



Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΣΤΗΝ
ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΓΚΕΡΕΚΟΣ ΜΑΡΙΟΣ – ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΚΑΛΟΓΕΡΑΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ

ΜΟΛΥΒΑΤΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:

ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΧΡΗΣΤΟΥ ΖΑΧΑΡΙΑΣ

ΠΑΤΡΑ 01/2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
1.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	3
1.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	4
1.3 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	6
1.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ – ΕΤΟΙΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	8
1.4.1 Ποσότητα ασβεστολιθικών πρώτων υλών για την παραγωγή τσιμέντου	8
1.4.2 Ποσότητα ασβεστολιθικών πρώτων υλών (αδρανών) για την παραγωγή σκυροδέματος	9
1.4.3 Συνολική ποσότητα ασβεστολιθικών πρώτων υλών για την παραγωγή τσιμέντου και σκυροδέματος.....	9
1.4.4 Αξία παραγόμενων προϊόντων (τσιμέντο, σκυρόδεμα κ.λπ.).....	10
1.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ.....	11
2.ΤΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΚΑΙ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ.....	15
2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ.....	16
2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ	18
2.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	19
2.3.1 Προετοιμασία πρώτων υλών.....	19
2.3.2 Παραγωγή κλίνκερ.....	21
2.3.2.1 Έψηση	21
2.3.2.2 Εψησιμότητα.....	22
2.3.3 Τελική άλεση.....	22
2.4 ΕΙΔΗ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	24
2.4.1 Ανάλογα με τις πρόσθετες ύλες.....	24

2.4.2 Ανάλογα με την αντοχή τους	25
2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	25
2.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	26
3.ΣΧΕΔΙΟ ΓΕΝΙΚΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ.....	27
3.1 ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΟΥ ΕΜΠΙΠΤΟΥΝ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ IPPC	28
3.1.1 Τήρηση νομοθεσίας	28
3.1.2 Γενικοί κανόνες.....	29
3.2 ΜΕΤΡΑ (ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ) ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΚΟΝΗΣ	31
3.3 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ NO _x	38
3.4 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ SO _x	39
3.5 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ VOC - ΜΕΤΑΛΛΩΝ – ΟΣΜΩΝ	39
3.6 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ	39
3.7 ΆΛΛΑ ΜΕΤΡΑ.....	40
3.8 ΕΙΔΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ.....	53
4.ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ Α΄ ΥΛΕΣ.....	54
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	55
4.2 ΠΟΖΟΛΑΝΕΣ	56
4.2.1 Φυσικές ποζολάνες (P) - θηραϊκή γη	56

4.2.1.1	Ιδιότητες της θηραϊκής γης	57
4.2.2	Τεχνητές ποζολάνες (Q).....	57
4.3	ΙΠΤΑΜΕΝΗ ΤΕΦΡΑ.....	58
4.3.1	Πλεονεκτήματα	59
4.3.2	Εφαρμογές Ιπτάμενης Τέφρας	60
4.3.3	Παραγωγή τσιμέντου	60
4.3.4	Παραγωγή σκυροδέματος	63
4.3.5	Σκυρόδεμα μεγάλων διατομών	64
4.3.6	Κονιάματα – Τσιμεντενέσεις	65
4.3.7	Δομικά τυποποιημένα στοιχεία	66
4.3.8	Δομικά υλικά.....	67
4.3.9	Περιπτώσεις Εφαρμογής.....	68
4.4	ΣΚΩΡΙΕΣ	70
4.4.1	Σκωρίες υψικαμίνων ή Σκωρίες σιδηρουργίας.....	71
4.4.2	Σκωρία ηλεκτρικού κλιβάνου.	72
4.4.3	Σκωρίες χαλυβουργίας.	73
4.4.3.1	Σιδηρούχα σκωρία.....	73
4.4.3.2	Σκωρία κάδου.....	73
4.4.4	Άλλες σκωρίες.....	74
4.4.4.1	Σκωρία μεταλλακτών.....	74
4.4.4.2	Σκωρία ηλεκτροκαμίνων.....	75
4.4.5	Νομοθεσία.....	75
4.4.6	Συμπεράσματα.	76
4.5	ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΑΡΙΝΑΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	78
4.5.1	Νομοθεσία.....	79
4.5.2	Πειραματικό μέρος.....	80
4.5.3	Συνθέσεις φαρίνας τσιμέντου	82
4.5.4	Συμπεράσματα	83

4.6 ΦΘΑΡΜΕΝΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ	84
4.6.1 Νομοθεσία.....	85
4.6.2 Πειραματικό μέρος.....	86
4.6.3 Συμπεράσματα	89
4.7 ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΥΨΟΥ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ	90
4.7.1 Βιομηχανικά παραπροϊόντα (FGD και φωσφογύψος).....	91
4.7.2 Συμπεράσματα	93
4.8 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΟΡΥΚΤΟΥ ΚΑΣΣΙΤΕΡΙΤΗ ΩΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	94
4.8.1 Πειραματική διαδικασία.....	97
4.8.2 Συμπεράσματα	98
4.9 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΙΔΗΡΑΛΟΥΜΙΝΑΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	99
4.9.1 Πειραματική διαδικασία.....	99
4.9.2 Χαρακτηρισμός τσιμέντων	100
4.9.3 Συμπεράσματα	100
4.9.4 Αναφορά στην Μέθοδο Bayer	101
4.10 ΧΡΗΣΗ ΠΕΡΛΙΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΨΕΩΝ	102
4.10.1 Πειραματικό μέρος.....	103
4.10.2 Παρασκευή τσιμέντων	104
4.10.3 Συμπεράσματα	104
5. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ.....	105
5.1 PETROLEUM COKE.....	106
5.1.1 Ευρωπαϊκή και ελληνική νομοθεσία.....	107
5.1.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του pet-coke	109
5.2 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΗΜΕΡΑ.....	110
5.3 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ.....	113

5.3.1 Ελαστικά και Περιβάλλον.....	114
5.3.2 Αξιοποίηση και Ανακύκλωση των Ελαστικών.....	115
5.3.3 Σχετική Νομοθεσία.	117
5.3.4 Η εταιρία Ecoelastika.....	118
5.3.5 Συμπεράσματα	121
5.4 RDF (REFUSE DERIVED FUEL).....	121
5.4.1 Χρήση του RDF	124
5.4.2 Η κατάσταση στην Ελλάδα.....	125
5.4.3 Χρήση του RDF στη Τσιμεντοβιομηχανία.....	126
5.4.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά	127
5.4.5 Συμπεράσματα	129
5.5 ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΕΛΑΙΑ (Α.Λ.Ε)	130
5.5.1 Οι επιπτώσεις των Α.Λ.Ε.	130
5.5.2 Η κατάσταση σήμερα.....	131
5.5.3 Ισχύουσα νομοθεσία	132
5.5.4 Καύση Α.Λ.Ε στην τσιμεντοβιομηχανία για την ανάκτηση ενέργειας	132
5.5.5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την καύση των Α.Λ.Ε.	133
5.5.6 Συμπεράσματα	134
5.6 Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	135
5.6.1 Lafarge	135
5.6.2 ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ.....	136
5.6.3 ΤΙΤΑΝ.....	137
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	138

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία γίνεται μία προσπάθεια συλλογής, όσο το δυνατόν περισσότερων στοιχείων για τα νέα υλικά αλλά και καύσιμα που χρησιμοποιούνται ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν από την βιομηχανία τσιμέντου. Παρουσιάζεται κατ' αρχήν η επίδραση της παραγωγικής διαδικασίας του τσιμέντου στο περιβάλλον, καθώς και ο ρόλος που διαδραματίζουν οι ελληνικές τσιμεντοβιομηχανίες. Στη συνέχεια περιγράφεται η ιστορία του τσιμέντου και αναλύεται η παραγωγική του διαδικασία καθώς και οι γενικοί κανόνες που διέπουν τη διαδικασία αυτή. Στο κυρίως μέρος της εργασίας, πραγματοποιείται η παρουσίαση των νέων υλικών και καυσίμων είτε αυτά είναι φυσικά, είτε παραπροϊόντα-απόβλητα άλλων παραγωγικών διαδικασιών, επίσης γίνεται αποτίμηση του ρόλου τους τόσο στον παραγωγικό-κατασκευαστικό τομέα όσο και στο περιβάλλον.

Ο σκοπός της εργασίας είναι να εξετασθούν οι δυνατότητες, που προσφέρει η χρήση εναλλακτικών πρώτων υλών και καυσίμων η οποία μπορεί να εκμεταλλευθεί τα πλεονεκτήματα μίας περιβαλλοντικά φιλικής, καθαρής τεχνολογίας που διατηρεί τα αποθέματα των φυσικών πρώτων υλών αλλά και μειώνει το κόστος χρήσης πρώτων υλών και καυσίμων κατά τη διαδικασία παραγωγής - εκμετάλλευσης του τσιμέντου.

Πρέπει να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τους καθηγητές που εισηγήθηκαν το θέμα της πτυχιακής και μας βοήθησαν να την διεκπεραιώσουμε, κ.κ Σαραντόπουλο Ανδρέα και Χρήστου Ζαχαρία. Τέλος, πρέπει να ευχαριστήσουμε θερμά, τους καθηγητές του Α.Π.Θ. την Δρ. Παπαγιάννη Ιωάννα και τον Δρ. Σικαλίδη Κωνσταντίνο, καθότι η βοήθειά τους ήταν καθοριστική στο να αναπτύξουμε και να τεκμηριώσουμε με επάρκεια την εργασία μας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Το περιβάλλον ορίζεται ως «το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την ποιότητα της ζωής, την υγεία των κατοίκων την ιστορική και πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες». Επιτακτική μοιάζει να είναι η ανάγκη της σύγχρονης κοινωνίας, με τα τόσα περιβαλλοντικά προβλήματα, για διαχείριση του περιβάλλοντος κατά αειφόρο τρόπο. Δηλαδή κατά τρόπο, ο οποίος θα ικανοποιεί τις ανάγκες των σημερινών γενεών, χωρίς να διακυβεύει τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες.

Η ισορροπία των οικοσυστημάτων βασίζεται στην αγαστή συνεργασία των ειδών που τα απαρτίζουν. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η αποτελεσματική χρήση των πόρων με την ανακύκλωση υλικών που αέναα μετατρέπονται σε νέες πρώτες ύλες και ενέργεια.

Οι αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης που συνδέονται με τη χρήση φυσικών πόρων στην παραγωγή τσιμέντου συνοψίζονται στα εξής σημεία:

- Αποδοτικότερη εκμετάλλευση των πρώτων υλών, ώστε να περιορίζεται η επίπτωση στο φυσικό περιβάλλον κατά την εξόρυξή τους.
- Μείωση της κατανάλωσης ενεργειακών πόρων ανά μονάδα προϊόντος.
- Μείωση των άχρηστων υλικών που απορρίπτονται στο περιβάλλον και η επαναχρησιμοποίησή τους.
- Μεγαλύτερη δυνατή αξιοποίηση των άχρηστων υλικών από άλλες πηγές.

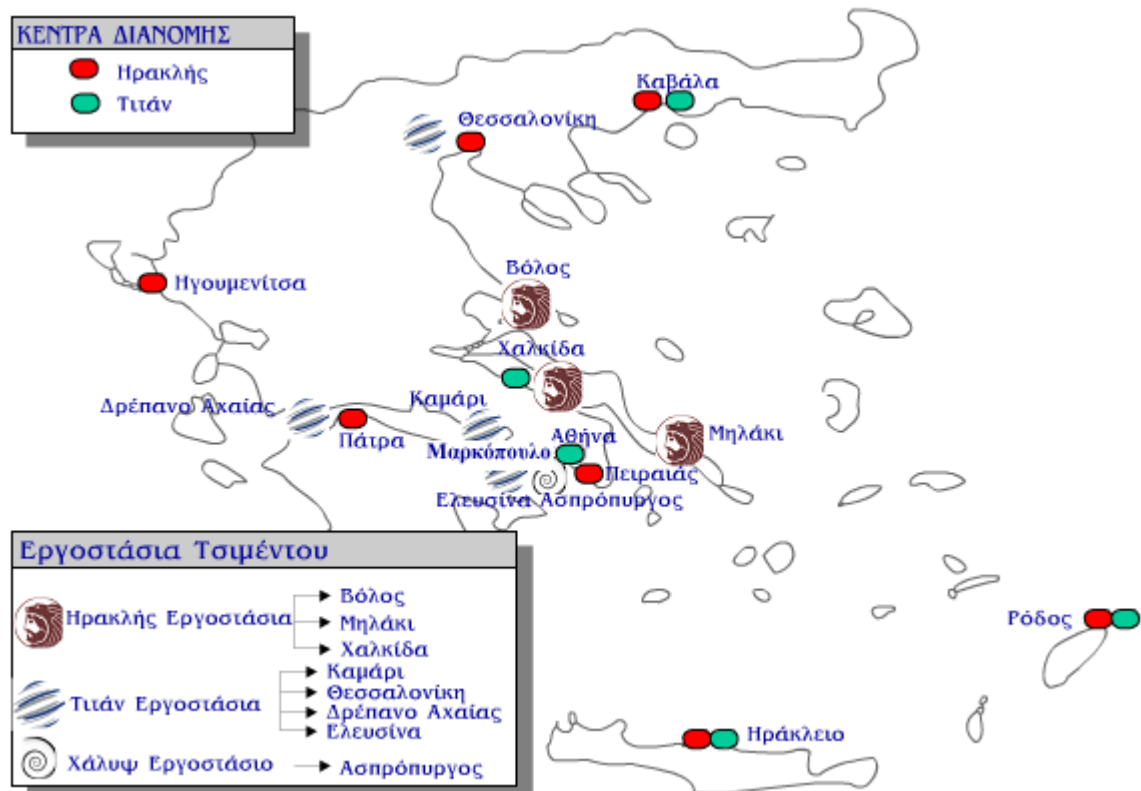
Παράλληλα, οι τσιμεντοβιομηχανίες τόσο οι εγχώριες αλλά και αυτές του εξωτερικού λόγω των αυξημένων απαιτήσεων που επιβάλλουν οι σημερινές κατασκευές, οι οποίες αποτελούν σύμβολο της σύγχρονης εποχής αλλά και status κάθε πολιτισμού έχουν οδηγηθεί στην αναζήτηση νέων υλικών και

καυσίμων ώστε να αντεπεξέλθουν στις ανάγκες ζήτησης, ανταγωνιστικότητας αλλά και να συμβάλουν στην προστασία του περιβάλλοντος σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς.

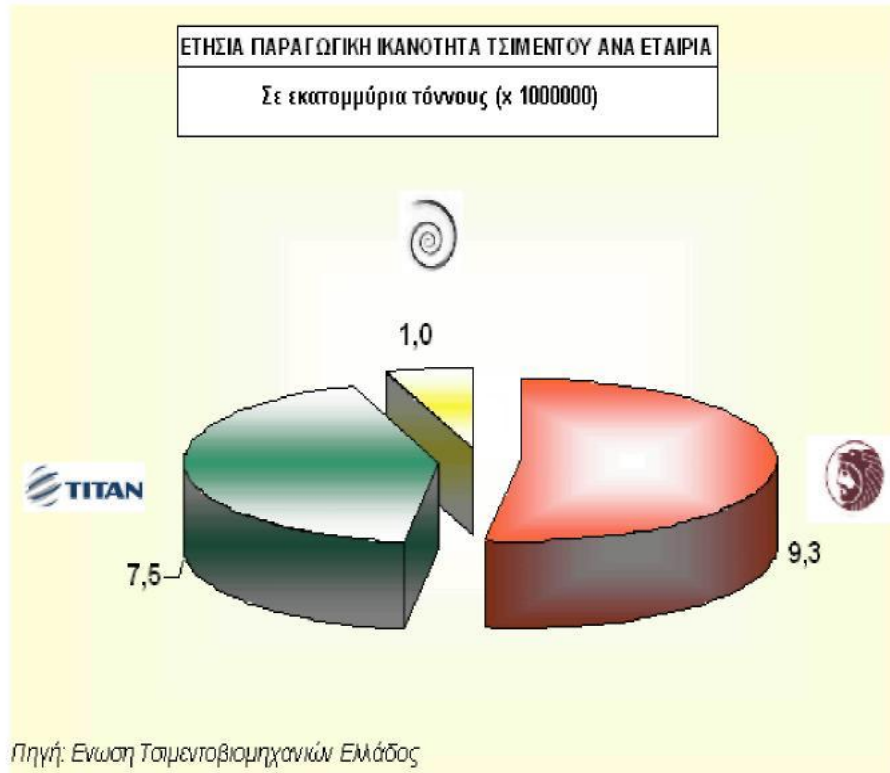
1.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σύμφωνα με την Ένωση Τσιμεντοβιομηχανιών Ελλάδας (HCIA), υπάρχουν οκτώ εργοστάσια τσιμέντου στην Ελλάδα και επτά της εταιρείας TITAN A.E. στο εξωτερικό, αναλυτικά:

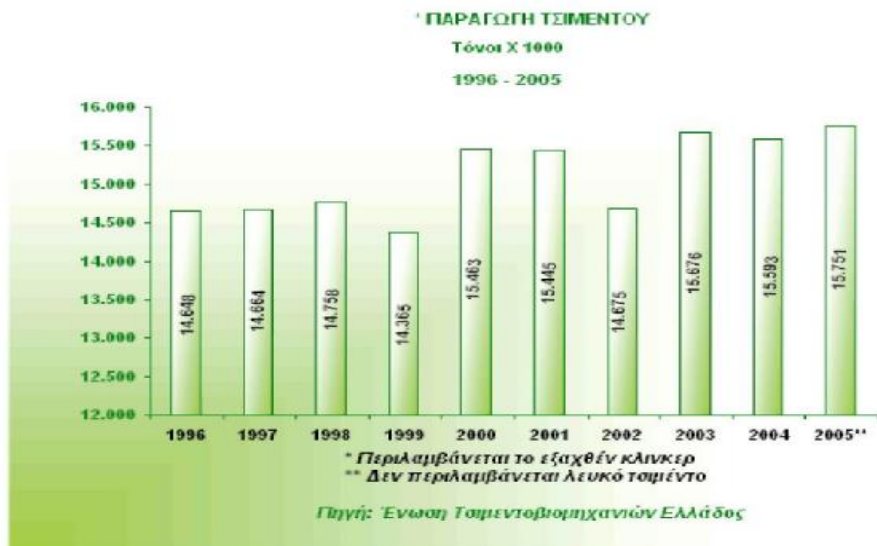
- **TITAN** στην Ελλάδα (Ελευσίνα 2, Θεσσαλονίκη 1, Πάτρα 1) και στο Εξωτερικό (Η.Π.Α. 2, Αίγυπτος 2, Σκόπια 1, Βουλγαρία 1, Σερβία 1)
- **ΑΓΕΤ «ΗΡΑΚΛΗΣ» (Lafarge Group)** στην Ελλάδα (Βόλος 1, Χαλκίδα 1, Μηλάκι Αλιβερίου 1)
- **ΤΣΙΜΕΝΤΑ «ΧΑΛΥΨ» (Italcementi Group)** στην Ελλάδα (Ασπρόπυργος 1)



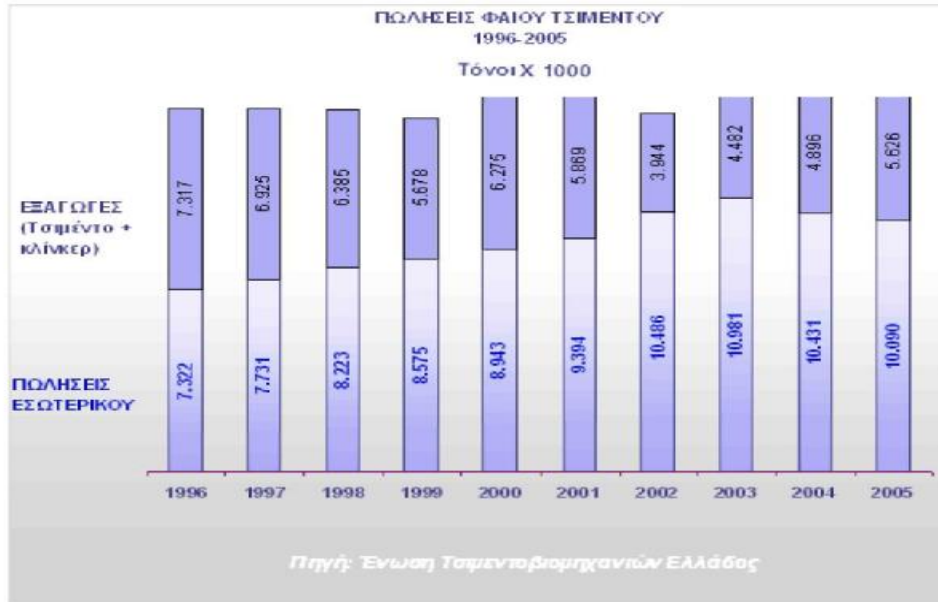
Εικόνα 1: Εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου στην Ελλάδα.



Γράφημα 1: Ετήσια παραγωγική ικανότητα τσιμέντου ανά εταιρία.



Γράφημα 2: Ετήσια ελληνική παραγωγή τσιμέντου (1996 – 2005).



Γράφημα 3: Πωλήσεις φαίου τσιμέντου (1996 - 2005).

Η ετήσια παραγωγή της ελληνικής τσιμεντοβιομηχανίας ανήλθε το 2005 σε 15,7 εκατ. τόνους τσιμέντου. Το 35,8 % της παραγωγής (5,63 εκατ. τόνοι) εξάγεται σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στις Η.Π.Α. και τις χώρες της Μ. Ανατολής και της Αφρικής, ενώ το 64,2 % (10,09 εκατ.τόνοι) διατίθεται στην ελληνική αγορά. Από το διατιθέμενο τσιμέντο στην ελληνική αγορά (Ι.Ο.Β.Ε., Ινστιτούτο Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών) ποσοστό 70% (7 εκατ. τόνοι περίπου) διατίθεται χύμα και 30% (3 εκατ. τόνοι περίπου) ενσакκισμένο. Το 80% του διατιθέμενου «χύμα» τσιμέντου στην ελληνική αγορά απορροφάται από τις εταιρείες παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος, το 12–15% από τις κατασκευαστικές εταιρείες και το 5-8% από τις μονάδες παραγωγής προϊόντων τσιμέντου.

1.3 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Παρακάτω παρατίθενται οι Πίνακες 1 και 2 που αναφέρονται στην παγκόσμια παραγωγή τσιμέντου που δείχνουν την ετήσια παραγωγή του τσιμέντου και την τιμή που αυτό είχε από το 1990 και μετά.

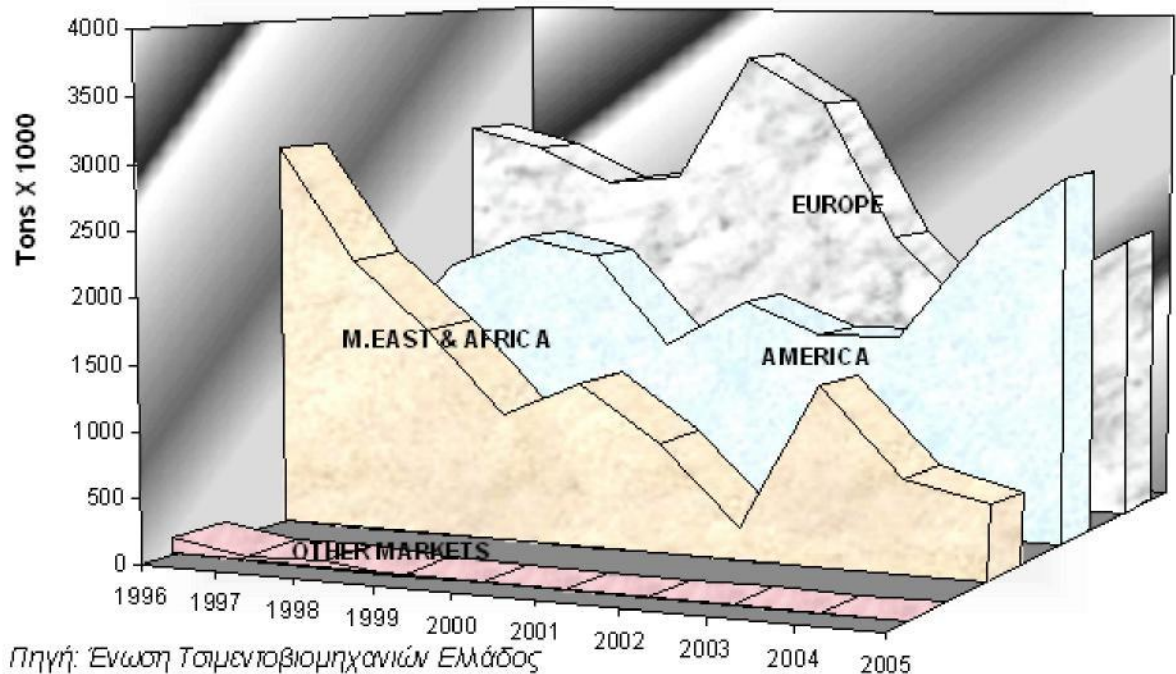
Έτος	Παγκόσμια Παραγωγή (t)	Τιμή \$/t
1930	72.300.000	82,20
1935	65.400.000	74,39
1940	81.000.000	105,00
1945	49.500.000	98,40
1950	133.000.000	86,50
1955	217.300.000	93,20
1960	316.500.000	103,00
1965	433.400.000	109,00
1970	571.800.000	96,50
1975	702.200.000	82,80
1980	883.100.000	104,90
1985	959.400.000	111,90
1990	1.043.000.000	84,71
1995	1.445.000.000	69,02
2000	1.650.000.000	72,56

Πίνακας 1: Παγκόσμια παραγωγή τσιμέντου από το 1930 ως το 2000 ανά πέντε χρόνια.

Έτος	Παγκόσμια Παραγωγή (t)	Τιμή \$/t
1990	1.043.000.000	68,84
1991	1.185.000.000	66,37
1992	1.123.000.000	64,25
1993	1.291.000.000	63,58
1994	1.370.000.000	68,06
1995	1.445.000.000	72,56
1996	1.493.000.000	73,64
1997	1.547.000.000	74,60
1998	1.540.000.000	76,45
1999	1.600.000.000	76,59
2000	1.650.000.000	74,39
2001	1.730.000.000	70,38
2002	1.800.000.000	69,02

Πίνακας 2: Παγκόσμια παραγωγή τσιμέντου από το 1990 ως το 2002.

Παρατηρούμε ότι η ποσότητα του τσιμέντου που παράγεται παγκοσμίως τα τελευταία χρόνια συνεχώς αυξάνεται όμως η τιμή του τσιμέντου από το 1999 μειώνεται. Αυτό πρέπει να οφείλεται στη μείωση του κόστους με την είσοδο νέας τεχνολογίας στις βιομηχανίες τσιμέντου.



Γράφημα 4: Εξαγωγή τσιμέντου σε χώρες του εξωτερικού.

1.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ - ΕΤΟΙΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

1.4.1 Ποσότητα ασβεστολιθικών πρώτων υλών για την παραγωγή τσιμέντου.

Είναι γνωστό ότι για την παραγωγή 1 τόνου τσιμέντου απαιτούνται περίπου 1,6–1,65 τόνοι πρώτων υλών. Από αυτές το 75%, δηλ. περίπου $0,75 \times 1,65 \times 15,7$ εκατ.τόνοι = $19,43 \times 10^6$ τόνοι ετήσια, είναι ασβεστολιθικά πετρώματα που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα για την παραγωγή τσιμέντου και επίσης $(4-4,5) \times 10^6$ τόνοι περίπου ετήσια είναι τα μη ασβεστολιθικά πετρώματα (αργιλοπυριτικά πετρώματα, χαλαζιακή άμμος, βωξίτες, ποζολάνες κ.λπ.).

1.4.2 Ποσότητα ασβεστολιθικών πρώτων υλών (αδρανών) για την παραγωγή σκυροδέματος.

Αν υποθεθεί ότι, το 90–95% του διατιθέμενου τσιμέντου στην ελληνική αγορά δηλ. (0,90x10,09 εκατ.τόνοι \approx 9,08 εκατ.τόνοι) χρησιμοποιείται για την παραγωγή σκυροδέματος και δεδομένου ότι για κάθε m³ σκυροδέματος απαιτούνται περίπου 300 kg τσιμέντου, τότε παράγονται:

$$(9,08/0,30) \times 10^6 = 30,27 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ σκυροδέματος.}$$

Επειδή όμως για κάθε m³ σκυροδέματος απαιτούνται περίπου 2 τόνοι αδρανών υλικών, τότε απαιτούνται επιπλέον 60,50x10⁶ τόνοι αδρανών υλικών για σκυρόδεμα.

Οι 60,50x10⁶ τόνοι αδρανών υλικών προέρχονται από την κατεργασία (θραύση, ταξινόμηση–κοσκίνιση) ασβεστολιθικού πετρώματος που εξορύσσεται σε λατομεία (νταμάρια) με επιφανειακή εξόρυξη. Το ποσοστό του αξιοποιήσιμου υλικού (κατάλληλα κοκκομετρικά κλάσματα μετά τη θραύση και κοσκίνιση) ανέρχεται κατά μέγιστο περίπου σε 60–70% του εξορυσσόμενου, δηλαδή πρέπει να εξορυχθούν συνολικά τουλάχιστον:

$$(60,50 \times 10^6 / 0,70) = 86,50 \times 10^6 \text{ τόνοι ασβεστολιθικού πετρώματος (τουλάχιστον) για την παραγωγή του σκυροδέματος.}$$

1.4.3 Συνολική ποσότητα ασβεστολιθικών πρώτων υλών για την παραγωγή τσιμέντου και σκυροδέματος.

Οι συνολικοί τόνοι ασβεστολιθικού υλικού για τσιμέντο και σκυρόδεμα ετησίως είναι: (19,43+86,50)x10⁶ \approx 105,90x10⁶ τόνοι ασβεστολιθικών πετρωμάτων.

Για λόγο αποκάλυψης (στείρα / ασβεστολιθικό υλικό) = 1:5, σύμφωνα με μέτριους υπολογισμούς, η ποσότητα αυτή προσαυξάνεται 20% δηλ. η συνολική ποσότητα εξορυσσόμενου υλικού ανέρχεται σε:

$(105,90 \times 10^6) \times 1,2 = 127,1 \times 10^6$ τόνοι ή περίπου $48 \times 10^6 \text{ m}^3$ ασβεστολιθικών πετρωμάτων (ειδ. βάρος ασβεστόλιθου $2,65$ τόνοι / m^3) και υλικό αποκάλυψης.

Σ' αυτήν την ποσότητα δεν έχουν ληφθεί υπόψη οι μη ασβεστολιθικές πρώτες ύλες στη βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου, οι οποίες ανέρχονται σε $(4-4,5) \times 10^6$ τόνοι για το τσιμέντο ($1,8-2,0 \times 10^6 \text{ m}^3$) περίπου.

1.4.4 Αξία παραγόμενων προϊόντων (τσιμέντο, σκυρόδεμα κ.λπ.).

α. Αξία εξαγόμενου τσιμέντου:

Αν ληφθεί υπόψη ότι η τιμή του εξαγόμενου τσιμέντου είναι περίπου 100 €/τόνο, τότε τα έσοδα από την πώληση του τσιμέντου ανέρχονται ετήσια σε:

$5,626 \times 10^6$ τόνοι $\times 100$ €/τόνο = $562,6$ εκατομμύρια €/ετησίως ή $0,563$ δις €/ετησίως.

β. Αξία παραγόμενου σκυροδέματος:

Η σημερινή μέση τιμή του σκυροδέματος στην ελληνική αγορά (συμπεριλαμβανομένου και του Φ.Π.Α.) είναι 90 €/m³. Άρα τα ακαθάριστα έσοδα από την πώληση των $30,27 \times 10^6 \text{ m}^3$ σκυροδέματος ανέρχονται σε:

$30,27 \times 10^6 \text{ m}^3$ σκυροδέματος $\times 90$ €/m³ = $2724,3 \times 10^6$ €/ετησίως (περίπου $2,72$ δις € ετησίως).

γ. Συνολικά έσοδα βιομηχανίας τσιμέντου και σκυροδέματος:

Οι συνολικές πωλήσεις τσιμέντου και σκυροδέματος αποφέρουν ακαθάριστα έσοδα $3,3$ δισεκατομμυρίων ευρώ ετησίως περίπου.

Αν ληφθούν δε υπόψη και τα προϊόντα τσιμέντου (τσιμεντόλιθοι, έτοιμα κονιάματα κ.λπ.) που παράγονται, δεν απέχει πολύ από την πραγματικότητα αν λεχθεί ότι ο ετήσιος κύκλος εργασιών των βιομηχανιών τσιμέντου και σκυροδέματος ανέρχεται σε $4,0-4,5$ δισεκατομμύρια ευρώ περίπου.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι οι τομείς του τσιμέντου και του σκυροδέματος είναι από τους δυναμικότερους της ελληνικής βιομηχανίας με σημαντική συμμετοχή στο Α.Ε.Π. της χώρας. Το μέλλον τους προβλέπεται ευοίωνο για τα επόμενα χρόνια, δεδομένης της αύξησης της παραγωγικής τους δυναμικότητας με την εξαγορά ομοειδών επιχειρήσεων του εξωτερικού, την αύξηση του αριθμού των κέντρων διανομής των προϊόντων τους διεθνώς και την κατάσταση της οικοδομικής και κατασκευαστικής δραστηριότητας της χώρας.

1.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ

Η σύγχρονη κοινωνία αποδέχεται μεν τα πλεονεκτήματα της ανάπτυξης των τσιμεντοβιομηχανιών αλλά απαιτεί ταυτόχρονα την προστασία του περιβάλλοντος για την οποία θα πρέπει κάθε απόρριψη να έχει την ελάχιστη δυνατή επίδραση στα φυσικά οικοσυστήματα.

Ειδικότερα η Ελληνική Τσιμεντοβιομηχανία:

- Ενσωματώνει την περιβαλλοντική ευαισθησία στο γενικό πλαίσιο λειτουργίας της, στη λήψη αποφάσεων και την ανάγει σε βασική επιχειρηματική παράμετρο και προτεραιότητα.
- Επιδιώκει τη συνεχή βελτίωση της περιβαλλοντικής της απόδοσης και εφαρμόζει συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης.
- Μεριμνά για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από την λειτουργία των μονάδων με χρησιμοποίηση σύγχρονων αντιρρυπαντικών τεχνολογιών (ηλεκτροστατικών φίλτρων και σακκοφίλτρων), αριστοποιώντας τις συνθήκες λειτουργίας.
- Διαθέτει σύγχρονα συστήματα επεξεργασίας των τυχόν αστικών λυμάτων του προσωπικού.

