρα	2006	9	92%			
Βέλιγο-Βαλλονία	1995	2.1	74%			
Βουλγαρία				2004	3	
Κύπρος				2004	0	1%
Δημοκρατία Τσεχίας	2006	8.4	30%	2006	11,8	23%
Δανία	2003	3.8	93%	2004	21,07	94%
Εσθονία	2006	2.4	73%	2006	0,7	92%
Φινλανδία	2004	1.6	54%	2004	20,8	26%
Γαλλία	2004	47.9	25%	2004	342,60	62%
Γερμανία	2002	73	91%	2006	192,30	86%
<b>Ελλάδα</b>	<b>1999</b>	<b>2</b>	<b>5%</b>	<b>2004</b>	<b>4,1</b>	
Ουγγαρία				2006	5,4	16%
Ιρλανδία	2005	2.3	43%	2006	16,6	80%
Ιταλία	2004	46.5		2004	46,3	
Λετονία		0.6		2006	0,1	46%
Λιθουανία	2006	7.8		2006	0,6	60%
Λουξεμβούργο	2005		46%	2004	2,7	
Μάλτα				2004	0,8	
Ολλανδία	2005	25.8	95%	2005	25,8	98%
Πολωνία	2000	2.2	75%	2006	16,8	28%
Πορτογαλία	1999	3	5%	2004	11,4	
Ρουμανία				2005	0,4	
Σλοβακία				2004	11,4	
Σλοβενία	2005	1.1	53%			
Ισπανία	2005	35		2006	38,5	14%
Σουηδία	2006	11		2004	10,2	
Ηνωμένο Βασίλειο		100.4	82%	2006	114,2	65%
Η.Β.-Αγγλία	2005	89.6	80%			
Η.Β.-Σκωτία	2003	10.8	96%			
Μέση τιμή για χώρες με διαθέσιμα δεδομένα			86%			66%
Συνολική παραγωγή ΑΕΚΚ για χώρες με διαθέσιμα δεδομένα			252,70			820

Πίνακας 35: Σύγκριση των αναφερόμενων ποσοστά ανακύκλωσης ΑΕΚΚ που προέρχονται από τις δύο πρόσφατες πηγές που αναφέρθηκαν παραπάνω

Έτσι, όπως και παραπάνω:

- Λαμβάνοντας υπόψη τις διορθωμένες ποσότητες που προκύπτουν για την αποφυγή της υπερεκτίμησης των ανακυκλωμένων ποσοτήτων στις χώρες που περιλαμβάνουν απόβλητα εκσκαφής στην αναφορά τους, καθώς και για να διορθωθεί η πιθανή υποτίμηση στις ποσότητες σε χώρες με ελλιπή υποβολή στοιχείων,
- υποθέτοντας το χειρότερο σενάριο για τις χώρες όπου τα δεδομένα λείπουν και στις δύο μελέτες (ήτοι 0% ποσοστά ανακύκλωσης): χώρες με ελλιπή αναφορά υποτίθεται ότι έχουν επίσης χαμηλό έλεγχο, και συνεπώς έχουν μικρά ποσοστά ανακύκλωσης και
- συνδυάζοντας στοιχεία και από τις δυο μελέτες, προκύπτει ο Πίνακας 36:

ΧΩΡΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΕΚΚ (εκατομ. τόνοι)	ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ Ή ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ
Αυστρία	6.60	60%
Βέλγιο	11.02	68%
Βουλγαρία	7.80	0%
Κύπρος	0.73	1%
Δημοκρατία Τσεχίας	14.70	23%
Δανία	5.27	94%
Εσθονία	1.51	92%
Φινλανδία	5.21	26%
Γαλλία	85.65	62%
Γερμανία	72.40	86%
<b>Ελλάδα</b>	<b>11.04</b>	<b>5%</b>
Ουγγαρία	10.12	16%
Ιρλανδία	2.54	80%
Ιταλία	46.31	0%
Λετονία	2.32	46%
Λιθουανία	3.45	60%
Λουξεμβούργο	0.67	46%
Μάλτα	0.80	0%
Ολλανδία	23.90	98%
Πολωνία	38.19	28%
Πορτογαλία	11.42	5%
Ρουμανία	21.71	0%
Σλοβακία	5.38	0%
Σλοβενία	2.00	53%
Ισπανία	31.34	14%
Σουηδία	10.23	0%
Ηνωμένο Βασίλειο	99.10	65%
ΕΕ 27	531.38	47%

Πίνακας 36: Υπολογισμός του μέσου ποσοστού ανακύκλωσης των ΑΕΚΚ στην ΕΕ

Αυτός ο μέσος όρος του ποσοστού ανακύκλωσης 47% για την ΕΕ-27 είναι μια ευρεία εκτίμηση με υψηλό ποσοστό αβεβαιότητας. Ωστόσο, φαίνεται μάλλον εύλογο, και εντός του εύρους των εκτιμήσεων που προτείνονται από τη βιβλιογραφία: 30%<sup>91</sup>- 60%<sup>93</sup>.

Σε εθνικό επίπεδο, η σημερινή κατάσταση έχει ως εξής:

- 5 χώρες αναφέρουν ποσοστά ανακύκλωσης που ήδη πληρούν την Οδηγία της ΕΕ 2008/98/EC για ανακύκλωση έως 70% (Δανία, Εσθονία, Γερμανία, Ιρλανδία και Ολλανδία).
- Σε περιφερειακό επίπεδο, στη Φλάνδρα (γεωγραφική περιοχή στα βόρεια του Βελγίου, αντιστοιχώντας στη Φλαμανδική Περιοχή, συνιστώσα του ομόσπονδου Βελγικού κράτους), έχει επιτευχθεί ο στόχος αυτός, με ποσοστό ανακύκλωσης πάνω από 90%.
- 5 χώρες παρουσιάζουν ποσοστά ανακύκλωσης μεταξύ 60% και 70% (Αυστρία, Βέλγιο, Γαλλία, Λιθουανία και Ηνωμένο Βασίλειο).
- 3 χώρες (Λετονία, Λουξεμβούργο και Σλοβενία), παρουσιάζουν ποσοστά ανακύκλωσης μεταξύ 40% και 60%.
- 8 χώρες αναφέρουν ποσοστά ανακύκλωσης χαμηλότερα του 40% (Κύπρος, Τσεχία, Φινλανδία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Πολωνία, Πορτογαλία και Ισπανία).
- Για 6 χώρες, δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία για την εκτίμηση των ποσοστών ανακύκλωσης (Βουλγαρία, Ιταλία, Μάλτα, Ρουμανία, Σλοβακία και Σουηδία).

#### **10.4. ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΤΟ ΣΤΟΧΟ ΤΟΥ 70% (WASTE FRAMEWORK DIRECTIVE 2008/98/EC)**

Σύμφωνα με τους ποσοτικούς στόχους για την αξιοποίηση των αποβλήτων από κατασκευές, εκσκαφές και κατεδαφίσεις, που θέτει η Ε.Ε. με την νομοθεσία 2008/98/EC, σταδιακά η επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, ανάκτηση υλικών και αξιοποίηση θα πρέπει να ανέλθει στο 70% το 2020, επί του συνολικού βάρους των παραγομένων ΑΕΚΚ.

Όπως παρουσιάζεται παραπάνω, είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί η παρούσα κατάσταση στην Ευρώπη, λόγω έλλειψης ομοιογενών στοιχείων και εκθέσεων μεταξύ των κρατών μελών. Σε αυτό το πλαίσιο, χωρίς μια ακριβή ποσοτική αξιολόγηση της τρέχουσας κατάστασης, δεν είναι εύκολο να προβλεφθούν οι τάσεις στο μέλλον. Παρ' όλα αυτά υπάρχει μια ενδεικτική μελλοντική τάση που βασίζεται στα εξής:

- Η ποσότητα των ΑΕΚΚ τείνει να αυξάνεται συνεχώς.
- Τα μέτρα που έχουν παρθεί στην ΕΕ σε εθνικό επίπεδο για τη μείωση των ΑΕΚΚ είναι σχεδόν απίθανο να αποδώσουν σε σύντομο χρονικό διάστημα.
- Όσον αφορά τη σύνθεση των ΑΕΚΚ, είναι πιθανό να είναι παρόμοια κατά τα προσεχή έτη: το κλάσμα αδρανών υλικών (σκυρόδεμα και τοιχοποιία ιδιαίτερα) αντιπροσωπεύει τη μεγάλη πλειοψηφία των ΑΕΚΚ (μέχρι 85%), και, με εξαίρεση τις χώρες όπου το ξύλο είναι ένα σημαντικό δομικό υλικό, θα αντιπροσωπεύει την κύρια συμβολή στο στόχο του 70%.

Όπως 5 κράτη μέλη (Δανία, Εσθονία, Γερμανία, Ιρλανδία και Ολλανδία) ήδη φθάνουν το 70% ανακύκλωση των ΑΕΚΚ μερικά από τα οποία με ποσοστά ανακύκλωσης άνω του 80%, φαίνεται ότι ο στόχος αυτός είναι εφικτός.

Ωστόσο, οι χώρες με πολύ χαμηλά ποσοστά ανακύκλωσης (λιγότερο από 40%) θα αντιμετωπίσουν σίγουρα μια πρόκληση για την επίτευξη αυτού του στόχου, δεδομένου ότι θα είναι αναγκαίο να αναπτύξουν κατάλληλες υποδομές.

## **10.5. ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ (CASE STUDIES)**

Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικά τέσσερις μελέτες περίπτωσης, όπως πραγματοποιήθηκαν από το ETC για την παρούσα κατάσταση ως προς τη διαχείριση των ΑΕΚΚ, στις δυο από τις οποίες (Γερμανία, Φλάνδρα) έχει ήδη επιτευχθεί ο στόχος 70% της ΕΕ και σε δύο (Ισπανία, Φινλανδία) όπου ο στόχος δεν έχει επιτευχθεί ακόμη.

## Α. ΓΕΡΜΑΝΙΑ

<b>Ποσότητες ΑΕΚΚ</b>	72,4 εκατομμύρια τόνοι ορυκτών αποβλήτων το 2004 (με 883 kg ανά κάτοικο) αφαιρώντας υλικά εκσκαφής		
<b>Παράμετροι</b>	$m^3$ ΑΕΚΚ ανά $m^2$ κατοικήσιμου χώρου	1.17 $m^3/m^2$	
	πυκνότητα ΑΕΚΚ	2t/m	
<b>Σύνθεση υλικών ρεύματος ΑΕΚΚ</b>	Οικοδομικά απόβλητα κατεδάφισης δηλ. σκυρόδεμα, τούβλα, πλακάκια ή μίγμα αυτών	69.80%	
	Οδοποιίας	27,2%	
	Απόβλητα κατασκευών όπως ξύλο, γυαλί, πλαστικά, μέταλλα, μονωτικά, μίγμα αυτών	2.60%	
	Απόβλητα γύψου	0.40%	
	<b>Σύνολο</b>	100%	
<b>Επιλογές μετά το τέλος της ζωής τους</b>	<b>Ανακύκλωση</b>	<b>Επαναχρ/ση και προεργασία για επαναχρ/ση</b>	<b>Απόρριψη</b>
<b>Εύρος</b>	68.50%	22.90%	Ταφή: 8.6%
<b>Παλιές τάσεις</b>	Πρωτοεφαρμόστηκε πλαίσιο διαχείρισης ΑΕΚΚ το 1994 (Act for Promoting Closed Substance Cycle Waste Management and Ensuring Environmentally Compatible Waste Disposal), οδηγώντας σε αύξηση της ανακύκλωσης-επαναχρ/σης.		
<b>Ανάλυση τρέχουσας κατάστασης</b>	Μεγάλα ποσοστά ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης. Χαμηλά ποσοστά ταφής.		
<b>Κοιτάζοντας το στόχο του 70%</b>	Ήδη ανακυκλώνεται-επαναχρησιμοποιείται πάνω από το 80% των ΑΕΚΚ		



## Β. ΦΛΑΝΔΡΑ

<b>Ποσότητες ΑΕΚΚ</b>	Από 9.2 εκατ. τόνοι το 2005 (με 1853 kg ανά κάτοικο) μειώθηκαν σε 8.5 εκατ. τόνους το 2007 (με 1385 kg ανά κάτοικο). Μέγιστη τιμή το 2006 με 1772kg ανά κάτοικο)	
<b>Συντελεστές</b>	Δεν υπάρχουν, καθώς τα ΑΕΚΚ δεν βασίζονται σε υποθέσεις και μοντέλα, αλλά προκύπτουν από άμεση καταγραφή τους.	
<b>Σύνθεση υλικών ρεύματος ΑΕΚΚ(έτος αναφοράς 2000)</b>	Σκυρόδεμα	41%
	Τοιχοποιίας	40%
	Κεραμικά	3%
	Ασφαλτος	12%
	Ξύλο	1.80%
	Γύψος	0.30%
	Μέταλλα	0.20%
	Πλαστικά	0.10%
	Ασφαλτούχα υλικά	0.10%
	Άλλα	1.60%
<b>Επιλογές μετά το τέλος της ζωής τους</b>	<b>Ανακύκλωση</b>	<b>Απόρριψη</b>
<b>Εύρος</b>	89.20%	Ταφή: 10.8%
<b>Παλιές τάσεις</b>	Πρωτοεφαρμόστηκε πλαίσιο διαχείρισης ΑΕΚΚ το 1981 οδηγώντας ήδη από το 1992 σε ανακύκλωση 48%, προεργασίες όπως τεμαχισμός, διαλογή και ταξινόμηση 18% και ταφή 33%, με αμελητέο ποσοστό καύσης.	
<b>Ανάλυση τρέχουσας κατάστασης</b>	Μεγάλα ποσοστά ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης. Χαμηλά ποσοστά ταφής-Μη ελκυστικός τρόπος απόρριψης, μεγάλα πρόστιμα για ΧΥΤΑ, απαγόρευση απόρριψης των ανακυκλούμενων υλικών και σημαντική θέση στην αγορά των ανακυκλωμένων υλικών.	
<b>Κοιτάζοντας το στόχο του 70%</b>	Ήδη ανακυκλώνεται-επαναχρησιμοποιείται το 89% των ΑΕΚΚ	