- Λαμβάνει μέτρα για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος κατά τις μεταφορές και τις φορτώσεις τσιμέντου και πρώτων υλών.
- Συμβάλλει θετικά στην εθνική προσπάθεια διαχείρισης των αποβλήτων με την αξιοποίηση καταλοίπων ή παραπροϊόντων άλλων διεργασιών ως εναλλακτικές πρώτες ύλες (ιπτάμενη τέφρα, σκωρίες) και εναλλακτικά καύσιμα (λάστιχα, RDF κ.α.) μειώνοντας παράλληλα την χρήση μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων.
- Ελέγχει και μειώνει σταδιακά την κατανάλωση ενέργειας και ύδατος.
- Συμμετέχει στη διεθνή προσπάθεια για την καταπολέμηση των κλιματικών αλλαγών μειώνοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που είναι το βασικό αέριο που προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Διενεργεί σημαντικά έργα αποκατάστασης των λατομικών χώρων μέσω δεντροφυτεύσεων και διαμορφώσεων και βελτιώνει την αισθητική εμφάνιση όλων των μονάδων.
- Εκπαιδεύει και ευαισθητοποιεί το προσωπικό της σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος.
- Είναι ανοιχτή σε επικοινωνία και συνεργασία με όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη (αρμόδιες αρχές, τοπικές κοινωνίες, φορείς, κ.λπ.).

Με όλες τις παραπάνω ενέργειες η Ελληνική Τσιμεντοβιομηχανία εφαρμόζει στην πράξη την έννοια της αειφόρου ανάπτυξης, επιφέροντας ισορροπία ανάμεσα στα οικονομικά ζητήματα, τις κοινωνικές ανάγκες και την προστασία του περιβάλλοντος.

Τα αποτελέσματα των προσπαθειών της Ελληνικής Τσιμεντοβιομηχανίας για την προστασία του περιβάλλοντος φαίνονται στην πράξη.

α. Ενεργειακή κατανάλωση:

Η ελληνική τσιμεντοβιομηχανία επενδύει σε σύγχρονη τεχνολογία με αποτέλεσμα την σταδιακή μείωση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου ανά τόνο παραγόμενου κλίνκερ με αντίστοιχη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.

β. Εκπομπές σκόνης:

Με τη χρήση σύγχρονων μέσων κατακράτησης σκόνης τα τελευταία χρόνια έχει ελαχιστοποιηθεί η υπέρβαση των ορίων εκπομπής σκόνης.

γ. Αριθμός φυτευθέντων δένδρων:

Στα λατομεία των εταιριών έχουν φυτευτεί μέχρι σήμερα πάνω από 1.310.000 δενδρύλλια. Φυτεύσεις γίνονται επίσης και στους χώρους των πελατών, συνεργατών και των Δήμων και κοινοτήτων που βρίσκονται οι δραστηριότητες της κάθε εταιρίας.



Γράφημα 5: Ρυθμός ανάπτυξης φυτευθέντων δέντρων (1975–2001).

δ. Εναλλακτικές πρώτες ύλες:

Η χρήση διαφόρων υλικών όπως είναι μια σειρά αποβλήτων δηλ. σκωρίες και χρώματα μετάλλων, καθώς και οι βιομηχανικοί καταλύτες, λόγω της σύστασης τους, αποτελούν ιδανική πρώτη ύλη για τη τσιμεντοβιομηχανία γιατί περιέχουν σίδηρο, αλουμίνιο, πυρίτιο και ασβέστιο. Αυτά τα υλικά καθαρίζονται από ξένα σώματα, υπόκεινται σε μηχανική κατεργασία και προωθούνται στη τσιμεντοβιομηχανία. Τέλος, από τις αρχές του 2005 παράγεται ένα ειδικό πρόσθετο—και πάλι για την τσιμεντοβιομηχανία—ο επταϋδρικός θεικός σίδηρος.

Επιπλέον, με την εγκατάσταση μηχανημάτων χαμηλής ειδικής κατανάλωσης σε ηλεκτρική ενέργεια μειώνονται οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) κατά 10–20 % ανάλογα με την ποιότητα του τσιμέντου. Συμπερασματικά, όλα τα παραπάνω συνηγορούν στην εξοικονόμηση μη ανανεώσιμων πόρων και κατ' επέκταση στην βιώσιμη ανάπτυξη της τσιμεντοβιομηχανίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο
ΤΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΚΑΙ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ

2.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Οι συγκολλητικές ύλες για τη σύνδεση των αδρανών οικοδομικών υλικών (χαλίκι, άμμος) ως μίγμα από ασβέστη, τριμμένο τούβλο ή ηφαιστειακή τέφρα έχει πολύ παλιά ιστορία. Ήδη πριν από 14.000 χρόνια χρησιμοποιούσαν λαοί της ανατολικής Μικρασίας ως συγκολλητική ύλη για να κατασκευάσουν τοίχους από τούβλα της εποχής, λάσπη από ασβέστη και άμμο (αμμοκονία). Οι Φοίνικες ανακάτευαν πριν από 3.000 χρόνια στη λάσπη τέφρα ηφαιστείου και δημιουργούσαν ένα μίγμα που στερεοποιείται και σκληραίνει με την προσθήκη νερού. Τις ίδιες περίπου τεχνικές χρησιμοποιούσαν και οι αρχαίοι Έλληνες οικοδόμοι και γνωρίζουμε σήμερα ότι έστησαν ναούς, βιβλιοθήκες, στάδια και θέατρα, τα οποία, αν δεν είχαν υποστεί καθαιρέσεις από απρόβλεπτους σεισμούς και προβλεπτά εμπαθή χέρια, θα βρίσκονταν σήμερα ακόμα στην αρχική τους μορφή.

Οι ίδιες τεχνικές υιοθετήθηκαν από τους Ρωμαίους μέχρι που τον 1^ο μ.Χ. αιώνα επινοήθηκε η παραγωγή ανθεκτικών δομικών στοιχείων, κάτι σαν τους σημερινούς τσιμεντόλιθους, από άμμο και θρυμματισμένη πέτρα, συγκολλημένα με υδραυλική κονία. Αυτό το μίγμα ονομάστηκε «Opus Caementitium» ή ρωμαϊκό τσιμέντο, όπως λέγεται σήμερα, και με τη χρήση του δημιουργήθηκαν τα κτίρια, τα υδραγωγεία, οι γέφυρες, τα λιμάνια και οι ρωμαϊκοί δρόμοι που βρίσκονται ακόμα στη θέση τους, όπως κατασκευάστηκαν. Έκτοτε δεν παρατηρείται οποιαδήποτε αλλαγή στην παραγωγή φυσικού τσιμέντου και μόνο από το 1700 και μετά αρχίζουν να χρησιμοποιούνται διάφορες παραλλαγές υλών για τη δημιουργία της υδραυλικής κονίας, με σημαντικότερη πάντα την τέφρα από τα ηφαίστεια.

Η σύγχρονη ιστορία του τσιμέντου αρχίζει το έτος 1824, όταν ένας Άγγλος οικοδόμος, ο Joseph Aspdin (Άσπντιν, 1778–1855) δημιούργησε ένα μίγμα αργίλου και ασβεστόλιθου, το οποίο «έψησε» σε κλίβανο. Αυτό το μίγμα ήταν ο τελευταίος πρόδρομος του σημερινού υδραυλικού τσιμέντου και ονομάστηκε

«τσιμέντο Πόρτλαντ», λόγω του χρώματός του που μοιάζει με το πέτρωμα της χερσονήσου Portland στην Αγγλία. Το σημερινό τσιμέντο πέτυχε να δημιουργήσει είκοσι χρόνια αργότερα (1844) ο Isaac Charles Johnson (Τζόνσον), ο οποίος ψήνοντας το μίγμα αργίλου και ασβεστόλιθου σε θερμοκρασίες περί τους 1400 βαθμούς Κελσίου, το έφερε σε ρευστή κατάσταση. Στο τέλος, αφού κρύωσε το προϊόν που σήμερα ονομάζεται klinker (κλίνκερ), το έτριψε σε λεπτόκοκκη σκόνη. Αυτή η γκρίζα λεπτή σκόνη αποδείχθηκε ένα άριστο συγκολλητικό υλικό για την άμμο και το χαλίκι, τα οποία, με την προσθήκη νερού, αποτελούν το λεγόμενο «σκυρόδεμα» (μπετόν) που στερεοποιείται και σκληραίνει.

Ο υιός William Aspdin ίδρυσε εκείνα τα χρόνια, μαζί με συνεταίρους, το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής τσιμέντου στην Αγγλία. Στις δεκαετίες που ακολούθησαν αυτές τις επινοήσεις, έγιναν διάφορες τροποποιήσεις για τη βελτίωση των υδραυλικών ιδιοτήτων του τσιμέντου, αλλά και για τη μείωση της τιμής του. Έτσι, από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα προστίθεται στο κλίνκερ και τέφρα από υψικαμίνους ή τέφρα θερμοηλεκτρικών σταθμών που καίνε λιγνίτη κ.λπ.

Το έτος 1849 γέμισε ο Γάλλος κηπουρός Joseph Monier (Μονιέ) μεγάλες γλάστρες φυτών με μπετόν, στο οποίο τοποθέτησε μέσα ένα πλέγμα από βέργες σιδήρου. Στόχος του ήταν να σταθεροποιήσει τις γλάστρες που παρασύρονταν από τους δυνατούς ανέμους. Αυτός ο συνδυασμός, μπετόν με μεταλλικές βέργες, δημιούργησε ένα στέρεο σύνολο και ακριβώς αυτή η ιδέα αποτέλεσε το πρώτο βήμα για το λεγόμενο σήμερα «οπλισμένο σκυρόδεμα» (οπλισμένο μπετόν ή μπετόν αρμέ).

Με αυτό το οπλισμένο σκυρόδεμα κατασκευάζονται σήμερα σχεδόν αποκλειστικά οι σκελετοί των σύγχρονων κτηρίων. Οι τοίχοι από τούβλα ή πέτρες έπαψαν να φέρουν πια το βάρος της οικοδομής, ενώ ο σκελετός από

μπετόν αρμέ έχει και την ελαστικότητα που απαιτείται ώστε να αντέξει ένα κτίριο στις καταπονήσεις από σεισμούς.

Το σημερινό τσιμέντο αποτελείται από οξείδια του ασβεστίου, πυριτίου, αργιλίου και σιδήρου που είναι ενωμένα μεταξύ τους και αποτελούν το 90% του βάρους του. Το υπόλοιπο μέρος είναι γύψος και μικρές ποσότητες αλάτων μαγνησίου, καλίου, νατρίου και άλλων στοιχείων.

2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ

Το τσιμέντο μπορεί να θεωρηθεί το κύριο, μη μεταλλικό προϊόν, της παγκόσμιας βιομηχανίας. Είναι μία τεχνητή λεπτόκοκκη κονία, η οποία παρασκευάζεται με λεπτή άλεση του κλίνκερ. Κλίνκερ ονομάζεται διεθνώς το προϊόν που προκύπτει από την έψηση μίγματος ασβεστολιθικών και αργιλοπυριτικών πετρωμάτων.

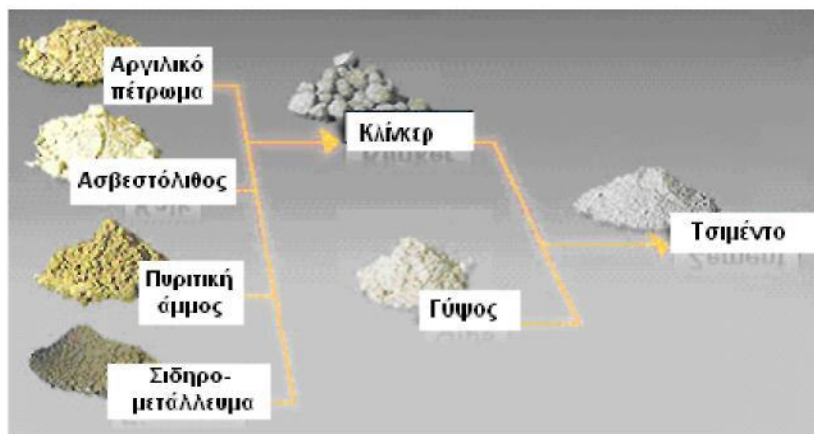
Το τσιμέντο έχει πολύ καλές υδραυλικές ιδιότητες δηλαδή σχηματίζει κάτω από την επίδραση του νερού σταθερές ένυδρες ενώσεις που είναι ελάχιστα υδατοδιαλυτές και έχουν μεγάλη συνάφεια μεταξύ τους και με τα αδρανή. Οι ενώσεις αυτές με την πάροδο του χρόνου αυξάνουν την συνοχή των πολτών και των κονιαμάτων που προέρχονται από αυτά και αναπτύσσουν αντοχές.

Παράλληλα, με την κατάλληλη προεργασία τα κονιάματα μπορούν να γίνουν πλαστικά και να εκδηλώσουν συγκολλητικές ιδιότητες και βαθμιαία να στερεοποιηθούν έως ότου να σχηματιστεί μια σκληρή και συμπαγής μάζα. Αυτό συμβαίνει γιατί οι κόκκοι του τσιμέντου δε συνδέονται κατά την ενυδάτωσή του μόνο μεταξύ τους αλλά και με κόκκους άλλων υλικών τα οποία δε συμμετέχουν ενεργά στη διεργασία της συγκόλλησης και ονομάζονται αδρανή υλικά.

2.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Οι πρώτες ύλες για την παρασκευή του τσιμέντου αποτελούνται κατά 76% από ασβεστολιθικά και κατά 24% από αργιλοπυριτικά πετρώματα.

Για να έχει το τελικό προϊόν τις επιθυμητές ιδιότητες, ανεξάρτητα από τις πρώτες ύλες που θα χρησιμοποιηθούν, πρέπει να καθοριστούν προσεκτικά οι αναλογίες ανάμιξης των πρώτων υλών.



Εικόνα 2: Πρώτες ύλες, ενδιάμεσα προϊόντα και τελικό προϊόν στη διεργασία παραγωγής τσιμέντου.

Σε ένα σύγχρονο εργοστάσιο, η διαδικασία παραγωγής του τσιμέντου περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Της προετοιμασίας των πρώτων υλών.
- Της παραγωγής του κλίνκερ.
- Της άλεσης του κλίνκερ.

2.3.1 Προετοιμασία πρώτων υλών.

Το στάδιο της παραγωγής των πρώτων υλών αποτελείται από την εξόρυξη του ασβεστόλιθου και του σχιστόλιθου από τα αντίστοιχα λατομεία, μάλιστα τα κομμάτια του ασβεστόλιθου μεταφέρονται με φορτηγά σε μεταλλικούς θραυστήρες όπου και γίνεται η θραύση.

Για τη θραύση των υλικών χρησιμοποιούνται θραυστήρες με σφυριά, δυναμικότητας μεγαλύτερης από 1000 t/h, με τους οποίους επιτυγχάνεται μεγάλος βαθμός απομείωσης μεγέθους και οικονομικότερη θραύση. Συνήθως η θραύση των πρώτων υλών, λόγω της διαφορετικής φύσης τους, γίνεται σε διαφορετικούς θραυστήρες, από περιορισμένο αριθμό βιομηχανιών εφαρμόζεται η κοινή θραύση.

Ακολουθεί η προομογενοποίηση που πραγματοποιείται με τη βοήθεια συνεχόμενων κόσκινων, με ιμάντες μεταφοράς πραγματοποιείται η διακίνηση των πρώτων υλών έτσι ώστε να υπάρχει άμεση σύνδεση του σταδίου παραγωγής των πρώτων υλών με το επόμενο στάδιο.

Το στάδιο της παραγωγής της φαρίνας, περιλαμβάνει την ζύγιση και την ανάμιξη των πρώτων υλών. Ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας που υπάρχει στο μίγμα των πρώτων υλών υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι που ακολουθούνται για την προετοιμασία του μίγματος. Η υγρή μέθοδος, η οποία ακολουθείται από χώρες όπου οι πρώτες ύλες εξορύσσονται με σημαντικό ποσοστό υγρασίας, στο υλικό που προσάγεται για έψηση υπάρχει υγρασία 35–40%. Στην ξηρή μέθοδο η υγρασία του μίγματος των πρώτων υλών είναι πολύ μικρή 1–2%. Η ημιυγρή μέθοδος με υγρασία υλικών περίπου 18%, θεωρείται ότι προέρχεται είτε από την μία είτε από την άλλη και διαφοροποιείται από αυτές τεχνολογικά στο στάδιο της έψησης.

Ακολουθεί η άλεση σε ειδικούς σφαιρόμυλους, τους λεγόμενους «μύλους φαρίνας», στους οποίους υπάρχει διαχωριστής που χωρίζει το υλικό σε χονδρόκοκκο και λεπτόκοκκο κλάσμα και επιστρέφει το πρώτο στον μύλο για συμπληρωματική άλεση. Επειδή σε ένα εργοστάσιο μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από μια γραμμές παραγωγής, σε κάθε γραμμή παραγωγής υπάρχει και από ένας μύλος φαρίνας.

Κατόπιν ακολουθεί η ομογενοποίηση και έλεγχος της λεπτότητας της φαρίνας με τη χρήση κόσκινων και με ιμάντες μεταφοράς διακινούνται σε μεγάλα σιλό για αποθήκευση.

2.3.2 Παραγωγή του κλίνκερ.

2.3.2.1 Η έψηση.

Στο στάδιο της παραγωγής του κλίνκερ, η φαρίνα από τα σιλό μεταφέρεται σε φούρνους οι οποίοι αποτελούνται από περιστρεφόμενους κλιβάνους. Ο στόχος κάθε τσιμεντοβιομηχανίας είναι η συνεχής βελτίωση των συνθηκών έψησης, έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η παραγωγή του κλίνκερ και να ελαχιστοποιείται η κατανάλωση ενέργειας άρα και η ρύπανση του περιβάλλοντος, χωρίς όμως να μεταβάλλεται η ποιότητα του κλίνκερ.

Αρχικά πραγματοποιείται η προθέρμανση της φαρίνας, έτσι ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία. Κατόπιν έχουμε την προασβεστοποίηση της φαρίνας, ειδικότερα ο ασβεστόλιθος, οποίος βρίσκεται με τη μορφή πούδρας μέσα στο φούρνο θερμαίνεται και αποβάλλει το διοξείδιο του άνθρακα σύμφωνα με την αντίδραση:



Στη συνέχεια η φαρίνα μεταφέρεται στο κεντρικό περιστροφικό κυλινδρικό κλίβανο όπου και ψήνεται για την παραγωγή του κλίνκερ. Έχει διαπιστωθεί ότι ο σχηματισμός του αλίτη (δηλαδή του συστατικού που κατά την ενυδάτωση του τσιμέντου δίνει τις κυριότερες αντοχές) από τον βελίτη και το οξείδιο του ασβεστίου συμβαίνει σε αυτό το στάδιο στη θερμοκρασία από 1300–1450 °C όπου η φάση του βελίτη (C₂S) και το CaO βρίσκονται στη μορφή του τήγματος. Στην άκρη του κλιβάνου και στο κέντρο του κυλίνδρου υπάρχει ο καυστήρας. Οι καυστήρες τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούν ένα μείγμα από pet coke και κάρβουνο.

Η θερμοκρασία των καυσαερίων του καυστήρα στο αρχικό σημείο είναι περίπου 1400 °C και στη συνέχεια μειώνεται, τα καυσαέρια μεταφέρονται με τους λεγόμενους ανακομιστές θερμότητας στα προηγούμενα τμήματα του φούρνου για να τα θερμάνουν και να υπάρχει εξοικονόμηση ενέργειας, παράλληλα με την προσθήκη δεύτερου καυστήρα πριν από την είσοδο της περιστροφικής καμίνου πραγματοποιείται η μέγιστη εκμετάλλευση της

θερμότητας των καυσαερίων. Στο τέλος τα καυσαέρια καταλήγουν σε ηλεκτροστατικά φίλτρα ώστε να κατακρατούν το διοξείδιο του άνθρακα, τη σκόνη και άλλες επιβλαβείς ουσίες. Με τα νεότερα συστήματα και με τους ανακομιστές η κατανάλωση μειωθεί στις 750–800 kcal/kg, τιμή σημαντικά μικρότερη από τις 1400 kcal/kg που ισχύει για τις καμίνους με υγρή μέθοδο ή τις 900–1000 kcal/kg που ίσχυαν για τις πρώτες καμίνους ξηρής μεθόδου. Στη συνέχεια το κλίνκερ ψύχεται στους ψυχραντήρες και μεταφέρεται σε ειδικά σιλό.

2.3.2.2 Εψησιμότητα.

Η εψησιμότητα είναι η ικανότητα για έψηση του μίγματος των πρώτων υλών, δηλαδή της φαρίνας, κατά τη διαδικασία της κλινκεροποίησης και επηρεάζεται από τη χημική, ορυκτολογική και κοκκομετρική σύνθεση του μίγματος.

Η εψησιμότητα μαρτυρά την ευκολία με την οποία η ελευθέρα ασβέστος, δηλαδή το CaO που δεν ενώνεται σε κάποια φάση του κλίνκερ, μπορεί να μειωθεί σε μια αποδεκτή τιμή μέσα στην κάμινο και υπολογίζεται ύστερα από δειγματοληπτική χημική ανάλυση του κλίνκερ. Η εψησιμότητα ύστερα από έψηση του μίγματος σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 1300 °C ελαττώνεται με την αύξηση της ελευθέρως ασβέστου. Το επιθυμητό είναι η όσο το δυνατόν μείωση της μέγιστης θερμοκρασίας κλινκεροποίησης.

2.3.3 Η τελική άλεση.

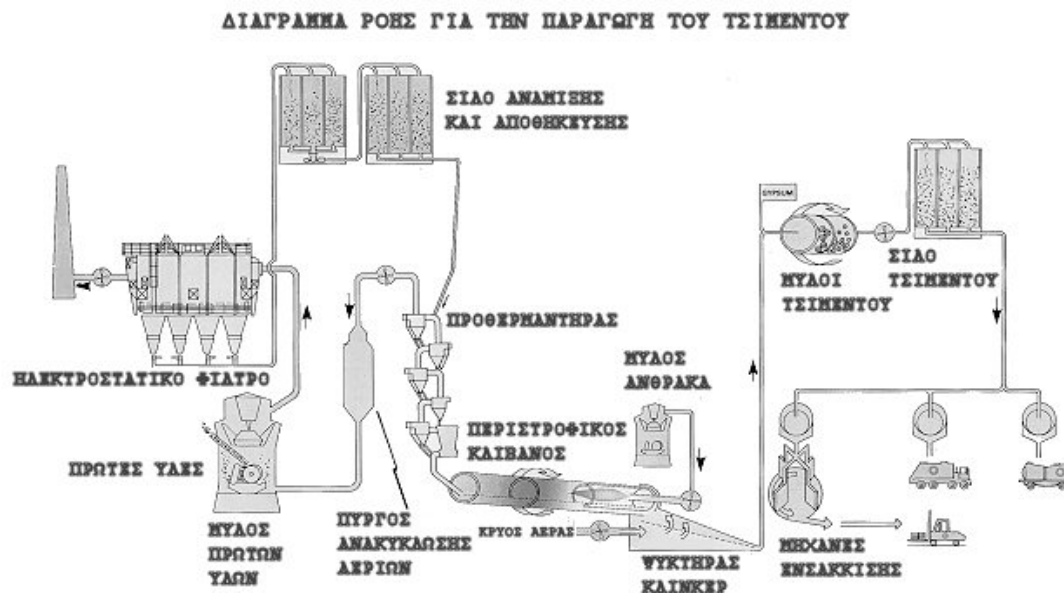
Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο πραγματοποιείται η τελική άλεση, το κλίνκερ αφού ζυγιστεί, μεταφέρεται στους «μύλους τσιμέντου». Ακολούθως όλα τα υλικά οδηγούνται στους ειδικούς σφαιρόμυλους, όπου εκεί πραγματοποιείται η συνάλεση αυτών και τελικά παράγεται το τσιμέντο. Με την τελική άλεση προσδίνεται στο τσιμέντο η επιδιωκόμενη λεπτότητα, η οποία πρέπει να είναι τέτοια, ώστε το υπόλειμμα στο κόσκινο των 4900 βροχίδων να μην είναι μεγαλύτερο του 10%, η δε ειδική επιφάνεια του (συνολικό εμβαδό της

επιφάνειας των κόκκων ενός γραμμαρίου τσιμέντου) που προσδιορίζεται με τη συσκευή Blaine να είναι τουλάχιστον $2700 \text{ cm}^2/\text{g}$. Η τιμή αυτή είναι συνάρτηση του τύπου και της κατηγορίας του τσιμέντου, καθώς και των διαφόρων πρόσθετων που συναλέθονται με το κλίνκερ.

Ακολουθεί η μεταφορά του στα τελικά σιλό αποθήκευσης και αργότερα έχουμε την ενσάκκιση του τσιμέντου και την αποθήκευση του σε χώρους απαλλαγμένους από την υγρασία.

Για την όλη την παραγωγική διαδικασία υπάρχουν ειδικά πάνελ ελέγχου, όπου ελέγχεται όλο το εργοστάσιο. Κάθε γραμμή παραγωγής παράγει μια ποιότητα κλίνκερ, αλλά μπορούν να παραχθούν περισσότερες ποιότητες τσιμέντου. Στο τέλος κάθε διαδικασίας ανά τακτά χρονικά διαστήματα γίνεται δειγματοληπτικός έλεγχος και χημικές αναλύσεις.

Η διαδικασία παραγωγής του τσιμέντου (Εικόνα 3) είναι συνεχόμενη και διαρκεί όλο το εικοσιτετράωρο και σταματάει σε συγκεκριμένα χρονικά σημεία στη διάρκεια του έτους, για να πραγματοποιηθεί η συντήρηση του εργοστασίου.



Εικόνα 3: Διάγραμμα ροής της διαδικασίας παραγωγής του τσιμέντου.

2.4 ΕΙΔΗ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

2.4.1 Ανάλογα με τις πρόσθετες ύλες.

Το τσιμέντο, ανάλογα με τις πρώτες ύλες που προστίθενται κατά την παρασκευή του, κατατάσσεται στις παρακάτω κατηγορίες.

α. Τύπου I – Πόρτλαντ:

Καθαρά τσιμέντα Πόρτλαντ χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα τα οποία προέρχονται από συνάλεση κλίνκερ και γύψου, και στα οποία επιτρέπεται η προσθήκη μέχρι 3% προϊόντων που προέρχονται από θραύση ή κονιοποίηση φυσικών ή τεχνητών υλικών, όπως ασβεστολίθων, βασάλτου, σκουριών γης, διατόμων, μπετονιτών, ιπτάμενης τέφρας κ.ά.

β. Τύπου II – Πόρτλαντ με ποζολάνη:

Τσιμέντα Πόρτλαντ με ποζολάνη χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από συνάλεση κλίνκερ Πόρτλαντ, ποζολάνης φυσικής ή τεχνητής και του απαραίτητου γύψου.

Το ποσοστό της ποζολάνης καθορίζεται από το αδιάλυτο υπόλειμμα του τσιμέντου, το οποίο δεν πρέπει να υπερβαίνει το 20%. Δεν είναι απαραίτητο να ικανοποιούν τη δοκιμή ποζολανικότητας. Ειδικά το τσιμέντο με 10% αδιάλυτο υπόλειμμα ονομάζεται τσιμέντο Πόρτλαντ ελληνικού τύπου.

γ. Τύπου III – Ποζολανικό:

Ποζολανικά τσιμέντα Πόρτλαντ χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από συνάλεση κλίνκερ Πόρτλαντ, ποζολάνης φυσικής ή τεχνητής και του απαραίτητου γύψου.

Το ποσοστό της ποζολάνης καθορίζεται από το αδιάλυτο υπόλειμμα του τσιμέντου, το οποίο πρέπει να είναι μεταξύ 20% και 40%. Πρέπει να ικανοποιούν τη δοκιμή ποζολανικότητας. Τα τσιμέντα αυτά χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα για ογκώδη έργα, όπου απαιτείται χαμηλός βαθμός θερμότητας ενυδάτωσης ή βελτιωμένη αντοχή στα διαβρωτικά μέσα.

δ. Τύπου IV – Πόρτλαντ ανθεκτικό στα θειικά:

Τσιμέντα Πόρτλαντ ανθεκτικά στα θειικά άλατα και στο θαλάσσιο νερό χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από συνάλεση κλίνκερ Πόρτλαντ και γύψου. Το αργλικό τριασβέστιο C_3A , το οποίο υπολογίζεται από τον τύπο, $C_3A = 2,65.AI_2O_3 - 1,69.2Fe_2O_3$ πρέπει να είναι μικρότερο από 3,5% και η περιεκτικότητα σε SO_3 να μην ξεπερνά το 2,5%.

2.4.2 Ανάλογα με την αντοχή τους.

Τα τσιμέντα, ανάλογα με την αντοχή τους, κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες, όπως δείχνεται στον Πίνακα 3.

Κατηγορία αντοχών (ονομαστική)	Αντοχή σε θλίψη σε ΜΡα			
	2 ημερών	7 ημερών	28 ημερών	
	ελάχιστη τιμή	ελάχιστη τιμή	ελάχιστη τιμή	μέγιστη τιμή
35	–	15	25	45
45	10	-	35	55
55	15	-	45	χωρίς όριο

Πίνακας 3: Κατηγορίες του τσιμέντου ανάλογα με την αντοχή του σε θλίψη.

2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

- Η περιεκτικότητα του τσιμέντου σε MgO δεν πρέπει να ξεπερνά το 6% και του SO_3 το 3,5%, όταν όμως η ειδική επιφάνεια είναι μεγαλύτερη από $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ το SO_3 επιτρέπεται να φτάνει μέχρι 4%.
- Η απώλεια πύρωσης του τσιμέντου δεν πρέπει να ξεπερνά το 5%.
- Το αδιάλυτο υπόλειμμα του τσιμέντου Πόρτλαντ δεν πρέπει να ξεπερνά το 3%, του ανθεκτικού στα θειικά το 1,5%, του τσιμέντου Πόρτλαντ με ποζολάνη το 20% και του ποζολανικού το 40%.
- Η λεπτότητα άλεσης του τσιμέντου πρέπει να είναι τέτοια, ώστε το υπόλειμμα στο κόσκινο των 4.900 βρογχίδων να μην ξεπερνά το 10%.
- Η ειδική επιφάνεια του τσιμέντου πρέπει να είναι τουλάχιστον $2.700 \text{ cm}^2/\text{g}$.

- Η πήξη του τσιμέντου πρέπει να αρχίζει όχι νωρίτερα από 1h και να λήγει όχι αργότερα από 8h από την προσθήκη νερού στο τσιμέντο κατά την παρασκευή του κανονικού πολτού.
- Το τσιμέντο πρέπει να παρουσιάζει σταθερότητα όγκου. Η διόγκωσή του πρέπει να είναι μικρότερη από 10 mm.
- Δοκίμια από κονίαμα τσιμέντου με πρότυπη άμμο πρέπει να παρουσιάζουν, ανάλογα με την κατηγορία του τσιμέντου, τις αντοχές που δίνονται στον Πίνακα 3.

2.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Το τσιμέντο λόγω των έντονων υδραυλικών ιδιοτήτων του και των υψηλών αντοχών του χρησιμοποιείται ευρύτατα. Από τσιμέντο παρασκευάζονται κονιάματα και σκυροδέματα, τα οποία χρησιμοποιούνται σε κατασκευές τόσο στο περιβάλλον όσο και μέσα στο νερό. Επίσης, από τσιμέντο κατασκευάζονται τσιμεντόπλακες, τσιμεντόλιθοι, τσιμεντοκολώνες, τσιμεντοσωλήνες που χρησιμοποιούνται σε διάφορα έργα, καθώς και κυβόλιθοι για έργα μέσα στη θάλασσα.

Επειδή το τσιμέντο προσκολλάται στερεά στο σίδηρο, λέβητες και σωλήνες κατασκευασμένοι από σίδηρο καλύπτονται με στρώμα τσιμέντου για προστασία από την οξείδωση.

Επίσης, επειδή ο χάλυβας έχει τον ίδιο συντελεστή θερμικής διαστολής με το τσιμέντο, τοποθετείται σε σκυροδέματα με τη μορφή βέργας ή πλέγματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των αντοχών του, γιατί το τσιμέντο και ο χάλυβας συμφύονται στερεά και διαστέλλονται ομοιόμορφα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο
ΣΧΕΔΙΟ ΓΕΝΙΚΩΝ ΚΑΝΟΝΩΝ ΣΤΗ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται Σχέδιο Γενικών Κανόνων Πρόληψης και Αντιμετώπισης της Ρύπανσης για τις Ελληνικές μονάδες παραγωγής τσιμέντου. Οι Κανόνες αυτοί προκύπτουν από ένα συνδυασμό τόσο των απαιτήσεων για την εφαρμογή των ΒΔΤ όσο και απλούστερων μέτρων, πρακτικών και διαδικασιών που εφαρμόζονται διεθνώς για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της λειτουργίας των ανωτέρω μονάδων. Το Σχέδιο αυτό θα αποτελέσει τη βάση στη διαδικασία ορισμού και έγκρισης των περιβαλλοντικών όρων των μονάδων παραγωγής τσιμέντου.

3.1 ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΟΥ ΕΜΠΙΠΤΟΥΝ ΣΤΟ ΠΕΛΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ IPPC

3.1.1 Τήρηση νομοθεσίας.

Η νομοθεσία η οποία λαμβάνεται υπόψη για την καθιέρωση του Σχεδίου γενικών και ειδικών μέτρων αντιρρύπανσης βιομηχανιών τσιμέντου είναι η ακόλουθη:

- Π.Δ. 1180/81
- Νόμος 1650/86 (ΦΕΚ 160/Α) σχετικά με την “Προστασία του Περιβάλλοντος”.
- Κοινή Υπουργική Απόφαση 69269/5397/25.10.90 (ΦΕΚ 678/Β) σχετικά με την “Κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, περιεχόμενο Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), καθορισμό περιεχομένου Ειδικών Περιβαλλοντικών Μελετών (ΕΠΜ) και λοιπές συναφείς διατάξεις, σύμφωνα με το Ν.1650/1986”.
- Κοινή Υπουργική Απόφαση 75308/5512/2.11.90 (ΦΕΚ 691/Β) σχετικά με τον “Καθορισμό τρόπου ενημέρωσης των πολιτών και φορέων εκπροσώπησής τους για το περιεχόμενο Μελέτης Περιβαλλοντικών

Επιπτώσεων των Έργων και δραστηριοτήτων σύμφωνα με την παράγραφο 2 του άρθρου 5 του Ν.1650/86”.

- Κοινή Υπουργική Απόφαση 33361/5.9.91 (ΦΕΚ 703/Β/5.9.91) σχετικά με την “Μεταβίβαση εξουσίας υπογραφής σύμφωνα με το άρθρο 7 παρ. 1 του Ν.1943/91”.
- Νόμοι και Υπουργικές αποφάσεις που θα εκδοθούν για την εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας με την Οδηγία IPPC, όπως και οι ΒΔΤ όπως θα καθιερωθούν σε Ευρωπαϊκό Επίπεδο απο την Επιτροπή της Ε.Ε.

3.1.2 Γενικοί κανόνες.