## Γ. ΙΣΠΑΝΙΑ

<b>Ποσότητες ΑΕΚΚ</b>	810 kg ανά κάτοικο το 2005	
<b>Συντελεστές</b>	Απόβλητα κατασκευών	120Kg/m <sup>2</sup>
	Απόβλητα ανακαινίσεων	338.7Kg/m <sup>2</sup>
	Απόβλητα κατεδαφίσεων	1129Kg/m <sup>2</sup>
	Απόβλητα μερικής κατεδάφισης	903.2Kg/m <sup>2</sup>
<b>Σύνθεση υλικών ρεύματος ΑΕΚΚ</b>	Πέτρα	5.00%
	Σκυρόδεμα	12.00%
	Χαρτί	0.30%
	Κεραμικά	54.00%
	Ασφαλτος	5.00%
	Ξύλο	4.00%
	Γύψος	0.20%
	Μέταλλα	2.50%
	Γυαλί	0.50%
	Άλλα ορυκτά	4.00%
	Πλαστικά	1.50%
	Άλλα	11.00%
<b>Επιλογές μετά το τέλος της ζωής τους</b>	<b>Ανακύκλωση</b>	<b>Απόρριψη</b>
<b>Εύρος</b>	7.50%	μη ελεγχόμενη ταφή-Δεν υπάρχουν στοιχεία και δεδομένα
<b>Ανάλυση τρέχουσας κατάστασης</b>	Έλλειψη πολιτικής για διαχείριση των ΑΕΚΚ, ευκολότερη η απόρριψη σε ΧΥΤΑ	
<b>Κοιτάζοντας το στόχο του 70%</b>	Στόχος για ανακύκλωση 10% έως το 2012 και 20% έως το 2015	

## Δ. ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ

<b>Ποσότητες ΑΕΚΚ</b>	Το 2006 περίπου 23 εκατ.τόνοι (με υλικά εκσκαφής) συν 410000 τόνοι επικίνδυνα υλικά με 57% από ανακαίνιση,27% από κατεδαφίσεις και 16% από νέες κατασκευές. 1,6 Mt το 2007 με τα ίδια ποσοστά ΑΕΚΚ	
<b>Συντελεστές</b>	Απόβλητα κατασκευών	1-17 Kg/m <sup>3</sup>
	Απόβλητα ανακαινίσεων	5-15 Kg/m <sup>3</sup>
	Απόβλητα κατεδαφίσεων μεσαίων	50 Kg/m <sup>3</sup>
	Απόβλητα κατεδαφίσεων μεγάλες	200 Kg/m <sup>3</sup>
	Απόβλητα επικίνδυνα	2gr ανά Kg/m <sup>3</sup>
<b>Σύνθεση υλικών ρεύματος ΑΕΚΚ</b>	Ξύλο	40%
	Ορυκτά	31%
	Ξύλο	14%
	Άλλα	15%
<b>Επιλογές μετά το τέλος της ζωής τους</b>	Απόβλητα κατασκευών:	
	Ανακύκλωση	33%
	Ανάκτηση ενέργειας	27%
	Ταφή	40%
	Ανάκτηση από απόβλητα κατεδαφίσεων	50%
<b>Ανάλυση τρέχουσας κατάστασης</b>	Χαμηλή ανάκτηση υλικών και Υψηλή ανάκτηση ενέργειας εξαιτίας των αποβλήτων ξύλου	
<b>Κοιτάζοντας το στόχο του 70%</b>	Στόχος η αντικατάσταση καινούριων κατασκευών από ανακαινίσεις μέχρι το 2016 και ανακύκλωση-επαναχρησιμοποίηση-ανάκτηση ενέργειας σε ποσοστό 70%, έως τότε	

Στις παραπάνω μελέτες περίπτωσης (Case Studies) παρουσιάζονται τέσσερις χώρες της Ε.Ε. που διαφέρουν σημαντικά στην διαχείριση των ΑΕΚΚ. Σε ότι αφορά την Γερμανία, η παραγωγή των αποβλήτων της το 2004 έφτανε τα 883 kg ανά κάτοικο με μεγαλύτερο ποσοστό αυτών τα απόβλητα κατεδάφισης. Καθώς το πλαίσιο διαχείρισης για τα ΑΕΚΚ έχει ήδη θεσπιστεί από το 1994, το ποσοστό ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης έχει ήδη ξεπεράσει σε σύνολο το 80%, έχοντας ήδη εξασφαλίσει το ζητούμενο από την Ε.Ε. 70% μέχρι το 2020.

Η βέλτιστη διαχείριση των ΑΕΚΚ για την Ε.Ε. εφαρμόζεται στην Φλάνδρα. Το σημαντικότερο κομμάτι της διαχείρισης είναι ότι δεν χρειάζεται η ανάπτυξη κάποιου μοντέλου για τον υπολογισμό της παραγόμενης ποσότητας ΑΕΚΚ, αλλά

γίνεται κατευθείαν καταγραφή των αποβλήτων. Επιπλέον, το θεσμικό πλαίσιο για την διαχείριση τους έχει ξεκινήσει από 1981 οδηγώντας ήδη από το 1992 σε ανακύκλωση 48%. Όσον αφορά την παρούσα κατάσταση το ποσοστό ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης έχει φτάσει σχεδόν στο 90% των ΑΕΚΚ, το μεγαλύτερο ποσοστό ανακύκλωσης στην Ε.Ε. Τα χαμηλά ποσοστά ταφής οφείλονται αφενός στα μεγάλα τέλη για ΧΥΤΑ και στην απαγόρευση απόρριψης των ανακυκλούμενων υλικών και αφετέρου στη σημαντική θέση των ανακυκλωμένων υλικών στην αγορά.

Όσον αφορά την Φινλανδία, υπάρχει η ιδιαιτερότητα ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των υλικών που χρησιμοποιείται για την κατασκευή και επομένως το μεγαλύτερο ποσοστό των αποβλήτων είναι το ξύλο. Επομένως μπορεί η ανάκτηση των υλικών να είναι χαμηλή αλλά η ανάκτηση ενέργειας είναι υψηλή εξαιτίας των αποβλήτων ξύλου. Για την επίτευξη του στόχου του 70% που θέτει η Ε.Ε. γίνεται προσπάθεια για αντικατάσταση καινούριων κατασκευών από ανακαινίσεις μέχρι το 2016 και ανακύκλωση-επαναχρησιμοποίηση-ανάκτηση ενέργειας σε ποσοστό 70% έως τότε.

Τέλος στην Ισπανία, παρουσιάζονται τα χαμηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης συγκριτικά με τις υπόλοιπες τρεις χώρες με μόλις 7,5% ανακύκλωση και μεγάλο ποσοστό απόρριψης σε ΧΥΤΑ και σε παράνομες χωματερές. Το πρόβλημα έγκειται και στο γεγονός ότι δεν υπάρχει οργανωμένο δίκτυο συγκέντρωσης δεδομένων και στοιχείων.

## 11. ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΕΚΚ ΣΤΟΝ Ν. ΑΤΤΙΚΗΣ

Όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω, στον ν. Αττικής, δεν υπάρχει οργανωμένο δίκτυο συλλογής και επεξεργασίας των ΑΕΚΚ. Έτσι οι δυνατότητες επεξεργασίας των αποβλήτων αυτών στον ν. Αττικής είναι οι εξής:

- **Χρησιμοποίηση των ΑΕΚΚ για ανάπλαση του λατομείου Ζωίτσα, στην Αγία Μαρίνα Κορωπίου.**

Το λατομείο Ζωίτσα είναι υπό ανάπλαση, με πρωτόκολλο που υπεγράφη ανάμεσα στον Οργανισμό Ρυθμιστικού Σχεδίου Αθήνας, τον δήμο Κρωπίας και τον Ενιαίο Σύνδεσμο Δήμων και Κοινοτήτων Αττικής (ΕΣΔΚΝΑ) στις 5 Σεπτεμβρίου 2005. Η ανάπλαση έχει ανατεθεί σε ιδιωτική εταιρεία και ο χώρος είναι υπό την επίβλεψη του ιδιώτη, του τοπικού δήμου και του ΕΣΔΚΝΑ. Προβλέπεται επίσης ότι έως το τέλος του 2011, η ανάπλαση του λατομείου Ζωίτσα θα έχει ολοκληρωθεί. Από στοιχεία της Ομοσπονδίας Σωματείων Ιδιοκτητών Μηχανημάτων Έργων Ελλάδος και του ΕΣΔΚΝΑ για το 2009 στο λατομείο Ζωίτσα, ξεφορτώνονται περίπου 300 φορτηγά χώμα την ημέρα με 20ton/φορτηγό/ημέρα για 6 ημέρες της εβδομάδας. Έτσι συνολικά ετησίως η εναπόθεση στο λατομείο είναι:

$$300\text{φορτηγά} \times 20\text{t} / \text{φορτηγό} / \text{μέρα} \times 6\text{μερες} / \text{εβδομάδα} \times 52\text{εβδομάδες} / \text{έτος} \cong \\ \cong 1.900.000\text{t} / \text{έτος}$$

Όσον αφορά το κόστος της εναπόθεσης στο λατομείο Ζωίτσα, για 30m<sup>3</sup> υλικά ΑΕΚΚ, τα οποία αντιστοιχούν σε 12-13 τόνους/φορτηγό η χρέωση είναι 15€, ενώ για 50 m<sup>3</sup> ΑΕΚΚ, δηλαδή 21-22 τόνους/φορτηγό, η χρέωση είναι 22€. Άρα, η χρέωση κυμαίνεται περίπου στο 1,0€/τόνο. Επομένως για την συνολική εναπόθεση στο λατομείο το 2009 η χρέωση είναι περίπου 2 εκατ. €.

- **Μόνο για τα υλικά εκσκαφών: Απευθείας διάθεση στον ΧΥΤΑ των Άνω Λιοσίων ή προεπεξεργασία για μείωση του όγκου των αποβλήτων και διάθεση σε ΧΥΤΑ.**

Για παράδειγμα, η ιδιωτική εταιρία «ΝΕΙΛΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ», που ασχολείται με τη συλλογή, μεταφορά και επεξεργασία στερεών αποβλήτων αναλαμβάνει τη διαχείριση από το σημείο αποκομιδής των ΑΕΚΚ (π.χ. από το εργοτάξιο) έως το σημείο διάθεσης τους διαθέτοντας όλα τα απαραίτητα μηχανήματα μείωσης του όγκου των αποβλήτων αυτών, τα οποία στη συνέχεια οδηγούνται προς απόρριψη στο ΧΥΤΑ. Υπάρχουν και άλλες μικρότερες εταιρίες ή ιδιώτες που πραγματοποιούν κάτι αντίστοιχο, αλλά δυστυχώς, συνολική εκτίμηση δύσκολα θα μπορούσε να γίνει, καθώς ελάχιστα από αυτά τα φορτία ζυγίζονται και δεν υπάρχει οργανωμένο σύστημα καταγραφής των αποβλήτων.

Από στοιχεία του ΕΣΔΚΝΑ, ο οποίος είναι επίσης ο φορέας που διαχειρίζεται τις εγκαταστάσεις αποβλήτων στα Άνω Λιόσια, για το 2009 ο ΧΥΤΑ δέχεται περίπου 280 δρομολόγια φορτηγών με υλικά εκσκαφών με 20ton/φορτηγό/ημέρα για 6 ημέρες της εβδομάδας, για κάλυψη των αστικών απορριμμάτων. Έτσι συνολικά ετησίως τα χώματα που απορρίπτονται στον ΧΥΤΑ είναι:

$$280 \text{φορτηγά} \times 20 \text{t} / \text{φορτηγό} / \text{μέρα} \times 6 \text{μερες} / \text{εβδομάδα} \times 52 \text{εβδομάδες} / \text{έτος} \cong 1.750.000 \text{t} / \text{έτος}$$

Σύμφωνα με την εταιρία «ΝΕΙΛΟΣ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ», το 2009 συγκέντρωσαν περίπου 110.000t ΑΕΚΚ. Αυτές οι ποσότητες περιλαμβάνονται στις ποσότητες που οδηγούνται σε ΧΥΤΑ, όπως υπολογίστηκαν παραπάνω. Η χρέωση για την απόρριψη στο ΧΥΤΑ άνω Λιοσίων είναι μηδενική για τα υλικά εκσκαφών, δηλαδή τα χώματα, καθώς όπως αναφέρθηκε και παραπάνω είναι απαραίτητα για την επικάλυψη των αστικών απορριμμάτων.

- **Στην ουσία δεν γίνεται ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση**, από τη μεριά των εργολάβων που έχουν αναλάβει τα αντίστοιχα έργα, και οι οποίοι έχουν ως κύριο μέλημα να απομακρύνουν τα απόβλητά τους με οποιοδήποτε τρόπο, με στόχο να επιβαρύνονται το δυνατόν λιγότερο από

τις εταιρίες αποκομιδής, που τους διαθέτουν τους άδειους κάδους για την συλλογή των ΑΕΚΚ. Μια εταιρεία συλλογής ΑΕΚΚ, χρεώνει περίπου 120€ ανά κάδο αποκομιδής χωρητικότητας περίπου 7m<sup>3</sup>.

Η συνολική ποσότητα των αποβλήτων ΑΕΚΚ (προϊόντα εκσκαφής) που αξιοποιήθηκε στον Ν. Αττικής το 2009 είναι  $1.900.000 + 1.750.000 =$  **3.650.000 t.**

Με βάση τον Πίνακα 20 (Κεφάλαιο 8.3) η ποσότητα των αποβλήτων εκσκαφής που υπολογίστηκε για το 2009 είναι 8.373.000t. Επομένως, η ανεξέλεγκτα απορριπτόμενη ποσότητα είναι περίπου 4.700.000t.

Με δεδομένο το ότι ανακυκλώνεται το 5% των ΑΕΚΚ (εκτός των υλικών εκσκαφής) στην Ελλάδα (στοιχεία Ε.Ε., Πίνακας 36, παράγραφος 10.3) και την παραδοχή ότι αντίστοιχο θα είναι και το ποσοστό ανακύκλωσης στον ν. Αττικής, δεν αξιοποιείται το 95% του συνόλου των κατεδαφίσεων και κατασκευών. Δηλαδή όσον αφορά το 2009, το  $\frac{95}{100} \times 700.000 = 665.000$ t θεωρείται ότι διατέθηκαν σε παράνομες χωματερές.

## 12. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ

Στην παρούσα ενότητα γίνεται μια εκτίμηση του κόστους για την κατασκευή μονάδων ανακύκλωσης ΑΕΚΚ. Στο Κεφάλαιο 9, παρουσιάστηκε η λειτουργία της πιλοτικής μονάδας ανακύκλωσης ΑΕΚΚ στα άνω Λιόσια, έργο συνολικού προϋπολογισμού 2.403.685€ με δυναμικότητα 300 t/ημέρα. Με τη λήξη της λειτουργίας της πιλοτικής μονάδας προέκυψε ότι η βιωσιμότητα μίας μονάδας διαχείρισης και ανακύκλωσης ΑΕΚΚ εξαρτάται από το μέγεθός της (βιώσιμη δυναμικότητα μονάδας θεωρείται αυτή πέραν των 350.000 t/έτος) και από την εξασφάλιση τέλους επεξεργασίας (εκτιμάται σε 1,8-2,0€/t εισερχομένων αποβλήτων) πέραν των τυχόν εσόδων που θα προκύψουν από την πώληση των αδρανών προϊόντων στα κλάσματα 0-16 mm και 16-32 mm.

Μια ανάλογη μελέτη με θέμα: «Σχεδιασμός Διαχείρισης Αποβλήτων Εκσκαφών Κατασκευών και Κατεδαφίσεων Ν. Ροδόπης» εκπονήθηκε με πρωτοβουλία της ΤΕΔΚ (Τοπική Ένωση Δήμων και Κοινοτήτων) Ν. Ροδόπης και του Δήμου Κομοτηνής. Η μελέτη εκπονήθηκε σύμφωνα με τις προβλέψεις του Ν.2939/01 και τη σχετική νομοθεσία περιβάλλοντος και διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

Η εκπόνηση της είχε ως στόχο το σχεδιασμό ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης, αξιοποίησης και διάθεσης αδρανών αποβλήτων για την ευρύτερη περιοχή του Νομού Ροδόπης. (οι υπολογισμοί έγιναν για μια έκταση περίπου 50 στρεμμάτων). Η μελέτη ανατέθηκε από την Τ.Ε.Δ.Κ. Ν. Ροδόπης και το Δήμο Κομοτηνής στην ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ Α.Ε., Αναπτυξιακή Εταιρεία Ανατολικής Θεσσαλονίκης, και εκπονήθηκε την περίοδο 15/11/2007 έως 15/04/2008.

Βάσει της μελέτης τα επιμέρους τμήματα της μονάδας θα πρέπει να είναι:

1. Τμήμα προσωρινής αποθήκευσης,
2. Τμήμα προδιαλογής (πρώτο στάδιο διαλογής) και προεπεξεργασία,
3. Τμήμα διαλογής,
4. Τμήμα επεξεργασίας. Θραυστήρες – Κόσκινα - Μεταφορικές ταινίες,
5. Τμήμα αποθήκευσης των τελικών προϊόντων και των ανακτώμενων υλικών.



Η δυναμικότητα της μονάδας, εκτιμήθηκε σε 80 τόνους/ώρα. Θεωρώντας ότι ο μέγιστος αριθμός των ωρών που μπορεί ημερησίως να λειτουργήσει είναι πέντε (5), ώστε να εξασφαλιστεί η σωστή λειτουργία της μονάδας και να ελαχιστοποιηθούν οι φθορές, το σύνολο της ποσότητας που θα επεξεργάζεται η μονάδα είναι 400 τόνοι/μέρα. Η συνολική ετήσια ποσότητα επεξεργασίας είναι μικρότερη από την εκτιμώμενη παραγόμενη ποσότητα ΑΕΚΚ για το νομό (250.000 τόνους/έτος). Ο λόγος που επιλέχθηκε η δυναμικότητα αυτή είναι εξασφάλιση της βιωσιμότητας της μονάδας, καθώς υπάρχουν διακυμάνσεις στις ποσότητες που παράγονται.

Έτσι, για μια πλήρη μονάδα, το συνολικό κόστος επένδυσης υπολογίστηκε:

	Κόστος (€)
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΧΩΡΟΣ & ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ	64.000
ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	68.000
ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ ΜΗΧΑΝ. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	1.800.000
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕΣΑ	670.000 - 920.000
ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΣΥΜΒΟΥΛΩΝ	97.000
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ	400.000
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ</b>	<b>3.100.000 - 3.350.000</b>

Πρέπει να σημειωθεί ότι η παραπάνω μελέτη έμεινε στα χαρτιά και δεν έχει πραγματοποιηθεί ακόμα το έργο, λόγω προβλημάτων στην εύρεση του κατάλληλου χώρου.

Συνδυάζοντας τα παραπάνω και για την επεξεργασία περίπου 700.000t ΑΕΚΚ (κατασκευές και κατεδαφίσεις, παραγωγή 2009), και με την προϋπόθεση ότι θα γίνεται διαλογή/διαχωρισμός στην πηγή (εργοτάξιο) των αποβλήτων εκσκαφών σε σχέση με αυτά των κατασκευών και κατεδαφίσεων, χρειάζονται περίπου 5-6 τέτοιες μονάδες συνολικού κόστους 15-18.000.000€..

### 13. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Πολλά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή, την ανακαίνιση και την συντήρηση μιας οικοδομικής δραστηριότητας (ξύλο, τσιμέντο-σκυρόδεμα, κονιάματα και επιχρίσματα, χάλυβας, χαλκός, αλουμίνιο, τεχνητοί λίθοι-κεραμικά υλικά, πλαστικά, γυαλί και χρώματα) περιέχουν τοξικές ουσίες που ρυπαίνουν τον αέρα και τα νερά και προκαλούν βλάβες στην υγεία των ανθρώπων και στα φυσικά οικοσυστήματα. Κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός κτιρίου παράγονται απορρίμματα, τα οποία ως κυρίαρχο χαρακτηριστικό έχουν την έντονη διαφοροποίηση τόσο στη σύστασή τους, όσο και στις τελικές προς διάθεση ποσότητες. Το μεγαλύτερο ποσοστό των απορριμμάτων προέρχεται κατά την κατασκευή και κατεδάφιση του κτιρίου. Έτσι ορίστηκαν τα ΑΕΚΚ, δηλαδή τα Υλικά Εκσκαφών, τα Υλικά Οδοποιίας, τα Υλικά Κατεδαφίσεων-Μπάζα και τα Απόβλητα από τα Εργοτάξια, τα οποία μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο ευρείες κατηγορίες, τα αδρανή και τα επικίνδυνα απόβλητα.

Τα ΑΕΕΚ χρειάζονται επεξεργασία για τρεις βασικούς κύριους λόγους:

- (α) Είναι δυνατή η ορθολογική χρήση μεγάλων ποσοτήτων φυσικών πόρων, που θα διαφορετικά θα έπρεπε να εξορυχτούν.
- (β) Συμβάλλει στη μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων που καταλήγουν στους χώρους υγειονομικής ταφής και παρατείνει το χρόνο ζωής τους και
- (γ) μειώνει τις επιπτώσεις στο περιβάλλον από την ταφή τους, οι οποίες μπορεί να είναι άμεσες όπως μόλυνση του εδάφους ή ακόμα και του υδροφόρου ορίζοντα, ή έμμεσες στην υγεία στον άνθρωπων.

Τα απόβλητα που προκύπτουν από την κατεδάφιση κτιρίων εμφανίζουν μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας όσον αφορά στη διαχείρισή τους, εν συγκρίσει με τα απόβλητα που προκύπτουν από τις ανεγέρσεις κτιρίων λόγω έλλειψης γνώσης εκ των προτέρων της σύστασης των άχρηστων υλικών που θα προκύψουν.

Όσον αφορά τα απόβλητα των κατεδαφίσεων η αειφόρος ανάπτυξη βασίζεται στα λεγόμενα 2R (reuse, recycle), δηλαδή στην επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση. Αντίστοιχα για τα απόβλητα των κατασκευών υιοθετείται η λογική των 3R (reduce, reuse, recycle), δηλαδή μείωση, επαναχρησιμοποίηση και

ανακύκλωση. Ορισμένα υλικά που υπάρχουν στα απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν με απομάκρυνση των υλικών πριν την έναρξη της κατεδάφισης της κατασκευής, διαδικασία πιο επίπονη άλλα και με υψηλότερο κόστος σε σύγκριση με τη συμβατική κατεδάφιση. Επιπλέον είναι απαραίτητος ο προσεκτικός διαχωρισμός, η ταυτοποίηση καθώς και ο έλεγχος των υλικών που προκύπτουν.

Η ανακύκλωση των υλικών στη κατασκευή διαχωρίζεται σε δύο είδη, βάσει δύο διαφορετικών κριτηρίων: Σε πρωτογενή και δευτερογενή - ανάλογα με τον τομέα που χρησιμοποιούνται τα ανακυκλωμένα υλικά - και σε άμεση και έμμεση - ανάλογα με το πόση επεξεργασία χρειάζονται τα υλικά για να επαναχρησιμοποιηθούν. Τα οφέλη της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης των υλικών είναι εξίσου σημαντικά όπως και σε οποιοδήποτε άλλο τομέα ή δραστηριότητα.

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει οργανωμένο πλαίσιο διαχείρισης των ΑΕΚΚ. Παρότι έχει εκδοθεί από το 2001 ο Ν.2939/2001, που αναφέρεται στην διαχείριση τους, αλλά και έχει εμπλουτιστεί με την έκδοση διάφορων Π.Δ (με τελευταία την Υ.Α. 36259/1757/Ε103/2010 με θέμα: «Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ)», ακόμα ούτε οι ποσοτικοί στόχοι που επιβάλλονται έχουν πραγματοποιηθεί, αλλά ούτε έχει συσταθεί ο υπεύθυνος οργανισμός ΕΟΕΔΣΑΠ, ο οποίος θα είναι η αρμόδια αρχή για την εφαρμογή της νομοθεσίας.

Επίσης η τροποποίηση της οδηγία 1999/31/ΕΕ για την υγειονομική ταφή των απορριμμάτων επιτρέπει την απόρριψη στους ΧΥΤΑ σκυροδέματος, τούβλων, κεραμικών, που είναι γνωστό από πού προέρχονται και στα οποία περιέχονται χαμηλές ποσότητες άλλων υλικών (όπως μέταλλα, πλαστικά, χώμα, οργανικά, ξύλο, ελαστικά κ.α.) και δεν επιτρέπεται η απόρριψη σε ΧΥΤΑ ΑΕΚΚ που έχουν ρυπανθεί από οργανικές ή ανόργανες επικίνδυνες ουσίες και που στα οποία έχει γίνει επεξεργασία, κάλυψη ή βαφή με υλικά που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες σε σημαντικό βαθμό.

Για τη βελτιστοποίηση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς ενός κτιρίου σε όλη την διάρκεια ζωής του είναι χρήσιμο να προσδιοριστεί η ενσωματωμένη ενέργεια

(embodied energy) των κατασκευαστικών υλικών, η οποία είναι μια από τις παραμέτρους της ανάλυσης κύκλου ζωής ενός υλικού.

Σύμφωνα με το ποσοστό συμμετοχής κάθε υλικού στην κατασκευή προκύπτει η συνολική ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών του κτιρίου. Έτσι η μείωση της ενσωματωμένης ενέργειας της κατασκευής θα επιτυγχάνεται με τη μείωση των χρησιμοποιούμενων υλικών ή την αντικατάστασή τους από ανακυκλωμένα υλικά.

Βάσει του υπολογιστικού μοντέλου για τα ΑΕΚΚ της Μονάδας Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας της Σχολής Χημικών Μηχανικών που χρησιμοποιήθηκε, προσδιορίστηκαν οι παραγόμενες ποσότητες για τα απόβλητα κατασκευών, τα απόβλητα κατεδαφίσεων και τα απόβλητα εκσκαφών, ξεχωριστά για τον Ν. Αττικής και για χρονική διάρκεια από το 2000-2009.

Έτσι η συνολική ποσότητα των ΑΕΚΚ για το νομό Αττικής για τα έτη 2000-2009, όπως εκτιμήθηκε, κυμαίνεται από 9 εκατ. τόνους/ έτος έως 18 εκατ. τόνους/ έτος, παρουσιάζοντας από το 2000 μια αύξηση μέχρι το 2005 με μέγιστη τιμή τα 18 εκατ. τόνους το 2005 και έκτοτε ακολουθώντας μια συνεχώς μειωτική πορεία με ελάχιστο το 2009 στα 9 εκατ. τόνους, μικρότερη όλης της δεκαετίας.

Λόγω της οικονομικής κρίσης είναι δύσκολο να γίνει μια περεταίρω εκτίμηση για τα επόμενα χρόνια, όμως Ιούλιο του 2010 σύμφωνα με το ΤΕΕ αναφέρεται ότι με συνεχιζεται η πτώση στην οικοδομική δραστηριότητα αμείωτο ρυθμό και κύριο χαρακτηριστικό είναι ότι οι νέες άδειες που εκδίδονται αφορούν, συγκριτικά με το παρελθόν, κτίρια με μικρότερο εμβαδό και όγκο.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για τον Ιούλιο του 2010 η μεγαλύτερη πτώση εντοπίζεται στην Δυτική Μακεδονία με 48,7%, στην Αττική με 47,6%, στο Νότιο Αιγαίο με 40,80% και στα Ιόνια Νησιά με 38,6%.

Το πιλοτικό έργο ανακύκλωσης, στο Δήμο Άνω Λιοσίων Αθηνών, στα πλαίσια του έργου που εκπονήθηκε το 2003 και επεξεργάστηκε συνολικά 30.000 τόνους ΑΕΚΚ, κατεδάφισης κυρίως βοήθησε σημαντικά στην μείωση των αποβλήτων αυτών για εκείνο το χρονικό διάστημα. Η μονάδα αυτή μετά τους 6 μήνες λειτουργίας της σταμάτησε να δουλεύει.

Βάσει στοιχείων της Ε.Ε, η ανακύκλωση των ΑΕΚΚ για την Ελλάδα αντιστοιχεί μόνο στο 5%, ενώ αντίστοιχα υπάρχουν χώρες, όπως Λετονία, Λουξεμβούργο

και Σλοβενία με ποσοστά ανακύκλωσης 40-60%, αλλά και χώρες (Δανία, Εσθονία, Γερμανία, Ιρλανδία και Ολλανδία) που έχουν ξεπεράσει το 70% .

Βάσει στοιχείων του ΕΣΔΚΝΑ για το έτος 2009, ο ΧΥΤΑ άνω Λιοσίων δέχτηκε περίπου 1.750.000τονους, το λατομείο Ζωίτσα 1.900.000τονους, έτσι τα παρανόμως απορριπτόμενα στον Ν. Αττικής υπολογίζονται στους 4.700.000τόνους. Με δεδομένο το ότι ανακυκλώνεται το 5% των ΑΕΚΚ (εκτός των υλικών εκσκαφής) στην Ελλάδα και την παραδοχή ότι αντίστοιχο θα είναι και το ποσοστό ανακύκλωσης στον ν. Αττικής, δεν αξιοποιείται το 95% του συνόλου των κατεδαφίσεων και κατασκευών. Δηλαδή όσο αφορά το 2009, το  $(95/100)*700.000=665.000$ t θεωρείται ότι διατέθηκαν σε παράνομες χωματερές.

Τέλος σύμφωνα με μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στον ν. Ροδόπης και βάση των οικονομικών στοιχείων που προκύπτουν από αυτή, για την επεξεργασία περίπου 700.000t ΑΕΚΚ (κατασκευές και κατεδαφίσεις, παραγωγή 2009), και με την προϋπόθεση ότι θα γίνεται διαλογή/διαχωρισμός στην πηγή (εργοτάξιο) των αποβλήτων εκσκαφών σε σχέση με αυτά των κατασκευών και κατεδαφίσεων, χρειάζονται περίπου 5-6 τέτοιες μονάδες συνολικού κόστους 15-18.000.000€.

## 14. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης προδιαγράφει ποσοστό ανακύκλωσης από κατασκευές και κατεδάφισεις μέχρι το 2020 της τάξεως του 70%. Κάτι τέτοιο επιτάσσει την άμεση δραστηριοποίηση της κοινωνίας με την λήψη μέτρων. Ξέρουμε ότι για να μπορέσουμε να αλλάξουμε κάτι πρέπει πρώτα να βρούμε τρόπους να το ποσοτικοποιήσουμε και να το μετρήσουμε.