Οι Μονάδες θα πρέπει να πληρούν τα ακόλουθα όρια και γενικές προδιαγραφές που έχουν τεθεί από τη νομοθεσία και αφορούν τις:

1. Οριακές τιμές εκπομπής ρυπαντικών φορτίων σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία:

α. Π.Δ. 1180/81 άρθρο 2 παρ. 1α και 1ε και Ν.1650/86 άρθρο 8

à όριο εκπομπής καπνού: βαθμός 1 της κλίμακας Ringelmann

à όριο εκπομπής σκόνης: 100 mg/Nm³

β. Απόφαση ΥΒΕΤ Ι-1η/Φ.16.Τ.29/2.1.81 και Ν. 1650/86 άρθρο 8:

Επιτρεπόμενες υπερβάσεις ορίου εκπομπής σκόνης (συνεχείς μετρήσεις):

à μέγιστη διάρκεια 100 h/έτος

à μέσος όρος εκπομπής διάρκειας 48 ωρών: 350 mg/Nm³

2. Οριακές τιμές εκπομπής ρυπαντικών φορτίων σύμφωνα με τη νομοθεσία εναρμόνισης με την Οδηγία IPPC:

Ενέργεια	3200–3400 MJ/tonne κλίνκερ για τις νέες εγκαταστάσεις 3500–4500 MJ/tonne κλίνκερ για τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις
Σκόνη	30–50 mg/Nm ³ για τις νέες εγκαταστάσεις < 80 mg/Nm ³ για τις παλιές με στόχο και πάλι τα 30-50 mg/Nm ³
NO _x	500–800 mg/Nm ³ (10% O ₂) νέες εγκαταστάσεις. 400–1000 mg/Nm ³ (10% O ₂) υπάρχουσες εγκαταστάσεις. 600–1200 mg/Nm ³ (10% O ₂) εγκαταστάσεις παλαιάς τεχνολογίας (TITAN Θεσ/νίκης)
SO ₂	200 mg/Nm ³ (10% O ₂)

Πίνακας 4: Επίπεδα Εκπομπών Συσχετιζόμενα με τις ΒΔΤ.

Για να πληρούνται οι προβλεπόμενες από την Οδηγία οριακές τιμές Εκπομπής θα πρέπει να κατασκευασθούν συγκεκριμένα τεχνικά έργα και μέτρα αντιρρύπανσης ή γενικότερα αντιμετώπισης της υποβάθμισης του περιβάλλοντος.

3. Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ρυπαντικών φορτίων στους αποδέκτες σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις.

Ατμόσφαιρα όπως καθορίζονται στις Π.Υ.Σ 99/10.7.87 (ΦΕΚ 135Α) και Π.Υ.Σ 25/18.3.88 (ΦΕΚ 52Α)

4. Ειδικές οριακές τιμές στάθμης θορύβου και δονήσεων.

Π.Δ.1180/81: Στάθμη θορύβου στα όρια του οικοπέδου για περιοχές όπου επικρατεί:

- α. το βιομηχανικό στοιχείο: 65 dB(A) και
- β. το αστικό στοιχείο: 50 dB(A)

Τα ακόλουθα γενικά μέτρα θα πρέπει να ληφθούν από όλες τις εγκαταστάσεις στο σύνολό τους.

3.2 ΜΕΤΡΑ (ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ) ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΚΟΝΗΣ

– ΘΡΑΥΣΗ Α' ΥΛΩΝ

Χρήση σακκόφιλτρων και επομένως εγκατάσταση σακκόφιλτρων όπου αυτά δεν υπάρχουν, συνεχής προληπτική συντήρησή τους και άμεση επέμβαση (αντικατάσταση κατεστραμμένων σάκων) σε περιπτώσεις βλαβών (ΒΔΤ Αντιρρύπανσης).

– ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ Α' ΥΛΩΝ (Θραυσμένων ή μη)

- Σταδιακή κατάργηση της υπαίθριας αποθήκευσης και εξέταση της δυνατότητας αντικατάστασής της με κλειστές αποθήκες ή σιλό.
- Μεταφορά με σιλοφόρα της ιπτάμενης τέφρας και αποθήκευσή της σε κλειστό σιλό με σακκόφιλτρο για την αποκονίωση των αερίων εκτόνωσης κατά την πλήρωσή του.

– ΠΡΟΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ Α' ΥΛΩΝ

- Σταδιακή κατάργηση της υπαίθριας προ-ομογενοποίησης η αντικατάστασή της με στεγασμένα συστήματα προ-ομογενοποίησης (κλειστές αποθήκες).

– ΑΛΕΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΦΑΡΙΝΑΣ

- Κοινό σύστημα αποκονίωσης ΜΦ–ΠΚ με ηλεκτροστατικό φίλτρο ή σακκόφιλτρο σε συνδυασμό με εναλλάκτη θερμότητας.
- Αποθήκευση της φαρίνας σε σιλό αποκονιούμενα με σακκόφιλτρα.

– ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

- Υπαίθρια αποθήκευση του άνθρακα (εφόσον η αντικατάστασή της με στεγασμένες αποθήκες δημιουργεί προβλήματα ασφάλειας λόγω αυτανάφλεξης) και χρήση συστήματος διαβροχής.

- Συντήρηση σε μόνιμη βάση του συστήματος διαβροχής της πλατείας υπαίθριας εναπόθεσης του άνθρακα ή του μίγματος άνθρακα/pet-coke προς αποφυγή του κινδύνου ανάφλεξης και περιορισμό των διάχυτων εκπομπών σωματιδίων κυρίως pet-coke.
- Διατήρηση σε ποσοστό 8% και άνω της υγρασίας του ακατέργαστου άνθρακα ή του μίγματος άνθρακα/pet-coke, προκειμένου να περιορίζονται οι εκπομπές σωματιδίων κατά τη διακίνηση και αποθήκευσή τους.

– ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

- Χρήση σακκόφιλτρων και επομένως εγκατάσταση σακκόφιλτρων όπου αυτά δεν υπάρχουν, συνεχής προληπτική συντήρησή τους και η άμεση επέμβαση (αντικατάσταση κατεστραμμένων σάκκων) σε περιπτώσεις βλαβών (ΒΔΤ Αντιρρύπανσης).

– ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

- Ανάλογα με το είδος του αποβλήτου αποθήκευση σε στεγασμένες αποθήκες ή δεξαμενές. Επιτρέπεται η υπαίθρια αποθήκευση ελαστικών και άλλων μη επικίνδυνων αποβλήτων που δεν προκαλούν διάχυτες εκπομπές.
- Λήψη ειδικών μέτρων κατά τη μεταφορά των εναλλακτικών καυσίμων (περιορισμός διαρροών) και τη φόρτισή τους στους ΠΚ με ειδικές αυτόματες διατάξεις. Ειδική προσοχή θα πρέπει να δίνεται σε περιπτώσεις καύσης τοξικών ή επικίνδυνων αποβλήτων.
- Συστηματική καταγραφή σε θεωρημένα απο την αρμόδια αρχή βιβλία του είδους και των ποσοτήτων εναλλακτικών καυσίμων που καταναλώνονται ανά ημέρα καθώς και καταγραφή των εκπεμπόμενων ρύπων (σκόνη, NO_x, SO₂) καθ' όλη τη διάρκεια της καύσης.

– ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΙΝΚΕΡ (ΕΨΗΣΗ ΣΕ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟ ΚΛΙΒΑΝΟ)

- Εγκατάσταση κοντού κλιβάνου με προθερμαντή τουλάχιστον 4–6 βαθμίδων και προασβεστοποιητή (ΒΔΤ Παραγωγής).
- Πρωτογενή μέτρα ελάττωσης εκπομπών NO_x: Εγκατάσταση προασβεστοποιητών, συστημάτων staged combustion, καυστήρων χαμηλών NO_x (ΒΔΤ Αντιρρύπανσης).
- Χρήση ηλεκτροστατικών φίλτρων με πύργο ψεκασμού καυσαερίων ή σακκόφιλτρων με εναλλάκτη θερμότητας για την ψύξη των καυσαερίων (ΒΔΤ Αντιρρύπανσης).

– ΨΥΞΗ ΚΛΙΝΚΕΡ

- Χρήση ψυγείων τύπου εσχάρας με πλάκες που επιτρέπουν τη μέγιστη ανάκτηση θερμότητας.
- Χρήση ηλεκτροστατικών φίλτρων ή σακκόφιλτρων, συνεχής προληπτική συντήρησή τους και άμεση επέμβαση (αντικατάσταση κατεστραμμένων σάκων) σε περιπτώσεις βλαβών (ΒΔΤ Αντιρρύπανσης).

– ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΛΙΝΚΕΡ

- Σταδιακή κατάργηση της υπαίθριας αποθήκευσης κλίνκερ και αντικατάστασή της με κλειστές αποθήκες ή σιλό κλίνκερ.

– ΑΛΕΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

- Χρήση σακκόφιλτρων η εναλλακτικά ηλεκτροστατικών φίλτρων για την αποκονίωση των μύλων και σακκόφιλτρων για τα βοηθητικά κυκλώματα (ΒΔΤ Αντιρρύπανσης).
- Αποθήκευση τσιμέντου σε σιλό εξοπλισμένα με σακκόφιλτρα για την αποκονίωση κατά τον εφοδιασμό και την εκκένωσή τους.

– ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

- Λειτουργία κλειστών συστημάτων ενσάκκισης αποκονιούμενων με σακκόφιλτρα, συνεχής προληπτική συντήρησή τους και άμεση επέμβαση (αντικατάσταση κατεστραμμένων σάκκων) σε περιπτώσεις βλαβών.

– ΔΙΑΘΕΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

- Εγκατάσταση μονάδων παλετοποιήσης των σάκκων τσιμέντου.
- Κλειστά συστήματα μεταφοράς χύμα τσιμέντου (κοχλίες, ταινίες).
- Χρήση σακκόφιλτρων στα σημεία αλλαγής ή διακοπής των συστημάτων μεταφοράς χύμα τσιμέντου (π.χ. κατά τη φόρτωση πλοίων), συνεχής προληπτική συντήρησή τους και άμεση επέμβαση (αντικατάσταση κατεστραμμένων σάκκων) σε περιπτώσεις βλαβών (ΒΔΤ Αντιρρύπανσης).

– ΜΕΙΩΣΗ ΔΙΑΧΥΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ Α' ΥΛΩΝ, ΚΛΙΝΚΕΡ ΚΑΙ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Μεταφορά από λατομείο:

- Ασφαλτόστρωση οδικού δικτύου λατομείου εργοστασίου (όταν αυτό δεν υπερβαίνει τα 3 χιλιόμετρα).
- Κάλυψη των φορτηγών οχημάτων μεταφοράς των Α' υλών προς το εργοστάσιο (μετά το θραυστήρα) για την αποφυγή διαρροής υλικών και σκόνης κατά την πορεία τους.
- Επιβολή χαμηλού ορίου ταχύτητας οχημάτων.

Μεταφορά εντός της μονάδος:

- Διαβροχή οδικού δικτύου και των σημείων φόρτωσης / εκφόρτωσης στις ανοιχτές αποθήκες.
- Επιβολή χαμηλού ορίου ταχύτητας για την κίνηση των οχημάτων εντός του εργοστασίου (10 Km/h).

- Ασφαλτόστρωση των κύριων οδών για τη διέλευση των οχημάτων εντός του εργοστασίου.
- Συχνός καθαρισμός με αυτοκινούμενο μηχανικό σάρωθρο και κατάβρεγμα όλων των οδών και των ελεύθερων χώρων του εργοστασίου. Σε περίπτωση υπερχειλίσεων ή διαρροών υλικών από μηχανήματα να λαμβάνεται μέριμνα για άμεσο καθαρισμό του χώρου μόνο με σύστημα αναρρόφησης με υποπίεση (0,8 atm).
- Έλεγχος της στεγανότητας των σιλοφόρων κατά την έξοδό τους από το εργοστάσιο και επιμελές πλύσιμο αυτών.

Εκφόρτωση Α' υλών σε χοάνες τροφοδοσίας:

- Στέγαση χώρου εκφόρτωσης των α'υλών πάνω από τις χοάνες τροφοδοσίας των εγκαταστάσεων θραύσης-άλεσης. Κάλυψη του χώρου από τις τρεις πλευρές με κατάλληλη προς τούτο κατασκευή και τοποθέτηση βιομηχανικών ελαστικών κουρτινών στο σημείο προσέγγισης των οχημάτων μεταφοράς υλικών (ασβεστολίθου, αργιλικών υλικών, κλίνκερ, γύψου κ.λπ.).

Ανοικτή αποθήκευση Α' υλών:

- Διαβροχή σωρών.
- Συμπύεση σωρών.
- Κάλυψη με γρασίδι (όπου αυτό είναι δυνατόν).
- Μείωση της αποθηκευόμενης ποσότητας σε σωρούς.
- Απαγόρευση της υπαίθριας ανάμειξης των βοηθητικών υλών (γύψος, σκουριά, ποζολάνες) τροφοδοσίας των μύλων τσιμέντου.

Ανοικτή αποθήκευση κλίνκερ:

- Μείωση της αποθηκευόμενης ποσότητας σε ανοιχτούς σωρούς.
- Σταδιακή κατάργηση και αντικατάσταση με κλειστή αποθήκη ή σιλό.

Συστήματα Μεταφοράς (πτώσεις υλικών στα σημεία αλλαγής ή διακοπής συστημάτων μεταφοράς):

- Τήρηση σε χαμηλό επίπεδο του ύψους πτώσης υλικών από αλλαγή ή διακοπή συστήματος Μεταφοράς, γερανό, σύστημα εναπόθεσης σε σωρούς.
- Τοποθέτηση των Α΄ υλών σε σωρούς (υπαίθριους ή ημιστεγασμένους μικρού ύψους.
- Καλυμμένες ταινίες μεταφοράς πρώτων υλών και τσιμέντου.

Γενικά Μέτρα:

Δενδροφύτευση περιμετρικά του εργοστασίου για μείωση των εκπομπών σκόνης και του θορύβου.

– ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ / ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΚΟΝΙΩΣΗΣ

- Όπου υπάρχουν ήδη εγκατεστημένα ηλεκτρόφιλτρα ή σακκόφιλτρα που δεν επιτυγχάνουν τα υποδεικνύμενα από τις ΒΔΤ όρια εκπομπών, να αντικατασταθούν στο χρονικό διάστημα που προβλέπεται από την Οδηγία, ή να αναβαθμισθούν με επέκταση ή μετατροπή (π.χ. μετατροπή σακκόφιλτρων παλαιού τύπου “δονητικά”, με τίναγμα, αντίστροφης ροής αέρα σε νέας τεχνολογίας με καθαρισμό με πεπιεσμένο αέρα).
- Οι εκπομπές σκόνης από τις καπνοδόχους των εγκαταστάσεων αποκονίωσης να μην υπερβαίνουν το επιτρεπόμενο από τη νομοθεσία όριο (που θα καθορισθεί με βάση την εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας με την Οδηγία IPPC).

- Προκειμένου να επιτυγχάνεται ο μέγιστος βαθμός απόδοσης στην κατακράτηση της σκόνης, να συντηρούνται τα λειτουργικά στοιχεία των συστημάτων αποκονίωσης σύμφωνα με τις προδιαγραφές των κατασκευαστών. Να γίνεται συντήρηση των εγκαταστάσεων αυτών – Να λειτουργούν στη μέγιστη απόδοσή τους όλα τα συστήματα αποκονίωσης.
- Σε περίπτωση δυσλειτουργίας των δευτερευόντων συστημάτων αποκονίωσης (σακκόφιλτρα) και εφόσον η δυσλειτουργία συνεχίζει για διάστημα άνω των 5 πρώτων λεπτών να διακόπτεται η λειτουργία του σχετικού τμήματος παραγωγής. Η ελέγχουσα τοπική υπηρεσία, θα εισηγείται την επιβολή διοικητικής κύρωσης.
- Να ανακυκλώνονται στην παραγωγή, εάν είναι εφικτό, οι επιστροφές των συστημάτων αποκονίωσης.
- Να λειτουργεί στη μέγιστη απόδοσή του το σύστημα αποκονίωσης των εγκαταστάσεων άλεσης στερεών καυσίμων.

– ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΚΟΝΗΣ

- Οι εκπομπές σκόνης από τα κυριότερα σημεία εκπομπής της (ήτοι ΠΚ-ΜΦ, Ψυγείο Κλίνκερ, ΜΤ, ΜΚ) θα πρέπει να μετρούνται συνεχώς. Η συσκευή συνεχούς μέτρησης της περιεκτικότητας σε σκόνη να διαθέτει καταγραφικό διπλής καταγραφής για περιπτώσεις κανονικής λειτουργίας και ανωμαλιών.
- Να υπάρχει καμπύλη βαθμονόμησης του καταγραφικού θεωρημένη από την κεντρική υπηρεσία περιβάλλοντος δίπλα στο καταγραφικό σε σημείο ορατό και προσπελάσιμο.
- Να γίνεται ανά εξάμηνο έλεγχος της καμπύλης βαθμονόμησης της ανωτέρω συσκευής καταγραφής. Πριν από τη βαθμονόμηση να ειδοποιείται έγκαιρα η αρμόδια υπηρεσία του ΥΠΕΧΩΔΕ, για ενδεχόμενη παρουσία εντεταλμένων υπαλλήλων της κατά τη βαθμονόμηση.

- Να αποστέλλεται μηνιαίως στην Κεντρική Υπηρεσία Περιβάλλοντος πίνακας υπερβάσεων του ορίου εκπομπής σκόνης που έχουν σημειωθεί από το καταγραφικό όργανο με αναγραφόμενες τις αιτίες που τις προκάλεσαν. Οι υπερβάσεις και οι αιτίες τους να καταχωρούνται καθημερινά σε ειδικό βιβλίο, θεωρημένο από την αρμόδια υπηρεσία περιβάλλοντος.
- Να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα η συντήρηση του οργάνου καταγραφής, ώστε να μη δημιουργείται πρόβλημα εσφαλμένων εγγραφών.
- Σε περίπτωση διακοπής λειτουργίας των συστημάτων καταγραφής των συγκεντρώσεων της εκπεμπόμενης να ενημερώνονται εγγράφως η Κεντρική και Νομαρχιακή Υπηρεσία Περιβάλλοντος.

3.3 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΠΡΥΠΙΑΝΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ NO_x

Δεν προτείνονται Δευτερογενή μέτρα (SCR, SNCR) για την Ελλάδα, αλλά η εφαρμογή των πρωτογενών μέτρων για τη μείωση εκπομπών NO_x:

- Εφοδιασμός των υπαρχόντων κλιβάνων είτε με καυστήρες Low-NO_x είτε με συστήματα καύσης πολλαπλών βαθμίδων (staged combustion) για την ελάττωση των εκπομπών NO_x. Κάτω των 1000 Mg/Nm³ σε 10% O₂ (Επιβάλλεται ως ΒΔΤ).
- Συνεχής έλεγχος της περιεκτικότητας σε οξείδια αζώτου (NO_x) των καυσαερίων της καμίνου και καταγραφή των μετρήσεων σε ειδικό θεωρημένο από την αρμόδια υπηρεσία βιβλίο.

3.4 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΠΡΥΠΙΑΝΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ SO_x

- Δεν τίθεται θέμα ΒΔΤ για την Ελλάδα λόγω χαμηλού περιεχομένου S στις Α΄ ύλες.
- Έλεγχος της περιεκτικότητας σε SO_x των καυσαερίων της ΠΚ και καταγραφή τους σε ειδικό θεωρημένο από την αρμόδια υπηρεσία βιβλίο. Οι εκπομπές SO_x δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 200 mg/Nm³.

3.5 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΠΡΥΠΙΑΝΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ VOC – ΜΕΤΑΛΛΩΝ – ΟΣΜΩΝ

- Δεν τίθεται θέμα ΒΔΤ για την Ελλάδα. Το θέμα θα πρέπει να επανεξεταστεί όταν αρχίσει καύση τοξικών αποβλήτων σε μεγάλη κλίμακα.

3.6 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΠΡΥΠΙΑΝΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ

Δεν προτείνεται συγκεκριμένη Βέλτιστη Διαθέσιμη Τεχνική αλλά ως γενικός κανόνας πρόληψης και αντιμετώπισης της ηχορύπανσης προτείνεται η εγκατάσταση σιγαστήρων και ηχομονώσεων σε όσα σημεία γίνεται εκπομπή θορύβου. Επίσης:

- Ο θόρυβος στα όρια του εργοστασίου να περιορίζεται στα προβλεπόμενα από τη νομοθεσία όρια.
- Ο χώρος στέγασης των εγκαταστάσεων άλεσης φαρίνας, τσιμέντου και άνθρακα να είναι πάντα κλειστός με κατάλληλη ηχομόνωση.
- Ύπαρξη γαιωδών αναχωμάτων και δενδροφύτευση με αιθαλή κατά μήκος της περιφράξης και επί των αναχωμάτων.
- Τοποθέτηση σε αντικραδασμικές βάσεις των ανεμιστήρων, συμπιεστών κ.λπ. ώστε να μην προκαλούν αύξηση της στάθμης θορύβου.

3.7 ΆΛΛΑ ΜΕΤΡΑ

- Αριστοποίηση του ελέγχου διεργασιών με εγκατάσταση (όπου δεν υπάρχει) συστημάτων αυτόματου ελέγχου με χρήση Η/Υ (ΒΔΤ Παραγωγής).
- Επιλογή Α΄ υλών και καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, άζωτο, χλώριο, μέταλλα και οργανικές ενώσεις, όσο αυτό είναι δυνατό (ΒΔΤ Παραγωγής).
- Ελαχιστοποίηση απωλειών (διαρροών) από τις σημειακές πηγές και τις διάχυτες εκπομπές, ανακύκλωση απωλειών στο μέγιστο δυνατό βαθμό.
- Χρήση κατάλληλων αποβλήτων ως πρώτες ύλες και καύσιμα (με ταυτόχρονη όμως συμμόρφωση με τη σχετική νομοθεσία για τα την καύση τοξικών αποβλήτων).
- Χρήση των αποβλήτων των μονάδων που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν ως πρώτες ύλες άλλων βιομηχανιών.
- Εγκατάσταση σύγχρονων συστημάτων Ενεργειακής Διαχείρισης (Power management) για την ηλεκτρική ενέργεια και χρήση εξοπλισμού χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.
- Τα νερά για την ψύξη των μηχανημάτων θα πρέπει να κυκλοφορούν μόνο σε κλειστό κύκλωμα.
- Τα αστικά λύματα θα διατίθενται στο τοπικό αποχετευτικό δίκτυο, εφόσον υπάρχει, σε εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού, ή σε αυτόνομους στεγανούς απορροφητικούς βόθρους με σχετική άδεια από τη αρμόδια υπηρεσία της Νομαρχίας.
- Τα μεταχειρισμένα ορυκτέλαια από τη λίπανση των μηχανημάτων θα πρέπει να διατίθενται σύμφωνα με τη σχετική νομοθεσία.
- Τα απορρίμματα θα συλλέγονται σε ειδικούς κάδους και θα διατίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής, εγκεκριμένους από τη αρμόδια αρχή.

- Τα φθαρμένα πυρότουβλα και τα χωματουργικά απορρίμματα να αποτίθενται στο πιο κοντινό λατομείο ασβεστόλιθου για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος μετά το πέρας της εκμετάλλευσης κάθε βαθμίδος.
- Δενδροφύτευση κατάλληλης πυκνότητας κατά μήκος της περίφραξης ιδιαίτερα προς τις πλευρές εκείνες με θέα προς κύρια οδική αρτηρία ή με θέα προς αστική περιοχή.

Παρακάτω δίνεται μια πινακοποιημένη παρουσίαση των κανόνων που προαναφέρθηκαν.

Πίνακας 5: Γενικοί Κανόνες Πρόληψης και Αντιμετώπισης της Ρύπανσης για τις μονάδες παραγωγής τσιμέντου.

ΦΑΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	ΚΑΝΟΝΑΣ	B Δ T	Ελάττωση Εκπομπών				Εξοικ. Ενέργειας
			Σκόνη	NOx	SOx	BM	
ΘΡΑΥΣΗ ΚΑΙ ΑΛΕΣΗ Α' ΥΛΩΝ	• Χρήση σακκόφιλτρων.	*	*				
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ Α' ΥΛΩΝ	• Σταδιακή κατάργηση της υπαίθριας αποθήκευσης. Αντικατάστασή της με κλειστές αποθήκες ή σιλό.		*				
ΠΡΟΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ Α' ΥΛΩΝ	• Σταδιακή κατάργηση της υπαίθριας Προομογενοποίησης. Αντικατάστασή της με στεγασμένα συστήματα προομογενοποίησης (κλειστές αποθήκες).		*				
ΑΛΕΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΦΑΡΙΝΑΣ	• Κοινό σύστημα αποκονίωσης ΜΦ–ΠΚ με ηλεκτροστατικό φίλτρο ή σακκόφιλτρο σε συνδυασμό με εναλλάκτη θερμότητας. • Αποθήκευση της φαρίνας σε σιλό αποκονιούμενα με σακκόφιλτρα.		*				
ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	• Υπαίθρια αποθήκευση του άνθρακα. Χρήση συστήματος διαβροχής για διατήρηση >8% της υγρασίας του καυσίμου. Συντήρηση συστήματος διαβροχής.		*				
ΑΛΕΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	• Χρήση σακκόφιλτρων.	*	*				
ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	• Αποθήκευση σε στεγασμένες αποθήκες ή δεξαμενές. • Ελαχιστοποίηση διαρροών. • Μετρήσεις–Καταγραφή μετρήσεων.		*				

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΙΝΚΕΡ	<ul style="list-style-type: none"> • Εγκατάσταση κοντού κλιβάνου με προθερμαντή τουλάχιστον 4–6 βαθμίδων με προασβεστοποίηση. • Πρωτογενή μέτρα ελάττωσης εκπομπών NOx: συστημάτων staged combustion, καυστήρων χαμηλών NOx. • Χρήση ηλεκτροστατικών φίλτρων με πύργο ψεκασμού καυσαερίων ή σακκόφιλτρων με εναλλάκτη θερμότητας για την ψύξη των αερίων 	*		*			*
ΨΥΞΗ ΚΛΙΝΚΕΡ	<ul style="list-style-type: none"> • Χρήση ψυγείων τύπου εσχάρας με πλάκες που επιτρέπουν τη μέγιστη ανάκτηση θερμότητας. • Χρήση ηλεκτροστατικών φίλτρων ή σακκόφιλτρων. 	*	*				*
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΛΙΝΚΕΡ	<ul style="list-style-type: none"> • Σταδιακή κατάργηση της υπαίθριας αποθήκευσης κλίνκερ. αντικατάστασή της με κλειστές αποθήκες ή σιλό κλίνκερ. 		*				
ΑΛΕΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	<ul style="list-style-type: none"> • Χρήση σακκόφιλτρων ή εναλλακτικά ηλεκτροστατικών φίλτρων για την αποκονίωση των μύλων και σακκόφιλτρων για τα βοηθητικά κυκλώματα. • Αποθήκευση τσιμέντου σε σιλό εξοπλισμένα με Σακκόφιλτρα για την αποκονίωση κατα τον εφοδιασμό και την εκκένωσή τους. 	*	*				
ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	<ul style="list-style-type: none"> • Λειτουργία κλειστών συστημάτων ενσάκκισης αποκονιούμενων με σακκόφιλτρα. 	*	*				
ΔΙΑΘΕΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	<ul style="list-style-type: none"> • Χρήση σακκόφιλτρων στα σημεία αλλαγής μεταφοράς συστήματος. 	*	*				

	<ul style="list-style-type: none"> • Κλειστά συστήματα μεταφοράς χύδην τσιμέντου. • Εγκατάσταση μονάδων παλετοποίησης των σάκκων τσιμέντου. 		*				
<p>ΜΕΤΑΦΟΡΑ, ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ & ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ Α΄ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ</p>	<p><u>Μεταφορά από λατομείο:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ασφαλτόστρωση οδικού δικτύου. • Κάλυψη των φορτηγών οχημάτων μεταφοράς των Α΄ υλών προς το εργοστάσιο (μετά το θραυστήρα). • Επιβολή χαμηλού ορίου ταχύτητας οχημάτων. <p><u>Μεταφορά εντός της μονάδος:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Διαβροχή οδικού δικτύου και των σημείων φόρτωσης/εκφόρτωσης στις ανοιχτές αποθήκες. • Επιβολή χαμηλού ορίου ταχύτητας για την κίνηση των οχημάτων εντός του εργοστασίου (10 Km/h). • Ασφαλτόστρωση των κύριων οδών για τη διέλευση των οχημάτων εντός του εργοστασίου. • Συχνός καθαρισμός με αυτοκινούμενο μηχανικό σάρωθρο και κατάβρεγμα όλων των οδών και των ελεύθερων χώρων του εργοστασίου. Σε περίπτωση υπερχειλίσεων ή διαρροών υλικών από μηχανήματα να λαμβάνεται μέριμνα για άμεσο καθαρισμό του χώρου μόνο με σύστημα αναρρόφησης με υποπίεση (0,8 atm). • Έλεγχος της στεγανότητας των σιλοφόρων 		*				
			*				
			*				
			*				
			*				
			*				

	<p>κατά την έξοδό τους από το εργοστάσιο και επιμελές πλύσιμο αυτών.</p> <p><u>Εκφόρτωση Α' υλών σε χοάνες τροφοδοσίας:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Στέγαση χώρου εκφόρτωσης των Α' υλών πάνω από τις χοάνες τροφοδοσίας των εγκαταστάσεων θραύσης-άλεσης. Κάλυψη του χώρου από τις τρεις πλευρές με κατάλληλη προς τούτο κατασκευή και τοποθέτηση βιομηχανικών ελαστικών κουρτινών στο σημείο προσέγγισης των οχημάτων μεταφοράς υλικών (ασβεστολίθου, αργιλικών υλικών, κλίνκερ, γύψου κ.λπ.). <p><u>Ανοικτή αποθήκευση Α' υλών:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Διαβροχή σωρών. • Συμπύεση σωρών. • Κάλυψη με χόρτο. • Μείωση της αποθηκευόμενης ποσότητας σε σωρούς. • Κατάργηση της υπαίθριας ανάμειξης των βοηθ. υλών τροφοδοσίας των μύλων τσιμέντου. <p><u>Ανοικτή αποθήκευση κλίνκερ:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Μείωση της αποθηκευόμενης ποσότητας σε ανοιχτούς σωρούς. • Σταδιακή κατάργηση και αντικατάσταση με κλειστή αποθήκευση και σιλό. 	*					
--	---	---	--	--	--	--	--

	<p><u>Συστήματα Μεταφοράς (πτώσεις υλικών στα σημεία αλλαγής ή διακοπής συστημάτων μεταφοράς):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Τήρηση σε χαμηλό επίπεδο του ύψους πτώσης υλικών από γερανό συστήματος εναπόθεσης σε σωρούς. • Τοποθέτηση σε χαμηλά επίπεδα των υπαίθριων ή στεγασμένων αποθηκών των Α' υλών. • Κάλυψη όλων των ταινιών μεταφοράς Α' υλών και τσιμέντου. <p><u>Γενικά Μέτρα:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Δενδροφύτευση περιμετρικά του εργοστασίου για μείωση των εκπομπών σκόνης και του θορύβου. 		* * * *				
<p>ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ / ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΚΟΝΙΩΣΗΣ</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Όπου υπάρχουν ήδη εγκατεστημένα Ηλεκτρόφιλτρα ή σακκόφιλτρα που δεν επιτυγχάνουν τα υποδεικνυόμενα από τις ΒΔΤ όρια εκπομπών, να αντικατασταθούν στο χρονικό διάστημα που προβλέπεται από την Οδηγία, ή να αναβαθμισθούν με επέκταση ή μετατροπή (π.χ. μετατροπή σακκόφιλτρων παλαιού τύπου “δονητικά”, με τίναγμα, αντιστρ. ροής αέρα σε νέας τεχνολογίας). • Προληπτική συντήρηση συστημάτων αποκονίωσης. 	*	* *				

	<ul style="list-style-type: none"> • Σε περίπτωση δυσλειτουργίας των δευτερευόντων συστημάτων αποκονίωσης (σακκόφιλτρα) και εφόσον η δυσλειτουργία συνεχίζει για διάστημα άνω των 5 πρώτων λεπτών να διακόπτεται η λειτουργία του σχετικού τμήματος παραγωγής. Η ελέγχουσα τοπική υπηρεσία, θα εισηγείται την επιβολή διοικητικής κύρωσης. • Να ανακυκλώνονται στην παραγωγή, εάν είναι εφικτό, οι επιστροφές των συστημάτων αποκονίωσης. • Να λειτουργεί στη μέγιστη απόδοσή του το σύστημα αποκονίωσης των εγκαταστάσεων άλεσης στερεών καυσίμων. 		<p style="text-align: center;">*</p> <p style="text-align: center;">*</p> <p style="text-align: center;">*</p>				
--	--	--	--	--	--	--	--

<p>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΚΟΝΗΣ</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Οι εκπομπές σκόνης απο τα κυριότερα σημεία εκπομπής της (Ητοι ΠΚ–ΜΦ, Ψυγείο Κλίνκερ, ΜΤ, ΜΚ) θα πρέπει να μετρούνται συνεχώς. Η συσκευή συνεχούς μέτρησης της περιεκτικότητας σε σκόνη να διαθέτει καταγραφικό διπλής καταγραφής για περιπτώσεις κανονικής λειτουργίας και ανωμαλιών. • Να υπάρχει καμπύλη βαθμονόμησης του καταγραφικού θεωρημένη από την κεντρική υπηρεσία περιβάλλοντος δίπλα στο καταγραφικό σε σημείο ορατό και προσπελάσιμο. • Να γίνεται ανά εξάμηνο έλεγχος της καμπύλης βαθμονόμησης της ανωτέρω συσκευής καταγραφής. Πριν από τη βαθμονόμηση να ειδοποιείται έγκαιρα η αρμόδια υπηρεσία του ΥΠΕΧΩΔΕ, για ενδεχόμενη παρουσία εντεταλμένων υπαλλήλων της κατά τη βαθμονόμηση. • Να αποστέλλεται μηνιαίως στην Κεντρική Υπηρεσία Περιβάλλοντος πίνακας υπερβάσεων του ορίου εκπομπής σκόνης που έχουν σημειωθεί από το καταγραφικό όργανο με αναγραφόμενες τις αιτίες που τις προκάλεσαν. Οι υπερβάσεις και οι αιτίες τους να καταχωρούνται καθημερινά σε ειδικό βιβλίο, θεωρημένο από την αρμόδια υπηρεσία 		<p style="text-align: center;">*</p> <p style="text-align: center;">*</p> <p style="text-align: center;">*</p>			
--	--	--	--	--	--	--

	<p>περιβάλλοντος.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα η συντήρηση του οργάνου καταγραφής, ώστε να μη δημιουργείται πρόβλημα εσφαλμένων εγγραφών. • Σε περίπτωση διακοπής λειτουργίας των συστημάτων καταγραφής των συγκεντρώσεων της εκπεμπόμενης σκόνης από τις καπνοδόχους των περιστροφικών κλιβάνων να ενημερώνονται εγγράφως η Κεντρική και Νομαρχιακή Υπηρεσία Περιβάλλοντος. 		*				
--	---	--	---	--	--	--	--

<p>ΜΕΤΡΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ NO_x</p>	<p>Δεν προτείνονται Δευτερογενή μέτρα (SCR, SNCR) για την Ελλάδα, αλλά η εφαρμογή των πρωτογενών μέτρων για τη μείωση εκπομπών NO_x:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Εφοδιασμός των υπαρχόντων κλιβάνων είτε με Καυστήρες Low-NO_x είτε με συστήματα καύσης πολλαπλών βαθμίδων (Staged combustion) για την ελάττωση των εκπομπών NO_x. Κάτω των 1200 Mg/Nm³ σε 10% O₂. • Συνεχής έλεγχος της περιεκτικότητας σε οξείδια αζώτου (NO_x) των καυσαερίων της καμίνου και καταγραφή των μετρήσεων σε ειδικό θεωρημένο από την αρμόδια υπηρεσία βιβλίο. 	*		*			
<p>ΜΕΤΡΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ SO_x</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Δεν τίθεται θέμα ΒΔΤ για την Ελλάδα λόγω χαμηλού περιεχομένου S στις Α΄ ύλες. • Έλεγχος της περιεκτικότητας σε SO_x των καυσαερίων της ΠΚ και καταγραφή τους σε ειδικό θεωρημένο από την αρμόδια υπηρεσία βιβλίο. Οι εκπομπές SO_x δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν τα 600 mg/Nm³. 						
<p>ΜΕΤΡΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ο θόρυβος στα όρια του εργοστασίου να περιορίζεται στα προβλεπόμενα από τη νομοθεσία όρια. • Ο χώρος στέγασης των εγκαταστάσεων άλεσης φαρίνας, τσιμέντου και άνθρακα να είναι πάντα κλειστός με κατάλληλη ηχομόνωση. 						