Για να πετύχουμε την καλύτερη διαχείριση των ΑΕΚΚ, θα πρέπει πριν από την κατασκευή ενός έργου, για παράδειγμα κτιρίου, στη φάση της μελέτης, να καταγράφονται τα δομικά υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν (ποσότητες-είδος), και να υπολογίζεται και η ποσότητα των εκσκαφών που θα απαιτηθεί. Στην ουσία, χρειάζεται να γίνει μια «ακτινογραφία» του έργου, η οποία θα βρίσκεται στον φάκελο του έργου και θα ορίζει αρχικά που θα εναποθέσει ο εργολάβος τα πρώτα απόβλητα που θα αντιμετωπίσει (αν δεν έχει νωρίτερα κατεδάφιση), δηλαδή τα απόβλητα εκσκαφών, και να δεσμεύεται πιστοποιώντας το.

Συνεχίζοντας, στο στάδιο της κατασκευής, θα πρέπει να υπάρχουν συγκεκριμένοι χώροι, στους οποίους θα γίνεται διαλογή στην πηγή και θα ταξινομούνται τα υλικά που είναι προς απόρριψη ανάλογα με το είδος τους.

Στην περίπτωση της κατεδάφισης, και προτού αυτή ξεκινήσει, αν ακολουθείται η παραπάνω «ακτινογραφία» του έργου, από τα στοιχεία που θα βρίσκονται στον φάκελο του έργου, θα μπορεί ο εργολάβος να ξέρει εκ των προτέρων τι θα αντιμετωπίσει, τις ποσότητες που θα προκύψουν από το κάθε είδος και συνεπώς θα μπορεί να φτιάξει ένα αντίστοιχο σχέδιο διαχείρισης του. Έτσι κι αλλιώς, θα πρέπει να ακολουθείται πάντα επιλεκτική κατεδάφιση, όπως ισχύει και σε χώρες όπου η ανακύκλωση ΑΕΚΚ αποτελεί καθημερινή πρακτική εδώ και πολλά έτη (π.χ. Γερμανία, Φλάνδρα), άρα πολλά από τα υλικά θα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να ανακυκλωθούν πριν την ολική κατεδάφιση. Περαιτέρω, όπως και στην κατασκευή, τα υλικά που θα απομακρύνονται, θα πρέπει να ξεχωρίζονται στην πηγή, ανάλογα το είδος τους και το αν είναι καθαρά, επικίνδυνα ή μη.

Ενδεικτικά στην νομοθεσία αναφέρεται σύμφωνα με τον ν.3854/2010 ότι κάθε τρία χρόνια πρέπει να διενεργείται έλεγχος από τον Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π. ύστερα από αίτηση του συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης ή αυτεπαγγέλτως, προκειμένου να διαπιστωθεί ότι κατά το χρονικό αυτό διάστημα εφαρμόζονται οι μέθοδοι εναλλακτικής διαχείρισης και επιτυγχάνονται οι στόχοι της σύμφωνα με τις απαιτήσεις του άρθρου 7. Αν από τον έλεγχο διαπιστωθεί ότι εφαρμόζονται οι μέθοδοι εναλλακτικής διαχείρισης και επιτυγχάνονται οι στόχοι, ο Ε.Ο.Ε.Δ.Σ.Α.Π. εκδίδει το Πιστοποιητικό Εναλλακτικής Διαχείρισης (Π.Ε.Δ.) για το συγκεκριμένο σύστημα στο όνομα του συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης. Αν όμως δεν εφαρμόζονται τα παραπάνω, δίνει ένα περιθώριο 20 ημερών προσαρμογής, διαφορετικά θα υπάρξουν κυρώσεις.

Κάποια επιπλέον μέτρα που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην καλύτερη διαχείριση των ΑΕΚΚ είναι:

#### Οικονομικά Μέτρα:

- Χρηματοδότηση πιλοτικών προγραμμάτων σε συστήματα διαχείρισης ΑΕΚΚ.
- Χρηματοδότηση ερευνητικών προγραμμάτων για ανάπτυξη τεχνικών πρόληψης οικοδομικών αποβλήτων.
- Προώθηση αγοράς δευτερογενών υλικών μέσω πιστοποίησης τους. Στην Γερμανία (μελέτη περίπτωσης) τα ανακυκλωμένα υλικά πιστοποιούνται από το Γερμανικό Ινστιτούτο Πιστοποίησης (German Institute for Quality Assurance and Labelling(RAL)), κάτι που τα κάνει ανταγωνιστικά στην αγορά.
- Καταβολή ειδικού τέλους ΑΕΚΚ για απόρριψη σε χώρους διάθεσης. Η παρούσα νομοθεσία, όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 5.3, δεν επιτρέπει την απόρριψη ΑΕΚΚ σε ΧΥΤΑ, παρά μόνο του χώματος, κυρίως από τις εργασίες εκσκαφών. Όμως παρόλα αυτά, στην Ισπανία, μια από τις μελέτες περίπτωσης η απόθεση αποβλήτων από κατεδαφίσεις και κατασκευές γίνεται στους ΧΥΤΑ και μάλιστα με αρκετά χαμηλό κόστος από 1€/τόνο στην Παμπλόνα μέχρι και 25€/τόνο στην Μαδρίτη, κάτι το

οποίο έχει λειτουργήσει εις βάρος της εναλλακτικής διαχείρισης των αποβλήτων αυτών.

#### Εκπαιδευτικά Μέτρα:

- Παροχή σε θεωρητικό αλλά και σε πρακτικό επίπεδο εκπαίδευσης εργολάβων στην νομοθεσία για επιλεκτική κατεδάφιση και σημασία της ανακύκλωσης των ΑΕΚΚ.
- Σωστή καθοδήγηση και ενημέρωση του κόσμου διότι πολύ λίγοι γνωρίζουν ότι μια οικοδομική δραστηριότητα μπορεί να επηρεάσει τόσο την ποιότητα ζωής τους, όσο και την ποιότητα του εξωτερικού περιβάλλοντος.
- Υποχρεωτική δημοσιοποίηση και συνεχή πληροφόρηση των πολιτών για τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις που απορρέουν από την κείμενη νομοθεσία (Ν. 3854/2010, Σχέδιο Π.Δ.) σχετικά με την διαχείριση των ΑΕΚΚ.

#### Νομοθετικά Μέτρα:

- Προώθηση χρήσης τυποποιημένων υλικών για την κατασκευή με σκοπό την εύκολη επαναχρησιμοποίηση τους.
- Πιστοποίηση επιχειρήσεων διαχείρισης ΑΕΚΚ σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 761/2001 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 19ης Μαρτίου 2001, για την εκούσια συμμετοχή οργανισμών σε κοινοτικό σύστημα οικολογικής διαχείρισης και οικολογικού ελέγχου (EMAS).
- Τήρηση μητρώου από όλους τους φορείς διαχείρισης ΑΕΚΚ για την ποιοτική και ποσοτική παρακολούθηση των παραγόμενων αποβλήτων και των πρακτικών διαχείρισης.
- Να εντάσσεται η ΑΚΖ σε όλες την κατασκευαστική βιομηχανία έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη όλες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που παρουσιάζονται σε όλο το κύκλο ζωής κάθε υλικού που επιλέγεται και να επιλέγεται η βέλτιστη επιλογή ως αποτέλεσμα της ΑΚΖ.



Τέλος, κρίνεται απαραίτητη πλήρης συμβατότητα του έργου με το νομικό πλαίσιο της ΕΕ και την εναρμόνιση του στην ελληνική μονοθεσία μέσω των Ν.2939/2001 και Ν. 3854/2010 οι οποίοι προωθούν την ακόλουθη ιεραρχία αναφορικά με την διαχείριση στερεών αποβλήτων:

- 1) Επαναχρησιμοποίηση
- 2) Ανακύκλωση
- 3) Ενεργειακή αξιοποίηση

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- <sup>1</sup> <http://www.industry2020.gr/docs/domika/TZIRITIS.ppt>
- <sup>2</sup> <http://users.auth.gr/~jbarb/Dimosieyseis/Domiko.pdf>
- <sup>3</sup> ΕΛΟΤ EN 196-1 Μέθοδοι δοκιμών τσιμέντου – Μέρος 1 : Προσδιορισμός αντοχών
- <sup>4</sup> <http://el.wikipedia.org>
- <sup>5</sup> ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ ΑΙΜ. Γ., ΣΑΡΓΕΝΤΗΣ ΦΟΙΒΟΣ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σχολή αρχιτεκτόνων, εργαστήριο τεχνικών υλικών, Μάθημα: ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ και ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ, Αθήνα 2005, σελ 40-70
- <sup>6</sup> ΜΠΟΤΣΑΡΗΣ Π.Ν., ΣΠΑΡΗΣ Π.Δ. , ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΞΑΝΘΗ 2008, σελ 21-22
- <sup>7</sup> ΑΙΜ. Γ. ΚΟΡΩΝΑΙΟΣ ,Γ. Ι. ΠΟΥΛΑΚΟΣ,ΤΕΧΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΤΟΜΟΣ 4, Αθήνα 2006, σελ20
- <sup>8</sup> <http://eur-lex.europa.eu>, Οδηγία 89/106/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Δεκεμβρίου 1988 για την προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών όσον αφορά τα προϊόντα του τομέα των δομικών κατασκευών
- <sup>9</sup> Moussiopoulos N., Papadopoulos A., Iakovou E., Achillas H., Aidonis D., Anastaselos D. and Banias G., 2007. Legislative framework on Construction and Demolition waste management. 1st International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics, Skiathos, pp.1569-1575
- <sup>10</sup> Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΕΕΔΣΑ), <http://www.eedsa.gr/>

---

<sup>11</sup>European Topic Centre On Waste, <http://scp.eionet.europa.eu/themes/waste/#4>

<sup>12</sup> Symonds Group Ltd, ARGUS, Consulting Engineers and Planners and PRC Bouwcentrum, "Report to DGXI: Construction and Demolition Management Practices and their Economic Impacts", Brussels, Belgium, 1999

<sup>13</sup> Εγχειρίδιο Τεχνολογίας Σκυροδέματος Sika, <http://www.sika.gr/>

<sup>14</sup> ΤΣΕΓΚΑ Α., «Ο ΑΜΙΑΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΖΩΗ ΜΑΣ», έκδοση Ελλήνων καταναλωτών η ποιότητα της ζωής (Ε.Κ.ΠΟΙ.ΖΩ), Αθήνα 1992, σελ:14-15

<sup>15</sup> Cooke, W. E. (1927). "Pulmonary Asbestosis". *BMJ* **2**: 1024. [doi:10.1136/bmj.2.3491.1024](https://doi.org/10.1136/bmj.2.3491.1024)

<sup>16</sup> Finkelstein M., Kusiak R., Suranyi G., 1981: Mortality among workers receiving compensation for asbestosis in Ontario. *Can. Med. Assoc. J.* 125:259–262, Cookson W.O., Musk A.W., Glancy J.J., de Klerk N.H., Yin R., Mele R., Carr N.G., Armstrong B.K., Hobbs M.S., 1985: Compensation, radiographic changes, and survival in applicants for asbestosis compensation. *Br. J. Ind. Med.* 42:461–468

<sup>17</sup> Wood WB, Gloyne SR. Pulmonary asbestosis: A review of 100 cases. *Lancet* 1934;17:10

<sup>18</sup> Vacek P.M., 1998: Effects of the intensity and timing of asbestos exposure on lung cancer risk at two mining areas in Quebec. *J Occup Environ Med* 40:821–828

<sup>19</sup> [www.ibasecretariat.org/chron\\_ban\\_list.php](http://www.ibasecretariat.org/chron_ban_list.php)

---

<sup>20</sup> <http://www.vechro.gr/ColoursInfoDetails.asp?ITMID=240&LANG=GR>, vechro βιομηχανία χρωμάτων

<sup>21</sup> <http://www.nyc.gov/>, Τι πρέπει να γνωρίζουν οι οικοδόμοι σχετικά με τη μολυβδίαση

<sup>22</sup> Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, ΥΠΕΧΩΔΕ ΔΝΣΗ Πολιτικής Και Κατοικίας, «Οικολογική Δόμηση», Συντονιστής Ηλίας Ευθυμιόπουλος, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα 2000, Σελ:162

<sup>23</sup> ΔΡΙΤΣΟΣ Σ.Η, ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ/ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ” , ΠΑΤΡΑ 2005

<sup>24</sup> Ochiai, E. I. 1977. Bioinorganic Chemistry: An Introduction. Allyn and Bacon, Inc., Boston.

<sup>25</sup> Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, ΥΠΕΧΩΔΕ ΔΝΣΗ Πολιτικής Και Κατοικίας, «Οικολογική Δόμηση», Συντονιστής Ηλίας Ευθυμιόπουλος, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα 2000, Σελ:165

<sup>26</sup> <http://www.pvc.org/What-is-PVC/How-is-PVC-made/PVC-Additives/Cadmium-Stabilisers>

<sup>27</sup> Gypsum Association, an organization of manufacturers of gypsum board in the U.S. and Canada, <http://www.gypsum.org/mediaguide.html>

<sup>28</sup> Johnson, B. Gypsum Wallboard Creates Landfill Odor Problem; World Waste 1986, 7, 53-54., Musick, M. Recycling Gypsum from C & D Debris. Biocycle 1992, 3, 34-36.