	<ul style="list-style-type: none"> • Ύπαρξη γαιωδών αναχωμάτων και δενδροφύτευση με αειθαλή κατά μήκος της περιφραξής και επί των αναχωμάτων. • Τοποθέτηση σε αντικραδασμικές βάσεις των ανεμιστήρων, συμπιεστών κ.λπ. Όστε να μην προκαλούν αύξηση της στάθμης θορύβου. 		*				
ΑΛΛΑ ΜΕΤΡΑ	<ul style="list-style-type: none"> • Αριστοποίηση του ελέγχου διεργασιών με εγκατάσταση (όπου δεν υπάρχει) συστημάτων αυτόματου ελέγχου με χρήση Η/Υ. • Επιλογή Α΄ υλών και καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, άζωτο, χλώριο, μέταλλα και οργανικές ενώσεις, όσο αυτό είναι δυνατό. • Ελαχιστοποίηση απωλειών (διαρροών) από τις σημειακές πηγές και τις διάχυτες εκπομπές, ανακύκλωση απωλειών στο μέγιστο δυνατό βαθμό. • Χρήση κατάλληλων αποβλήτων ως Α΄ ύλες και καύσιμα (με ταυτόχρονη όμως συμμόρφωση με τη σχετική νομοθεσία για τα την καύση τοξικών αποβλήτων). • Χρήση των αποβλήτων των μονάδων που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν ως πρώτες ύλες άλλων βιομηχανιών. • Εγκατάσταση σύγχρονων συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης για την ηλεκτρική ενέργεια και χρήση εξοπλισμού χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. 	*	*	*	*	*	*
		*	*	*	*	*	*
			*				*
							*

	<ul style="list-style-type: none"> • Τα νερά για την ψύξη των μηχανημάτων θα πρέπει να κυκλοφορούν μόνο σε κλειστό κύκλωμα. • Τα αστικά λύματα θα διατίθενται στο τοπικό αποχετευτικό δίκτυο, εφόσον υπάρχει, σε εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού, ή σε αυτόνομους στεγανούς απορροφητικούς βόθρους με σχετική άδεια από τη αρμόδια υπηρεσία της Νομαρχίας. • Τα μεταχειρισμένα ορυκτέλαια από τη λίπανση των μηχανημάτων θα πρέπει να διατίθενται σύμφωνα με τη σχετική νομοθεσία. • Τα απορρίμματα θα συλλέγονται σε ειδικούς κάδους και θα διατίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής, εγκεκριμένους από τη αρμόδια αρχή. • Τα φθαρμένα πυρότουβλα και τα χωματοουργικά απορρίμματα να αποτίθενται στο πιο κοντινό λατομείο ασβεστόλιθου για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος μετά το πέρας της εκμετάλλευσης κάθε βαθμίδος. • Δενδροφύτευση κατάλληλης πυκνότητας κατά μήκος της περιφραξης ιδιαίτερα προς τις πλευρές εκείνες με θέα προς κύρια οδική αρτηρία ή με θέα προς αστική περιοχή. 					
--	---	--	--	--	--	--

3.8 ΕΙΔΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ

Τα ειδικά μέτρα/κανόνες αφορούν ιδιαιτερότητες της κάθε βιομηχανικής εγκατάστασης και συνεπώς πρέπει να εφαρμοστούν, εφόσον κριθεί απαραίτητο από την αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος (Κεντρική / Νομαρχιακή). Τα μέτρα αυτά αφορούν σε γενικές γραμμές τα ακόλουθα:

- Αλλαγή λειτουργίας σακκόφιλτρων (αντικατάσταση–μετατροπή–επέκταση) για την επίτευξη της μέγιστης απόδοσής τους–αναβάθμιση τεχνικών χαρακτηριστικών τους (τύπος, ικανότητα διήθησης, επιφάνεια σάκων) εξειδικευμένα για κάθε εγκατάσταση.
- Αλλαγή λειτουργίας των ηλεκτροστατικών φίλτρων, αναβάθμιση /βελτίωση τεχνικών χαρακτηριστικών τους (παροχή–θερμοκρασία αερίων προς αποκονίωση, περιεκτικότητα σε σκόνη των αερίων, απόδοση, ενεργός επιφάνεια συλλογής) για την επίτευξη της μέγιστης απόδοσής τους.
- Εκσυγχρονισμό εγκαταστάσεων συσκευασίας τσιμέντων (ενσάκκιση, παλετοποίηση).
- Επιμέρους τροποποιήσεις–προσθήκες στις μονάδες της εγκατάστασης για την επίτευξη της μέγιστης απόδοσης τους όσον αφορά την παραγωγική ικανότητα και τη μέγιστη απόδοση των αντιρρυπαντικών τεχνολογιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο
ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την παραγωγή τσιμέντου χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες μη ανανεώσιμων ορυκτών πρώτων υλών, καυσίμων και ενέργειας με αντίστοιχη επίπτωση στο περιβάλλον. Τα καύσιμα και η ηλεκτρική ενέργεια αποτελούν το 30% του συνολικού κόστους παραγωγής του τσιμέντου. Η ενεργειακή εξοικονόμηση έχει φθάσει σε οριακό σημείο (μείωση 30% από το 1970 μέχρι σήμερα), οι δε τιμές των καυσίμων αυξάνονται διαρκώς. Έτσι λοιπόν, η χρήση των εναλλακτικών πρώτων υλών και καυσίμων έχει κριθεί αναγκαία.

Με τον όρο Εναλλακτικές Πρώτες Ύλες, ονομάζονται τα υλικά που προέρχονται από διάφορες οικονομικές και κοινωνικές δραστηριότητες, περιέχουν χημικά συστατικά κατάλληλα για την παραγωγή κλίνκερ ή τσιμέντου και μπορούν να υποκαταστήσουν πρώτες ύλες. Εναλλακτικά Καύσιμα, ονομάζονται τα υλικά που προέρχονται από διάφορες δραστηριότητες, έχουν υποστεί κάποια προεπιλογή ή προεπεξεργασία, περιέχουν σημαντικό ενεργειακό φορτίο και μπορούν να υποκαταστήσουν παραδοσιακά καύσιμα.

Πολύ προηγμένες χώρες οι οποίες εμφανίζουν πολύ μεγάλη ευαισθησία σε θέματα περιβάλλοντος, όπως είναι η Σουηδία, η Φιλανδία και η Ελβετία έχουν κινηθεί προς αυτή την κατεύθυνση. Τα ειδικότερα κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά δεδομένα που οδήγησαν την τσιμεντοβιομηχανία στην αξιοποίηση εναλλακτικών πρώτων υλών είναι τα εξής:

- Η διαχείριση αποβλήτων σε όλο τον κόσμο–η Ελλάδα είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα–αποτελεί σήμερα ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα, με σοβαρές κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που προκαλούν έντονες συγκρούσεις στις τοπικές κοινωνίες. Ωστόσο, στη χώρα μας εκφράζονται ερωτήματα σε ότι αφορά την τυχόν περιβαλλοντική επιβάρυνση από την εφαρμογή τεχνολογιών που αφορούν τις εναλλακτικές πρώτες ύλες στην τσιμεντοβιομηχανία.

- Τα εναλλακτικά υλικά και καύσιμα είναι κατά κανόνα φθηνότερα από τους φυσικούς πόρους και σε πολλές περιπτώσεις η δράση τους επιδοτείται.

Συνεπώς, είναι μια ενδιαφέρουσα λύση από περιβαλλοντικής και οικονομικής άποψης.

4.2 ΠΟΖΟΛΑΝΕΣ

Οι ποζολάνες είναι κονίες, οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία των υδραυλικών κονιών. Είναι υλικά πυριτικής ή αργιλοπυριτικής σύστασης, τα οποία, ενώ έχουν μικρή υδραυλική ικανότητα, όταν κονιοποιηθούν και παρουσία υγρασίας, αντιδρούν με το Ca(OH)_2 και δίνουν ενώσεις με αυξημένες υδραυλικές ιδιότητες. Οι ποζολάνες διακρίνονται σε φυσικές και σε τεχνητές ανάλογα με την προέλευσή τους.

4.2.1 Φυσικές ποζολάνες (P) - θηραϊκή γη.

Οι φυσικές ποζολάνες βρίσκονται αυτούσιες στο περιβάλλον και είναι κυρίως ηφαιστιογενείς, όπως η ιταλική Pozzolana, η οποία έδωσε το όνομα της σ' αυτή την κατηγορία των κονιών, η γερμανική trass κ.ά. Στην Ελλάδα χαρακτηριστική φυσική ποζολάνη είναι η θηραϊκή γη. Είναι υλικό ηφαιστειογενούς προέλευσης και αποτελείται από ηφαιστειακή στάχτη, κίσηρη και οψιδιανό. Είναι πλούσια σε οξείδια του πυριτίου και του αργιλίου και έχει την εξής σύσταση :

SiO_2	à	66,0%	MgO	à	0,8%
Al_2O_3	à	14,5%	SO_3	à	0,7%
FeO_3	à	5,5%	Na_2O	à	3,5%
CaO	à	3,0%	K_2O	à	2,0%.

Η απώλεια πύρωσης της θηραϊκής γης στους 1000°C είναι 3,5%.

4.2.1.1 Ιδιότητες της θηραϊκής γης.

α. Λεπτότητα άλεσης:

Η θηραϊκή γη μετά την άλεσή της έχει μέσο μέγεθος μέγιστου κόκκου 10 μm.

β. Αδιάλυτο υπόλειμμα:

Το αδιάλυτο υπόλειμμα της θηραϊκής γης μετά την επίδραση HCl ή καυστικών αλκαλίων πρέπει να είναι 25–30%. Το μέγιστο επιτρεπτό είναι 40%.

γ. Αντοχή σε θλίψη και εφελκυσμό:

Για τον προσδιορισμό της αντοχής σε θλίψη κατασκευάζονται κυβικά δοκίμια, ενώ για την αντοχή σε εφελκυσμό δοκίμια σε σχήμα οκταριών. Τα δοκίμια παρασκευάζονται από θηραϊκή γη και υδράσβεστο με αναλογία 3:1 κατά βάρος και μετά από 28 μέρες παρουσιάζουν :

Αντοχή σε θλίψη 5,5 MPa

Αντοχή σε εφελκυσμό 1,3 MPa

δ. Ικανότητα δέσμευσης της ασβέστου:

Η ποζολανικότητα της θηραϊκής γης, όπως και όλων των ποζολανών, είναι βασικά η ικανότητά τους να δεσμεύουν την άσβεστο που αποβάλλεται κατά την ενυδάτωση του τσιμέντου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της αντοχής του τσιμέντου. Η ικανότητα δέσμευσης είναι μεγαλύτερη, όσο περισσότερο λεπτοαλεσμένη είναι η ποζολάνη.

4.2.2 Τεχνητές ποζολάνες (Q).

Οι τεχνητές ποζολάνες παρασκευάζονται από αργίλους και σχιστόλιθους με θερμική κατεργασία, δηλαδή πύρωση σε θερμοκρασίες μεταξύ 770–900 °C. Τεχνητές ποζολάνες είναι επίσης και οι σκουριές από υψικαμίλους, η ιπτάμενη τέφρα, η οποία είναι η σκόνη που παράγεται από την καύση λιθανθράκων και λιγνιτών σε εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Όλες οι ποζολανικές κονίες θεωρούνται ως κονίες υδραυλικής ασβέστου. Η αντοχή τους, όμως, είναι σχεδόν διπλάσια από την αντοχή των κονιών της υπερυδραυλικής ασβέστου.

4.3 ΙΠΤΑΜΕΝΗ ΤΕΦΡΑ

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 450 για τα κατασκευαστικά υλικά, η ιπτάμενη τέφρα ορίζεται ως το λεπτόκοκκο υλικό αποτελούμενο από κυρίως σφαιρικά, υαλώδη σωματίδια, προερχόμενα από την καύση κονιορτοποιημένου άνθρακα. Λαμβάνεται από τα ηλεκτροστατικά ή μηχανικά φίλτρα, τα οποία την δεσμεύουν από τα απαέρια των λεβήτων καύσης κονιορτοποιημένου άνθρακα. Μπορεί να είναι πυριτικής ή ασβεστολιθικής προέλευσης.



Εικόνα 4: Ιπτάμενη Τέφρα.

Το ευρωπαϊκό πρότυπο EN197-1 διαχωρίζει τις τέφρες σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Στις πυριτικές τέφρες (V), οι οποίες περιέχουν λιγότερο από 10% CaO.
- Στις ασβεστολιθικές τέφρες (W), οι οποίες περιέχουν 10–35% CaO.

Οι τέφρες της πρώτης κατηγορίας παρουσιάζουν ποζολανικές ιδιότητες, ενώ της δεύτερης κατηγορίας μπορεί να έχουν και υδραυλικές ιδιότητες.

Σύμφωνα με το αμερικάνικο πρότυπο ASTM C 618, οι τέφρες διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Στις τέφρες τύπου N, οι οποίες περιλαμβάνουν ακατέργαστες ποζολάνες με τουλάχιστον 70% SiO₂, Al₂O₃ και Fe₂O₃.

- Στις τέφρες τύπου F που παράγονται από την καύση ανθρακίτη ή βιταμινούχου κάρβουνου με τουλάχιστον 70% SiO_2 , Al_2O_3 και Fe_2O_3 , και τέλος
- Στις τέφρες τύπου C, που είναι εκείνες που παράγονται από την καύση λιγνίτη και υπό-βιταμινούχου κάρβουνου και περιέχουν τουλάχιστον 50% αλλά λιγότερο από 70% SiO_2 , Al_2O_3 και Fe_2O_3 .

Οι τέφρες τύπου F περιέχουν συνήθως λιγότερο από 5% CaO , ενώ οι τέφρες τύπου C περιέχουν μεγάλη ποσότητα CaO (10–35%).

Οι ελληνικές ιπτάμενες τέφρες ανήκουν στην κατηγορία των ασβεστολιθικών τεφρών (W) σύμφωνα με το EN197–1 και στην κατηγορία C σύμφωνα με το ASTM C 618, λόγω των υψηλών ποσοστών CaO που περιέχουν, αλλά παρουσιάζουν σημαντική διαφοροποίηση ανάλογα με την προέλευσή τους. Συγκεκριμένα, η ουσιώδης διαφορά είναι ότι η ιπτάμενη τέφρα Πτολεμαΐδας (ITΠ) είναι πλούσια σε ασβέστιο και κατατάσσεται στην κατηγορία «υδραυλικών τεφρών», ενώ η ιπτάμενη τέφρα Μεγαλόπολης (ITM) είναι πλούσια σε πυριτικά και χαρακτηρίζεται σαν καλή «ποζολανική τέφρα», καθώς και σε θειικά (SO_3).

4.3.1 Πλεονεκτήματα.

- Η μείωση των απαιτούμενων χώρων για την απόθεση της τέφρας.
- Η διατήρηση των φυσικών πόρων, αντικαθιστώντας άλλα υλικά.
- Η συμβολή στην δημιουργία καθαρότερου και ασφαλέστερου περιβάλλοντος.
- Η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την αντικατάσταση τσιμέντου σε διάφορες εφαρμογές.
- Σημαντικά οικονομικά οφέλη για τους τελικούς χρήστες λόγω του χαμηλού της κόστους που συνεπάγεται συμβολή στην οικονομική ανάπτυξη.

- Η μείωση του συνολικού κόστους παραγωγής ενέργειας από την εκμετάλλευσή της.

4.3.2 Εφαρμογές Ιπτάμενης Τέφρας.

Η αξιοποίηση των παραπροϊόντων καύσης από κάρβουνο (CCBs–Coal Combustion Byproducts) ξεκίνησε κατ’ αρχήν από την αξιοποίηση της ιπτάμενης τέφρας, εξ’ αιτίας των περιβαλλοντικών προβλημάτων που δημιουργούνται από την απόθεση μεγάλων ποσοτήτων που παράγονται ετησίως κατά την καύση των στερεών καυσίμων, αλλά και των ιδιοτήτων που παρουσιάζουν που τις καθιστούν ένα υλικό κατάλληλο για διάφορες εφαρμογές. Έτσι, η επιστημονική κοινότητα σε παγκόσμιο επίπεδο προέβη στην αναζήτηση διαφόρων χρήσεων, έτσι ώστε να αξιοποιείται η μεγαλύτερη δυνατόν παραγόμενη ποσότητα.

Από την δεκαετία του 1930 η ιπτάμενη τέφρα χρησιμοποιήθηκε στην Αμερική ως ορυκτό στα ασφαλτικά μίγματα. Από τότε έως σήμερα έχει χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως σε διάφορες εφαρμογές, ενώ έχουν θεσπιστεί κανονισμοί σε πολλές χώρες για την χρήση της. Ενδεικτικές εφαρμογές επιτυχημένης χρησιμοποίησης της τέφρας σε παγκόσμια κλίμακα παρουσιάζονται παρακάτω.

4.3.3 Παραγωγή τσιμέντου.

Η χρησιμοποίηση της ιπτάμενης τέφρας για την παραγωγή τσιμέντου ξεκίνησε από την δεκαετία του 1950–1960 στις ανεπτυγμένες χώρες και συνεχώς αυξάνεται λόγω:

- Της αναβάθμισης των ιπτάμενων τεφρών (νέες τεχνολογίες καύσεως γαιανθράκων, συλλογής και κατεργασίας ιπτάμενης τέφρας).
- Της θέσπισης προδιαγραφών για την καταλληλότητα του υλικού στις περισσότερες χώρες.
- Της μεγαλύτερης δυνατότητας που υπάρχει στις μέρες μας για ποιοτικό έλεγχο του προϊόντος.

- Της αναγνώρισης των πλεονεκτημάτων που προέρχονται από τη χρήση των ιπτάμενων τεφρών στο σκυρόδεμα, όπως είναι η μείωση του κόστους παραγωγής και η αύξηση της ανθεκτικότητας σκυροδέματος.
- Των τεραστίων ποσοτήτων που παράγονται, που πιέζουν για λύσεις περιβαλλοντικά αποδεκτές μια και η απόθεσή της δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα τόσο στην ατμόσφαιρα όσο και για στο έδαφος.

Το ακριβές ποσοστό της προσθήκης της τέφρας στο τσιμέντο αποτελεί ιδιαιτερότητα και ορίζεται αφού συνεκτιμηθούν όλοι οι παράγοντες, όπως:

- Η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της προσθήκης της τέφρας.
- Η φύση και οι ιδιότητες της τέφρας.
- Η παραγωγική διαδικασία του τσιμέντου Portland.
- Οι χρήσεις για τις οποίες προορίζεται το τσιμέντο.
- Οι ισχύοντες κανονισμοί κατά χώρα για το ποσοστό προσθήκης της τέφρας στο τσιμέντο.

Κατά την χρήση της τέφρας στην παραγωγή τσιμέντου, παρουσιάζονται ορισμένα προβλήματα που προκύπτουν από την ανομοιογένεια των τεφρών στην χημική και ορυκτολογική σύσταση, την κοκκομετρία, και την περιεκτικότητα σε ελεύθερο οξείδιο του ασβεστίου και οξείδιο του θείου, παράγοντες που αποτελούν σοβαρό πρόβλημα και η επίλυσή τους προϋποθέτει συνεχείς επεμβάσεις και ελέγχους στη ροή των υλικών, προκειμένου το τσιμέντο να είναι πάντοτε μέσα στις προδιαγραφές.

Έτσι, για την χρησιμοποίηση της ιπτάμενης τέφρας κατά την άλεση του τσιμέντου απαιτείται ένα καλά οργανωμένο σύστημα ποιοτικού ελέγχου, που συνοδεύεται από ένα ευέλικτο σύστημα διορθωτικών επεμβάσεων κατά τη διάρκεια της παραγωγής, με σκοπό να απαλείφονται με επιτυχία οι δυσμενείς

επιδράσεις και οι ποιοτικές αποκλίσεις που μπορεί να προκληθούν στο τσιμέντο.

Για τους παραπάνω λόγους έχει καθιερωθεί από τις τσιμεντοβιομηχανίες να πραγματοποιούνται τακτικοί έλεγχοι ποιότητας της χημικής σύστασης της εισερχόμενης τέφρας ως προς:

α. Τα θειικά (SO_3): Πρέπει να ελέγχονται γιατί αν υπερβαίνουν το προκαθορισμένο όριο του SO_3 , προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις στις αντοχές και στην πήξη του τσιμέντου.

β. Το αδιάλυτο υπόλειμμα (A.Y.): Εκφράζει το δραστικό μέρος του υλικού και συμμετέχει σε σημαντικό βαθμό στο αδιάλυτο υπόλειμμα του τσιμέντου. Κατά συνέπεια οι διακυμάνσεις του στην ιπτάμενη τέφρα σημαίνουν διακύμανση της δραστικότητας του τσιμέντου.

γ. Την απώλεια πύρωσης (A.Π.): Εκφράζει τον περιεχόμενο άκαυστο άνθρακα, ο οποίος μειώνει τη δραστικότητα του υλικού και κατά τον ίδιο τρόπο επηρεάζεται η δραστικότητα του τσιμέντου.

δ. Το ελεύθερο οξείδιο του ασβεστίου (CaO_f): Επιδρά στη σταθερότητα του όγκου του τσιμέντου, αφού μέρος του δεσμεύει νερό και μετατρέπεται σε $\text{Ca}(\text{OH})_2$, το οποίο όταν διασπάται δίνει αυξημένες απώλειες πύρωσης.

ε. Την κοκκομετρία της: Οι τιμές R90, R200 που είναι ενδεικτικές τις κοκκομετρίας της ιπτάμενης τέφρας, όταν εμφανίζουν αποκλίσεις επηρεάζουν τις λειτουργικές παραμέτρους των μύλων της τσιμεντοβιομηχανίας.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την χρήση της τέφρας στο τσιμέντο, είναι το συνολικό κόστος της, το οποίο περιλαμβάνει το κόστος αγοράς, μεταφοράς αλλά και επεξεργασίας.

Στην Ελλάδα η Ιπτάμενη Τέφρα χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια από την ελληνική τσιμεντοβιομηχανία για την παραγωγή τσιμέντου τύπου Π-35, μάλιστα δε στις τελευταίες Ευρωπαϊκές προδιαγραφές για το τσιμέντο (EN197-1), προβλέπεται ειδική περίπτωση για τα τσιμέντα με τέφρα.

4.3.4 Παραγωγή σκυροδέματος.

Η ιπτάμενη τέφρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα κατά την ανάδευση των συστατικών για την παραγωγή σκυροδέματος. Ανάλογα με τις απαιτήσεις του προϊόντος μπορεί να θεωρηθεί ότι αντικαθιστά τσιμέντο Portland ή αδρανή υλικά. Στην πρώτη περίπτωση προκύπτουν οικονομικά οφέλη από την αντικατάσταση του τσιμέντου, ενώ στην δεύτερη περίπτωση προκύπτουν τεχνικά οφέλη καθώς προκύπτει ένα εύκολα αντλήσιμο σκυρόδεμα. Η αντλησιμότητα είναι άμεσα συνδεδεμένη με την εργασιμότητα. Η ελαχιστοποίηση του κόστους άντλησης και διάστρωσης του σκυροδέματος λόγω χρήσης ιπτάμενης τέφρας συνεπάγεται και οικονομικό όφελος.

Η ύπαρξη θεικών στην τέφρα αποτελεί παράγοντα που πρέπει να διερευνηθεί, ιδιαίτερα στην περίπτωση του οπλισμένου σκυροδέματος, μια και τα θειικά δύνανται να προκαλέσουν προβλήματα διάβρωσης του οπλισμού.

Λόγω των παραπάνω αναφερόμενων, η χρήση της ιπτάμενης τέφρας ως διακριτό υλικό στην παραγωγή έτοιμου σκυροδέματος επιβάλλεται τόσο από οικονομικής όσο και από τεχνικής άποψης. Η καταλληλότητα των πυριτικών ιπτάμενων τεφρών για την χρήση τους στο σκυρόδεμα προσδιορίζεται στο πλαίσιο του EN 206-1 από το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 450-1 (2000).

Για τις ασβεστούχες τέφρες (στην κατηγορία των οποίων ανήκουν και οι Ελληνικές) δεν υπάρχει Ευρωπαϊκό πρότυπο, και η δυνατότητα χρησιμοποίησής τους μπορεί να διασφαλισθεί μόνο βάσει εθνικού σχετικού προτύπου που θα προσαρμόζεται/εντάσσεται στο EN 206-1. Στα πλαίσια της δράσης «Ανάπτυξη νέων προϊόντων με την χρήση τέφρας στην Δυτική Μακεδονία» συντάχθηκε

σχέδιο προδιαγραφών για την χρήση της ιπτάμενης τέφρας στο άοπλο σκυρόδεμα, καθώς επίσης και σε κονιάματα και ενέματα, το οποίο κατατέθηκε στο ΥΠΕΧΩΔΕ με σκοπό να αποτελέσει ΚΥΑ και να επιτραπεί η χρήση της τέφρας στο σκυρόδεμα.

4.3.5 Σκυρόδεμα μεγάλων διατομών.

Αυτός ο τύπος σκυροδέματος είναι ο πρώτος που δέχθηκε ιπτάμενη τέφρα στις ΗΠΑ. Έχουν κατασκευασθεί παγκοσμίως, αλλά και στην Ελλάδα μεγάλα φράγματα με τη χρήση ιπτάμενης τέφρας. Σήμερα ελάχιστα φράγματα από σκυρόδεμα στον κόσμο δεν περιέχουν ιπτάμενη τέφρα ή φυσική ποζολάνη.

Χρησιμοποιώντας έφυγρη ιπτάμενη τέφρα με σκοπό την μείωση της ελεύθερης άσβεστου, επιτυγχάνεται μείωση της εκλυόμενης θερμότητας και προστασία του έργου από τις έντονες θερμοκρασιακές διαφορές που οδηγούν σε ρηγματώσεις. Παράλληλα επιτυγχάνεται μείωση της διαπερατότητας και αύξηση της ανθεκτικότητας.

Στην Ελλάδα έχει κατασκευαστεί το φράγμα της Πλατανόβρυσης στον ποταμό Νέστο, το οποίο περιέχει 82% ιπτάμενη τέφρα.



Εικόνα 5: Φράγμα Πλατανόβρυσης.

4.3.6 Κονιάματα – Τσιμεντενέσεις.

Η ιπτάμενη τέφρα μπορεί να αντικαταστήσει μέρος του τσιμέντου ή να χρησιμοποιηθεί ως ανεξάρτητο συνδετικό υλικό κατά την παρασκευή κονιαμάτων.

Υπάρχουν πολλών ειδών κονιάματα. Εκείνα όμως που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον, λόγω της ευρείας χρήσης τους στις οικοδομές είναι τα ασβεστοκονιάματα. Η συνήθης αναλογία τσιμέντου ανά m^3 κονιάματος είναι 150 kg. Η ποσότητα αυτή θα μπορούσε να υποκατασταθεί, ως ένα ποσοστό, από επεξεργασμένη τέφρα.

Επίσης και οι ενέσεις εμποτισμού, που χρησιμοποιούνται σε εδάφη στα οποία απαιτείται βελτίωση των ιδιοτήτων της μηχανικής συμπεριφοράς τους, περιέχουν τσιμέντο το οποίο θα μπορούσε να αντικατασταθεί από ιπτάμενη τέφρα. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης ιπτάμενης τέφρας είναι η βελτιωμένη

εργασιμότητα, η χαμηλότερη θερμοκρασία ενυδάτωσης, η μειωμένη διαπερατότητα και η ανθεκτικότητα στο χρόνο.

Η αυξημένη ρευστότητα που επιτυγχάνεται με τη χρήση της ιπτάμενης τέφρας καθιστά δυνατή την παρασκευή κονιαμάτων για την πλήρωση κενών χώρων, ρωγμών, κ.λπ. Οι συνηθέστερες εφαρμογές είναι η κατασκευή τεχνητών ογκολίθων με διοχέτευση πληρωτικού υλικού στους κενούς χώρους, η πλήρωση ρωγμών σε παλιές κατασκευές ή σε αστοχίες νέων κατασκευών, η προδιάστρωση βάσεων ή ορόφων, η πλήρωση τοιχωμάτων σε υπόγεια έργα και ορυχεία και η σταθεροποίηση εδαφών.

4.3.7 Δομικά τυποποιημένα στοιχεία.

Στα δομικά στοιχεία υψηλής πίεσης από σκυρόδεμα μπορεί να γίνει χρήση της τέφρας σε ποσοστό ως 35% του τσιμέντου, ενώ στα χαμηλής πίεσης δομικά στοιχεία που ωριμάζουν με ατμό τα ποσοστά κυμαίνονται μεταξύ 15–35%. Επιτυγχάνεται έτσι η κατασκευή στοιχείων με υψηλές αντοχές, βελτιωμένο φινίρισμα και αύξηση του χρόνου ζωής των μητρών. Η αύξηση της πλαστικότητας επιτρέπει τη διαμόρφωση πιο πολύπλοκων σχημάτων και επιφανειών.

Η χρήση της για την παραγωγή δομικών στοιχείων δεν θα πρέπει να διασφαλίζει απλά τις φυσικοχημικές ιδιότητες που επιτυγχάνονται μόνο με τη χρήση του τσιμέντου, αλλά και να βελτιώνει την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Οι κύριες ιδιότητες που θα πρέπει να διασφαλιστούν είναι οι ικανοποιητικοί συντελεστές φθοράς έναντι τριβής, σταθερότητα όγκου και καλή εργασιμότητα κατά τη φάση της παραγωγής.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα που μπορεί να αποδειχθεί είναι η σχετική καθυστέρηση που παρουσιάζει η ιπτάμενη τέφρα, σε σχέση με το τσιμέντο, στην ανάληψη αντοχών. Η ιδιότητα αυτή έχει ως συνέπεια μεγαλύτερους

χρόνους παραμονής του υλικού στα καλούπια που σημαίνει ότι κατά την κατασκευή τέτοιων στοιχείων θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη γρήγορη και αποτελεσματική ωρίμανσή τους. Συνίσταται ωρίμανση με ατμό 135–190 °C σε πίεση 0,52–1,17 MPa. Με αυτόν τον τρόπο αναπτύσσονται γρήγορα οι αντοχές που αντιστοιχούν στις 28 ημέρες ωρίμανσης σε νερό. Δοκιμές αντίστασης τέτοιων στοιχείων σε κύκλους πήξης–τήξης έδειξαν ότι παρουσιάζουν εξαιρετική συμπεριφορά ιδιαίτερα στην κάθετη τοιχοποιία.

4.3.8 Δομικά υλικά.

Η χρήση της ιπτάμενης τέφρας στα τούβλα παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα όπως: τα σφαιρικά σωματίδια και οι κρύσταλλοι της τέφρας είναι ιδανικοί για τη διαμόρφωση των πόρων των τούβλων και την ενίσχυση κατά τη διάρκεια του ψήσιματος. Σημαντικό επίσης είναι ότι ο άκαυστος άνθρακας της τέφρας καίγεται κατά το ψήσιμο των τούβλων και παρέχει ανάλογα ποσά θερμότητας με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση καυσίμου. Επίσης είναι δυνατόν να δώσει ειδικά χρώματα ή άλλες ιδιότητες οι οποίες δεν είναι εφικτές με τη χρησιμοποίηση πηλού στα τούβλα, ενώ περιέχει CaO και Ca(OH)₂ το οποίο δεσμεύει το θεικό πυρίτιο από τον πηλό και μειώνει την αέρια ρύπανση.

Εκτός από τα διάφορα πλεονεκτήματα παρουσιάζει και μειονεκτήματα, όπως η μείωση της πλαστικότητας των τούβλων, με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η συμπίεσή τους όταν τα ποσοστά της ιπτάμενης τέφρας είναι υψηλά, οι υψηλές ποσότητες των διαλυμένων αλάτων όπως είναι το οξείδιο του ασβεστίου και του θείου που προκαλούν επικαθίσεις στα τούβλα, η μείωση του σημείου τήξης κάτω από το βέλτιστο σημείο και τέλος το υψηλό κόστος της μεταφοράς της ιπταμένης τέφρας.

4.3.9 Περιπτώσεις Εφαρμογής.

α. Φράγμα Πλατανόβρυσης: Βρίσκεται επί του ποταμού Νέστου, στο Νομό Δράμας και είναι από τα υψηλότερα φράγματα της Ευρώπης (95 m), που είναι κατασκευασμένα με κυλινδρούμενο τεφροσκυρόδεμα και με τόσο υψηλό ποσοστό ιπτάμενης τέφρας στο μίγμα (500 kg τσιμέντο και 225 kg ιπτάμενη τέφρα για κάθε m^3). Ο συνολικός κύριος όγκος του, μαζί με τον τοίχο αντιστήριξης, είναι $450.000 m^3$, ο δε όγκος των στοιχείων όψεως – στην κατασκευή των οποίων χρησιμοποιήθηκαν $175 kg/m^3$ ιπτάμενης τέφρας – είναι $11.330 m^3$. Η κατασκευή του ξεκίνησε τον Οκτώβριο του 1995 και περατώθηκε τον Μάρτιο του 1997.

β. Οι πύργοι "Κάστωρ και Πολυδεύκης", Γερμανία: Τυπικό παράδειγμα στην Γερμανία εφαρμογής χρήσης Ιπτάμενης Τέφρας αποτελούν οι δίδυμοι πύργοι Castor & Pollux (Κάστωρ & Πολυδεύκης). Ο ψηλότερος πύργος (Pollux) έχει ύψος 130m, και χτίσθηκαν πάνω σε κοινή βάση θεμελίωσης που περιέχει 180kg τσιμέντου Πορτλαντ και $120kg I.T./m^3$. Το επάνω μέρος της βάσης θεμελίωσης σχεδιάστηκε για να έχει μεγάλη αντίσταση σε τριβή και περιέχει 280 kg τσιμέντου Πορτλαντ και $70kg I.T./m^3$.



Εικόνα 6: Οι πύργοι "Κάστωρ και Πολυδεύκης".