<sup>29</sup> Flynn, B. Invisible Threat: Odors & Landfill Gas from C & D Waste; Waste Age. 1998, 29, 91-97

- 
- <sup>30</sup> Godish, T. Air Quality, 2nd ed.; Lewis Publishers: Chelsea, MI, 1991; p 37
- <sup>31</sup> Campagna, D.; Kathman, S.J.; Pierson, R.; Inserra, S.G.; Phifer, B.L.; Middleton, D.C.; Zarus, G.M.; White, M.C. Ambient Hydrogen Sulfide, Total Reduced Sulfur, and Hospital Visits for Respiratory Disease in Northeast Nebraska, 1998-2000; J. Expo. Anal. Env. Epid. 2004, 14, 180-187
- <sup>32</sup> APVMA (2003a), The Reconsideration Of Registrations Of Arsenic Timber Treatment Products (CCA And Arsenic Trioxide) And Their Associated Labels (Review Summary), Australian Pesticides And Veterinary Medicines Authority, Canberra. [http://www.apvma.gov.au/chemrev/arsenic\\_draft\\_review.pdf](http://www.apvma.gov.au/chemrev/arsenic_draft_review.pdf)
- <sup>33</sup> Dickey, P., 2003. Guidelines for selecting wood preservatives. Washington Toxics Coalition, Seattle, WA. Pp.8-21, Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2001. Οδηγία 2001/90/EK της επιτροπής της 26<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 2001. L 283(27.10.2001
- <sup>34</sup> Thomasson, G., Capizzi, J., Dost, F., Morrell, J., Miller, D., Wood Preservation and Wood Products treatment. Training manual, EM8403, Oregon State University
- <sup>35</sup> Milton, F. T., 1995. The Preservation of Wood-A self study Manual for wood treaters. Minnesota Extension Service, University of Minnesota, College of Natural resources. BU-6413-S
- <sup>36</sup> 'Questions & Answers: What You Need to Know About Wood Pressure Treated with Chromated Copper Arsenate (CCA).' US Environmental Protection Agency (EPA). 12 February. [http://www.epa.gov/pesticides/citizens/cca\\_qa.htm](http://www.epa.gov/pesticides/citizens/cca_qa.htm)
- <sup>37</sup> [http://www.buildings.gr/greek/eksoplismos/oikologika\\_ilika/thermomonomosi.htm](http://www.buildings.gr/greek/eksoplismos/oikologika_ilika/thermomonomosi.htm), IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 81: Man-made Vitreous Fibres. Chapter 5. International Agency for Research on Cancer (IARC), 2002, 418 pages. ISBN 92 832 1281 9

---

<sup>38</sup>B. Kourmpanis, A. Papadopoulos, K. Moustakas, M. Stylianos, K.J. Haralambous and M. Loizidou, Preliminary study for the management of construction and demolition waste, *Waste Manag Res* 2008; 26; 267

<sup>39</sup> Development of best management systems for high priority waste streams in Cyprus, LIFE Third Countries Project Number LIFE03 TCY/CY/000018, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2005

<sup>40</sup> Construction & Demolition Waste Manual, Prepared for NYC Department of Design & Construction by Gruzen Samton LLP with City Green Inc. May 2003, p.1

<sup>41</sup> Περιοδικό «Σκουπίδια και Ανακύκλωση», τρίμηνη έκδοση της Οικολογικής εταιρίας ανακύκλωσης, τεύχος 44, 10-12/2002, σελ 7-20

<sup>42</sup> Eco Efficiency Τεχνική & Συμβουλευτική ΕΠΕ., Εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ), 15/10/2009, Αθήνα

<sup>43</sup> ΕΑΠ, Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων, τόμος Β, Επικίνδυνα Απόβλητα, Πάτρα 2004, σελ:127-142

<sup>44</sup> [http://www.uncrd.or.jp/env/spc/docs/1st\\_3r\\_forum\\_presentation/Session2-1c\\_Spies.pdf](http://www.uncrd.or.jp/env/spc/docs/1st_3r_forum_presentation/Session2-1c_Spies.pdf)

<sup>45</sup> Construction Industry Research and Information Association, <http://www.ciria.org/>

<sup>46</sup> [http://www.arch.auth.gr/uploads/media/10\\_materials-recycling.pdf](http://www.arch.auth.gr/uploads/media/10_materials-recycling.pdf)

<sup>47</sup> Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη (<http://www.evonymos.org/greek/index.html>), Χρησιμοποιούμενη ενέργεια στην παραγωγή και την ανακύκλωση επιλεγμένων οικοδομικών υλικών στο Ηνωμένο Βασίλειο

---

<sup>48</sup> <http://www.aluminium.org.gr/>

<sup>49</sup> ΚΟΛΛΙΑΣ Π.Σ., Απορρίμματα, Λύχνος Ε.Π.Ε.-Γραφικές Τέχνες, Αθήνα 2004

<sup>50</sup> HOW SUSTAINABLE IS CONCRETE? Leslie Struble and Jonathan Godfrey, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA, International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology, Held in Beijing, China, May 20–21, 2004

<sup>51</sup> A project under the Framework contract ENV.G.4/FRA/2008/0112 SERVICE CONTRACT ON MANAGEMENT OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE – SR1 Draft Final Report Task 2 May 2010

<sup>52</sup> ΕΦΡΑΙΜΙΔΗΣ Χαράλαμπος, Ι., «ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΑΛΑΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ», *1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων*, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου, 2008

<sup>53</sup> [www.shelman.gr](http://www.shelman.gr)

<sup>54</sup> Joint Research Centre, 2009, Study on the selection of waste streams for the End of Waste assessment, Final Report, p 123

<sup>55</sup> WRAP, 2009, Wood Waste Market in the UK

<sup>56</sup> Ν. Μουσιόπουλος, Ε. Ιακώβου, Α. Παπαδόπουλος, Χ. Αχίλλας, Δ. Αηδόνης, Δ. Αναστασέλος, Γ. Μπανιάς, «Αξιοποίηση Αποβλήτων Εκσκαφών Κατασκευών και Κατεδαφίσεων», ΥΔΡΟΓΑΙΑ. Τιμητικός Τόμος στον Καθηγητή Χρήστο Τζιμόπουλο, σελ 414-420.

<sup>57</sup> Εκπόνηση Εννέα (9) Κλαδικών Μελετών Για Τις Μικρομεσαίες Επιχειρήσεις Κλάδος Κατασκευής Γυαλιού Και Προϊόντων Από Γυαλί, [http://observatory.eommex.gr/eommex/105\\_ELL\\_HTML.aspx](http://observatory.eommex.gr/eommex/105_ELL_HTML.aspx)

---

<sup>58</sup> [www.staywithclay.com](http://www.staywithclay.com)

<sup>59</sup> [gamlemursten.dk/images/stories/pdfdokumenter/Old\\_Clean\\_Bricks.pdf](http://gamlemursten.dk/images/stories/pdfdokumenter/Old_Clean_Bricks.pdf)

<sup>60</sup> Μουσιόπουλος Ν., Ιακώβου Ε., Παπαδόπουλος Α., Αχίλλας Χ., Αηδόνης Δ., Αναστασέλος Δ., Μπανιάς Γ., «Εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης δομικών υλικών στο τέλος της ωφέλιμης τους ζωής», 1<sup>ο</sup> πανελλήνιο συνέδριο δομικών υλικών και στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου 2008

<sup>61</sup> [www.fibran.gr](http://www.fibran.gr)

<sup>62</sup> <http://www.recyclingsympraxis.gr/page/technologies/cdw>

<sup>63</sup> Μ. Κατσάκου, Σ. Κόλιας, «Μηχανικά χαρακτηριστικά ανακυκλωμένων με τσιμέντο μιγμάτων θραυστού αμμοχάλικου και φρεζαρισμένου ασφαλτομίγματος», Eco Efficiency Τεχνική & Συμβουλευτική ΕΠΕ., Εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ), Αθήνα, 2009

<sup>64</sup> Λοΐζος Α., Παπαβασιλείου Β., Αποκατάσταση Οδικών Τμημάτων Αυτοκινητοδρόμων με Χρήση της Τεχνικής της Ανακύκλωσης με Αφρώδη Ασφαλτο, 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Βόλος, 18-20 Μαΐου 2005

<sup>65</sup> ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Δ.Χ., «ΒΙΩΣΙΜΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ», Β΄ έκδοση, εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη 2007, σελ 100-120.

<sup>66</sup> P U B L I C T E C H N O L O G Y . I N C, US Green Building Council, Sustainable Building Technical Manual, Green Building Design, Construction, and Operations, 1996

<sup>67</sup> <http://www.iso.org>



---

<sup>68</sup> Σ.Κ Μυλωνάς, ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΟΔΟΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ, Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής, Έβδομο Εθνικό Συνέδριο για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας (Πάτρα 2002)

<sup>69</sup> SUSCON, LIFE05 ENV/GR/000235, Sustainable Construction in Public and Private Works through IPP, 29 March 2007

<sup>70</sup> Graham Treloar, Roger Fay, Benedict Ilozor, Peter Love, (2001) "Building materials selection: greenhouse strategies for built facilities", Facilities, Vol. 19 Iss: 3/4, pp.139 – 150

<sup>71</sup> INVENTORY OF CARBON & ENERGY (ICE), Version 1.6a, Prof. Geoff Hammond & Craig Jones Sustainable Energy Research Team (SERT) Department of Mechanical Engineering University of Bath, UK, 2008

<sup>72</sup> M. Asif, T. Muneera and R. Kelley, «Life cycle assessment: A case study of a dwelling home in Scotland», Building and Environment, Volume 42, Issue 3, March 2007, Pages 1391-1394

<sup>73</sup> CSIRO Built Environment – Online Brochure. [www.dbce.csiro.au/ind-serv/brochures/embodied/embodied.htm](http://www.dbce.csiro.au/ind-serv/brochures/embodied/embodied.htm)

<sup>74</sup> Roberta Forsell Stauffer of National Technical Assistance Service (NATAS), published in Resource Recycling, Jan/Feb 1989

<sup>75</sup> Pinto, T.P., Agopyan, V., 1994. Construction waste as raw materials for low-cost construction products. In: Kibert, C.J. (Ed.), Proceedings of the First Conference of CIB TG 16 on Sustainable Construction. Tampa, Florida, pp. 335–342

---

<sup>76</sup> Bossink, B.A.G., Brouwers, H.J.H., 1996. Construction waste: quantification and source evaluation. *Journal of Construction Engineering and Management* ASCE 122, p. 55–60

<sup>77</sup> Fatta D., Papadopoulos A., Avramikos E., Sgourou E., Moustakas K., Kourmoussis F., Mentzis A. and Loizidou M., “Generation and management of Construction and Demolition waste in Greece-An existing challenge”, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 40, pp81-91, 2003.

<sup>78</sup> Fatta D., Papadopoulos A., Kourmoussis F., Mentzis A., Sgourou E., Moustakas K., and Loizidou M., “Estimation Methods for the Generation of Construction and Demolition Waste in Greece”, *Proceedings of the International Conference: Sustainable Waste Management and Recycling: Challenges and Opportunities*, Vol. 2, pp. 25-34, London, 2004.

<sup>79</sup> SMARTWasteTM, 2008. Building Research Establishment (BRE) Ltd., Watford, United Kingdom. [www.smartwaste.co.uk](http://www.smartwaste.co.uk)

<sup>80</sup> Jaime Solís-Guzmán , Madelyn Marrero, Maria Victoria Montes-Delgado, Antonio Ramírez-de-Arellano, A Spanish model for quantification and management of construction waste, *Waste Management* 29 (2009) 2542–2548

<sup>81</sup> [http://ec.europa.eu/environment/life/countries/documents/greece\\_gr\\_oct06.pdf](http://ec.europa.eu/environment/life/countries/documents/greece_gr_oct06.pdf)

<sup>82</sup> ΤΕΕ, ενημερωτικό δελτίο, τεύχος 2607, 8 Νοεμβρίου 2010, σελ 18

<sup>83</sup> <http://ec.europa.eu/eurostat>

<sup>84</sup> Πρόγραμμα LIFE της ΕΕ (LIFE 00 ENV/GR/000739), Μ. Ζυγούρας και Α. Καραγιαννίδης, «ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΠΟ ΜΙΑ ΠΙΛΟΤΙΚΗ

---

ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΕΙΣ», Heleco '05, ΤΕΕ, Αθήνα, 3-6 Φεβρουαρίου 2005

<sup>85</sup> ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ Ν., ΖΥΓΟΥΡΑΣ Μ., «ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΑ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ», 15ο Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, Αλεξανδρούπολη, 25-27 Οκτωβρίου, 2006

<sup>86</sup> Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (ΕΚΑ): Κατάλογος Αποβλήτων σύμφωνα με το Παράρτημα της Απόφασης 2000/532/ΕΚ, όπως έχει τροποποιηθεί με τις Αποφάσεις 2001/118/ΕΚ, 2001/119/ΕΚ και 2001/573/ΕΚ της Επιτροπής Ε.Κ.

<sup>87</sup> Πρακτικά προγράμματος LIFE 00 ENV/GR/000739, Ανακύκλωση αδρανών υλικών από κατεδαφίσεις

<sup>88</sup> WBCSD (World Business Council for Sustainable Development ), June 2009, *The Cement Sustainability Initiative, Recycling concrete*

<sup>89</sup> European Topic Center on Resource and Waste Management, 2009, *EU as a Recycling Society - Present Recycling Levels of Municipal Waste and C&D Waste in the EU*

<sup>90</sup> EUROSTAT Statistics, accessed between February and April 2010

<sup>91</sup> Umweltbundesamt, 2008, *Aggregates Case Study - Final Report*

<sup>92</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) and Umweltbundesamt (UBA) (2009) *Umweltwirtschaftsbericht 2009*, Berlin

<sup>93</sup> European Concrete Platform ASBL, February 2009, *Sustainable benefits of Concrete Structures*

---

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

### ΕΘΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΑ ΑΜΕΣΑ Η ΕΜΜΕΣΑ ΤΑ ΑΕΚΚ

#### Α. ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

- Νόμος 1428/1984 (ΦΕΚ Α' 43/11.4.84) «Εκμετάλλευση λατομείων αδρανών υλικών και άλλες διατάξεις»
- Ν. 1650/1986 (ΦΕΚ Α 160/16.10.86) «Για την προστασία του περιβάλλοντος» όπως τροποποιήθηκε με το Ν.3010/02.
- Π.Δ. 334/1994 (ΦΕΚ 176/Α`/25.10.1994) Προϊόντα δομικών κατασκευών
- ΚΥΑ 114218/1997 (ΦΕΚ Β 1016/17.11.97) «Κατάρτιση πλαισίου Προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων»
- Υ.Α. 7589/731/2000 (ΦΕΚ 514/Β`/11.4.2000) Καθορισμός μέτρων και όρων για τη διαχείριση των πολυχλωροδιφαινυλίων και των πολυχλωροτριφαινυλίων (PCB/PCT)
- Υ.Α. οικ. 14312/1302/2000 - Συμπλήρωση και εξειδίκευση της υπ αριθ 113944/1944/97 κοινής Υπουργικής Απόφασης με θέμα: «Εθνικός Σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων (Γενικές κατευθύνσεις της πολιτικής διαχείρισης των στερεών αποβλήτων) (1016/Β/97)
- Ν. 2939/2001 (ΦΕΚ 179/Α`/6.8.2001) Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων - Ίδρυση Εθνικού Οργανισμού Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και άλλων προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ) και άλλες διατάξεις
- ΚΥΑ 15393/2332/2002 (ΦΕΚ Β 1022/5.8.02) «Κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες σύμφωνα με το άρθρο 3 του Ν. 1650/1986 όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 1 του Ν.3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν.1650/86 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ κ.ά (Α' 91)»

- 
- ΚΥΑ 25535/3281/02 (ΦΕΚ Β 1463/20.11.02) «Έγκριση περιβαλλοντικών όρων από το Γενικό Γραμματέα της Περιφέρειας των έργων και δραστηριοτήτων που κατατάσσονται στην υποκατηγορία 2 της Α' κατηγορίας σύμφωνα με την υπ' αρ. ΗΠ 15393/2332/2002 ΚΥΑ «Κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων σε κατηγορίες κ.λ.π.»(Β' 1022)»
  - Υ.Α. Η.Π. 29407/3508/2002 (ΦΕΚ 1572/Β`/16.12.2002) Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων
  - ΚΥΑ 11014/703/Φ104/2003 (ΦΕΚ Β 332/20.3.03) «Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (ΠΠΕΑ) και Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν.1650/1986 (Α' 160) όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του Ν.3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν. 1650/86 με τις Οδηγίες 97/11/ΕΕ. και 96/61/ΕΕ...και άλλες διατάξεις» (Α' 91)»
  - ΚΥΑ 18083/1098 Ε.103/ 2003 (ΦΕΚ Β 606/15.5.03) «Σχέδια διάθεσης /απολύμανσης συσκευών που περιέχουν PCB – Γενικές κατευθύνσεις για τη συλλογή και μετέπειτα διάθεση συσκευών και αποβλήτων με PCB, σύμφωνα με το άρθρο 7 της κοινής υπουργικής απόφασης 7589/731/2000 (Β' 514)»
  - ΚΥΑ 37111/2021/2003 (ΦΕΚ Β 1391/29.9.03) «Καθορισμός τρόπου ενημέρωσης και συμμετοχής του κοινού κατά τη διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων των έργων και δραστηριοτήτων σύμφωνα με την παράγραφο 2 του άρθρου 5 του Ν.1650/1986 όπως αντικαταστάθηκε με τις παραγράφους 2 και 3 του άρθρου 3 του Ν.3010/2002»
  - ΚΥΑ 50910/2727/2003 (ΦΕΚ Β 1909/22.12.2003) «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης»
  - Υ.Α. οικ. 105857/2003 (ΦΕΚ 391/Β`/4.4.2003) Έγκριση του συλλογικού συστήματος Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών «ΚΕΝΤΡΟ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ»

- 
- ΚΥΑ 22912/1117/2005 (ΦΕΚ Β 759/06.06.2005) «Μέτρα και όροι για την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων»
  - ΚΥΑ οικ.145799/2005 (ΦΕΚ Β 1002/18.07.05) «Συμπλήρωση της υπ' αριθμ. Η.Π. 15393/2332/2002 (ΦΕΚ 1022/Β/5.8.2002) κοινής υπουργικής απόφασης, Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, σύμφωνα με το άρθρο 3 του ν. 1650/1986 (Α' 160) όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 1 του ν. 3010/2002 «Εναρμόνιση του ν. 1650/1986 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ κ.α. (Α'91)»
  - Υ.Α. 437/2005/2006 - Εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας προς την οδηγία 2004/42/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Απριλίου 2004 όσον αφορά στον περιορισμό των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων που οφείλονται στη χρήση οργανικών διαλυτών σε χρώματα διακόσμησης και βερνίκια και σε προϊόντα επαναβαφής (επισκευαστικής βαφής) αυτοκινήτων και για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/13/ΕΚ
  - ΚΥΑ 4641/232/2006 (ΦΕΚ Β 168/13-02-06) «Καθορισμός τεχνικών προδιαγραφών μικρών χώρων υγειονομικής ταφής αποβλήτων σε νησιά και απομονωμένους οικισμούς, κατ' εφαρμογή του άρθρου 3 (παρ.4) σε συνδυασμό με το άρθρο 20 (παράρτημα Ι) της υπ' αριθμ. 29407/3508/2002 ΚΥΑ «Μέτρα και όροι για υγειονομική ταφή των αποβλήτων» (Β' 1572)»
  - Υ.Α. Η.Π. 13588/725/2006 (ΦΕΚ 383/Β'/28.3.2006) Μέτρα όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ «για τα επικίνδυνα απόβλητα» του Συμβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 1991. Αντικατάσταση της υπ αριθ. 19396/1546/1997 κοινή υπουργική απόφαση «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων» (604 Β)
  - Υ.Α. Η.Π. 24944/1159/2006 (ΦΕΚ 791/Β'/30.6.2006) Έγκριση Γενικών Τεχνικών Προδιαγραφών για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων

- 
- σύμφωνα με το άρθρο 5 (παρ. Β) της υπ αριθμ. 13588/725 κοινή υπουργική απόφαση «Μέτρα όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων κ.λπ» (383 Β) και σε συμμόρφωση με τις διατάξεις του άρθρου 7 (παρ. 1) της οδηγίας 91/156/ΕΚ του Συμβουλίου της 18ης Μαρτίου 1991»
- Τροποποίηση της υπ' αριθμ.13588/725/2006 κοινή υπουργική απόφαση «Μέτρα όροι και περιορισμοί για την διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων ... κ.λπ.» (Β' 383) και της υπ' αριθμ. 24944/1159/206 κοινή υπουργική απόφαση «Έγκριση Γενικών Τεχνικών Προδιαγραφών για την διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων ... κ.λπ.» (Β' 791).”
  - ΚΥΑ 8668/2007 (ΦΕΚ Β 287/02.03.2007) “Έγκριση Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Επικίνδυνων Αποβλήτων (ΕΣΔΕΑ), σύμφωνα με το άρθρο 5 (παρ. Α) της υπ' αριθμ. 13588/725 κοινή υπουργική απόφαση «Μέτρα, όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων κ.λπ.» (Β' 383) και σε συμμόρφωση με τις διατάξεις του άρθρου 7 (παρ.1) της υπ' αριθμ. 91/156/ΕΚ οδηγίας του Συμβουλίου της 18ης Μαρτίου 1991.
  - Υ.Α. 9268/469/2007 (ΦΕΚ 286/Β`/2.3.2007) Τροποποίηση των ποσοτικών στόχων για την ανάκτηση και ανακύκλωση των αποβλήτων των συσκευασιών σύμφωνα με το άρθρο 10 (παρ. Α1, τελευταίο εδάφιο) του ν. 2939/01 (179/Α), καθώς και άλλων διατάξεων του νόμου αυτού, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2004/12/ΕΚ για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας», του Συμβουλίου της 11ης Φεβρουαρίου 2004
  - Υ.Α. 36259/1757/Ε103/2010 (ΦΕΚ 1312/Β`/24.8.2010) Μέτρα, όροι και προγράμματα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ)
  - Ν. 3854/2010 (ΦΕΚ 94/Α`/23.6.2010) Τροποποίηση της νομοθεσίας για την εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων και τον Εθνικό Οργανισμό Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων (ΕΟΕΔΣΑΠ) και άλλες διατάξεις

## **Β. ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ**

Κατάλογος Αποφάσεων, Οδηγιών και Κανονισμών που περιλαμβάνονται στην ισχύουσα Κοινοτική νομοθεσία και επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα την διαχείριση των ΑΕΚΚ.

- Οδηγία 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 15<sup>ης</sup> Ιουλίου 1975 περί των στερεών αποβλήτων
- 76/431/ΕΟΚ: Απόφαση της Επιτροπής της 21<sup>ης</sup> Απριλίου 1976 περί συστάσεως Επιτροπής Διαχειρίσεων Αποβλήτων
- Οδηγία 76/403/ΕΟΚ:PCBs/PCTs
- Οδηγία 91/156/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 18<sup>ης</sup> Μαρτίου 1991 για την τροποποίηση της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ περί των στερεών αποβλήτων
- Οδηγία 91/689/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 12<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 1991 για τα επικίνδυνα απόβλητα
- 94/3/ΕΚ: Απόφαση της Επιτροπής της 20<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 1993 για τη θέσπιση καταλόγου αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 1α) της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου περί των στερεών αποβλήτων
- 94/741/ΕΚ: Απόφαση της Επιτροπής της 24<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 1994 σχετικά με τα ερωτηματολόγια των εκθέσεων των χωρών – μελών που αφορούν στην εφαρμογή ορισμένων Οδηγιών στον τομέα των αποβλήτων (εφαρμογή της Οδηγίας 91/692/ΕΟΚ του Συμβουλίου)
- Οδηγία 94/55/ΕΚ του Συμβουλίου της 21<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 1994 για την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τις οδικές μεταφορές επικίνδυνων εμπορευμάτων
- Οδηγία 94/62/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 20<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 1994 για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας
- 94/904/ΕΚ: Απόφαση του Συμβουλίου της 22ας Δεκεμβρίου 1994 για την κατάρτιση καταλόγου επικίνδυνων αποβλήτων κατά εφαρμογή του άρθρου 1 παράγραφος 4 της Οδηγίας 91/689/ΕΟΚ για τα επικίνδυνα απόβλητα



- 
- Οδηγία 95/50/EK: Οδικές μεταφορές επικίνδυνων αποβλήτων
  - 96/302/EK: Απόφαση της Επιτροπής της 17<sup>ης</sup> Απριλίου 1996, για τη θέσπιση της μορφής υπό την οποία πρέπει να παρέχονται οι πληροφορίες σύμφωνα με το άρθρο 8 παράγραφος 3 της Οδηγίας 91/689/ΕΟΚ του Συμβουλίου σχετικά με τα επικίνδυνα απόβλητα
  - Οδηγία 96/59/EK:PCBs/PCTs
  - Οδηγία 96/61/EK του Συμβουλίου της 24<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 1996 σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης
  - Οδηγία 96/82/EK: Κίνδυνοι από ατυχήματα σχετιζόμενα με επικίνδυνες ουσίες
  - Οδηγία 96/86/EK: Οδικές μεταφορές επικίνδυνων αποβλήτων
  - 97/129/EK: Απόφαση της Επιτροπής της 28<sup>ης</sup> Ιανουαρίου 1997 που καθιερώνει το σύστημα προσδιορισμού για τα υλικά συσκευασίας σύμφωνα με την οδηγία 94/62/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τα απόβλητα συσκευασίας
  - 97/138/EK: Απόφαση της Επιτροπής της 27<sup>ης</sup> Μαΐου 1997 όσον αφορά τα ερωτηματολόγια για τις εκθέσεις των χωρών – μελών σχετικά με την εφαρμογή ορισμένων Οδηγιών στον τομέα των αποβλήτων (εφαρμογή της Οδηγίας 91/692/ΕΟΚ του Συμβουλίου)
  - Ψήφισμα του Συμβουλίου της 24<sup>ης</sup> Φεβρουαρίου 1997 για την κοινοτική στρατηγική διαχείρισης αποβλήτων
  - 98/184/EK: Απόφαση της Επιτροπής της 25<sup>ης</sup> Φεβρουαρίου 1998 περί ερωτηματολογίου για την κατάρτιση των εκθέσεων των χωρών – μελών σχετικά με την εφαρμογή της Οδηγίας 94/67/EK του Συμβουλίου για την αποτέφρωση των επικίνδυνων αποβλήτων (εφαρμογή της Οδηγίας 91/692/EK του Συμβουλίου)
  - Οδηγία 1999/31/EK του Συμβουλίου της 26<sup>ης</sup> Απριλίου 1999 περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων
  - 1999/412/EK: Απόφαση της Επιτροπής της 3<sup>ης</sup> Ιουνίου 1999 σχετικά με ένα ερωτηματολόγιο για την υποχρέωση υποβολής εκθέσεων των κρατών

- 
- μελών σύμφωνα με το άρθρο 41 παράγραφος (2) του κανονισμού (ΕΟΚ) αριθ. 259/93 του Συμβουλίου (που δηλώνεται υπό τον αριθμό εγγράφων γ(1999)1456)
- 1999/652/ΕΚ: Απόφαση της Επιτροπής της 15<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 1999 που επιβεβαιώνει τα μέτρα που δηλώνονται από το Βέλγιο σύμφωνα με το άρθρο 6 παράγραφος (6) της οδηγίας 94/62/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη συνεργασία και τα απόβλητα συσκευασίας (που δηλώνονται κάτω από τον αριθμό εγγράφων γ (1999)3818)
  - 1999/823/ΕΚ: Απόφαση της Επιτροπής της 22ας Νοεμβρίου 1999 που επιβεβαιώνει τα μέτρα που δηλώνονται από τις Κάτω Χώρες σύμφωνα με το άρθρο 6 παράγραφος (6) της οδηγίας 94/62/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την συσκευασία και τα απόβλητα συσκευασίας
  - 2000/532/ΕΚ: Απόφαση της Επιτροπής της 3<sup>ης</sup> Μαΐου 2000, για αντικατάσταση της Απόφασης 94/3/ΕΚ για τη θέσπιση καταλόγου αποβλήτων
  - 2000/738/ΕΚ: Απόφαση της Επιτροπής της 17<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 2000, που αφορά στο ερωτηματολόγιο σχετικά με τις εκθέσεις των κρατών μελών περί της εφαρμογής της Οδηγίας 1999/31/ΕΚ για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων
  - Απόφαση 2001/68/ΕΚ: PCBs/pcts
  - 2001/90/ΕΚ της Επιτροπής, της 26ης Οκτωβρίου 2001, για έβδομη προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο του παραρτήματος Ι της οδηγίας 76/769/ΕΟΚ του Συμβουλίου για την προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών που αφορούν περιορισμούς κυκλοφορίας στην αγορά και χρήσης μερικών επικίνδυνων ουσιών κα παρασκευασμάτων (κρεόζωτο)

- 
- 2001/118/EK: Απόφαση της Επιτροπής της 16<sup>ης</sup> Ιανουαρίου 2001, για τροποποίηση της απόφασης 2000/532/EK όσον αφορά στον κατάλογο αποβλήτων
  - 2001/119/EK: Απόφαση της Επιτροπής της 22ας Ιανουαρίου 2001, για την τροποποίηση της Απόφασης 2000/523/EK που αντικαθιστά την Απόφαση 94/3/EK για τη θέσπιση καταλόγου αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 1 στοιχείο α) της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ περί των στερεών αποβλήτων και της Απόφασης 94/904/EK του Συμβουλίου για την κατάρτιση καταλόγου επικίνδυνων αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 1 παράγραφος 4 της Οδηγίας 91/689/ΕΟΚ του Συμβουλίου για τα επικίνδυνα απόβλητα.
  - 2001/524/EK : Απόφαση της Επιτροπής της 28<sup>ης</sup> Ιουνίου 2001, σχετικά με τη δημοσίευση των στοιχείων αναφοράς των προτύπων EN 13428:2000, EN 13429:2000, EN 13430:2000, EN13431:2000 και EN 13432:2000 στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων στο πλαίσιο της εφαρμογής της Οδηγίας 94/62/EK για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας.
  - 2001/573/EK : Απόφαση του Συμβουλίου της 23<sup>ης</sup> Ιουλίου 2001, για την τροποποίηση της Απόφασης 2000/532/EK της Επιτροπής όσον αφορά στον κατάλογο αποβλήτων.
  - 2003/33/EK : Απόφαση του Συμβουλίου της 19<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 2002 που καθιερώνει τα κριτήρια και τις διαδικασίες για την αποδοχή των αποβλήτων στα υλικά οδοποιίας σύμφωνα με το άρθρο 16 και παράρτημα II της οδηγίας 1999/31/EK.
  - 2003/82/EK : Απόφαση της Επιτροπής 29 που επιβεβαιώνει τα μέτρα του Ιανουαρίου 2003 που δηλώνονται από το Βέλγιο σύμφωνα με το άρθρο 6 παράγραφος (6) της οδηγίας 94/62/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τα απόβλητα συσκευασίας (που δηλώνεται κάτω από τον αριθμό εγγράφων γ(2003) 361)
  - 2005/270/EK: Απόφαση της Επιτροπής της 22ας Μαρτίου 2005 που καθιερώνει τα σχήματα σχετικά με το σύστημα βάσεων δεδομένων

- 
- σύμφωνα με την Οδηγία 94/62/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη συσκευασία και τα απόβλητα συσκευασίας (που δηλώνονται κάτω από τον αριθμό εγγράφων γ(2005) 854).
- Οδηγία 2006/12/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 5ης Απριλίου 2006, περί των στερεών αποβλήτων (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ) (L114 27.4.2006)
  - Οδηγία 2006/139/ΕΟΚ της επιτροπής της 20ής Δεκεμβρίου 2006 για την τροποποίηση της οδηγίας 76/769/ΕΟΚ του Συμβουλίου όσον αφορά τους περιορισμούς κυκλοφορίας στην αγορά και χρήση ενώσεων αρσενικού με σκοπό την προσαρμογή του παραρτήματος Ι της οδηγίας στην τεχνική πρόοδο.
  - Οδηγία 2008/1/EK του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 15ης Ιανουαρίου 2008 σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης
  - Οδηγία 2008/98/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 19ης Νοεμβρίου 2008, για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών.
  - ΝΛΕ 2010/0294, Πρόταση ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ για τη θέσπιση κριτηρίων προσδιορισμού των περιπτώσεων στις οποίες ορισμένοι τύποι απορριμμάτων μετάλλων (σκραπ) παύουν να αποτελούν απόβλητα σύμφωνα με την οδηγία 2008/98/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Νέες οικοδομές και προσθήκες στον Ν. Αττικής βάση της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (ΕΣΥΕ), κατά χρονολογική σειρά.