γ. Ανατολική Γέφυρα, Δανία: Για την σύνδεση της Κοπεγχάγης με την κυρίως χώρα της Δανίας και την κεντρική Ευρώπη, έγινε το οδικό έργο "Great Belt" που συνδέει το νησί Zealand με το νησί Funen. Μέρος του έργου, αποτελεί και η Ανατολική Γέφυρα (East Bridge), συνολικού μήκους 6790m. Πρόκειται για κρεμαστή γέφυρα, και είναι μια από τις γέφυρες με το μεγαλύτερο άνοιγμα από πυλώνα σε πυλώνα, μήκους 1624m. Οι πυλώνες στους οποίους αναρτήθηκε το άνοιγμα έχουν ύψος 254m και κατασκευάστηκαν με σκυρόδεμα υψηλής αντοχής, το οποίο περιείχε τσιμέντο, ιπτάμενη τέφρα (47kg/m^3) και microsilica ως υλικά του σκυροδέματος. Ένα μοναδικό χαρακτηριστικό του έργου είναι η ο χαμηλός λόγος νερού–τσιμέντου. Το έργο σχεδιάστηκε για να έχει διάρκεια ζωής 100 χρόνια. Το 1997 έγιναν τα εγκαίνια, ενώ το 1998 δόθηκε στην κυκλοφορία.



Εικόνα 7: Ανατολική Γέφυρα.

4.4 ΣΚΩΡΙΕΣ

Οι σκουριές (σκωρίες) αποτελούν παραπροϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας των χαλυβουργιών. Χρησιμοποιούνται ως κονίες ή ως αδρανή υλικά και η εφαρμογή τους διεθνώς ποικίλλει σε οδικές και λοιπές κατασκευές. Στην Ελλάδα, τεχνικοί, οικονομικοί και οικολογικοί λόγοι, έχουν προκαλέσει ένα αυξημένο ενδιαφέρον για εφαρμογή των σκωριών σε διάφορα έργα.

Κατά ASTM C125 ως σκωρία ορίζεται «το μη μεταλλικό παραπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας των χαλυβουργιών το οποίο συνίσταται κυρίως από οξειδία του αργιλίου, του πυριτίου, του σιδήρου, του θείου και άλλων στοιχείων». Οι σκωρίες, αναλόγως της παραγωγικής διαδικασίας και του τελικού προϊόντος διακρίνονται κυρίως σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

- Σκωρίες υψικαμίνων ή Σκωρίες σιδηρουργίας (blast-furnace slag), που παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις οξειδίων του πυριτίου και του αργιλίου.
- Σκωρίες χαλυβουργίας (steel slag) που παρουσιάζουν σημαντικά ποσοστά οξειδίων του σιδήρου.

Άλλες σκωρίες (non-ferrous slags) έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί σε κατασκευές. Οι ως άνω σκωρίες διατίθενται σε διάφορες μορφές. Η διαφορά στην μορφή (κόκκοι, σβώλοι, σκόνη, αδρανή) και τις ιδιότητες προκύπτει από την ποικιλία που υπάρχει: στη διαδικασία παραγωγής, στη διαδικασία ψύξεως και στο υλικό τροφοδοσίας της παραγωγικής μονάδος.

Σκωρίες χρησιμοποιούνται ως κονίες ή ως αδρανή υλικά σε διάφορες χώρες της Ευρώπης. Ειδικότερα σε χώρες με γενικευμένη έλλειψη αδρανών, όπως το Βέλγιο, η Ολλανδία, αλλά και σε περιοχές της Γερμανίας, της Γαλλίας, της

Δανίας, η χρήση αδρανών σκωρίας αποτελεί μια ικανοποιητική λύση για πολλές εφαρμογές. Ακόμη, σε χώρες όπου τα φυσικά σκληρά αδρανή είναι σπάνια (ΗΠΑ), οι σκωρίες χρησιμοποιούνται σε αντιολισθηρους τάπητες. Εντυπωσιακό είναι το παράδειγμα της Μ. Βρετανίας, μιας χώρας με αφθονία σκληρών αδρανών, όπου παρ' όλα αυτά, η χρήση των αδρανών σκωρίας σε αντιολισθηρους τάπητες αποτελεί μια κοινή πρακτική.

4.4.1 Σκωρίες υψικαμίνων ή Σκωρίες σιδηρουργίας.

Η σκωρία υψικαμίνων, είναι υλικό μη μεταλλικό, που αποτελείται από πυριτικά και αργιλοπυριτικά άλατα του ασβεστίου. Η κοκκοποιημένη σκωρία υψικαμίνων παράγεται με ταχεία ψύξη ενός τήγματος σκωρίας κατάλληλης σύστασης όπως προκύπτει από την παραγωγή σιδήρου στις υψικαμίνους. Οι σκωρίες έχουν από μόνες τους υδραυλικές ιδιότητες. Όταν όμως ενυδατώνονται μόνες τους, χωρίς την παρουσία του τσιμέντου Πόρτλαντ, το ποσό του υδραυλικού υλικού που σχηματίζεται είναι μικρό και ο ρυθμός σχηματισμού του ανεπαρκής. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται πάντα σε μίγματα με το τσιμέντο Πόρτλαντ. Η προσθήκη της σκωρίας στο τσιμέντο Πόρτλαντ μπορεί να γίνει με ξηρή συνάλεση στο κλίνκερ ή με ανάμιξη εφόσον η σκωρία είναι ήδη κονιοποιημένη αρκετά.

Τα ποσοστά ανάμιξης ποικίλουν σε μεγάλο εύρος (από 5–85% σκωρία). Οι γερμανικοί κανονισμοί (DIN 1164 T1) διακρίνουν τα τσιμέντα με σκωρία σε δύο κατηγορίες:

- Στα τσιμέντα με σκωρία 6-35% και κλίνκερ 94-65% που χαρακτηρίζονται σαν σιδηρούχο τσιμέντο Πόρτλαντ (Eisenportlantzement).
- Στα τσιμέντα με σκωρία 36-80% και κλίνκερ 64-20% που χαρακτηρίζονται σαν τσιμέντα υψικαμίνου (Hochofenzement).

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 197-1 τα σκωριοτσιμέντα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- CEM III/A με σκωρία 36–65% και κλίνκερ 64–35%.
- CEM III/B με σκωρία 66–80% και κλίνκερ 34–20%.
- CEM III/C με σκωρία 81–95% και κλίνκερ 19–5%.

Η προσθήκη της σκωρίας στο τσιμέντο Πόρτλαντ προκαλεί μείωση του ποσού της εκλυόμενης θερμότητας, μείωση της συρρίκνωσης και μικρότερη πρόσληψη νερού.

Η ενυδάτωση των τσιμέντων με πρόσθετη σκωρία αρχίζει με την ενυδάτωση των ενώσεων του κλίνκερ του τσιμέντου. Το σχηματιζόμενο υδροξείδιο του ασβεστίου προωθεί την ενυδάτωση των κόκκων της σκωρίας, που έχουν και από μόνοι τους υδραυλικές ιδιότητες, ενώ ταυτόχρονα δεσμεύεται και το ίδιο. Στην Ελλάδα όσο δούλευαν οι υψικάμινοι (με κάρβουνο) της Χαλυβουργικής, τα εργοστάσια τσιμέντου χρησιμοποιούσαν αρκετές ποσότητες από το υποπροϊόν αυτό, ενώ το υπόλοιπο έμενε αδιάθετο. Μετά το σταμάτημα των υψικαμίνων κάθε φορά που η παραγωγή κλίνκερ από τους κλιβάνους δεν κάλυπτε τη ζήτηση, γινόταν εισαγωγή από την Ιταλία και κυρίως τη Γαλλία, η οποία διαθέτει καλύτερη ποιότητα. Ένα μειονέκτημα της σκωρίας είναι το υψηλό ποσοστό υγρασίας από 20–40% όταν δεν είναι σε μορφή pellets (σφαιρίδια), καθώς επίσης και η δυσκολία άλεσής της.

4.4.2 Σκωρία ηλεκτρικού κλιβάνου.

Ένα από τα κυριότερα παραπροϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας των ελληνικών χαλυβουργείων είναι η σκωρία ηλεκτρικού κλιβάνου. Μέσω κατάλληλης επεξεργασίας παράγεται σκληρό αδρανές τεχνητό πέτρωμα. Το κύριο πλεονέκτημα της σωστά επεξεργασμένης σκωρίας ηλεκτρικού κλιβάνου είναι οι άριστες μηχανικές ιδιότητες που ικανοποιούν τόσο τις εγχώριες όσο και

τις διεθνείς προδιαγραφές αδρανών. Επιπλέον, σε σύγκριση με τα φυσικά αδρανή υπερτερεί λόγω της αμετάβλητης χημικής της σύστασης ως βιομηχανικό προϊόν με τυποποιημένη παραγωγή τόσο στα χαλυβουργεία όσο και στην επεξεργασία εντός των εγκαταστάσεων του παραγωγού. Ως βιομηχανικά ληφθέν τεχνητό πέτρωμα και μέσω της τυποποιημένης παραγωγής πλεονεκτεί έναντι των υπολοίπων φυσικών αδρανών στην καθαρότητα των κόκκων. Η περιεκτικότητα σε άμμο στα χονδρόκοκκα κλάσματα περιορίζεται σε ποσοστό μικρότερο του 5% τη στιγμή που στα φυσικά αδρανή το αντίστοιχο φθάνει το 30%.

4.4.3 Σκωρίες χαλυβουργίας.

4.4.3.1 Σιδηρούχα σκωρία.

Η σιδηρούχα σκωρία ελάστρων (καλαμίνα) προέρχεται από την διαδικασία έλασης του σιδήρου που βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία και ο οποίος κατά την επαφή του με τον ατμοσφαιρικό αέρα οξειδώνεται απότομα. Η περιεκτικότητα της σιδηρούχας σκωρίας σε οξείδιο του σιδήρου ανέρχεται σε 95%. Παράγεται σε κοκκομετρία 0–10 mm.

Χρήσεις:

- Ως προσθετικό υλικό στην κατασκευή διακοσμητικών κεραμιδιών και τούβλων για παραγωγή υλικών με μαύρο χρώμα.
- Ως προσθετικό υλικό στην παραγωγή τσιμέντου.
- Ως καταλύτης στην διαδικασία ανακύκλωσης μολυβιού από μπαταρίες.
- Ως σιδηρούχο λίπασμα.
- Στην κατασκευή βαριδίων και αντίβαρων.

4.4.3.2 Σκωρία κάδου.

Η σκωρία κάδου είναι ένα παραπροϊόν της βιομηχανίας χάλυβα που προκύπτει κατά το δεύτερο στάδιο επεξεργασίας του κατά την παραγωγή του δομικού

χάλυβα, όπου μετά την απομάκρυνση της από το σημείο παραγωγής ψύχεται αρχικά με καταιονισμό νερού. Στη συνέχεια το υλικό υφίσταται διαχωρισμό για τυχόν υπολείμματα μετάλλου, τα οποία επιστρέφονται στην παραγωγική διαδικασία του χάλυβα και τελικά προκύπτει ένα υλικό με ποικίλη διαβάθμιση. Παρουσιάζει τσιμεντοειδείς ιδιότητες κυρίως λόγω της υψηλής του περιεκτικότητας σε CaO.

Φυσικοχημικές ιδιότητες σκωρίας κάδου:

- Απώλεια Πύρωσης (950 °C) **à** 3,19 %
- Απώλεια Πύρωσης (550 °C) **à** 2,62 %
- Ειδικό βάρος (g/cm³) **à** 2,59

Στοιχεία	Διαλυτά σε οξέα	Διαλυτά σε HCL 0,1N		
Na ₂ O	0,34	0,03		
K ₂ O	0,04	0,01		
CaO	54,1	52,7		
MgO	5,55	5,12		
FeO	1,72	1,25		
Al ₂ O ₃	2,50	2,47		
SiO ₂	32,5	26,4		
Υδατοδιαλυτά άλατα (% κ.β.)	Cl	NO ₃	SO ₄	
	0,03	0,00	0,21	

Πίνακας 6: Χημική ανάλυση σκωρίας κάδου.

4.4.4 Άλλες σκωρίες.

4.4.4.1 Σκωρία μεταλλακτών.

Πρόκειται για υλικό που έχει χαρακτηριστεί ως αδρανές από το Ε.Μ.Π. και άλλα διαπιστευμένα εργαστήρια σύμφωνα με την Οδηγία ΕΚ/33/2003. Η συνολική ποσότητα πωλείται ως βαρύ αδρανές για την επικάλυψη υποθαλάσσιων πετρελαίου λόγω του μεγάλου ειδικού βάρους της.

4.4.4.2 Σκωρία ηλεκτροκαμίνων.

Περίπου 2.000.000 τόνοι σκωρίας ηλεκτροκαμίνων παράγονται ετησίως στο εργοστάσιο της Λάρυμνας, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 88% της συνολικής τροφοδοσίας. Έχει χαρακτηριστεί ως μη επικίνδυνη σύμφωνα με μελέτη που έχει γίνει από το Ε.Μ.Π. Η εκχυλισιμότητα των μετάλλων του δείγματος, βάσει της απόφασης 2003/33/ΕΕ, είναι μικρότερη από τα όρια για την αποδοχή αποβλήτων σε χώρο υγειονομικής ταφής αδρανών αποβλήτων, ωστόσο λόγω της παρουσίας των χλωριόντων που είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από τα όρια κατηγοριοποιείται τελικά ως μη επικίνδυνη.

Μέχρι σήμερα με περιοδικά ανανεώσιμη απόφαση το 80% της παραγόμενης ποσότητας σκωρίας των ηλεκτροκαμίνων απορρίπτεται σε συγκεκριμένη θέση στο θαλάσσιο χώρο του Β. Ευβοϊκού.

4.4.5 Νομοθεσία.

Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα έχει εκδώσει την Ευρωπαϊκή Οδηγία για Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές (ΒΔΤ της IPPC) από το 1996. Από τον Μάιο του 2004 όλα τα κράτη μέλη συμπεριλαμβανομένων και των νέων μελών υποχρεούνται να εφαρμόσουν πλήρως την ντιρεκτίβα τόσο σε υπάρχουσες όσο και νέες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, η οποία μεταξύ άλλων, υποχρεώνει τα χαλυβουργεία να ελαχιστοποιήσουν τα απόβλητα που προκύπτουν από τη παραγωγική διαδικασία και απορρίπτονται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Οι «σκωρίες» είναι μεταλλουργική έκφραση που περιγράφει γενικά τα μη μεταλλικά ορυκτά συστατικά μέρη και διακρίνονται από τις τέφρες που αποτελούν κατάλοιπα καύσης.

Στα πλαίσια της συνθήκης της Βαρκελώνης βρίσκεται σε εξέλιξη η αδειοδότηση χώρου απόρριψης στην ξηρά της σκωρίας, σε θέση ενδεδειγμένη από τεχνικής απόψεως που έχει τη σύμφωνη γνώμη της τοπικής κοινωνίας.

Η αδειοδότηση αυτή προβλέπει:

- Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.
- Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.
- Συγκέντρωση προτάσεων και σύμφωνης γνώμης από άλλους εμπλεκόμενους φορείς, αρχαιολογική υπηρεσία, δασαρχείο κ.λπ.
- Υλοποίηση των απαιτούμενων έργων για την έναρξη της απόθεσης.
- Μελέτη αποκατάστασης μετά την λήξη της απόθεσης.

4.4.6 Συμπεράσματα.

Η πλήρης χρήση της σκωρίας ως υποκατάστατο των αδρανών θα ευνοούσε το περιβάλλον σημαντικά, αφού θα έπρεπε να εξορυχτούν λιγότερα πρωτογενή υλικά όπως τα ασβεστολιθικά αδρανή, με κέρδος την περιορισμένη αλλοίωση του τοπίου και την μειωμένη κατανάλωση της ενέργειας για την κατασκευαστική και κεραμική βιομηχανία.

Σύμφωνα με μελέτες που πραγματοποιήθηκαν και έδωσαν επιτυχή αποτελέσματα αφορούν:

- την χρήση των σκωριών (60%, + 0,5-1,5) σαν υλικό αμμοβολής.
- την χρήση των σκωριών σαν αδρανές πρόσθετο στο σκυρόδεμα υψηλής αντοχής σε αντικατάσταση των ασβεστολιθικών αδρανών
- την χρήση των σκωριών σαν πρόσθετο στο τσιμέντο Portland, λόγω των υδραυλικών ιδιοτήτων της.
- την χρήση των σκωριών αντί των ασβεστολιθικών αδρανών, στο ισχύο τσιμέντο για την κατασκευή της υπόβασης των δρόμων.

- την χρήση των σκωριών για την παραγωγή αντιολισθηρού ασφαλτομίγματος αντικαθιστώντας 100% τα ασβεστολιθικά αδρανή, καθώς και
- την χρήση των σκωριών στην παραγωγή αντιολισθηρών πλακών πεζοδρόμησης.

Επίσης, περιγράφονται και άλλες μελέτες για τις σκωρίες με ελπιδοφόρα αποτελέσματα, όπως:

- την χρήση τους σαν πρόσθετο για κατασκευή οικοδομικών υλικών, όπως τούβλα και κεραμίδια, με αύξηση της μηχανικής αντοχής τους έως και 40% χωρίς παράλληλη αύξηση της θερμοκρασίας έψησης.
- την χρήση τους στην παραγωγή πυρίμαχων τούβλων για τζάκια ή θερμοσυσσωρευτές.
- την χρήση τους σε πυρίμαχες μάζες Fetling για μεταλλουργικούς φούρνους τήξης και τέλος,
- την χρήση τους στην παραγωγή υψηλής αντοχής αλουμινούχου τσιμέντου.

4.5 ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΑΡΙΝΑΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΕΔΑΦΙΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Τα οικοδομικά απορρίμματα αποτελούν μεγάλο μέρος του συνόλου των στερεών απορριμμάτων στις περισσότερες αστικές περιοχές. Σημαντικές ποσότητες οικοδομικών απορριμμάτων προκύπτουν καθημερινά από οικοδομικές εργασίες κάθε είδους, έργα τεχνικών υποδομών, εκσκαφές και φυσικές ή τεχνολογικές καταστροφές. Τα απορρίμματα που παράγονται από τις ανωτέρω δραστηριότητες είναι σχεδόν στο σύνολό τους αδρανή υλικά, δηλαδή υλικά τα οποία δεν υφίστανται καμία σημαντική χημική, φυσική ή βιολογική μετατροπή και για αυτόν τον λόγο μπορούν να θεωρηθούν ιδιαίτερα φιλικά προς το περιβάλλον. Ο κύριος όγκος των οικοδομικών απορριμμάτων αποτελείται από σκυρόδεμα, υλικά τοιχοποιίας (τούβλα, κονιάματα), άσφαλτο, γυαλί, ξύλο, πλαστικό, χάλυβα, αλουμίνιο κ.λπ. Τα υλικά αυτά είναι ανακυκλώσιμα και επομένως μπορούν να οδηγηθούν σε μονάδες ανακύκλωσης παρέχοντας νέα εκμεταλλεύσιμα δομικά υλικά.



Εικόνα 8: Ανακύκλωση οικοδομικών υλικών.

Η Ελλάδα έχει καθυστερήσει χαρακτηριστικά στην οργάνωση ενός δικτύου συλλογής και αξιοποίησης των οικοδομικών απορριμμάτων. Το γεγονός αυτό έχει διευρύνει το χάσμα που υπάρχει με πολλές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης,

οι οποίες εδώ και χρόνια προωθούν με συστηματικό και οργανωμένο τρόπο (νομοθεσίες, υποδομές, ευαισθητοποίηση και ενημέρωση των εμπλεκόμενων φορέων) την εναλλακτική διαχείριση των εν λόγω απορριμμάτων. Είναι ενδεικτικό ότι στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης παράγονται περίπου 450 εκατομμύρια τόνοι οικοδομικών απορριμμάτων ετησίως, ενώ το ποσοστό της ανακύκλωσης των υλικών αυτών φθάνει το 30%. Στην Ελλάδα εκτιμάται ότι η αντίστοιχη ετήσια ποσότητα οικοδομικών απορριμμάτων ανέρχεται σε 4 εκατομμύρια τόνους, ενώ το ποσοστό αυτών που ανακυκλώνονται και επαναχρησιμοποιούνται δεν ξεπερνά το 5%. Το σύνολο σχεδόν των οικοδομικών απορριμμάτων στην χώρα μας απορρίπτεται σε ανεξέλεγκτες περιοχές ή διατίθεται για την αποκατάσταση ανενεργών λατομείων χωρίς, όμως, συγκεκριμένες προδιαγραφές.

4.5.1 Νομοθεσία.

Μία από τις πιο σημαντικές εξελίξεις στην χώρα μας αναφορικά με τα οικοδομικά απορρίμματα αποτελεί η εφαρμογή του Ν.2939 που θέτει το θεσμικό πλαίσιο συλλογής και αξιοποίησης των υλικών αυτών. Το υπό έκδοση Π.Δ., που έχει τον τίτλο «Μέτρα και όροι για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις. Πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση τους», αποσκοπεί στη μείωση των ποσοτήτων των οικοδομικών απορριμμάτων που διατίθενται ανεξέλεγκτα στο περιβάλλον με την παράλληλη αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης και των άλλων μορφών αξιοποίησης των υλικών αυτών. Στο εν λόγω Π.Δ. τονίζεται ρητά ότι οι υπόχρεοι φορείς διαχείρισης των οικοδομικών απορριμμάτων είναι οι παραγωγοί των αντίστοιχων απορριμμάτων, οι οποίοι έχουν την υποχρέωση να οργανώνουν ατομικά συστήματα εναλλακτικής διαχείρισης ή να συμμετέχουν σε αντίστοιχα συλλογικά.

Τα προϊόντα ανακύκλωσης των οικοδομικών απορριμμάτων χρησιμοποιούνται ήδη με επιτυχία, σε πολλές χώρες, σε αρκετές εφαρμογές. Οι κυριότερες από αυτές είναι η χρήση τους ως υλικού οδοποιίας, υλικού επιχώσεων σε τεχνικά έργα, υλικού αποκατάστασης ανεξέλεγκτων χωματερών και ΧΥΤΑ, υλικού αποστραγγιστικών ζωνών σε τεχνικά έργα και ως αδρανή για την παρασκευή σκυροδέματος. Εξετάστηκε λοιπόν μία εναλλακτική εφαρμογή των οικοδομικών απορριμμάτων, συγκεκριμένα επιχειρήθηκε μία πρώτη προσέγγιση αναφορικά με τη δυνατότητα αξιοποίησης των υλικών αυτών ως υποκατάστατων της φαρίνας του τσιμέντου για την παραγωγή κλίνκερ τσιμέντου. Γενικότερος στόχος της μελέτης ήταν αφενός η εξοικονόμηση των φυσικών πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στις τσιμεντοβιομηχανίες και αφετέρου η αποτελεσματικότερη διαχείριση των οικοδομικών απορριμμάτων.

4.5.2 Πειραματικό μέρος.

Τα οικοδομικά απορρίμματα που ειδικότερα χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη είναι τα Ανακυκλωμένα Αδρανή Σκυροδέματος (ΑΑΣ) και τα Ανακυκλωμένα Αδρανή Τοιχοποιίας (ΑΑΤ), τα οποία προήλθαν από εργασίες κατεδάφισης κτιρίων. Τα υπό εξέταση δείγματα συλλέχθηκαν από μονάδα ανακύκλωσης οικοδομικών απορριμμάτων η οποία εδρεύει στο Σχιστό Κορυδαλλού. Αξίζει να αναφερθεί ότι, επί του παρόντος, η εν λόγω μονάδα είναι η μοναδική στον νομό Αττικής, η οποία ασχολείται με τη συλλογή και διάθεση στην αγορά ανακυκλωμένων αδρανών υλικών προερχόμενων από οικοδομικά απορρίμματα. Διευκρινίζεται επίσης, ότι η ακριβής ηλικία και προέλευση των εξεταζόμενων δειγμάτων είναι άγνωστη.

Ο προσδιορισμός της σύστασης των ΑΑΣ και ΑΑΤ αποτελεί κρίσιμο παράγοντα προκειμένου να αξιολογηθεί η καταλληλότητα των ανωτέρω υλικών ως υποκατάστατων της ΒΦ (βιομηχανική φαρίνα). Η ομοιότητα της σύστασης της φαρίνας τσιμέντου βιομηχανικής προέλευσης με την σύσταση των

ανακυκλωμένων αδρανών μπορεί να αποτελέσει μία αρχική ένδειξη αναφορικά με τον επιθυμητό στόχο. Ο προσδιορισμός της σύστασης τόσο των ΑΑΣ και ΑΑΤ όσο και της ΒΦ πραγματοποιήθηκε με χημική και ορυκτολογική ανάλυση. Η χημική ανάλυση των ΑΑΣ, ΑΑΤ και της ΒΦ πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια φασματοφωτόμετρου φθορισμού ακτίνων Χ (X-Ray Fluorescence). Για τον εντοπισμό των κύριων ορυκτολογικών φάσεων σε κρυσταλλική μορφή των ανωτέρω υλικών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της περίθλασης με ακτίνες Χ (X-Ray Diffraction).

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των δειγμάτων ΑΑΣ και ΑΑΤ καθώς και της φαρίνας τσιμέντου βιομηχανικής προέλευσης παρατίθενται στον Πίνακα 7 που ακολουθεί:

Συστατικό	ΑΑΣ	ΑΑΤ	ΒΦ
SiO ₂	4,78	44,59	13,55
Al ₂ O ₃	1,32	9,70	3,31
Fe ₂ O ₃	0,67	4,58	2,55
CaO	46,19	26,77	41,95
MgO	1,29	2,31	1,98
K ₂ O	0,11	0	0,41
Απώλεια Πύρωσης	40,36	9,14	35,12

Πίνακας.7: Χημική σύσταση ΑΑΣ, ΑΑΤ και ΒΦ (% κ.β.).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 7, το δείγμα ΑΑΣ εμφανίζει υψηλή περιεκτικότητα σε CaO, γεγονός που επιβεβαιώνει την ασβεστολιθική του προέλευση. Το δείγμα ΑΑΤ παρουσιάζει υψηλό ποσοστό σε SiO₂ και Al₂O₃, εξαιτίας της παρουσίας των τούβλων σε αυτό, καθώς και υψηλό ποσοστό σε CaO λόγω της παρουσίας του κονιάματος. Η σύσταση της ΒΦ επιβεβαιώνει την ασβεστολιθική, κατά κύριο λόγο, και πυριτική της προέλευση.

Η ορυκτολογική ανάλυση του δείγματος ΑΑΣ, φανέρωσε την κυρίαρχη παρουσία του καλσίτη (CaCO₃), επιβεβαιώνοντας την ασβεστολιθική του

προέλευση. Η παρουσία του πορτλαντίτη στο ίδιο δείγμα καταδεικνύει την παρουσία της τσιμεντόπαστας, καθώς ο πορτλαντίτης αποτελεί μία από τις κυριότερες ορυκτολογικές φάσεις κατά την ενυδάτωση του τσιμέντου Πόρτλαντ. Στο δείγμα AAT δεσπάζει η παρουσία του χαλαζία (SiO_2), γεγονός που επαληθεύει την πυριτική σύσταση του εν λόγω δείγματος. Η παρουσία του γκελενίτη και του διοψίδιου φανερώνει την ασβεστολιθική προέλευση της πάστας του κονιάματος που χρησιμοποιήθηκε στο δείγμα AAT. Τέλος, η ασβεστολιθική και πυριτική σύσταση της φαρίνας επιβεβαιώνεται από την ισχυρή παρουσία του καλσίτη και του χαλαζία αντίστοιχα.

Από τα αποτελέσματα της χημικής και ορυκτολογικής ανάλυσης των εξεταζόμενων πρώτων υλών, φαίνεται ότι η σύσταση των ανακυκλωμένων αδρανών (AAΣ, AAT) παρουσιάζει χαρακτηριστικές ομοιότητες με την σύσταση της φαρίνας του τσιμέντου βιομηχανικής προέλευσης. Πράγματι, το υψηλό ποσοστό οξειδίων όπως το CaO και το SiO_2 και η ισχυρή παρουσία ορυκτολογικών φάσεων όπως ο καλσίτης και ο χαλαζίας τόσο στη φαρίνα τσιμέντου βιομηχανικής προέλευσης όσο και στα ανακυκλωμένα αδρανή, πιστοποιούν αυτήν την ομοιότητα. Επιπλέον, η ασβεστολιθική και πυριτική προέλευση των δειγμάτων AAΣ και AAT αντίστοιχα, αποτελεί σημαντικό κριτήριο προκειμένου τα υλικά αυτά να μπορούν να υποκαταστήσουν την φαρίνα αναφοράς (BΦ).

4.5.3 Συνθέσεις φαρίνας τσιμέντου.

Για τον προσδιορισμό των αναλογιών ανάμιξης της φαρίνας τσιμέντου βιομηχανικής προέλευσης με τα AAΣ και AAT, κρίθηκε απαραίτητο οι προκύπτουσες συνθέσεις της φαρίνας να κινούνται μέσα σε συγκεκριμένες τιμές που οριοθετούν τους κύριους δείκτες (Πυριτικός δείκτης Sm, Αργιλικός Δείκτης Am, Βαθμός κορεσμού σε άσβεστο LSF, και Υδραυλικός δείκτης Hm) που έχουν ιδιαίτερη σημασία για την παραγωγή του τσιμέντου. Από τους ανωτέρω

δείκτες, ο δείκτης LSF είναι ιδιαίτερα κρίσιμος καθώς καθορίζει σε σημαντικό βαθμό την ποιότητα του κλίνκερ που προκύπτει από την διαδικασία της έψησης της φαρίνας. Για τον λόγο αυτό, κρίθηκε σκόπιμο στις συνθέσεις της φαρίνας που περιέχουν τα υπό εξέταση υλικά, ο δείκτης LSF να διατηρείται στα επίπεδα της φαρίνας αναφοράς.

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζεται ο υπολογιστικός προσδιορισμός των δεικτών των συνθέσεων της φαρίνας του τσιμέντου που περιέχουν τα υπό εξέταση υλικά.

Δείκτες	Διακύμανση Συνήθη Όρια (Επιθυμητά Όρια)	Συνθέσεις Φαρίνας				
		Βιομηχανική Φαρίνα (BΦ)	75% BΦ 19% ΑΑΣ 7% ΑΑΤ	50% BΦ 38% ΑΑΣ 12% ΑΑΤ	25% BΦ 58% ΑΑΣ 17% ΑΑΤ	0% BΦ 77% ΑΑΣ 23% ΑΑΤ
Sm	1,9-3,2 (2,3-2,7)	2,31	2,44	2,58	2,72	2,89
Am	1,3-2,5 (1,3-1,7)	1,3	1,43	1,60	1,79	2,07
Hm	1,7-2,3 (~2)	2,16	2,16	2,16	2,23	2,23
LSF	0,66-1,02 (0,92-0,96)	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95

Πίνακας.8: Υπολογιστικός προσδιορισμός δεικτών Sm, Am, LSF και Hm των συνθέσεων της φαρίνας του τσιμέντου.

4.5.4 Συμπεράσματα.

Όπως προκύπτει από την αξιολόγηση του Πίνακα 8, η υποκατάσταση της φαρίνας τσιμέντου βιομηχανικής προέλευσης από τα ανακυκλωμένα αδρανή μπορεί να γίνει ακόμη και σε ποσοστό 100% καθώς οι τιμές των δεικτών βρίσκονται εντός των ορίων τους. Παρατηρούμε, όμως, ότι όσο μεγαλώνει η υποκατάσταση της φαρίνας αναφοράς από τα ανακυκλωμένα αδρανή τόσο οι τιμές των δεικτών Sm και Am απομακρύνονται από τα επιθυμητά τους όρια. Οι τιμές των δεικτών Hm και LSF δεν επηρεάζονται σημαντικά από το ποσοστό της υποκατάστασης της φαρίνας αναφοράς. Τα αποτελέσματα του πίνακα αποτελούν μία αρχική ένδειξη ότι τα ανακυκλωμένα αδρανή θα μπορούσαν να υποκαταστήσουν τις φυσικές πρώτες ύλες του τσιμέντου.

Οι τιμές των δεικτών της ΒΦ που χρησιμοποιήθηκε ως φαρίνα αναφοράς στους ανωτέρω υπολογισμούς, δεν θα πρέπει να θεωρούνται μονοσήμαντες. Σε βιομηχανική κλίμακα, παρατηρείται διακύμανση των τιμών των δεικτών ανάλογα με τις απαιτήσεις της παραγωγικής διαδικασίας. Σε κάθε περίπτωση όμως, η διακύμανση αυτή δεν διαφοροποιεί σημαντικά τις τιμές των δεικτών της φαρίνας που χρησιμοποιήθηκε στους ανωτέρω υπολογισμούς.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η δυνατότητα χρησιμοποίησης των ΑΑΣ και ΑΑΤ που προέρχονται από εργασίες κατεδάφισης κτιρίων, ως πρώτων υλών στην τσιμεντοβιομηχανία, αποτελεί ένα ενθαρρυντικό στοιχείο, δεδομένου ότι οι βιομηχανίες τσιμέντου αντιμετωπίζουν ή πρόκειται να αντιμετωπίσουν στο μέλλον προβλήματα που αφορούν στην εξεύρεση πρώτων υλών και στην εξοικονόμηση ενέργειας, τα υλικά αυτά θα μπορούσαν να αποτελέσουν μία πιθανή λύση στο πρόβλημα.

4.6 ΦΘΑΡΜΕΝΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

Κάθε χρόνο, νέοι σωροί προστίθενται στα δισεκατομμύρια ελαστικών σε καθορισμένες χωματερές αλλά και απροσδιόριστες ποσότητες ελαστικών αποτίθενται σε παράνομες χωματερές, αποθήκες ή πετιούνται διάσπαρτα σε όλο τον κόσμο. Με βάση αξιόπιστες εκτιμήσεις συσσωρεύονται ετήσια στην ευρωπαϊκή ένωση περίπου $0,25 \times 10^9$ χρησιμοποιημένα ελαστικά και ανάλογες ποσότητες στην υπόλοιπη Ευρώπη, την βόρεια Αμερική, την λατινική Αμερική, την Ιαπωνία και τη μέση Ανατολή επιβαρύνοντας το περιβάλλον με συνολικά σχεδόν 10^9 παλαιά ελαστικά κάθε χρόνο. Στην Ελλάδα επίσημα η ετήσια συσσώρευση ελαστικών ανέρχεται στις 58.500tn ενώ ανεπίσημα μπορεί και να ξεπερνάει τις 70.000tn. Γίνεται λοιπόν αντιληπτή η ανάγκη για άμεση ανακύκλωση αυτών.

4.6.1 Νομοθεσία.

Σε αυτό το πλαίσιο θεσπίστηκε το υπ' αριθμόν 109/75/2004 Π.Δ. σχετικά με τα μέτρα και τους όρους για την εναλλακτική διαχείριση των μεταχειρισμένων ελαστικών των οχημάτων. Σύμφωνα με αυτό, η εναλλακτική διαχείριση των μεταχειρισμένων ελαστικών των οχημάτων διέπεται από τις γενικές αρχές εναλλακτικής διαχείρισης του άρθρου 4 του Ν.2939/2001. επίσης σύμφωνα με το άρθρο 6 της 29407/3508/2002 ΚΥΑ «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων» μετά την 16^η Ιουλίου 2003, δε γίνονται αποδεκτά σε ΧΥΤΑ:

- Ολόκληρα μεταχειρισμένα ελαστικά οχημάτων, εκτός από τα υλικά που προορίζονται για χρήση σε κατασκευαστικά έργα εντός του ΧΥΤΑ.
- Τεμαχισμένα μεταχειρισμένα ελαστικά οχημάτων μετά την 16^η Ιουλίου 2006.