Ο όγκος εκφράζεται σε m<sup>3</sup> και η επιφάνεια σε m<sup>2</sup>.

Ν. Αττικής	Νέες Οικοδομές				Προσθήκες			
	Αριθμός	Όροφοι	Όγκος	Επιφάνεια	Αριθμός	Όροφοι	Όγκος	Επιφάνεια
2000	8,054	22,575	14,843,167	4,224,740	3,643	4,321	2,989,779	849,725
2001	9,891	27,292	18,107,136	5,129,284	3,796	4,642	3,164,487	885,063
2002	10,610	29,850	19,917,498	5,789,887	3,963	4,968	3,721,832	999,760
2003	9,937	28,670	18,579,523	5,243,342	3,911	4,930	3,801,376	968,144
2004	8,588	25,086	16,024,067	4,506,535	3,711	446	3,552,230	933,038
2005	12,925	42,062	25,884,617	7,563,378	3,790	4,842	3,863,607	1,040,400
2006	10,177	29,959	19,041,639	5,302,728	3,982	5,417	4,581,243	1,185,547
2007	8,537	23,948	16,478,043	4,549,456	3,673	4,976	4,003,097	1,029,393
2008	5,891	16,582	12,368,727	3,370,168	2,819	3,611	2,956,871	750,694
2009	4,718	12,921	8,782,773	2,474,713	2,660	3,401	3,565,905	877,737

Είδος οικοδομικών αδειών στον Ν. Αττικής βάση της ΕΣΥΕ για την χρονική περίοδο 2000-2009.

Ν. Αττικής	Αριθμός αδειών κατά είδος οικοδομικής άδειας				
	Σύνολο	Νέες οικοδομές	Προσθήκες	Επισκευές	Αναπαλαιώσεις
2000	19,790	8,054	2,623	1,589	54
2001	22,885	9,891	2,711	1,802	41
2002	24,746	10,610	2,772	1,983	36
2003	24,177	9,937	2,650	2,052	38
2004	22,630	8,588	2,403	2,062	38
2005	29,700	12,925	2,506	1,664	79
2006	25,313	10,177	2,504	1,775	73
2007	23,960	8,573	2,185	1,847	49
2008	18,368	5,891	1,570	1,577	55
2009	15,335	4,718	1,430	1,700	69

Ν. Αττικής	Αριθμός αδειών κατά είδος οικοδομικής άδειας				
	Κατεδαφίσεις	Περιτοιχήσεις	Νομιμοποιήσεις	Αναθεωρήσεις	Τροποποιήσεις
2000	2,707	200	418	3,868	277
2001	3,041	188	392	4,444	375
2002	3,675	212	423	4,822	413
2003	3,434	175	381	4,926	584
2004	3,265	148	428	5,166	532
2005	5,554	124	414	5,929	505

2006	3,953	163	415	5,672	581
2007	3,403	127	449	6,771	592
2008	2,654	172	301	5,566	582
2009	1,990	120	294	4,413	601

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Για την επιλογή της ενσωματωμένης ενέργειας και των τιμών του άνθρακα για τα διάφορα υλικά που ενσωματώνονται στη βάση δεδομένων του ICE εφαρμόζονται πέντε κριτήρια:

1. **Η συμμόρφωση με εγκεκριμένες μεθοδολογίες / Πρότυπα:** Προτίμηση δόθηκε σε πηγές δεδομένων που τηρούνται αποδεκτές μεθοδολογίες. Στην περίπτωση μιας ιδανικής μελέτης θα έπρεπε τα δεδομένα να είναι συμβατά με το πρότυπο ISO 14040/44 (το διεθνές πρότυπο για την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού κύκλου ζωής). Ωστόσο, ακόμη και μελέτες που συμμορφώνονται με τα πρότυπα ISO μπορεί να έχουν ευρείες και σημαντικές διαφορές στη μεθοδολογία, ως εκ τούτου περαιτέρω κριτήρια επιλογής ήταν απαραίτητα, εξασφαλίζοντας έτσι τη συνοχή των δεδομένων.

- 
2. **Σύστημα ορίων:** Η ενέργεια των πρώτων υλών είχε συμπεριληφθεί μόνον εάν εκπροσωπούν μόνιμη απώλεια πολύτιμων πόρων, όπως η χρήση ορυκτών καυσίμων. Επίσης, η θερμογόνος δύναμη του ξύλου έχει αποκλειστεί.
  3. **Καταγωγή (Χώρα) Δεδομένων:** Στην περίπτωση των περισσότερων υλικών δεν ήταν εφικτό να χρησιμοποιηθούν στοιχεία μόνο από το Ηνωμένο Βασίλειο, και τα καλύτερα διαθέσιμα στοιχεία που αφορούν ενσωματωμένες ενέργειες προέρχονται από ξένες πηγές, (χρησιμοποιώντας, για παράδειγμα, ευρωπαϊκή και παγκόσμια κλίμακα - μέσους όρους). Μια πολύ ισχυρότερη προτίμηση δόθηκε σε στοιχεία που αφορούν τον άνθρακα από πηγές στο Ηνωμένο Βασίλειο, λόγω των εθνικών διαφορών στα μείγματα καυσίμων και ηλεκτρισμού.
  4. **Ηλικία των πηγών των στοιχείων:** Προτεραιότητα δόθηκε στις σύγχρονες πηγές των δεδομένων.
  5. **Ενσωματωμένο άνθρακα:** Εκτιμήθηκε με βάση το τυπικό διαχωρισμό των καυσίμων για τον βιομηχανικό τομέα στο Ηνωμένο Βασίλειο.



## INVENTORY OF CARBON & ENERGY (ICE) SUMMARY

Materials	Embodied Energy & Carbon Data						Comments
	EE - MJ/kg			EC - kgCO2/Kg			
<b>Aggregate</b>							
General	0.1			0.005			
<b>Aluminium</b>							
General	155			8.24			13.8 MJ/kg Feedstock Energy (Included). Assumes UK ratio of 25.6% extrusions, 55.7% Rolled & 18.7% castings. Worldwide recycled content of 33%.
Virgin	218			11.46			
Recycled	28.8			1.69			20.7 MJ/kg Feedstock Energy (Included).
Cast Products	159			8.28			14.3 MJ/kg Feedstock Energy (Included). Worldwide recycled content of 33%.
Virgin	226			11.70			
Recycled	24.5			1.35			21.3 MJ/kg Feedstock Energy (Included).
Extruded	154			8.16			13.6 MJ/kg Feedstock Energy (Included). Worldwide recycled content of 33%.
Virgin	214			11.20			
Recycled	34.1			1.98			20.2 MJ/kg Feedstock Energy (Included).
Rolled	155			8.26			13.8 MJ/kg Feedstock Energy (Included). Worldwide recycled content of 33%.
Virgin	217			11.50			
Recycled	27.8			1.67			20.6 MJ/kg Feedstock Energy (Included).
<b>Asphalt</b>							
General	2.60			0.045			1.91 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
Road & Pavement	2.41			0.14			0.82 MJ/kg Feedstock Energy (Included), reference 123
EXAMPLE: Road	2,672 MJ/Sqm			134 KgCO2/Sqm			906 MJ/Sqm Feedstock Energy (Included)
<b>Bitumen</b>							
General	47			0.48			37.7 (?) MJ/kg Feedstock Energy (Included). Feedstock taken as typical energy content of Bitumen, uncertain carbon dioxide emissions
<b>Brass</b>							
General	44.00			2.42 (?)			poor data availability, largely dependent upon ore grade. Very poor carbon data, uncertain of estimates, which were taken from average quoted emissions per MJ energy
Virgin	80.00			4.39 (?)			
Recycled	20.00			1.1 (?)			
<b>Bricks</b>							
General (Common Brick)	3.00			0.22			
EXAMPLE: Single Brick	8.4 MJ per brick			0.62 kgCO2 per brick			Assuming 2.8 kg per brick
Facing Bricks	8.20			0.52			Very small sample size
EXAMPLE: Single Facing Brick	23 MJ per brick			1.46 kgCO2 per brick			Assuming 2.8 kg per brick
Limestone	0.85			?			
<b>Bronze</b>							
General	77.00			4.1 (?)			Reference 155
<b>Carpet</b>							
General Carpet	74.40			3.89			For per square meter see material profile
Felt (Hair and Jute) Underlay	18.60			0.96			Reference 77
Nylon	67.9 to 149			3.55 to 7.31			Very difficult to select value, few sources, large range, value includes feedstock's
Polyethyleneterephthalate (PET)	106.50			5.55			includes feedstock's
Polypropylene	95.40			5.03			includes feedstock's, for per square meter see material profile
Polyurethane	72.10			3.76			includes feedstock's
Rubber	67.5 to 140			3.91 to 8.11			
Saturated Felt Underlay (Impregnated with Asphalt or tar)	31.70			1.70			Reference 77
Wool	106.00			5.48			For per square meter see material profile, References 57,166 & 234
<b>Cement</b>							
General (Typical)	4.6			0.83			Portland Cement, CEM I
Fibre Cement	10.90			2.11			
Mortar (1:3 cement:sand mix)	1.40			0.213			
Mortar (1:4)	1.21			0.177			
Mortar (1:6)	0.99			0.136			
Mortar (1:1/2:4/2 Cement:Lime:Sand mix)	1.37			0.196			
Mortar (1:1:6 Cement:Lime:Sand mix)	1.18			0.163			
Mortar (1:2:9 Cement:Lime:Sand mix)	1.09			0.143			
Soil-Cement	0.85			0.14			
% Cementitious Replacement	0%	25%	50%	0%	25%	50%	Note 0% is a 'standard' CEM I cement
General (with Fly Ash Replacement)	4.6	3.52	2.43	0.83	0.62	0.42	Portland Cement
General (with Blast Furnace Slag Replacement)	4.6	3.81	3.01	0.83	0.64	0.45	Portland Cement

## INVENTORY OF CARBON & ENERGY (ICE) SUMMARY

Materials	Embodied Energy & Carbon Data		Comments				
	EE - MJ/kg	EC - kgCO2/Kg					
<b>Ceramics</b>							
General	10.00	0.65	Very Large data range, difficult to select best value.				
Fittings	20.00	1.05	Reference 1				
Refractory products	5.50	0.51					
Sanitary Products	29.00	1.48					
Tile	9.00	0.59	Very large data range				
<b>Clay</b>							
General (Simple Baked Products)	3.00	0.22	General simple baked clay products (inc. terracotta)				
Tile	6.50	0.46					
Vitrified clay pipe DN 100 & DN 150	6.19	0.45					
Vitrified clay pipe DN 200 & DN 300	7.03	0.49					
Vitrified clay pipe DN 500	7.86	0.53					
<b>Concrete</b>							
General	0.95	0.130	Use of a specific concrete specification is preferred to gain greater accuracy.				
<b>NOMINAL PROPORTIONS METHOD (Volume), Proportions from BS 8500:2006 (ICE Cement, Mortar &amp; Concrete Model Calculations)</b>							
1:1:2 Cement:Sand:Aggregate	1.39	0.209	(High strength)				
1:1.5:3	1.11	0.159	(used in floor slab, columns & load bearing structure)				
1:2:4	0.95	0.129	(Typical in construction of buildings under 3 storeys)				
1:2.5:5	0.84	0.109					
1:3:6	0.77	0.096	(non-structural mass concrete)				
1:4:8	0.69	0.080					
<b>REINFORCED CONCRETE</b>							
For reinforcement add to selected coefficient for each 25kg rebar	0.26	0.018	Add for each 25 kg Steel per m3 concrete				
EXAMPLE: Reinforced RC30 (below)	2.12 (1.08 + 0.26 * 4)	0.241 (0.153 + 0.018 * 4)					
<b>CONCRETE BLOCKS (ICE CMC Model Values)</b>							
Block - 8 MPa Compressive Strength	0.60	0.061	Estimated from concrete block mix proportions.				
Block - 10 MPa	0.67	0.074					
Block - 12 MPa	0.71	0.080					
Block - 13 MPa	0.81	0.098					
Autoclaved Aerated Blocks (AAC's)	3.50	0.28 to 0.375	Not ICE CMC model results				
<b>MISCELLANEOUS VALUES</b>							
Prefabricated Concrete	2.00	0.215	Literature resources suggest this value, unknown why so high!				
Fibre-Reinforced	7.75	0.450					
Concrete Road & Pavement	1.24	0.127					
EXAMPLE Road	2,085 MJ/Sqm	187.7 KgCO2/Sqm					
Wood-Wool Reinforced	2.08	-	Reference 12				
<b>% Cement Replacement - Fly Ash</b>							
	0%	25%	50%	0%	25%	50%	Note 0% is a standard concrete
GEN 0	0.64	0.57	0.50	0.071	0.058	0.046	Compressive Strength C8/8 MPa
GEN 1	0.77	0.66	0.56	0.095	0.077	0.058	C8/10; Mass Concrete, mass fill, mass foundations
GEN 2	0.81	0.70	0.58	0.103	0.083	0.062	C12/15
GEN 3	0.85	0.73	0.60	0.112	0.089	0.066	C16/20
RC20	0.95	0.80	0.65	0.128	0.102	0.075	C20/25
RC25	0.99	0.83	0.67	0.136	0.108	0.079	C25/30
RC30	1.08	0.90	0.72	0.153	0.120	0.087	C30/37; (Strong) foundations
RC35	1.13	0.94	0.74	0.161	0.126	0.091	C35/45; Ground floors
RC40	1.17	0.97	0.77	0.169	0.132	0.096	C40/50; Structural purposes, in situ floors, walls, superstructure
RC50	1.41	1.15	0.88	0.212	0.165	0.117	C50
PAV1	1.04	0.87	0.70	0.145	0.114	0.083	C25/30
PAV2	1.08	0.90	0.72	0.153	0.120	0.087	C28/35
<b>% Cement Replacement - Blast Furnace Slag</b>							
	0%	25%	50%	0%	25%	50%	Note 0% is a standard concrete
GEN 0	0.64	0.59	0.54	0.071	0.059	0.048	Compressive Strength C6/8 MPa
GEN 1	0.77	0.69	0.62	0.095	0.078	0.061	C8/10; Mass Concrete, mass fill, mass foundations
GEN 2	0.81	0.70	0.65	0.103	0.083	0.065	C12/15
GEN 3	0.85	0.76	0.67	0.112	0.091	0.070	C16/20
RC20	0.95	0.84	0.73	0.128	0.103	0.079	C20/25
RC25	0.99	0.88	0.76	0.136	0.110	0.083	C25/30
RC30	1.08	0.95	0.82	0.153	0.122	0.092	C30/37; (Strong) foundations
RC35	1.13	0.99	0.85	0.161	0.129	0.096	C35/45; Ground floors
RC40	1.17	1.03	0.88	0.169	0.135	0.101	C40/50; Structural purposes, in situ floors, walls, superstructure
RC50	1.41	1.22	1.03	0.212	0.168	0.124	C50
PAV1	1.04	0.91	0.79	0.145	0.116	0.088	C25/30
PAV2	1.08	0.95	0.82	0.153	0.122	0.092	C28/35
<b>COMMENTS</b>							
The first column represents standard concrete, created with 100% Portland cement. The other columns are estimates based on a direct substitution of fly ash or blast furnace slag in place of the cement content. The ICE Cement, Mortar & Concrete Model was applied. It was assumed that there will be no changes in the quantities of water, aggregates or plasticiser/additives due to the use of cementitious replacement materials.							