Ταυτόχρονα έως την 31^η Ιουλίου 2006, η αξιοποίηση των μεταχειρισμένων αποβλήτων ελαστικών οχημάτων έπρεπε να καλύπτει τουλάχιστον το 65% των αποσυρόμενων ελαστικών. Εντός του ίδιου χρονικού ορίου, η ανακύκλωση έπρεπε να φτάνει τουλάχιστον στο 10%. Επομένως κρίνεται επιτακτική η άμεση διαχείριση των ελαστικών αυτών.

Οι παραγωγοί ελαστικών και οι θυγατρικές τους εταιρείες ανακύκλωσης, ερευνητικά κέντρα, εταιρείες ανακύκλωσης ελαστικού και οι παραγωγοί εξοπλισμού έχουν πραγματοποιήσει μεγάλη πρόοδο στην εκτεταμένη έρευνα σχετικά με τα χαρακτηριστικά και τις πιθανές χρήσεις των ελαστικών οχημάτων μετά το πέρας της χρήσης τους, αλλά και τις οικολογικές επιπτώσεις των προτεινόμενων εφαρμογών.

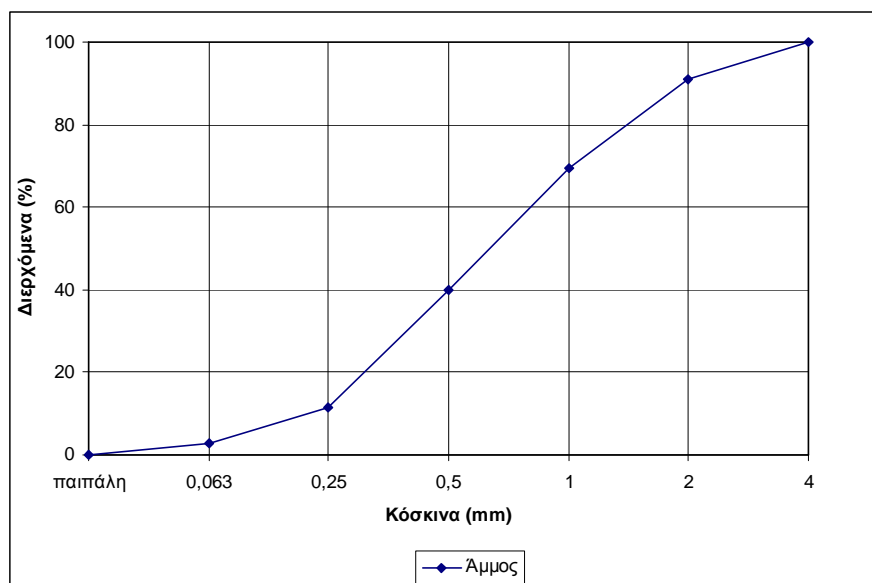
Σύμφωνα με τη μελέτη που έγινε σε ορισμένες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των τσιμεντοκονιαμάτων χρησιμοποιήθηκε κονιοποιημένο φθαρμένο ελαστικό αυτοκινήτων, ελληνικής και γερμανικής προέλευσης. Κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν αυτές οι δύο πηγές για τον έλεγχο καταλληλότητας της

ποιότητας αυτών ως πρόσθετο σε προϊόντα τσιμέντου λόγω της διαφορετικής τεχνολογίας παραγωγής τους και να συγκριθούν τα αποτελέσματα των προϊόντων αυτών.

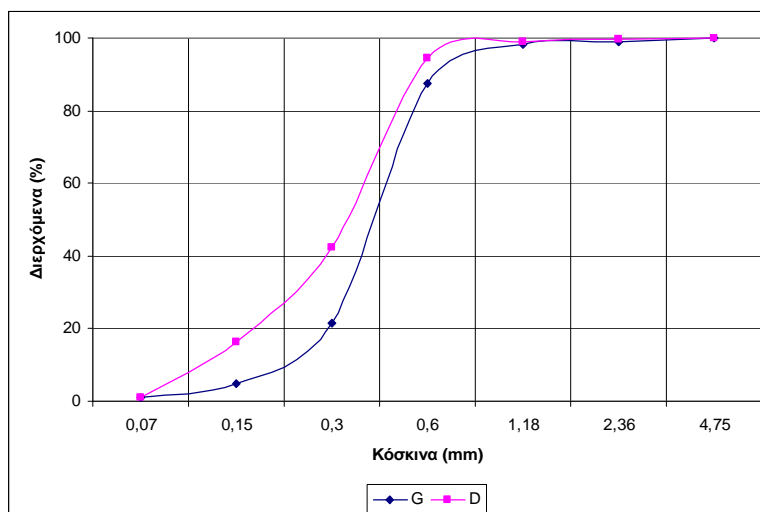
4.6.2 Πειραματικό μέρος.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των τσιμεντοκονιαμάτων στην παρούσα μελέτη ήταν τσιμέντο, άμμος ποταμού Αξιού (μετά από ξήρανσή της σε ξηραντήριο στους 105 °C) και πούδρα κονιοποιημένων φθαρμένων ελαστικών αυτοκινήτου. Δύο είδη τσιμέντου της εταιρείας TITAN A.E. χρησιμοποιήθηκαν, ένα υψηλής (CEM I) και ένα χαμηλής (CEMIV/B) αντοχής. Η πούδρα των ελαστικών είχε προέλευση από Ελλάδα και από Γερμανία. Πρέπει να σημειωθεί πως η πούδρα ελαστικού ελληνικής προέλευσης περιείχε μικρό ποσοστό (3–5% κ.β.) από υφασμάτινες ίνες 0,3–0,6mm.

Στα Γραφήματα 6 και 7 φαίνεται η κοκκομετρική διαβάθμιση του αδρανούς υλικού (άμμος ποταμού 0–4mm) καθώς και των δύο τύπων ελαστικού (G, D).



Γράφημα 6: Κοκκομετρική διαβάθμιση άμμου.



Γράφημα 7: Κοκκομετρική διαβάθμιση ελληνικού (G) και γερμανικού (D) ελαστικού.

Για τα κονιάματα αναφοράς χρησιμοποιήθηκε τσιμέντο, άμμος και νερό χωρίς φθαρμένο ελαστικό αυτοκίνητων. Ο λόγος νερού προς τσιμέντο ήταν 0,5 και η εργασιμότητά του τσιμεντοκονιάματος ± 11 cm. Για την παρασκευή όλων των υπόλοιπων συνθέσεων οι ποσότητες του τσιμέντου και του νερού διατηρήθηκαν σταθερές, όπως και η εργασιμότητα ενώ μεταβλήθηκαν το είδος του τσιμέντου και του ελαστικού καθώς και οι ποσότητες της πούδρας ελαστικού και του αδρανούς (άμμου) εφόσον η πούδρα ελαστικού αντικαθιστούσε 2,5 ή 5,0% κ.β. της ποσότητας του αδρανούς (άμμου).

Τα δοκίμια που παρασκευάστηκαν είχαν διαστάσεις 4x4x16cm, τοποθετήθηκαν σε τρίδυμες μεταλλικές μήτρες και συντηρήθηκαν σε ειδικό θάλαμο με σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας (20 ± 2 °C) και υγρασίας (>95%) για 28 ημέρες. Στα δοκίμια έγιναν έλεγχοι προσδιορισμού των μηχανικών χαρακτηριστικών τους, όπως η θλιπτική αντοχή, η εφελκυστική αντοχή από κάμψη, το μέτρο ελαστικότητας καθώς και το ειδικό βάρος που αποτελεί ιδιότητα του σκληρυμένου τσιμεντοκονιάματος.

α. Ειδικό βάρος: Για τον προσδιορισμό του ειδικού βάρους του σκληρυμένου τσιμεντοκονιάματος χρησιμοποιήθηκαν δοκίμια που περιείχαν φθαρμένο

ελαστικό γερμανικής προέλευσης (χωρίς δηλαδή υφασμάτινες ίνες), το οποίο είχε χαλαρό φαινόμενο ειδικό βάρος $0,39 \text{ g/cm}^3$ και συμπυκνωμένο ειδικό βάρος $0,45 \text{ g/cm}^3$. Εξαιτίας αυτού του χαμηλού ειδικού βάρους της πούδρας φθαρμένου ελαστικού, το ειδικό βάρος των μιγμάτων που περιέχουν ποσότητα τέτοιας πούδρας μειώθηκε ελαφρά με την αύξηση του ποσοστού του ελαστικού. Όσον αφορά στα τσιμεντοκονιάματα τσιμέντου CEMIV/B η μείωση του ειδικού βάρους έφτασε το 4,0% και 7,2% για ποσοστό ελαστικού 2,5 και 5,0% κ.β. αντίστοιχα, ενώ για τα τσιμεντοκονιάματα τσιμέντου CEM I η μείωση ήταν 3,0 και 5,5% για τα αντίστοιχα ποσοστά ελαστικού.

β. Θλιπτική αντοχή: Σύμφωνα με την έρευνα η προσθήκη φθαρμένου ελαστικού αυτοκινήτων σε διάφορα ποσοστά σε προϊόντα σκυροδέματος, επιφέρει μείωση της θλιπτικής αντοχής των προϊόντων αυτών. Παρατηρήθηκε ότι η θλιπτική αντοχή παρουσίασε διαφορετική μείωση ανάλογα με το είδος του τσιμέντου, το είδος της πούδρας ελαστικού καθώς και με το ποσοστό αυτής. Μεγαλύτερη μείωση, 33,9%, παρουσίασαν τα τσιμεντοκονιάματα με ποσοστό ελληνικού ελαστικού 2,5% κ.β. και τύπο τσιμέντου CEMIV/B, η οποία οφειλόταν στην παρουσία ποσοστού υφασμάτινων ινών σε αυτό, σε σχέση με το τσιμεντοκονίαμα αναφοράς. Η μείωση με προσθήκη γερμανικού ελαστικού ήταν μικρότερη από την αντίστοιχη του ελληνικού και έφτασε το 26,59% για ποσοστό ελαστικού 2,5% κ.β. και για ίδιο τύπο τσιμέντου. Όσον αφορά στο γερμανικό ελαστικό παρατηρήθηκε πως με αύξηση του ποσοστού του ελαστικού από 2,5 σε 5,0% επήλθε περαιτέρω μείωση, η οποία έφτασε το 38,13% για τύπο τσιμέντου CEMIV/B σε σχέση με το τσιμεντοκονίαμα αναφοράς.

γ. Δυναμικό μέτρο ελαστικότητας: Για τον υπολογισμό του δυναμικού μέτρου ελαστικότητας E_d , μετρήθηκε για κάθε δοκίμιο στις 28 ημέρες ο χρόνος διέλευσης του υπερηχητικού σήματος διαμέσου αυτού με τη βοήθεια

σονομέτρου. Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων στα υπό μελέτη τσιμεντοκονιάματα παρατηρήθηκε μείωση του δυναμικού μέτρου ελαστικότητας, η οποία κυμάνθηκε μεταξύ 18,5 και 36,7%. Μεγαλύτερη μείωση σημειώθηκε στη σύνθεση με γερμανικό ελαστικό σε ποσοστό 5,0% κ.β. και τύπο τσιμέντου CEM I.

4.6.3 Συμπεράσματα.

Η συνολική συμπεριφορά των τροποποιημένων τσιμεντοκονιαμάτων με κονιοποιημένα ελαστικά κρίθηκε ικανοποιητική. Παρατηρείται όμως, ότι σε ποσοστό αντικατάστασης του αδρανούς υλικού 2,5% κ.β., η πούδρα φθαρμένων ελαστικών δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα για το ελαστικό γερμανικής προέλευσης, συγκριτικά με το ελληνικό. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι το ελληνικής προέλευσης φθαρμένο ελαστικό περιείχε μικρό ποσοστό υφασμάτων ινών, ικανό ώστε να προκαλεί μεγαλύτερες πτώσεις των μηχανικών αντοχών. Επομένως προσθήκη του ελαστικού αυτού (ελληνικού) μετά την απομάκρυνση των υφασμάτων ινών θα έδινε καλύτερα αποτελέσματα των χαρακτηριστικών των τροποποιημένων τσιμεντοκονιαμάτων με φθαρμένα ελαστικά.

Παρά το γεγονός ότι το προστιθέμενο ποσοστό κονιοποιημένου φθαρμένου ελαστικού αυτοκινήτων στα τσιμεντοκονιάματα που μελετήθηκαν ήταν μόλις 2,5% κ.β., το ποσοστό αυτό δεν θεωρείται αμελητέο δεδομένου πως υπάρχει μια πληθώρα εφαρμογών σε έργα πολιτικού μηχανικού, όπου κατά κύριο λόγο δεν απαιτούνται ιδιαίτερα υψηλές μηχανικές αντοχές όπως στην παραγωγή ηχοπετασμάτων, κυβόλιθων, πλακών πεζοδρομίου, τσιμεντόλιθων κ.λπ. Επίσης το τσιμέντο και προϊόντα με βάση το τσιμέντο κυριαρχούν στην σημερινή εποχή και επομένως η προσθήκη σε αυτά έστω και μικρών ποσοτήτων φθαρμένων ελαστικών αυτοκινήτων είναι ικανή και μπορεί να συμβάλει στην μείωση του τεράστιου όγκου των αποθέσεων των φθαρμένων ελαστικών αυτοκινήτων και συνεπώς στη προστασία του περιβάλλοντος.

4.7 ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΥΨΟΥ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ

Είναι γνωστό ότι για τη ρύθμιση του χρόνου πήξεως παραδοσιακά σχεδόν χρησιμοποιείται από την ελληνική τσιμεντοβιομηχανία ορυκτή γύψος, όπως αυτή εξορύσσεται με τη διυδρική της μορφή, καθόσον έχει διαπιστωθεί ότι συμβάλλει ουσιαστικά και απρόσκοπτα στην πήξη του τσιμέντου. Κατά το τελικό στάδιο της διαδικασίας παραγωγής τσιμέντου, το κλίνκερ συναλέθεται με τη γύψο ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, διυδρίτης), η οποία κατά την ενυδάτωση του τσιμέντου αντιδρά κυρίως με την ασβεσταργλική φάση του κλίνκερ (C_3A , C_4A_f). Είναι επίσης γνωστό ότι το προϊόν αυτής της αντίδρασης ονομάζεται ετρινγκίτης ο οποίος ουσιαστικά παρεμποδίζει την απευθείας αντίδραση του C_3A (κλίνκερ) με το νερό που οδηγεί στην άμεση στερεοποίηση της πάστας, γνωστή με το όνομα flash set (άμεση πήξη).



Εικόνα 9: Ορυκτή γύψος.

Ο τελευταίος Ευρωπαϊκός κανονισμός για το τσιμέντο (EN 197-1), προβλέπει την προσθήκη θεικού ασβεστίου χωρίς να προσδιορίζει τη μορφή ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ή CaSO_4) αυτής της προσθήκης.

Ένα μειονέκτημα της γύψου είναι πολλές φορές το κόστος μεταφοράς της, εάν το εργοστάσιο παραγωγής της απέχει σημαντικά, καθώς επίσης και το μεγάλο

ποσοστό υγρασίας της που φθάνει μέχρι και το 30% όταν είναι πρόσφατης περισυλλογής. Ωστόσο, η επί πολλές δεκαετίες συνεχής απόληψη των αποθεμάτων ορυκτής γύψου καθιστά επιτακτική την ανάγκη για εξεύρεση εναλλακτικών μορφών θειικού ασβεστίου, ως βασικών ρυθμιστών της πήξης, οι οποίοι θα υποκαταστήσουν εξ' ολοκλήρου ή σε κάποιο ποσοστό την ορυκτή γύψο.

4.7.1 Βιομηχανικά παραπροϊόντα (FGD και φωσφογύψος).

Σε παγκόσμιο επίπεδο γίνονται προσπάθειες ώστε να ελαχιστοποιηθεί η απόρριψη υλικών που γενικότερα χαρακτηρίζονται ως βιομηχανικά παραπροϊόντα. Μια σημαντική πτυχή αυτής της ελαχιστοποίησης των απορριπτόμενων υλικών είναι η περαιτέρω διερεύνηση της δυνατότητας χρησιμοποίησης τους ως πρώτων υλών άλλων βιομηχανικών δραστηριοτήτων, με την ενσωμάτωση τους σε κάποιο σημείο της παραγωγικής διαδικασίας. Έτσι αυτά δεν αποτελούν απορρίμματα ή άχρηστα υλικά, αλλά αξιοποιήσιμα υλικά.

α. Το θειικό ασβέστιο (FGD) είναι μία τέτοια εναλλακτική μορφή που προκύπτει από τις εγκαταστάσεις δεσμεύσεως του SO₂ με ασβέστη. Η μέθοδος αποθείωσης απαερίων FGD (Flue Gas Desulphurization) είναι η διαδικασία της απομάκρυνσης οξειδίων του θείου, βασικά SO₂, από καυσαέρια. Στα συστήματα υγρής μεθόδου, τα οποία υπάρχουν στον ΑΗΣ Β Μεγαλόπολης της ΔΕΗ, τα αέρια έρχονται σε επαφή με λεπτομερώς κονιοποιημένο ασβεστόλιθο, το SO₂ αντιδρά με το απορροφητικό μέσο και διαλύεται στο διάλυμα για να δώσει λάσπη ή υγρό που περιέχει διαλυμένες ή στερεοποιημένες θεικές ενώσεις. Σε όλα τα συστήματα που λειτουργούν χρησιμοποιείται νερό για τη διάλυση των αντιδρώντων. Οι πιο σημαντικές και ευρύτερα χρησιμοποιούμενες μέθοδοι FGD με ενώσεις του ασβεστίου περιλαμβάνουν αντίδραση ασβεστόλιθου (CaCO₃) ή οξειδίου του ασβεστίου (CaO) με τα απαέρια προς σχηματισμό CaSO₃. Επειδή τα περισσότερα απαέρια περιέχουν σημαντικές

ποσότητες O₂, μέρος του CaSO₃ μετατρέπεται σε CaSO₄, η δε μετατροπή αυτή εξαρτάται από την αναλογία O₂/SO₂. Οι χημικές αντιδράσεις που είναι δυνατόν να λάβουν χώρα κατά τη διαδικασία της FGD με ενώσεις του ασβεστίου αποδίδονται ως εξής:

- $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- $\text{CaO} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3$
- $\text{CaO} + \text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4$
- $\text{CaCO}_3 + \text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2$

Παράγοντες όπως το pH, οι συγκεντρώσεις των ιόντων, η θερμοκρασία και ο χρόνος παραμονής στη δεξαμενή απορρόφησης επηρεάζουν την ταχύτητα και την ανταγωνιστικότητα των επιμέρους αντιδράσεων. Η συνθετική αυτή γύψος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη ρύθμιση του χρόνου πήξης του τσιμέντου, σε κάποιες μάλιστα περιπτώσεις με καλύτερα αποτελέσματα από ότι η φυσική ορυκτή γύψος. Από οικονομικής μάλιστα απόψεως υπερτερεί αφού είναι ουσιαστικά ένα απόβλητο για τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και η παραγωγή του γίνεται έτσι και αλλιώς αφού οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί επιβάλλουν τον καθαρισμό των καυσαερίων που τα εργοστάσια αυτά διοχετεύουν στο περιβάλλον.

Στις Η.Π.Α. παράγονται ετησίως 20 εκατομμύρια τόνοι FGD και μόνο το 7,5% χρησιμοποιείται για επικερδείς σκοπούς. Στην Ελλάδα υπάρχουν δύο μονάδες παραγωγής FGD στα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια της ΔΕΗ στη Μεγαλόπολη και στη Φλώρινα, οι οποίες παράγουν συνολικά πάνω από 1.000.000 τόνους λάσπης FGD ετησίως. Οι ποσότητες αυτές περιέχουν γύρω στο 55% στερεά και αποτίθενται σε ειδικά πεδία, αφού πρώτα αναμιχθούν με ιπτάμενη τέφρα, παραμένοντας αναξιοποίητες και επιβαρύνοντας το φυσικό περιβάλλον.

β. Η φωσφογύψος είναι ένα παραπροϊόν του CaSO_4 που παράγεται από την επεξεργασία του φωσφορικού οξέος. Η χημική αντίδραση περιλαμβάνει σχηματισμό φωσφορικού οξέος από το φυσικό φωσφορικό ασβέστιο $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (ορυκτό φωσφορίτης) με επίδραση πυκνού θειικού οξέος 90–98% όπως φαίνεται παρακάτω:



Είναι μία πολύτιμη πηγή γύψου για τη βιομηχανία τσιμέντου για τον έλεγχο στις πήξεις του. Στην Ιαπωνία υιοθετήθηκε η χρήση φωσφογύψου λόγω έλλειψης φυσικών πηγών γύψου. Παρόλα αυτά η ύπαρξη προσμίξεων στη φωσφογύψο επηρεάζει σημαντικά την ενυδάτωση του τσιμέντου Πόρτλαντ. Αυτές είναι: το υποκατεστημένο P_2O_5 στο κρυσταλλικό πλέγμα της γύψου, το διαλυτό στο νερό P_2O_5 και το διαλυτό στο νερό F που έχει προσκολληθεί στην επιφάνεια των κρυστάλλων της γύψου. Αυτές οι προσμίξεις μπορεί μεν να αυξάνουν το χρόνο πήξης, μειώνουν όμως τις πρώιμες αντοχές, έτσι ώστε η μεμονωμένη χρήση φωσφογύψου να μην ενδείκνυται πάντα για τον έλεγχο του χρόνου πήξης του τσιμέντου Πόρτλαντ. Στην Ελλάδα φωσφογύψος παράγεται στην Μακεδονία από την Βιομηχανία Φωσφορικών Λιπασμάτων (ΒΙΦΛ) και η ετήσια παραγωγή ανέρχεται σε 300.000 τόνους.

4.7.2 Συμπεράσματα.

Σύμφωνα με αποτελέσματα ερευνών που έχουν διεξαχθεί, μας δείχνουν ότι η προσθήκη FGD στο τσιμέντο επιβραδύνει το χρόνο αρχής πήξης περισσότερο από την ορυκτή γύψο και δεν υποβαθμίζει τις αντοχές του τσιμέντου. Στα τσιμέντα με FGD–γύψο η αύξηση του ποσοστού FGD στο μίγμα επιφέρει μία αύξηση στο χρόνο πήξης, όπως και στα τσιμέντα με φωσφογύψο–γύψο. Στα τσιμέντα με FGD–ανυδρίτη η αύξηση του ποσοστού FGD επιφέρει επίσης αύξηση του χρόνου πήξης.

Η προσθήκη φωσφογύψου στο τσιμέντο επιβραδύνει δραματικά το χρόνο αρχής πήξης και δεν υποβαθμίζει τις αντοχές του, με εξαίρεση τις πρώιμες ηλικίες της 1 και 2 ημερών. Στα τσιμέντα με φωσφογύψο-γύψο η αύξηση του ποσοστού της φωσφογύψου στο μίγμα επιφέρει μια αύξηση στο χρόνο πήξης και είναι ικανή για να ρυθμίσει την πήξη του τσιμέντου σε αποδεκτά όρια (180 min). Η αύξηση του ποσοστού της γύψου αυξάνει την αρχή πήξης στα τσιμέντα με ανυδρίτη-γύψο. Η ίδια ακριβώς συμπεριφορά ως προς τους χρόνους πήξης επιβεβαιώθηκε και στα τσιμέντα τύπου II (CEM II) (Ανυδρίτης-Γύψος-FGD). Η επιλογή μίγματος φορέων CaSO_4 σε κατάλληλη αναλογία μπορεί να ρυθμίσει το χρόνο πήξης σε επιθυμητές τιμές.

Η διαφοροποίηση στους χρόνους πήξης που επιφέρει κάθε φορέας θεικού ασβεστίου οφείλεται κατ' αρχάς στη διαφορετική διαλυτότητα και επομένως στις διαφορετικές ποσότητες των διαθέσιμων διαλυτών θεικών τα οποία υπάρχουν στο διάλυμα μετά την ανάμιξη του τσιμέντου με το νερό για να αντιδράσουν με την ασβεσταργλική φάση (C_3A , C_4A_f) του κλίνκερ προς σχηματισμό ετρινγκίτη και καθυστέρηση της πήξης.

4.8 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΟΡΥΚΤΟΥ ΚΑΣΣΙΤΕΡΙΤΗ ΩΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Ο κασσίτερος ανήκει στην ομάδα των σημαντικών στρατηγικών μετάλλων. Οι μεγαλύτερες ποσότητες κασσιτέρου χρησιμοποιούνται για την παρασκευή λευκοσιδήρου σε ποσοστό 38%, επίσης χρησιμοποιείται στην παρασκευή του μπρούτζου και σε μικροποσότητες στον χαλκό. Ακόμη χρησιμοποιείται και ως υλικό συγκολλησεως. Σήμερα στη φύση υπάρχουν 17 γνωστά είδη μεταλλευμάτων κασσιτέρου. Όμως οικονομική αξία έχει μόνο ο κασσιτερίτης (SnO_2 με $\text{Sn} \hat{=} 78,77\%$), μικρότερη σημασία έχει και το κασσιτερούχο κοίτασμα (stannin) που αποτελείται από ($\text{Cu}_2\text{S FeS SnS}_2$ με $\text{Sn} \hat{=} 27,5\%$). Σύμφωνα με τα

στοιχεία του Mineral Yearbook η ετήσια παραγωγή κασσιτερίτη το έτος 2002 ήταν 243.082 τόνοι.



Εικόνα 10: Βελονοειδής κρύσταλλοι κασσιτερίτη.

Η επίδραση του ορυκτού κασσιτερίτη μελετήθηκε σαν βελτιωτικό έψησης του μίγματος πρώτων υλών στην τσιμεντοβιομηχανία. Τα βελτιωτικά έψησης είναι δευτερεύοντα συστατικά τα οποία είτε αυξάνουν τον ρυθμό των φυσικών και χημικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στη στερεή φάση ή στην υγρή φάση ή στα όρια της στερεής με τη ρευστή φάση, κατά την μετατροπή της φαρίνας σε κλίνκερ οπότε και ονομάζονται mineralizers, είτε μειώνουν τη θερμοκρασία στην οποία εμφανίζεται η ρευστή φάση κατά την έψηση της φαρίνας ή αυξάνουν την ποσότητα της ρευστής φάσης σε συγκεκριμένη θερμοκρασία και ονομάζονται fluxes (ευτηκτικά).

Με την παρουσία αυτών των συστατικών μπορούμε να επιτύχουμε την επιτάχυνση των αντιδράσεων κλινκεροποίησης άρα έχουμε αύξηση του ρυθμού παραγωγής του κλίνκερ, την μείωση της θερμοκρασίας στην οποία αυτές πραγματοποιούνται, την βελτίωση της αλεστικότητας του κλίνκερ με συνέπεια τη μείωση των ενεργειακών δαπανών της άλεσης και την αύξηση της

δραστικότητας του τελικού προϊόντος με αποτέλεσμα την ταχύτερη ανάπτυξη των αντοχών.

Τα βελτιωτικά έψησης μπορούν να δράσουν:

- στην διαδικασία παραγωγής του κλίνκερ
- στην δομή και στις ιδιότητες του κλίνκερ

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η έψηση της φαρίνας για την παραγωγή του κλίνκερ είναι από τα πιο ενεργοβόρα στάδια για τις τσιμεντοβιομηχανίες, γίνονται προσπάθειες για να επιτευχθεί η έψηση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες βελτιώνοντας την εψησιμότητα του μίγματος των πρώτων υλών με τη χρησιμοποίηση δευτερογενών υλικών σε βιομηχανική κλίμακα ως πρόσθετα, χωρίς όμως να επηρεαστεί η ποιότητα και η ποσότητα του παραγόμενου τσιμέντου.

Η μείωση της θερμοκρασίας έψησης θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της κατανάλωσης καυσίμων στους περιστροφικούς κάμινους, οπότε επιτυγχάνεται:

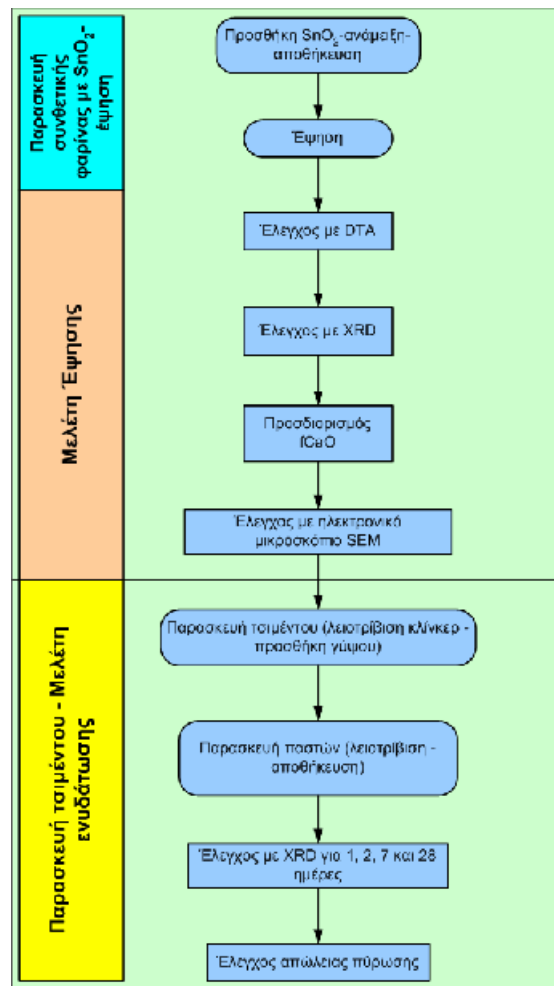
- Μείωση του κόστους παραγωγής του τσιμέντου.
- Μείωση της εξάρτησης από τις καύσιμες πρώτες ύλες και κυρίως από το πετρέλαιο.
- Μείωση των εκπομπών αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Χρησιμοποίηση ενός βιομηχανικού παραπροϊόντος του οποίου η ελεύθερη διάθεση στο περιβάλλον είναι επιβλαβείς.

Η εισαγωγή των βαρέων μετάλλων χαμηλής πτητικότητας (στην περίπτωσή μας ο κασσίτερος) είναι ένας αποφασιστικός παράγοντας για την περιβαλλοντική συμβατότητα του τσιμέντου. Η απαίτηση για οικονομικά αποδεκτή χρήση απορρέει από την ανάγκη να παραχθεί ένα προϊόν ομοιόμορφης υψηλής ποιότητας σε μια ευνοϊκή τιμή που να μην είναι επιβλαβές για το περιβάλλον.

4.8.1 Πειραματική διαδικασία.

Για τη μελέτη χρησιμοποιήθηκε βιομηχανική φαρίνα που περιείχε κασσιτερίτη σε ποσοστό 0%, 0,5%, 1,0%, 1,5% και 2,0% κ.β. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκαν 5 δείγματα και το κάθε δείγμα είχε μάζα 220g. Μέρος από κάθε δείγμα ψήθηκε στους 1200 °C, 1350 °C, 1400 °C και 1450 °C.

Η εργαστηριακή διαδικασία που ακολουθήθηκε φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 11: Διάγραμμα ροής της εργαστηριακής διαδικασίας.

Τα πέντε δείγματα συνθετικής φαρίνας που είχαν ψηθεί στους 1450 °C κατά την παραγωγή του κλίνκερ διατήρησαν το σφαιρικό τους σχήμα και γι' αυτό τοποθετήθηκε κάθε δείγμα ξεχωριστά σε ένα μύλο άλεσης από αχάτη όπου αλέστηκαν για περίπου 5 λεπτά ώσπου να έχουν την υφή της πούδρας. Στη συνέχεια ζυγίστηκε κάθε δείγμα και προστέθηκε γύψος σε ποσοστό 5,0% κ.β.

Αναλυτικά η ποσότητα των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν είναι στον Πίνακα 9 που ακολουθεί.

Ποσοστό SnO₂	Κλίνκερ (g)	Γύψος (g)	Τσιμέντο (g)
0,0%	34,29	1,71	36,00
0,5%	16,06	0,80	16,86
1,0%	28,51	1,43	29,94
1,5%	26,58	1,33	27,91
2,0%	28,10	1,40	29,50

Πίνακας 9: Σύνθεση τσιμέντου.

Τέλος η γύψος και το κλίνκερ συναλέθησαν στο μύλο άλεσης για περίπου δεκαπέντε λεπτά και αποθηκεύτηκαν σε μέρος χωρίς υγρασία.

4.8.2 Συμπεράσματα.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την μελέτη αυτή μας δείχνουν ότι η προσθήκη κασσιτερίτη στο μίγμα των πρώτων υλών στην παρασκευή τσιμέντου γενικά έχει θετική επίδραση στην έψηση, ειδικότερα όταν το ποσοστό προσθήκης είναι 1,0% σε κασσιτερίτη. Τέλος, τα τσιμέντα που περιέχουν κασσιτερίτη παρουσιάζουν μια μικρή καθυστέρηση της ενυδάτωσης στις ηλικίες των 1, 2 και 7 ημερών, η οποία όμως αναιρείται στις 28 ημέρες.

4.9 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΙΔΗΡΑΛΟΥΜΙΝΑΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Το Υπόλλειμα Βωξίτη (ΥΒ) ή Σιδηραλουμίνα (ΣΑ) προκύπτει μετά την απομάκρυνση του νερού από την Ερυθρά Ιλύ (ΕΙ) με βιομηχανική φιλτροπρέσσα, το κύριο παραπροϊόν της διεργασίας Bayer. Στοχεύοντας στην αξιοποίηση μέρους των περίπου 700.000 τόνων ΕΙ που παράγονται ετησίως στην Ελλάδα στην υπάρχουσα παραγωγική διαδικασία τσιμέντου Πότρλαντ, μελετήθηκαν μίγματα αυτής και Α' υλών.

4.9.1 Πειραματική διαδικασία.

Για την παρασκευή των μιγμάτων χρησιμοποιήθηκαν ασβεστόλιθος, φλύσχης και ψαμμίτης ως φορείς ασβεστίου και πυριτίου. Σαν φορέας αλουμινίου και σιδήρου χρησιμοποιήθηκε ΣΑ. Παρασκευάστηκαν μίγματα με 1% κ.β. και 4% κ.β. ΣΑ με κύριο στόχο τη διατήρηση των δεικτών LSF (βαθμός κορεσμού σε άσβεστο), AM (αργιλικός δείκτης) και SM (πυριτικός δείκτης) εντός των προβλεπόμενων ορίων. Με τα όρια των παραπάνω δεικτών σχεδιάζονται τα μίγματα φαρίνας στη βιομηχανία. Σαν μίγμα αναφοράς χρησιμοποιήθηκε φαρίνα από το εργοστάσιο TITAN.

Με προσθήκη νερού τα μίγματα τροποποιήθηκαν σε σφαιρίδια διαμέτρου $d < 30\text{mm}$. Ακολούθησε προέψηση στους $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ προκειμένου να απομακρυνθούν το CO_2 , το οργανικό φορτίο καθώς και το χημικά δεσμευμένο νερό. Στη συνέχεια έγινε έψηση στους $1450\text{ }^{\circ}\text{C}$ για 40 min. Στο παραγόμενο κλίνκερ έγινε χημική ανάλυση με XRF (ακτίνες X) και η μικροδομή του προσδιορίστηκε με οπτική μικροσκοπία. Το παραγόμενο κλίνκερ συναλέστηκε με γύψο προκειμένου να παραχθεί τσιμέντο τύπου CEM I. Η ειδική επιφάνεια των παραγόμενων τσιμέντων μετρήθηκε σύμφωνα με το EN 196-6 ενώ ο χρόνος πήξης και η απαίτηση σε νερό σύμφωνα με το πρότυπο EN 196-1.

4.9.2 Χαρακτηρισμός τσιμέντων.

Τα παραπάνω κλίνκερ συναλέστηκαν με 5,0% κ.β. CaSO₄ για 5 ώρες (300 min) προκειμένου να παραχθεί τσιμέντο Πόρτλαντ CEM I. Η ειδική επιφάνεια (Blaine) των παραγόμενων τσιμέντων παρατίθεται στον Πίνακα 10, μαζί με την απαίτηση σε νερό και το χρόνο πήξης. Τα αποτελέσματα είναι μέσα στα όρια που θέτουν οι Ευρωπαϊκοί κανονισμοί για το τσιμέντο Πόρτλαντ.

	Τσιμέντο		
	0% κ.β. ΣΑ	1% κ.β. ΣΑ	4% κ.β. ΣΑ
Ειδική επιφάνεια (cm ² /g)	2950	3150	3150
Χρόνος άλεσης (min)	300	300	300
Έναρξη πήξης (min)	100	100	160
Τέλος πήξης (min)	160	170	240
Απαίτηση σε νερό (%)	25,0	25,2	25,6

Πίνακας 10: Φυσικές ιδιότητες παραγόμενων τσιμέντων

Οι αντοχές 2, 7 και 28 ημερών, στον Πίνακα 11 δείχνουν ότι τα δείγματα τσιμέντου με ΣΑ εμφανίζουν μεγαλύτερες πρώιμες αντοχές από το δείγμα αναφοράς λόγω του μεγαλύτερου ποσοστού περιεχομένου σιδηραργιλικού τετρασβεστίου και αργιλικού τριασβεστίου που αποτελούν κύριους φορείς ανάπτυξης των πρώιμων αντοχών.

Αντοχές (Μρα)	Τσιμέντο		
	0% κ.β. ΣΑ	1% κ.β. ΣΑ	4% κ.β. ΣΑ
2 ημέρες	15,9	17,1	21,0
7 ημέρες	34,1	37,4	37,0
28 ημέρες	54,2	60,3	54,7

Πίνακας 11: Αντοχές παραγόμενων τσιμέντων.

4.9.3 Συμπεράσματα.

Τα πρώτα αποτελέσματα δείχνουν ότι η προσθήκη της ΣΑ στο μίγμα των Α' υλών σε ποσοστό έως και 4% κ.β. στην υφιστάμενη διεργασία παραγωγής τσιμέντου Πόρτλαντ είναι δυνατή. Η εισαγωγή της ΣΑ στην παραγωγική

διαδικασία προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας κατά την άλεση των Α΄ υλών εξαιτίας της λεπτότητάς της (90% των κόκκων <75μm). Ακόμα με αύξηση του ποσοστού προσθήκης, η φαρίνα γίνεται πιο εύψιστη λόγω της μείωσης του SM και του AM δείκτη. Όσον αφορά το παραγόμενο προϊόν, αυτό δεν παρουσιάζει αποκλίσεις από το τσιμέντο Πόρτλαντ, τόσο στις βασικές φυσικές ιδιότητες του όσο και στο σχηματισμό των κύριων ορυκτολογικών φάσεων.

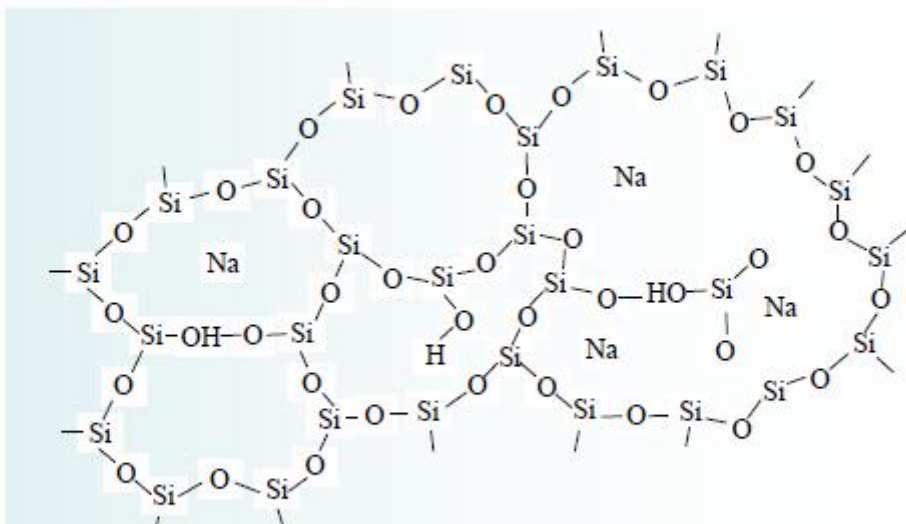
4.9.4 Αναφορά στην Μέθοδο Bayer.

Για το διαχωρισμό του οξειδίου του αλουμινίου από τα άλλα συστατικά του βωξίτη, ο Αυστριακός Karl-Jozef Bayer, γιος του ιδρυτή της εταιρείας Bayer Chemicals το 1888, επινόησε μια λογικά οικονομική μέθοδο η οποία χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο.

Στη μέθοδο Bayer το υδροξείδιο αλουμινίου δημιουργείται από το βωξίτη εφαρμόζοντας πίεση και ζέστη έτσι ώστε να παραχθεί οξείδιο αλουμινίου (Al_2O_3) μέσω θέρμανσης. Ο βωξίτης πλένεται, θρυμματίζεται και διαλύεται σε πυκνό διάλυμα καυστικού νατρίου σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Το νέο διάλυμα είναι πλούσιο σε αλουμίνιο νατρίου, ενώ το υπόλειμμα μη διαλυόμενου βωξίτη περιέχει σίδηρο, πυρίτιο και τιτάνιο. Αυτό το υπόλειμμα – γνωστό και ως «κόκκινη λάσπη» – σταδιακά καθίσταται στη βάση πίεσης φίλτρου και μετακινείται. Το καθαρό νάτριο αλουμινίου διοχετεύεται σε μία τεράστια δεξαμενή γνωστή και ως ιζηματικό. Κόκκοι αλουμίνας προστίθενται έτσι ώστε να ξεκινήσει η συμπύκνωση καθώς το διάλυμα κρυστώνει. Οι κόκκοι βυθίζονται στον πάτο του ιζηματικού και διώχνονται από εκεί. Μετέπειτα ψήνονται σε περιστρεφόμενο φούρνο στους 11000 °C και απομακρύνουν το νερό από το χημικό στοιχείο. Το υδροξείδιο νατρίου NaOH συμπυκνώνεται και επαναχρησιμοποιείται.

4.10 ΧΡΗΣΗ ΠΕΡΛΙΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΨΕΩΝ

Ο περλίτης είναι φυσική ηφαιστειακή ύαλος, που σχηματίζεται με την απότομη ψύξη και στερεοποίηση ηφαιστειακής λάβας, παγιδεύοντας νερό στη μάζα της. Η φιλική προς το περιβάλλον φύση του τον κάνει να υπερτερεί έναντι των άλλων μη φυσικών υλικών που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές. Στην ύπαρξη του παγιδευμένου νερού οφείλεται η πιο σημαντική φυσική ιδιότητα του περλίτη, που είναι η ικανότητά του να διογκώνεται σε θερμοκρασίες 800–950 °C. Μια λευκή μάζα από μικροσκοπικές γυάλινες φυσαλίδες σχηματίζεται με την απότομη ελεγχόμενη θέρμανση, ο περλίτης τήκεται και διογκώνεται ως αποτέλεσμα της εξάτμισης του παγιδευμένου νερού. Ο όγκος του αυξάνεται δέκα έως είκοσι φορές με αντίστοιχη ελάττωση του ειδικού βάρους του. Το ορυκτό αποκτά έτσι ξεχωριστές ιδιότητες θερμικής–ηχητικής μόνωσης, ενώ παράλληλα γίνεται εξαιρετικά πορώδες και παρουσιάζει χαρακτηριστική χαμηλή πυκνότητα. Στα ορυχεία περλίτη της S&B στη Μήλο, παράγονται πάνω από 500.000 τόνοι αδιόγκωτου περλίτη ετησίως και έτσι έγινε προσπάθεια να αξιολογηθεί η συμπεριφορά δύο περλιτικών απορρίψεων στην παραγωγή τσιμέντου και κονιαμάτων.

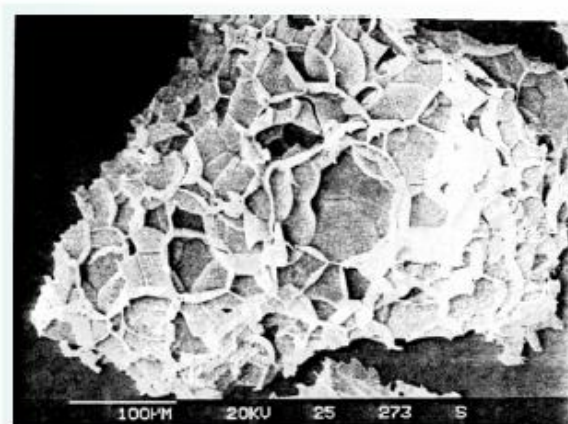


Εικόνα 12: Κρυσταλλική μορφή περλίτη.

Η εκμετάλλευση κοιτασμάτων περλίτη για την παραγωγή διογκωμένων προϊόντων έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή εκτεταμένων απορρίψεων. Σύμφωνα με εργαστηριακές μελέτες εξετάστηκε η δυνατότητα χρήσης τους στην παραγωγή τσιμέντου και κονιαμάτων. Έτσι παράχθηκαν εργαστηριακά τσιμέντα με προσθήκη περλιτικών απορρίψεων από τη Μήλο, οι ιδιότητες των οποίων τσιμέντων συγκρίθηκαν με τσιμέντα αναφοράς.

4.10.1 Πειραματικό μέρος.

Έγιναν λοιπόν, εργαστηριακές συνθέσεις κονιαμάτων με χρήση παρόμοιων απορρίψεων και σύγκριση των ιδιοτήτων τους πάλι με αυτών των κονιαμάτων αναφοράς. Η προσθήκη περλίτη στην τσιμεντοκονία προσδίδει θετικές ιδιότητες στα τσιμέντα (αντοχές, απαίτηση σε νερό) ελαφρότητα στο τελικό προϊόν, χαμηλότερο συντελεστή γραμμικής διαστολής, μεγαλύτερη ελαστικότητα, καλύτερη συγκόλληση στην επιφάνεια επίστρωσης και βελτιωμένες δυνατότητες κατεργασίας με σημαντική βελτίωση της θερμομόνωσης και της ηχομόνωσης του κτιρίου, καθώς επίσης και του χρόνου και κόστους εφαρμογής. Επίσης, η προσθήκη περλιτικών απορρίψεων στα κονιάματα προσδίδει αντοχές και ειδικό βάρος. Εφόσον και η ανθεκτικότητα των παραγόμενων προϊόντων είναι ικανοποιητική η χρήση τους μπορεί να οδηγήσει στην εκμετάλλευση σημαντικών ποσοτήτων περλιτικών απορρίψεων.



Εικόνα 13 : Διογκωμένος περλίτης.

4.10.2 Παρασκευή τσιμέντων.

Για την παραγωγή των τσιμέντων έγινε συνάλεση κλίνκερ (75%), δειγμάτων περλιτικών απορίψεων (20%) και γύψου (5%) εργαστηριακό μύλο σε σταθερό χρόνο. Για σύγκριση χρησιμοποιήθηκε ποζολάνη από τη Μήλο με παρόμοιο ποσοστό δραστικού πυριτίου. Μετρήθηκαν οι κύριες ιδιότητες των τσιμέντων όπως απαίτηση σε νερό, χρόνος πήξης, αντοχές και ειδική επιφάνεια.

	Τσιμέντο		
	Αναφορά	20% Περλίτης	20% Μηλαϊκή Γη
Ειδική επιφάνεια (cm ² /g)	3600	3540	4630
Χρόνος άλεσης (min)	45	45	45
Έναρξη πήξης (min)	85	115	130
Τέλος πήξης (min)	125	165	170
Απαίτηση σε νερό (%)	23,4	26,2	28,8

Πίνακας 12: Ιδιότητες εργαστηριακών τσιμέντων.

Αντοχές (Μρα)	Τσιμέντο		
	Αναφορά	20% Περλίτης	20% Μηλαϊκή Γη
2 ημέρες	24,5	15,6	18,5
7 ημέρες	40,5	30,0	31,8
28 ημέρες	54,3	42,3	44,4

Πίνακας 13: Αντοχές εργαστηριακών τσιμέντων.

4.10.3 Συμπεράσματα.

Με βάση τα παραπάνω, οι περλιτικές απορρίψεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ποζολάνες στην παραγωγή τσιμέντου, υποκαθιστώντας ήδη χρησιμοποιούμενες ποζολάνες. Επίσης, φαίνεται ότι η ανάπτυξη αντοχών του παραγόμενου τσιμέντου είναι ικανοποιητική ενώ ικανοποιούν και το όριο του κανονισμού ως προς το δραστικό πυρίτιο. Παρουσιάζουν όμως μικρότερη αλεσιμότητα σε σχέση με άλλες ποζολάνες. Επιπλέον, είναι δυνατή η προσθήκη των περλιτικών απορρίψεων σε κονιάματα υποκαθιστώντας μέρος των αδρανών σε ποσοστά ως και 10%. Οι απορρίψεις επιδρούν θετικά στο ειδικό βάρος των κονιαμάτων αλλά έχουν τάση να αυξάνουν την απαίτηση σε νερό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο
ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

Εναλλακτικά καύσιμα ονομάζονται τα υλικά που προέρχονται από διάφορες δραστηριότητες, έχουν υποστεί κάποια προεπιλογή ή επεξεργασία, περιέχουν σημαντικό ενεργειακό φορτίο και μπορούν να υποκαταστήσουν παραδοσιακά καύσιμα όπως το κάρβουνο και το pet-coke.

5.1 PETROLEUM COKE.

Το βασικό καύσιμο της ελληνικής τσιμεντοβιομηχανίας είναι το πετρελαϊκό κωκ (pet-coke). Συνήθως χρησιμοποιείται μαζούτ ως βοηθητικό καύσιμο και για διαβροχή του PET προκειμένου να βελτιωθούν τα χαρακτηριστικά της καύσης του. Το pet coke είναι παραπροϊόν της διύλισης του πετρελαίου. Παράγεται κατά την πυρόλυση των υπολειμμάτων της ανατροφοδοσίας και από την απόσταξη των πιο βαριών πετρελαίων. Πρόκειται για ένα υλικό που αποτελείται κυρίως από άνθρακα και η σύνθεσή του ποικίλει ανάλογα με την ποιότητα του πετρελαίου από το οποίο προήλθε. Η τυπική του σύσταση παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Στοιχειακή σύνθεση	% κ.β.
Άνθρακας	75-90
Υδρογόνο	2-2,5
Οξυγόνο	1,3-2,6
Θείο	3,4-8,0
Άζωτο	1,1-1,9
Τέφρα	0,2-4,0
Ιχνοστοιχεία μετάλλων	ppm
Βανάδιο	140-5000
Νικέλιο	80-510

Πίνακας 14: Η σύσταση του pet-coke.

Περιέχει επίσης εξαερώσιμα υλικά από 2–5% και πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες που δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες	ppm
Benzo(a)pyrene	50–175
Benzo(e)pyrene	85–197
Benzo(g,h,i)pyrene	120–439
Benzo(a)anthracene	38–544
Dibenzo(a,h)anthracene	Ίχνη–35
Crysene	126–210

Πίνακας 15: Η σύσταση του pet-coke σε πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες.

Το pet-coke διακινείται κυρίως σε κοκκώδη μορφή και για να χρησιμοποιηθεί θρυμματίζεται ώστε να γίνει λεπτόκοκκο (σκόνη) και χρησιμοποιείται σε μεγάλες ποσότητες κυρίως στην διαδικασία παραγωγής του τσιμέντου, και οι εξευγενισμένες ποιότητες του για την παραγωγή ηλεκτροδίων.

5.1.1 Ευρωπαϊκή και ελληνική νομοθεσία.

α. IPPC–Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές: Στο εισαγωγικό κείμενο της Οδηγίας 96/61 αναφέρεται ότι «οι στόχοι και οι αρχές της κοινοτικής περιβαλλοντικής πολιτικής αποσκοπούν ιδίως στην πρόληψη, τη μείωση και, στο μέτρο του δυνατού, την εξάλειψη της ρύπανσης, με ενέργειες κατά προτεραιότητα στην πηγή, καθώς και στην εξασφάλιση συνετής διαχείρισης των φυσικών πόρων, σύμφωνα με τις βασικές αρχές του «ο ρυπαίνων πληρώνει» και αποδίδει «προτεραιότητα στην ολοκληρωμένη μείωση της ρύπανσης, ως σημαντικού στοιχείου της εξέλιξης προς πλέον μακροχρόνια ισορροπία μεταξύ, αφενός των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και της κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης και, αφετέρου, των πόρων και της αναγεννητικής δυνατότητας της φύσης».

Η Οδηγία διαμορφώνει ένα πλαίσιο ολοκληρωμένης πρόληψης και ελέγχου της ρύπανσης της βιομηχανίας που είναι ο μεγάλος ρυπαντής, με βασική αρχή «να λαμβάνονται όλα τα κατάλληλα προληπτικά μέτρα, ιδίως με τη χρήση των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών».

β. Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές (ΒΔΤ): Βέλτιστες είναι οι πλέον αποτελεσματικές όσον αφορά την επίτευξη υψηλού γενικού επιπέδου προστασίας του περιβάλλοντος στο σύνολό του.

Διαθέσιμες Τεχνικές είναι αυτές που έχουν αναπτυχθεί σε κλίμακα που επιτρέπει την εφαρμογή τους εντός του οικείου κλάδου, υπό οικονομικώς και τεχνικώς βιώσιμες συνθήκες, λαμβανομένων υπόψη του κόστους και των πλεονεκτημάτων.

Στο ελληνικό κείμενο για την κατάσταση του κλάδου των μη μεταλλικών ορυκτών όπου ανήκουν και οι βιομηχανίες οπτόπλινθων και κεραμικών προτείνεται σαν ΒΔΤ ο έλεγχος και η επιλογή Α' υλών χαμηλής περιεκτικότητας σε φθοριούχες και θειούχες ενώσεις και η επιλογή καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (φυσικό αέριο, LPG, βιομάζα), και μια σειρά μέτρων για το θέμα της αποκονίωσης σε σταθερές πηγές (κλίβανοι όπτησης, εγκαταστάσεις θραύσης / άλεσης Α' υλών) και αποθήκευσης και μεταφοράς των Α' υλών.

γ. Ο Ν.2965/01 (όπως τροποποιήθηκε με το Ν.3175/93): Υποχρεώνει τις βιομηχανίες και βιοτεχνίες που λειτουργούν εντός των ορίων δήμων, να αντικαταστήσουν τα υγρά καύσιμα που χρησιμοποιούν με φυσικό αέριο σε ένα έτος από την ημερομηνία που μπορεί να τις τροφοδοτήσει το δίκτυο.

δ. ΚΥΑ 11535/93 και η Εθνική Στρατηγική Καυσίμων: Προσδιορίζει επακριβώς τα είδη καυσίμων που επιτρέπονται στις βιομηχανίες και βιοτεχνίες και αυτά είναι: ντίζελ, μαζούτ, υγραέριο, φωταέριο και φυσικό αέριο. Δίνει όμως τη δυνατότητα στην επιχείρηση να ζητήσει έγκριση άλλου καυσίμου με υποβολή αίτησης και Τεχνικής Έκθεσης.

5.1.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του pet-coke.

Το κυριότερο πλεονέκτημα του είναι η πολύ καλή αναλογία κόστους / θερμογόνου δύναμης. Ως παραπροϊόν μιας παραγωγικής διαδικασίας, που μάλιστα τα τελευταία χρόνια διυλίζει ολοένα και πιο βαριές ποιότητες πετρελαίου με συνέπεια την μεγαλύτερη παραγωγή pet-coke, είναι φθινό καύσιμο. Δεν φορολογείται και η αιτία είναι – απ’ ότι μπορούμε να συμπεράνουμε – ο μεγάλος χρήστης του υλικού, η τσιμεντοβιομηχανία.

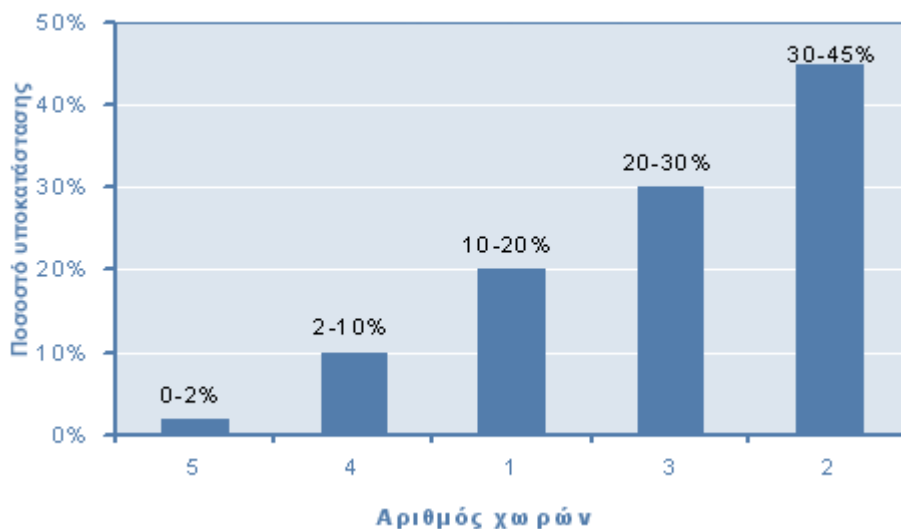
Από περιβαλλοντική άποψη προβληματική είναι η υψηλή περιεκτικότητα σε θείο που με την καύση δημιουργεί διοξείδιο και άλλες ενώσεις του θείου, το βανάδιο που είναι βαρύ μέταλλο, οι εκπομπές σκόνης πριν ακόμη από την καύση του, μόνο από την μεταφορά αποθήκευση και θρυμματισμό του, οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες.

Το διοξείδιο του θείου είναι ο πρώτος ρύπος που θέτει στόχο ελέγχου η 96/61 Οδηγία της ΕΕ (IPPC) γιατί έχει τοξικές δράσεις (βρογχίτιδα, βροχόσπασμος) ενώ είναι ύποπτο για καρκινογενέσεις. Το βανάδιο επίσης είναι τοξικό βαρύ μέταλλο και μπορεί να προκαλέσει οξείες και χρόνιες παθήσεις του αναπνευστικού. Οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες που περιέχονται στη σύνθεση του pet-coke πρέπει να ελεγχθούν αν διαφεύγουν και με ποία μορφή στο περιβάλλον γιατί αποτελούν από τους πιο επικίνδυνους παράγοντες για την υγεία των πολιτών. Τέλος, η αιθάλη πριν την καύση είναι βασική αιτία για χρόνιες βρογχίτιδες, άσθμα και πνευμονοκονίαση.

Για όσα προαναφέρθηκαν, συμπεραίνουμε ότι επιτακτική κρίνεται η ανάγκη αναζήτησης και χρήσης εναλλακτικών καυσίμων στις βιομηχανίες τόσο για την μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος όσο και για την εξασφάλιση της υγείας των πολιτών.

5.2 Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΗΜΕΡΑ

Σύμφωνα με την Ένωση Τσιμεντοβιομηχανιών Ελλάδος (HCIA) η τσιμεντοβιομηχανία στην Ευρωπαϊκή Ένωση παράγει περίπου 170 εκατομμύρια τόνους τσιμέντου το χρόνο. Το τσιμέντο παράγεται κάτω από αυστηρές ποιοτικές προδιαγραφές σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία καθώς και εσωτερικές διαδικασίες. Εφαρμόζονται αυστηροί κανονισμοί και τα εργοστάσια λειτουργούν με βάση άδειες που χορηγούνται από τις αρμόδιες αρχές. Η τσιμεντοβιομηχανία έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί άχρηστα υλικά ως εναλλακτικά καύσιμα ή πρώτες ύλες για να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητά της και ταυτόχρονα να συνεισφέρει σε λύσεις των προβλημάτων της κοινωνίας που αφορούν στη διαχείριση των απορριμμάτων της, με τέτοιο τρόπο που να τα αξιοποιεί και να ωφελεί το περιβάλλον. Η χρήση εναλλακτικών καυσίμων σήμερα σε χώρες της Ευρώπης ανέρχεται σε 4.000.000 τόνους/έτος περίπου υποκαθιστώντας 2,5 εκατομμύρια τόνους άνθρακα το χρόνο.



Γράφημα 8: Ποσοστό χρησιμοποίησης εναλλακτικών καυσίμων στην Ε.Ε.

Η εφαρμογή των εναλλακτικών καυσίμων και πρώτων υλών στην τσιμεντοβιομηχανία αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο της ορθής πολιτικής διαχείρισης απορριμμάτων. Αυτή η πρακτική προωθεί την ενεργητική και πλήρη ανάκτηση και ανακύκλωση υλικών στη βιομηχανία, σύμφωνα με τις βασικές αρχές της ιεράρχησης των μεθόδων διαχείρισης απορριμμάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα άχρηστα υλικά που χρησιμοποιούνται στην τσιμεντοβιομηχανία ως εναλλακτικά καύσιμα, θα κατέληγαν διαφορετικά σε κάποια χωματερή ή θα ρύπαιναν το περιβάλλον από την ανεξέλεγκτη απόρριψή τους. Η χρησιμοποίησή τους στην τσιμεντοβιομηχανία αντικαθιστά ορυκτά καύσιμα και μεγιστοποιεί την ανάκτηση ενέργειας.

Η χρήση εναλλακτικών καυσίμων στην τσιμεντοβιομηχανία προσφέρει πολλά περιβαλλοντικά οφέλη όπως:

- Μειώνει τη χρησιμοποίηση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως το κάρβουνο καθώς και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με την εξόρυξη κάρβουνου.
- Συνεισφέρει στη μείωση εκπομπών όπως των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αντικαθιστώντας τη χρήση ορυκτών πόρων με υλικά που διαφορετικά θα έπρεπε να απορριφθούν ή να καούν με αντίστοιχες εκπομπές και κατάλοιπα.
- Μεγιστοποιεί την ανάκτηση ενέργειας από τα απορρίμματα. Όλη η ενέργεια χρησιμοποιείται άμεσα στη κάμινο για την παραγωγή κλίνκερ. Επίσης μεγιστοποιεί την ανάκτηση του μη αναφλέξιμου μέρους των απορριμμάτων και εξαλείφει την ανάγκη απόρριψης σκουριάς ή τέφρας, καθώς τα περιεχόμενα ανόργανα στοιχεία υποκαθιστούν πρώτες ύλες στο τσιμέντο.
- Η χρησιμοποίηση άχρηστων υλικών ως εναλλακτικά καύσιμα είναι ορθή και αβλαβής καθώς το οργανικό μέρος καταστρέφεται πλήρως ενώ το ανόργανο μέρος δεσμεύεται και ενσωματώνεται στο προϊόν. Οι κάμινοι τσιμέντου έχουν ένα αριθμό χαρακτηριστικών που τις καθιστά τις

ιδανικές εγκαταστάσεις, όπου μπορούν να αξιοποιηθούν και να καούν με ασφάλεια εναλλακτικά καύσιμα. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι:

- Υψηλές θερμοκρασίες καύσης.
- Μεγάλος χρόνος παραμονής.
- Οξειδωτική ατμόσφαιρα.
- Αλκαλικό περιβάλλον.
- Δέσμευση τέφρας στο κλίνκερ.
- Συνεχής τροφοδοσία καυσίμου.

Σήμερα σχεδόν όλες οι Ευρωπαϊκές χώρες (Ολλανδία, Γαλλία, Σουηδία, Ελβετία, Βέλγιο, Γερμανία κ.α.) αξιοποιούν πληθώρα αποβλήτων στους κλιβάνους των τσιμεντοβιομηχανιών τους εξοικονομώντας συνάλλαγμα και πρώτες ύλες, ενώ παράλληλα προστατεύουν το περιβάλλον δίνοντας ταυτόχρονα ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στον κλάδο.

Παραπροϊόν	Χώρα	Συνολική Κατανάλωση (t)
Υγρά καύσιμα (λιπαντικά, διαλύτες, χρώματα)	Αυστρία, Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία, Μ.Βρετανία	600000
Χρησιμοποιημένα Ελαστικά	Αυστρία, Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία, Σουηδία, Μ.Βρετανία	450000
Κατάλοιπα βιομηχανίας χαρτιού	Αυστρία, Βέλγιο, Γαλλία	200000
Κατάλοιπα βιομηχανίας πολυμερών	Αυστρία, Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία, Σουηδία, Βέλγιο	250000

Πίνακας 16: Παραδείγματα χρήσης εναλλακτικών καυσίμων από βιομηχανίες τσιμέντου στην Ευρωπαϊκή Ένωση [πηγή: CEMBUREAU, BRITISH CEMENT ASSOCIATION, OFICEMEN]

Τα σημαντικότερα χρησιμοποιούμενα εναλλακτικά καύσιμα ποικίλουν και περιλαμβάνουν:

- Χρησιμοποιημένα ελαστικά.
- RDF.
- Χρησιμοποιημένα λάδια και λιπαντικά (Α.Λ.Ε.).

5.3 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΕΛΑΣΤΙΚΑ

Τα λάστιχα από κάθε είδους όχημα, όπως Ι.Χ., φορτηγά, μοτοποδήλατα, τρίκυκλα, ελαφρά τετράτροχα καθώς και μηχανήματα έργων και γεωργικά, μετατρέπονται σε απόβλητα όταν δεν χρησιμοποιούνται άλλο. Κάθε χρόνο φτάνουν στο τέλος του κύκλου ζωής τους παγκοσμίως 1 δισεκατομμύρια ελαστικά, τα 250.000.000 στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 15. Στην Ελλάδα κάθε χρόνο εισάγονται 47–50.000 τόνοι ελαστικών, το 57% των οποίων είναι επιβατικά ελαστικά και το 43% είναι ελαστικά φορτηγών. Το 20% κ.β. των εισαγόμενων ποσοτήτων ελαστικών έρχονται στην χώρα μας με τα εισαγόμενα αυτοκίνητα.

Αττική	54	Πελοπόννησος	5
Θεσσαλονίκη	12	Νησιά Αιγαίου	5
Μακεδονία και Θράκη	9	Κρήτη	5
Θεσσαλία	5	Ήπειρος	3

Πίνακας 17: Κατανομή χρησιμοποιημένων ελαστικών στην Ελλάδα ετησίως (δεδομένα έτους 2001).

5.3.1 Ελαστικά και Περιβάλλον.

Τα ελαστικά κατασκευάζονται από φυσικό και συνθετικό καουτσούκ, ενώ χρησιμοποιείται επίστρωση από χάλυβα προκειμένου να αυξηθεί η αντοχή τους στο σημείο όπου ενώνονται με τις ζάντες. Περιέχουν, επίσης και άλλα συστατικά, όπως λινά, οξειδίο ψευδαργύρου, θείο και διάφορες άλλες οργανικές ουσίες. Το 20% κατά βάρος των εισαγόμενων ελαστικών απορρίπτεται στην Αττική.

Τα λάστιχα δεν αποσυντίθενται εύκολα και γι' αυτό όταν πετάγονται σε ρεματιές και το περιβάλλον γενικότερα, μια συνηθισμένη μέχρι σήμερα εικόνα παραμένουν για πολύ μεγάλο διάστημα και γίνονται εστίες κουνουπιών και άλλων εντόμων. Όταν καταλήγουν ανεξέλεγκτα στο περιβάλλον και ιδιαίτερα όταν καίγονται ανεξέλεγκτα μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία αφού ελευθερώνονται στο περιβάλλον βλαβερές ουσίες, όπως οι πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες, βενζόλιο και φαινόλες, ουσίες με καρκινογόνες ιδιότητες. Πολλές ήταν οι χώρες που επέλεξαν την ταφή των ελαστικών ως λύση για τη διαχείριση των παλαιών ελαστικών. Όμως, η επιλογή αυτή σύντομα εγκαταλείφθηκε αφού τα ελαστικά καταλαμβάνουν τεράστιο όγκο στους χώρους ταφής κι αυξάνουν τον κίνδυνο ανάφλεξης των σκουπιδιών. Η στεγανότητα των χώρων ταφής δεν εξασφαλίζεται πάντα, γεγονός που σημαίνει ότι οι επικίνδυνες ουσίες που δημιουργούνται κατά την αποσύνθεση των ελαστικών μπορούν να διαπεράσουν το έδαφος και να επηρεάσουν τη γύρω περιοχή. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να ρυπάνουν τα νερά και το έδαφος και να έχουν βλαβερές συνέπειες στους ζώντες οργανισμούς. Η ταφή των ελαστικών εγκαταλείφθηκε, όμως, και για έναν ακόμα λόγο: τα ελαστικά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και να αξιοποιηθούν.

Υλικό	Ελαστικά Επιβατικών Οχημάτων	Ελαστικά Βαρέων Οχημάτων
Ελαστομερές	48	43
Carbon black	22	21
Μέταλλα	15	27
Πλέγμα	5	-
Οξείδιο του ψευδαργύρου (ZnO)	1	2
Θείο (S)	1	1
Πρόσθετα	8	6

Πίνακας 18: Επί τοις % κ.β. σύσταση των χρησιμοποιημένων ελαστικών στην Ε.Ε.

5.3.2 Αξιοποίηση και Ανακύκλωση των Ελαστικών.

Τα ελαστικά οχημάτων μετά τη χρήση τους:

- είτε αναγομώνονται και επαναχρησιμοποιούνται.
- είτε οδηγούνται σε τσιμεντοβιομηχανία για να χρησιμοποιηθούν ως "εναλλακτικό καύσιμο" σε ειδικά διαμορφωμένες εγκαταστάσεις, εφόσον ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της νομοθεσίας περί εκπομπών αερίων αποβλήτων που προέρχονται από καύση.
- είτε παραδίδονται σε αδειοδοτημένες και εγκεκριμένες εγκαταστάσεις για κοπή, τεμαχισμό, κοκκοποίηση με στόχο την χρήση του ελαστικού τρίμματος ως πρόσθετου σε ασφαλοτάπητες για δρόμους, αεροδρόμια ή άλλες εγκαταστάσεις.