## INVENTORY OF CARBON & ENERGY (ICE) SUMMARY

Materials	Embodied Energy & Carbon Data		Comments
	EE - MJ/kg	EC - kgCO2/Kg	
<b>Copper</b>			
General	40 to 55	2.19 to 3.83 (?)	Conflicting data, possibly due to large variations in ore grade. Assumes recycled materials of 46%. See material profiles for further details
Virgin	70 (?)	3.83 (?)	Large data range, very difficult to select possibly due to large variations in ore grade and therefore embodied energy and carbon.
Recycled from high grade scrap	17.5 (?)	0.96 (?)	
Recycled from low grade scrap	50 (?)	2.75 (?)	
<b>Glass</b>			
General	15.00	0.85	Poor data availability on recycled glass. Virgin Glass releases 0.185 Kg CO2 during production processes (Additional to energy emissions) this has been factored in (Fact taken from British Glass). Recycling rate from British glass report towards sustainable development 2004, difficult to select embodied carbon
Fibreglass (Glasswool)	28.00	1.53	
Toughened	23.50	1.27	Only three data sources
<b>Insulation</b>			
General Insulation	45.00	1.86	Estimated from typical market shares, Feedstock Energy 16.5 MJ/kg (Included)
Cellular Glass	27.00	-	Reference 48
Cellulose	0.94 to 3.3	-	
Cork	4.00	0.19	Reference 49
Fibreglass (Glasswool)	28.00	1.35	Poor data difficult to select appropriate value
Flax (Insulation)	39.50	1.70	Reference 2, 5.97 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
Mineral wool	16.60	1.20	
Rockwool (stonewool)	16.80	1.05	
Paper wool	20.17	0.63	Reference 2
Polystyrene	See Plastics	See Plastics	see plastics
Polyurethane	See Plastics	See Plastics	see plastics
Woodwool (loose)	10.80	-	Reference 168
Woodwool (Board)	20.00	0.98	Reference 49
Wool (Recycled)	20.90	-	References 57, 166 & 234
<b>Iron</b>			
General	25.00	1.91 (?)	Uncertain
<b>Lead</b>			
General	25.00	1.33	Allocated (divided) on a mass basis, assumes recycling rate of 61.5%
Virgin	49.00	2.61	
Recycled	10.00	0.53	
Virgin if produced with zinc	13.6 to 23.6	0.72 to 1.25	Allocated by system expansion (i.e. energy contributable to zinc by other processes)
<b>Lime</b>			
General	5.30	0.74	Embodied carbon was difficult to estimate
<b>Linoleum</b>			
General	25.00	1.21	Data difficult to select, large data range.
<b>Miscellaneous</b>			
Asbestos	7.40	-	Reference 4
Calcium Silicate Sheet	2.00	0.13	Reference 49
Chromium	83	5.39	Reference 21
Cotton, Padding	27.10	1.28	Reference 34
Cotton, Fabric	143	6.78	Reference 34
Damp Proof Course/Membrane	134	4.20	
Felt General	36	-	
Flax	33.50	1.70	Reference 2
Fly Ash	0.10	0.01	
Grit	0.12	0.01	Reference 92
Carpet Grout	30.80	-	Reference 139
Glass Reinforced Plastic - GRP - Fibreglass	100	8.10	Reference 1
Lithium	863	5.30	Reference 92
Mandolite	63	1.40	Reference 1
Mineral Fibre Tile (Roofing)	37	2.70	Reference 1
Manganese	52	3.50	Reference 21
Mercury	87	4.94	Reference 21
Molybdenum	378	30.30	Reference 21
Nickel	184	12.40	Reference 92
Perlite - Expanded	10.00	0.52	Reference 92
Perlite - Natural	0.66	0.03	Reference 92
Quartz powder	0.85	0.02	Reference 92
Shingle	11.30	0.30	Reference 62
Silicon	2355	-	Reference 138
Slag (GGBS)	1.33	0.07	Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBS)
Silver	128.20	6.31	Reference 124
Straw	0.24	0.01	References 57, 166 & 234
Terrazzo Tiles	1.40	0.12	Reference 1
Vanadium	3710.00	228.00	Reference 21
Vermiculite - Expanded	7.20	0.52	Reference 92
Vermiculite - Natural	0.72	0.03	Reference 92
Vicucad	70.00	-	Reference 1

## INVENTORY OF CARBON & ENERGY (ICE) SUMMARY

Materials	Embodied Energy & Carbon Data		Comments
	EE - MJ/kg	EC - kgCO <sub>2</sub> /Kg	
			EE = Embodied Energy, EC = Embodied Carbon
Water	0.20	-	Reference 139
Wax	52.00	-	Reference 139
Wood stain/Varnish	50.00	5.35	Reference 1
General Wool	3.00	0.15	Reference 155
Yttrium	1470	84.00	Reference 21
Zirconium	1610	97.20	Reference 21
<b>Paint</b>			
General	68.00	3.56	Large variations in data, especially for carbon emissions.
EXAMPLE: Single Coat	10.2 MJ/Sqm	0.53 kgCO <sub>2</sub> /Sqm	Assuming 6.86 Sqm Coverage per kg
EXAMPLE: Double Coat	20.4 MJ/Sqm	1.06 kgCO <sub>2</sub> /Sqm	Assuming 3.33 Sqm Coverage per kg
EXAMPLE: Triple Coat	30.6 MJ/Sqm	1.60 kgCO <sub>2</sub> /Sqm	Assuming 2.22 Sqm Coverage per kg
<b>Paper</b>			
Paperboard (General for construction use)	24.80	1.32	Excluding CV of wood, excludes carbon sequestration
Fine Paper	28.20	1.50	Excluding CV of wood, excludes carbon sequestration
Wallpaper	36.40	1.93	
<b>Plaster</b>			
General (Gypsum)	1.80	0.12	Problems selecting good value, inconsistent figures, West et al believe this is because of past aggregation of EE with cement
Plasterboard	6.75	0.38	
<b>Plastics</b>			
General	80.50	2.53	35.6 MJ/kg Feedstock Energy (Included). Determined by the average use of each type of plastic used in the European construction industry
ABS	95.30	3.10	48.6 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
General Polyethylene	83.10	1.94	54.4 MJ/kg Feedstock Energy (Included). Based on average use of types of PE in European construction
High Density Polyethylene (HDPE)	76.70	1.60	54.3 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
HDPE Pipe	84.40	2.00	55.1 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
Low Density Polyethylene (LDPE)	78.10	1.70	51.6 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
LDPE Film	89.30	1.90	55.2 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
Nylon 6	120.50	5.50	38.6 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
Nylon 6,6	138.60	6.50	50.7 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
Polycarbonate	112.90	6.00	36.7 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
Polypropylene, Orientated Film	99.20	2.70	55.7 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
Polypropylene, Injection Moulding	115.10	3.90	54 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
Expanded Polystyrene	88.60	2.50	46.2 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
General Purpose Polystyrene	86.40	2.70	46.3 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
High Impact Polystyrene	87.40	2.80	46.4 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
Thermofomed Expanded Polystyrene	109.20	3.40	49.7 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
Polyurethane	72.10	3.00	34.67 MJ/kg Feedstock Energy (Included). Poor data availability of feedstock energy
PVC General	77.20	2.41	28.1 MJ/kg Feedstock Energy (Included). Assumed market average use of types of PVC in the European construction industry
PVC Pipe	67.50	2.50	24.4 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
Calendered Sheet PVC	68.60	2.60	24.4 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
PVC Injection Moulding	95.10	2.20	35.1 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
UPVC Film	69.40	2.50	25.3 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
<b>Rubber</b>			
General	101.70	3.18	41.1 MJ/kg Feedstock Energy (Included). Assumes that natural rubber accounts for 35% of market. Difficult to estimate carbon emissions.
Synthetic rubber	120.00	4.02	42 MJ/kg Feedstock Energy (Included). Difficult to estimate carbon emissions.
Natural latex rubber	67.60	1.63	39.43 MJ/kg Feedstock Energy (Included). Feedstock from the production of carbon black. Difficult to estimate carbon emissions.
<b>Sand</b>			
General	0.10	0.005	
<b>Sealants and adhesives</b>			
Epoxy Resin	139.30	5.91	42.6 MJ/kg Feedstock Energy (Included)
Mastic Sealant	62.3 to 200	-	
Melamine Resin	113.00	-	Reference 77
Phenol Formaldehyde	87 to 89.3	-	
Urea Formaldehyde	40 to 78.2	1.3 to 2.26	
<b>Soil</b>			
General (Rammed Soil)	0.45	0.023	

## INVENTORY OF CARBON & ENERGY (ICE) SUMMARY

Materials	Embodied Energy & Carbon Data		Comments
	EE - MJ/kg	EC - kgCO2/Kg	
<b>Steel</b>			
General (average of all steels)	24.40	1.77	Estimated from UK mix of materials. Worldwide recycled content of 42.7%
Virgin	35.30	2.75	
Recycled	9.50	0.43	
Bar & rod	24.60	1.71	Recycled content 42.7%
Virgin	36.40	2.68	
Recycled	8.80	0.42	
Engineering steel - Recycled	13.10	0.68	
Pipe - Virgin	34.44	2.70	
Recycled	Not Typical Production Route		
Plate - Virgin	48.40	3.19	
Recycled	Not Typical Production Route		
Section	25.40	1.78	Recycled content 42.7%
Virgin	36.80	2.78	
Recycled	10.00	0.44	
Sheet - Virgin	31.50	2.51	
Recycled	Not Typical Production Route		
Sheet - Galvanised - Virgin	39.00	2.82	
Wire - Virgin	36.00	2.83	
Stainless	56.70	6.15	4.3 MJ/kg Feedstock Energy (Included). This data has been difficult to select, there is highly conflicting data, finally selected world average data from institute of Stainless Steel Forum (ISSF) due to the large extent of the study. Values specified are for the most popular grade (304).
<b>Stone</b>			
General	1.00	0.056	Data on stone was difficult to select, with high standard deviations and data ranges
Stone Gravel/Chippings	0.30	0.017	
Granite	0.1 to 13.9!	0.006 to 0.781	Reference 22
Limestone	0.30	0.017	
Marble	2.00	0.112	
Marble tile	3.33	0.187	
Shale	0.03	0.002	Reference 36
State	0.1 to 1.0	0.006 to 0.056	Large data range
<b>Timber</b>			
General	8.50	0.46	All timber values exclude the Calorific Value (CV) of wood. Timber values were particularly difficult to select!
Glue Laminated timber	12.00	0.65 (?)	Estimated from UK consumption of timber
Hardboard	16.00	0.86	
Laminated Veneer Lumber	9.50	0.51 (?)	Ref 126
MDF	11.00	0.59	Only 4 data sources
Particle Board	9.50	0.51	Very large data range, difficult to select best value
Plywood	15.00	0.81	
Sawn Hardwood	7.80	0.47	
Sawn Softwood	7.40	0.45	
Veneer Particleboard (Furniture)	23.00	1.24	
<b>Tin</b>			
Tin Coated Plate (Steel)	19.2 to 54.7	1.03 to 2.93	
Tin	250.00	13.70	lack of modern data, large range of data
<b>Titanium</b>			
Virgin	361 to 745	-	lack of modern data, large range of data, small sample size
Recycled	258.00	-	lack of modern data, large range of data, small sample size
<b>Vinyl Flooring</b>			
General	65.64	2.29	23.58 MJ/kg Feedstock Energy (Included). Same value as PVC calendered sheet
Vinyl Composite Tiles (VCT)	13.70	-	Reference 77
<b>Zinc</b>			
General	61.90	3.31	uncertain carbon estimates, currently estimated from typical fuel mix
Virgin	72.00	3.86	
Recycled	9.00	0.48	

## INVENTORY OF CARBON & ENERGY (ICE) SUMMARY

Materials	Embodied Energy & Carbon Data		Comments
	EE - MJ/kg	EC - kgCO2/Kg	

EE = Embodied Energy, EC = Embodied Carbon

### Miscellaneous:

	Embodied Energy - MJ	Embodied Carbon - Kg CO2	
<b>PV Modules</b>	MJ/sqm	Kg CO2/sqm	
Monocrystalline	4750 (2590 to 8840)	242 (132 to 440)	Assumed typical industrial fuel mix to estimate CO2
Polycrystalline	4070 (1945 to 5660)	208 (98 to 289)	
ThinFilm	1305 (775 to 1805)	67 (40 to 92)	
<b>Windows</b>	MJ per Window		
1.2mx1.2m Single Glazed Timber Framed Unit	286 ?	14.60	Assumed typical UK industrial fuel mix to estimate CO2
1.2mx1.2m Double Glazed (Air or Argon Filled):	-	-	
Aluminium Framed	5470	279	
PVC Framed	2150 to 2470	110 to 126	
Aluminium - Clad Timber Framed	950 to 1460	48 to 75	
Timber Framed	230 to 490	12 to 25	
Krypton Filled Add:	510	28	
Xenon Filled Add:	4500	229	