Οι κυριότερες μέθοδοι εναλλακτικής διαχείρισης μεταχειρισμένων ελαστικών είναι η παραγωγή τρίμματος για ανακύκλωση μέσω μηχανικής ή κρυογεννούς κοκκοποίησης, η ενεργειακή ή θερμική αξιοποίηση μέσω συναποτέφρωσης σε τσιμεντοβιομηχανίες και η επαναχρησιμοποίηση (αναγόμωση, εμπόριο μεταχειρισμένων). Από αυτές σημαντικότερες για τον ελλαδικό χώρο είναι η μηχανική κοκκοποίηση και η συναποτέφρωση στην τσιμεντοβιομηχανία.

Οι υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται στην παραγωγική διαδικασία του τσιμέντου, οι οξειδωτικές συνθήκες, οι μεγάλοι χρόνοι παραμονής των

καυσαερίων, οι μεγάλες απαιτήσεις θερμικής ενέργειας καθώς και η γεωγραφική διασπορά των μονάδων της τσιμεντοβιομηχανίας και το νομοθετικό πλαίσιο που καθορίζεται με την Οδηγία Ε.Ε 2000/75, καθιστούν την συναποτέφρωση επιλεγμένων ρευμάτων αποβλήτων στην τσιμεντοβιομηχανία μία οικονομική και περιβαλλοντικά ασφαλή εναλλακτική λύση στο πρόβλημα της διάθεσης αποβλήτων.

Το 2005 συλλέχτηκαν για επεξεργασία από συνεργεία που ασχολούνται με την αντικατάσταση, επισκευή και συντήρηση ελαστικών και γενικότερα συνεργεία επιδιόρθωσης οχημάτων συνολικά 24.625 τόνοι μεταχειρισμένων ελαστικών. Από αυτή την ποσότητα, το 20,63% οδηγήθηκε σε εγκαταστάσεις της τσιμεντοβιομηχανίας TITAN για θερμική αξιοποίηση, το 19,15% της συνολικής αξιοποιούμενης ποσότητας υπέστη επεξεργασία και παρήχθη τρίμμα ελαστικού διαφόρων κοκκομετριών, το 6,89% είναι μέταλλα από την παραγωγική διαδικασία, το 7,79% είναι λινά και λοιπά κατάλοιπα της παραγωγικής διαδικασίας (π.χ. πούδρα ελαστικού) τα οποία μπορούν να οδηγηθούν σε ΧΥΤΑ, το 19,27% είναι ενδιάμεσα προϊόντα τεμαχισμού (π.χ. τεμάχια ελαστικού, chips κ.λπ.) τα οποία είτε διατίθενται ως έχουν σε κατασκευαστικά (π.χ. αποστραγγιστικά κ.λπ.) είτε λειτουργούν ως ενδιάμεσο depot ασφαλείας για την παραγωγή τελικού προϊόντος (π.χ. τρίμματος), ποσοστό 26,28% είναι αποθηκευμένες ποσότητες ολόκληρων ελαστικών.



Εικόνα 14: Εφαρμογή τεμαχισμένων ελαστικών ως αποστραγγιστικό υλικό στον ΧΥΤΑ Αίγειρος.

5.3.3 Σχετική Νομοθεσία.

Σύμφωνα με τη νομοθεσία (29407/3508/2002 ΚΥΑ «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων») δεν επιτρέπεται να πετάγονται στο περιβάλλον ή να μεταφέρονται σε χώρους ταφής σκουπιδιών ολόκληρα ή τεμαχισμένα μεταχειρισμένα ελαστικά οχημάτων. Εξαίρεση αποτελούν τα υλικά που προορίζονται για χρήση σε κατασκευαστικά έργα εντός του ΧΥΤΑ.

Οι εισαγωγείς ελαστικών έχουν είτε ατομικά είτε σε συνεργασία με άλλους την ευθύνη «εναλλακτικής διαχείρισής τους», δηλαδή να οργανώσουν τη συλλογή, μεταφορά, προσωρινή αποθήκευση, επαναχρησιμοποίηση και αξιοποίηση των μεταχειρισμένων ελαστικών οχημάτων, ώστε μετά την επαναχρησιμοποίηση ή αξιοποίησή τους να επιστρέφουν στο ρεύμα της αγοράς. Δεν επιτρέπεται να κυκλοφορούν στην αγορά ελαστικά που ο εισαγωγέας τους δεν έχει οργανώσει μόνος τους ή μαζί με άλλους την συλλογή και τη διαχείρισή τους.

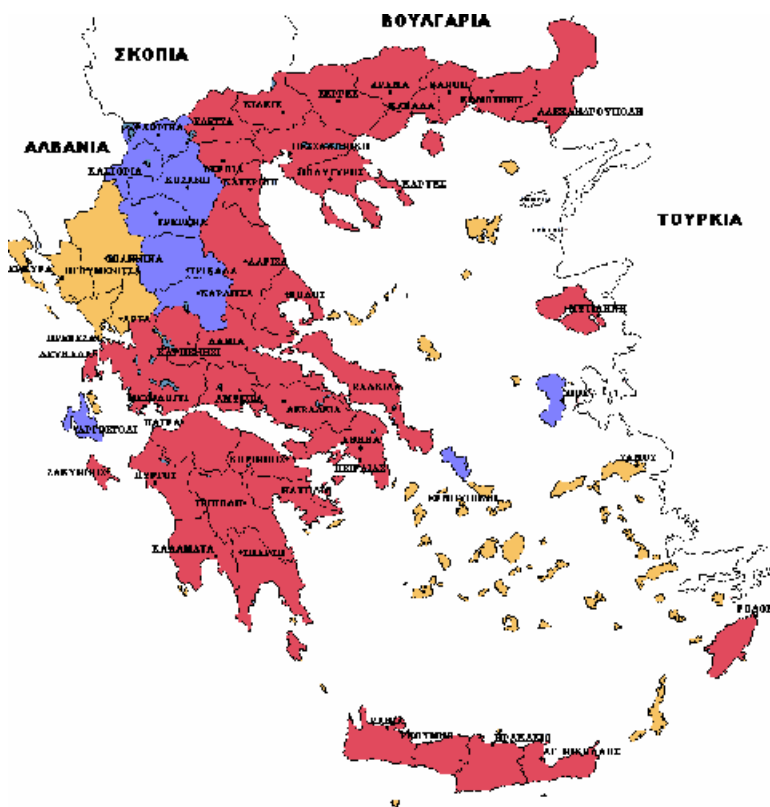
Σύμφωνα με το Π.Δ.109/ ΦΕΚ Α 75/ 5-3-2004 σε εφαρμογή των διατάξεων του Ν.2939/2001 (διατάξεις των άρθρων 15, 16, 17 και 18) πρέπει κατά προτεραιότητα να επιτυγχάνεται η πρόληψη παραγωγής αποβλήτων από ελαστικά των οχημάτων και μετά η επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και η ενεργειακή αξιοποίηση τους, ώστε να μειώνεται η ποσότητα των αποβλήτων που οδηγούνται σε χώρους ταφής και να βελτιώνεται η περιβαλλοντική επίδοση όλων όσων συμμετέχουν στο κύκλο ζωής των ελαστικών.

Για το σκοπό αυτό έχει εγκριθεί μετά από υποβολή σχετικού φακέλου και θετική εισήγηση από την Επιτροπή Παρακολούθησης Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και άλλων Προϊόντων (ΕΠΕΔ) με την Υπουργική Απόφαση του ΥΠΕΧΩΔΕ (ΦΕΚ 1145/28-07-2004) η λειτουργία ενός φορέα, στον οποίο συμμετέχουν οι εταιρίες εισαγωγής ελαστικών που ονομάζεται Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης ECOELASTIKA Α.Ε.

5.3.4 Η εταιρία Ecoelastika.

Τον Ιούλιο του 2004 εγκρίθηκε το σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης παλαιών ελαστικών «ECOELASTIKA A.E.», που δημιουργήθηκε από τους κυριότερους εισαγωγείς ελαστικών στην Ελλάδα σε εφαρμογή του Π.Δ.109/2004. Η Ecoelastika ξεκίνησε κανονική λειτουργία τον Νοέμβριο του 2004 και αποτελεί το μοναδικό εγκεκριμένο σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης μεταχειρισμένων ελαστικών. Σε υλοποίηση του Συστήματος, η Ecoelastika μεριμνά για τη συλλογή των μεταχειρισμένων ελαστικών, την προσωρινή αποθήκευση, τη μεταφορά, την αξιοποίηση και την επαναχρησιμοποίηση, συμπεριλαμβανομένης της ανακύκλωσης των μεταχειρισμένων ελαστικών βάσει του Π.Δ.109/2004.

Η Ecoelastika έχει ξεκινήσει περισυλλογή και αξιοποίηση των μεταχειρισμένων ελαστικών από 01/11/2004. Όπως φαίνεται και στον χάρτη σήμερα το σύστημα εξυπηρετεί ήδη το μεγαλύτερο μέρος της ηπειρωτικής χώρας και μεγάλο μέρος της νησιωτικής χώρας.



Υπόμνημα:

§ Εμβέλεια Συστήματος
Ecoelastika (03/2006)

§ Εμβέλεια Συστήματος
έως (05/2006)

Εικόνα 15: Εμβέλεια συστήματος Ecoelastika (Μάρτιος 2006).

Στις παραπάνω περιοχές συμβεβλημένοι μεταφορείς με το σύστημα της Ecoelastika συλλέγουν τα μεταχειρισμένα ελαστικά από τα σημεία συλλογής, τα οποία είναι:

- Βουλκανιζατέρ.
- Συνεργεία αυτοκινήτων.
- Διαλυστήρια αυτοκινήτων (που συνεργάζονται με την ΕΔΟΕ).
- Αναγομωτήρια.

Τα σημεία συλλογής όταν έχουν συγκεντρωμένα τουλάχιστον 60 ελαστικά της κατηγορίας A ή/και 10 ελαστικά της κατηγορίας B καλούν απευθείας την συμβεβλημένη με την Ecoelastika μεταφορική εταιρία της περιοχής τους για την αποκομιδή των μεταχειρισμένων ελαστικών. Τα σημεία συλλογής εκδίδουν δελτίο αποστολής στην μεταφορική εταιρία άνευ αξίας όπου αναφέρεται αναλυτικά ο αριθμός των τεμαχίων από κάθε κατηγορία (A ή/και B) που παραδίδουν για ανακύκλωση ή ενεργειακή αξιοποίηση. Οι κατηγορίες ελαστικών A και B περιγράφονται στη συνέχεια:

Κατηγορία A:

- Ελαστικά επιβατικών αυτοκινήτων (επιβατικά ελαστικά και ελαστικά 4X4).
- Ελαστικά εμπορικών οχημάτων με ονομαστική (εσωτερική) διάμετρο ζάντας μικρότερη από 17,5 ίντσες.
- Ελαστικά αγροτικών τρακτέρ συμβατικά (diagonal) για μπροστινούς τροχούς.
- Ελαστικά βιομηχανικών και ανυψωτικών οχημάτων (πνευματικά) με ονομαστική (εσωτερική) διάμετρο ζάντας μικρότερη ή ίση με 12 ίντσες.

Κατηγορία Β:

- Ελαστικά εμπορικών οχημάτων με ονομαστική (εσωτερική) διάμετρο ζάντας μεγαλύτερη ή ίση με 17,5 ίντσες.
- Ελαστικά αγροτικών τρακτέρ για οπίσθιους τροχούς κίνησης.
- Ελαστικά βιομηχανικών και ανυψωτικών οχημάτων (πνευματικά) με ονομαστική (εσωτερική) διάμετρο ζάντας μεγαλύτερη από 12 ίντσες.
- Ελαστικά χωματουργικών οχημάτων.

Για κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες ελαστικών η Ecoelastika εισπράττει από όλους τους υπόχρεους εισαγωγείς ελαστικών και οχημάτων χρηματικές εισφορές, οι οποίες έχουν καθοριστεί από το σύστημα. Οι χρηματικές εισφορές που ισχύουν σήμερα είναι οι εξής:

- Α κατηγορία: 0,45 €/ τεμάχιο.
- Β κατηγορία: 2,80 €/ τεμάχιο.

Τα έξοδα της Ecoelastika είναι:

- Μεταφορικά έξοδα.
- Έξοδα διάθεσης (gate fee) των μεταχειρισμένων ελαστικών στις εταιρίες αξιοποίησής τους.
- Διοικητικά έξοδα.
- Έξοδα ενημέρωσης.

Τα έσοδα της Ecoelastika είναι ισοσκελισμένα με τα έξοδα. Σε περίπτωση δημιουργίας αποθεματικού θα μειώνονται (ή δεν θα αυξάνουν) οι χρηματικές εισφορές. Κατά το χρονικό διάστημα Νοεμβρίου 2004–Δεκεμβρίου 2005 η Ecoelastika διαχειρίστηκε συνολικά 27.046 τόνους μεταχειρισμένων ελαστικών εκ των οποίων το 52% ανακυκλώθηκε και το 26% αξιοποιήθηκε ενεργειακά στην τσιμεντοβιομηχανία. Το υπόλοιπο 22% αποθηκεύτηκε σε χώρους

προσωρινής αποθήκευσης μέχρι να λειτουργήσουν μονάδες ανακύκλωσης μεταχειρισμένων ελαστικών.

5.3.5 Συμπεράσματα.

Ένα από τα πλέον γνωστά εναλλακτικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη έκταση σε όλο τον κόσμο, εδώ και μια δεκαετία τουλάχιστον είναι τα μεταχειρισμένα λάστιχα αυτοκινήτων, είτε ολόκληρα είτε τεμαχισμένα. Υπάρχει ένα πλήθος δεδομένων που συνηγορούν στο ότι η χρήση των μεταχειρισμένων ελαστικών αυτοκινήτων σαν εναλλακτικό καύσιμο, εκτός από την οικονομική της σκοπιμότητα, είναι και περιβαλλοντικά φιλική. Σκοπός της πολιτείας είναι να συμβάλει ουσιαστικά στο σύγχρονο προβληματισμό που αφορά την ορθολογική διαχείριση των αποβλήτων και κυρίως των παλαιών ελαστικών αυτοκινήτων, με σεβασμό πάντοτε στο περιβάλλον. Κάθε προϊόν, όσο χρήσιμο και αν είναι, ολοκληρώνοντας τον κύκλο ζωής του καταλήγει να γίνεται απόβλητο και θα πρέπει να διαχειρίζεται κατά τον φιλικότερο περιβαλλοντικά τρόπο.

Η αειφορική ανάπτυξη, η ανάπτυξη δηλαδή που δεν κατασπαταλά τους μη ανανεώσιμους φυσικούς πόρους και παράλληλα προστατεύει την ποιότητα του περιβάλλοντος, αποτελεί κεντρικό στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για την επίτευξη της αειφορικής ανάπτυξης καθιερώνονται νέες πολιτικές και μία εξ' αυτών με ξεχωριστή σημασία αφορά την διαχείριση των αποβλήτων.

5.4 RDF (REFUSE DERIVED FUEL)

Ο όρος RDF (Refuse Derived Fuel) αναφέρεται συνήθως στο διαχωρισμένο κλάσμα υψηλής θερμογόνου δύναμης από τα Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ). Δυο είναι οι τεχνολογίες παραγωγής RDF από ΑΣΑ. Περισσότερο εφαρμοσμένη είναι η μηχανική επεξεργασία σε μονάδες Μηχανικής Βιολογικής Επεξεργασίας (ΜΒΕ). Άλλη μέθοδος παραγωγής RDF είναι η βιολογική

επεξεργασία, κατά την οποία τα απορρίμματα (μετά τον διαχωρισμό μετάλλων και αδρανών υλικών) ξηραίνονται σε διεργασία ξηρής σταθεροποίησης. Ο όρος RDF χρησιμοποιείται συχνότερα για δευτερογενές καύσιμο που παράγεται κατά τη φάση της μηχανικής επεξεργασίας και αποτελείται κυρίως από πλαστικά, χαρτί και ξύλα, ενώ ο όρος SRF (Solid Recovered Fuel) χρησιμοποιείται συχνότερα για δευτερογενές καύσιμο που παράγεται μετά το πέρας της βιολογικής επεξεργασίας.



Εικόνα 16: RDF (Refuse Derived Fuel).

Συνήθως τα συστήματα που χρησιμοποιούνται κατά τη μηχανική επεξεργασία των ΑΣΑ περιλαμβάνουν μείωση του μεγέθους, κοσκίνισμα, διαχωρισμό με αέρα και μαγνητικό διαχωρισμό. Η διάταξη των διεργασιών βασίζεται στην ποιότητα και τη φύση των εισερχόμενων αποβλήτων, καθώς και στη διαθεσιμότητα, χωροθέτηση και προδιαγραφές της αγοράς των ανακτώμενων υλικών. Άλλες διεργασίες που μπορεί να συμπεριλαμβάνονται σε αυτές τις εγκαταστάσεις είναι ο χειρωνακτικός διαχωρισμός, ο διαχωρισμός με επαγωγικά ρεύματα (ανάκτηση μη σιδηρούχων υλικών) και η αύξηση της πυκνότητας (παραγωγή pellets). Ως αποτέλεσμα, μετά τη μηχανική επεξεργασία ανακτώνται υλικά προς ανακύκλωση, όπως επίσης καθίσταται δυνατή και η παραγωγή RDF.

Εκτός της μηχανικής επεξεργασίας απορριμματογενές καύσιμο μπορεί να προκύψει και μετά τη βιολογική επεξεργασία των απορριμμάτων. Αφού διαχωριστούν και στην περίπτωση αυτή τα αδρανή υλικά και τα μέταλλα, το εναπομένον κλάσμα, εκτός από χαρτί και πλαστικό περιέχει μεγάλο ποσοστό ζυμώσιμων, τα οποία ξηραίνονται και σταθεροποιούνται. Κατά συνέπεια προκύπτει καύσιμο υψηλής θερμογόνου δύναμης κατάλληλο προς καύση. Όσον αφορά στην Ελλάδα, οι προδιαγραφές της ΚΥΑ 114218/97 που καθορίζουν την ποιότητα του RDF με περιεκτικότητα σε χαρτί και πλαστικό μεγαλύτερη από 95% επί του ξηρού βάρους, πρακτικά απαγορεύουν την παραγωγή SRF.

Το παραγόμενο RDF στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε εγκαταστάσεις που δημιουργήθηκαν αποκλειστικά για την αξιοποίησή του. Οι περισσότερες διαδεδομένες τεχνολογίες για την αξιοποίηση του RDF είναι η αποτέφρωση σε εστίες ρευστοποιημένης κλίνης και αποτεφρωτήρες σχάρας. Η πυρόλυση και η αεριοποίηση είναι δυο ακόμη επιλογές, οι οποίες προωθούνται γενικότερα ως τεχνικές φιλικότερες προς το περιβάλλον και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενεργειακή αξιοποίηση του RDF, παρόλα αυτά η εφαρμογή τους είναι περιορισμένη. Συγκρινόμενη με τις παραπάνω τεχνολογίες, η αποτέφρωση σε αποτεφρωτήρες σχάρας, παρουσιάζει τις δυσμενέστερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.



Εικόνα 17: Παραγωγή RDF.

Η καύση του RDF ενδείκνυται σε εστίες ρευστοποιημένης κλίνης λόγω των σχετικά σταθερών φυσικομηχανικών χαρακτηριστικών του. Η τεχνολογία αυτή παρουσιάζει μεγαλύτερη απόδοση από ότι άλλες τεχνολογίες αποτέφρωσης, μικρότερες εκπομπές NOx και πτητικών βαρέων μετάλλων, αλλά και πιο συχνά προβλήματα διαβρώσεων. Διαφορές υπάρχουν επίσης στην ποσότητα και ποιότητα της παραγόμενης τέφρας. Λόγω της μεγαλύτερης ομοιομορφίας στην κατανομή των θερμοκρασιών κατά την αποτέφρωση σε ρευστοποιημένη κλίνη, στην αεριοποίηση και στην πυρόλυση του RDF, η ποσότητα και η ποιότητα της παραγόμενης τέφρας είναι λιγότερη και καλύτερη αντίστοιχα από την περίπτωση αποτέφρωσης σε σχάρες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μειωμένο κόστος για τη διαχείριση της παραγόμενης τέφρας στις περιπτώσεις αυτές.

5.4.1 Χρήση του RDF.

Τα απορριμματογενή καύσιμα μπορούν επίσης να αξιοποιηθούν σε ένα μεγάλο αριθμό υφιστάμενων εγκαταστάσεων, οι οποίες χρησιμοποιούν στερεά καύσιμα.

Οι εγκαταστάσεις αυτές είναι οι εξής:

- Τσιμεντοβιομηχανίες.
- Εργοστάσια παραγωγής ενέργειας.
- Χαρτοποιίες.
- Κεραμοποιίες
- Χαλυβουργία.
- Ασβεστοκάμινοι.

Η χρήση RDF παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα ως καύσιμο σε σχέση με τα ανεπεξέργαστα ΑΣΑ, τα οποία δεν μπορούν να συναποτεφρωθούν σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις. Από αυτά, τα κυριότερα είναι η υψηλή θερμογόνο δύναμη, η οποία παραμένει σχετικά σταθερή, η ομοιογένεια της φυσικής και χημικής σύνθεσης, η ευκολία στην αποθήκευση, διαχείριση και μεταφορά, οι μειωμένες εκπομπές αέριων ρύπων και ο μειωμένος απαιτούμενος αέρας κατά τη διάρκεια της καύσης.

Από την άλλη, η παραγωγή του RDF απαιτεί πολύπλοκες γραμμές παραγωγής και υψηλό κόστος παραγωγής. Ελαστικά μπορούν επίσης να αναμειχθούν στα ΑΣΑ, ώστε να αυξηθεί η θερμογόνο δύναμη, αλλά αυτή η ενέργεια μπορεί να οδηγήσει σε επιπλέον κόστος. Ως αποτέλεσμα η αγορά του RDF δεν έχει αναπτυχθεί ακόμη και η παραγωγή του δεν είναι οικονομικά βιώσιμη αν δεν παρέχονται κρατικές επιχορηγήσεις.

Ένα επιπλέον όφελος που συνοδεύει τη χρήση RDF είναι η μειωμένη εκπομπή CO₂, ειδικά στην περίπτωση που το RDF έχει παραχθεί με βιολογική σταθεροποίηση, καθώς περιέχει ζυμώσιμα υλικά τα οποία θεωρούνται βιομάζα. Οι συντελεστές εκπομπής του RDF σε σύγκριση με τους συντελεστές εκπομπής ορυκτών καυσίμων, προκύπτουν σαφώς μικρότεροι. Το πλεονέκτημα αυτό μπορεί να επιδράσει στις τιμές των καυσίμων και να παρέχει ένα επιπλέον κίνητρο για χρήση RDF, με σκοπό τη μείωση των εκπομπών CO₂ από εγκαταστάσεις και βιομηχανίες με περιορισμούς στα δικαιώματα εκπομπής.

5.4.2 Η κατάσταση στην Ελλάδα.

Στην Ελλάδα μέχρι σήμερα έχουν κατασκευαστεί τρία Εργοστάσια Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (ΕΜΑΚ) αστικών στερεών αποβλήτων, στην Αττική (Άνω Λιόσια), στην Καλαμάτα και στα Χανιά. Σημαντικό στοιχείο είναι ότι υπάρχουν αρκετές μονάδες υπό προετοιμασία (υλοποίηση μέχρι το 2010) όπως της Θεσσαλονίκης, Δυτικής Μακεδονίας (Κοζάνη), Πάτρας, Ηρακλείου και Ημαθίας. Όσον αφορά το PDF (Packaging Derived Fuel), δυνητικοί παραγωγοί είναι τα Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ).

Η εμπειρία τόσο από το έργο της Αθήνας (παραγωγή RDF χωρίς εξασφάλιση της διάθεσής του), όσο και από αυτό της Καλαμάτας (λειτουργία μονάδας επεξεργασίας χωρίς έλεγχο εισερχομένων αποβλήτων και χωρίς ΧΥΤΑ) επιβεβαιώνουν ότι:

- Ο σχεδιασμός μιας μονάδας επεξεργασίας πρέπει να γίνεται με κριτήριο τη θέση της στο συνολικό σύστημα διαχείρισης.
- Η διάθεση των δευτερογενών προϊόντων επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων πρέπει να αντιμετωπίζεται πριν την κατασκευή των σχετικών έργων, ως αναπόσπαστο τμήμα του σχεδιασμού και όχι μετά από αυτή.
- Η καλή λειτουργία μιας μονάδας επεξεργασίας αποτελεί τεχνολογικά σύνθετο έργο και προϋποθέτει σημαντική τεχνογνωσία για όλο τον κύκλο του έργου.

5.4.3 Χρήση του RDF στη Τσιμεντοβιομηχανία.

Η χρήση εναλλακτικών καυσίμων στη βιομηχανία τσιμέντου έχει καθιερωθεί στις περισσότερες από τις ανεπτυγμένες χώρες τα τελευταία 10 χρόνια, με πρωτοπόρους κυρίως την Ιαπωνία, Ελβετία, ΗΠΑ, Βέλγιο, Γερμανία και Γαλλία. Μέχρι σήμερα πάνω από 10% των καυσίμων που καταναλώνει η βιομηχανία τσιμέντου στην Ευρώπη είναι μη συμβατικά. Περίπου το ένα τρίτο των περιστροφικών καμίνων σε λειτουργία (περίπου 150 από τις 450 συνολικά) χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα σε ποσότητες που αντιστοιχούν σχεδόν σε 3×10^6 t ισοδύναμου άνθρακα. Ο βαθμός αντικατάστασης συμβατικών από δευτερογενή καύσιμα αυξάνεται, έχοντας ήδη ξεπεράσει σε ορισμένες περιπτώσεις το 50%.

Με βάση στοιχεία του έτους 2000, η κατανάλωση άνθρακα στην Ελλάδα ανέρχεται σε 1,5 εκατομμύρια τόνους, για δυναμικότητα μονάδων 13 εκατομμύρια τόνους τσιμέντου. Με μέση θερμογόνο δύναμη του RDF τα 15 MJ/kg, ένας τόνος άνθρακα ισοδυναμεί με δύο τόνους απορριμματογενούς καυσίμου. Αυτό σημαίνει ότι η τσιμεντοβιομηχανία μπορεί να χρησιμοποιήσει 150.000 τόνους εναλλακτικού καυσίμου αν αντικαταστήσει το 5% του συμβατικού (περίπου 75.000 t) με εναλλακτικό καύσιμο.

Το κυριότερο εμπόδιο για τη χρήση δευτερογενών καυσίμων στις ελληνικές τσιμεντοβιομηχανίες είναι η χαμηλή διαθεσιμότητά τους, καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό των αποβλήτων που παράγονται στην χώρα, οδηγείται προς ταφή, αντί να εκτρέπεται προς ανακύκλωση/ενεργειακή αξιοποίηση. Επιπροσθέτως σημαντικός παράγοντας είναι η έκλυση αέριων εκπομπών, όπως μέταλλα, διοξίνες για τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται ειδικά μέτρα προκειμένου οι συγκεντρώσεις αυτών των ρύπων να μειώνονται στα επιθυμητά όρια.

5.4.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Η ποιοτική σύσταση του RDF και η θερμογόνος δύναμη είναι ιδιαίτερης σημασίας καθώς είναι άμεσα συνδεδεμένες με την ποιότητα και την ποσότητα των αέριων εκπομπών που παράγονται κατά την καύση του. Σημαντικές ποιοτικές παράμετροι είναι η υγρασία, η περιεχόμενη τέφρα, το χλώριο και το θείο. Τα χαρακτηριστικά αυτά επηρεάζουν άμεσα την απόφαση για τη χρήση του RDF στη βιομηχανία, καθώς μπορεί να προκύψουν:

- Τεχνολογικά προβλήματα όπως διαβρώσεις, και υψηλό κόστος συντήρησης.
- Απρόβλεπτη κακή ποιότητα του RDF (μεγάλη περιεκτικότητα σε χλώριο, περιεκτικότητα σε τέφρα, χαμηλό σημείο τήξης, κ.λπ.).
- Σε περίπτωση εργοστασίων παραγωγής ενέργειας στη Γερμανία, η ποιότητα του γύψου στο σύστημα καθαρισμού των απαερίων μειώθηκε ώστε δεν ήταν δυνατό να πωληθεί.

Αυξημένο ποσοστό υγρασίας μπορεί να προκαλέσει αύξηση εκπομπών και θερμοκρασίας, μεγαλύτερες απώλειες θερμότητας και κατά συνέπεια μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου. Το υψηλό ποσοστό τέφρας οδηγεί σε μείωση της ποσότητας τροφοδοσίας που περνά από ζώνη προθέρμανσης με αποτέλεσμα την ελάττωση ανάκτησης θερμότητας και την αυξημένη θερμοκρασία εκπομπών.

Η Ευρωπαϊκή ένωση εταιρειών θερμικής επεξεργασίας αποβλήτων (EURITS), έχει εκδώσει ποιοτικά κριτήρια για τη συναποτέφρωση αποβλήτων στη τσιμεντοβιομηχανία. Ωστόσο, εκπρόσωποι της τσιμεντοβιομηχανίας θεωρούν τις τιμές αυτές πολύ αυστηρές και ειδικότερα αυτές που αναφέρονται στη θερμογόνο δύναμη του υλικού.

Η Ευρωπαϊκή επιτροπή τυποποίησης (CEN) έχει ήδη δημιουργήσει τεχνική επιτροπή με σκοπό τον προσδιορισμό ποιοτικών κριτηρίων για την παραγωγή RDF στην Ευρώπη. Από τη μελέτη της επιτροπής αυτής δεν έχουν εκδοθεί ακόμη αποτελέσματα .

Σε γενικές γραμμές σε χώρες όπως η Γερμανία, η Ελβετία, η Πολωνία, η Ιταλία και η Σουηδία, όπου αξιοποιείται το RDF, το όριο του χλωρίου κυμαίνεται σε 0,4–1%, εκτός της τσιμεντοβιομηχανίας στην Πολωνία όπου ορίζεται στο 0,2%. Όσον αφορά το περιεχόμενο στην τέφρα, η Σουηδία παρουσιάζει τα περισσότερα ανελαστικά όρια με ποσοστό 0,6–0,8% (κριτήριο Lattbränsle), ενώ στις υπόλοιπες χώρες κυμαίνεται στο 20% και το όριο καύσης αποβλήτων από την EURITS έχει οριστεί στο 5%.

Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή εμπειρία, η μέση θερμογόνο δύναμη του RDF που προέρχεται από ΑΣΑ που υφίστανται διαλογή στην πηγή είναι 20–23 MJ/kg. Η τιμή αυτή είναι υψηλότερη από την αντίστοιχη τιμή του RDF των σύμμεικτων ΑΣΑ (13–15 MJ/kg), αλλά και από αυτήν των μη επεξεργασμένων ΑΣΑ (8–11 MJ/kg). Παρόλα αυτά αύξηση της θερμογόνου δύναμης μπορεί να επιτευχθεί με τη προσθήκη χρησιμοποιημένων ελαστικών. Στην περίπτωση οικονομικά αναπτυσσόμενων χωρών, στις οποίες τα ΑΣΑ περιέχουν υλικά με υψηλή υγρασία, το παραγόμενο RDF αναμένεται χαμηλής ποιότητας, εκτός και αν χρησιμοποιηθούν ιδιαίτερα πολύπλοκες μέθοδοι επεξεργασίας.

Η περιεχόμενη υγρασία στο RDF που προέρχεται από αδρανή ή βιομηχανικά στερεά απόβλητα (11–17%) είναι προτιμητέα σε σχέση με αυτή των ΑΣΑ (25–34%). Το περιεχόμενο τέφρας στο RDF που παράγεται από βιομηχανικά στερεά απόβλητα (7–10%) είναι μικρότερο από αυτό άλλων ρευμάτων

(10–16%). Η συγκέντρωση χλωρίου, η οποία επηρεάζεται από την παρουσία πλαστικών στο RDF είναι αρκετά υψηλή για όλα τα ρεύματα στερεών αποβλήτων. Λύση στην αυξημένη περιεκτικότητα Cl στο RDF μπορεί να δώσει η χρήση Near Infrared (NIR) τεχνολογίας, η οποία επιτρέπει την ανίχνευση χλωριωμένων πολυμερών όπως είναι το PVC. Έτσι χρήση NIR αυτόματης διαλογής κατά τη μηχανική επεξεργασία των ΑΣΑ, μπορεί να εξασφαλίσει περιεκτικότητα σε χλώριο μικρότερη από 1% (ξηρή βάση), ωστόσο περιορίζεται, σε ένα ελάχιστο 0,5–0,7% Cl.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου RDF είναι συμβατά με τη χρήση του στις βιομηχανίες υψηλής ενεργειακής ζήτησης. Παρ' όλα αυτά, η χρήση RDF ως καύσιμου υλικού σε μια τέτοια βιομηχανία θα πρέπει να εξεταστεί εκτενέστερα. Αυτός είναι και ο λόγος που το παραγόμενο RDF θα πρέπει να έχει συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά, ανάλογα με τις απαιτήσεις της βιομηχανικής μονάδας που θα το χρησιμοποιήσει ως καύσιμο υλικό.

5.4.5 Συμπεράσματα.

Η χρήση του RDF ως δευτερογενούς καυσίμου, παρά το γεγονός ότι έχει εδραιωθεί σε χώρες του εξωτερικού, δεν εφαρμόζεται μέχρι σήμερα στην Ελλάδα, όχι αδικαιολόγητα όμως, καθώς τα δεδομένα που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι πολλαπλά. Πριν τη δημιουργία εγκαταστάσεων που παράγουν RDF είναι απαραίτητη η γνώση της τοπικής αγοράς, καθώς η έλλειψη ή μη εξασφάλιση τοπικών αγορών θα έχει ως αποτέλεσμα τα προϊόντα αυτά να οδηγηθούν τελικά σε ΧΥΤΑ. Επιπρόσθετα στην περίπτωση που το RDF προορίζεται για συναποτέφρωση με άλλα καύσιμα, θα πρέπει να παρουσιάζει τα απαιτούμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά, ώστε να μη διαταράσσεται η απόδοση της καύσης, να τηρούνται τα όρια που επιβάλλει η νομοθεσία για τις εκπομπές αερίων ρύπων και να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Στην περίπτωση της Ελλάδας, απαραίτητος είναι

επίσης ο καλός διαχωρισμός του οργανικού κλάσματος, καθώς σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία η περιεκτικότητά του θα πρέπει να είναι ελάχιστη στο RDF.

Δυνητικοί καταναλωτές RDF υπάρχουν στην Ελλάδα, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι οι τσιμεντοβιομηχανίες και τα ατμοηλεκτρικά εργοστάσια της ΔΕΗ. Βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης RDF είναι η αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχομένου των ΑΣΑ και η μείωση των εκπομπών CO₂, λόγω μειωμένης χρήσης ορυκτών καυσίμων. Κρατικές επιδοτήσεις, όπως η απόφαση επιδότησης με 100 €/t RDF από το ΕΜΑΚ της Αττικής, μπορεί να μειώσουν το κόστος παραγωγής RDF, να βελτιώσουν την επιτευχθείσα ποιότητα και να προωθήσουν τη χρήση του. Σε κάθε περίπτωση, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση του RDF και ιδιαίτερα στις εκπομπές τοξικών ρύπων και να λαμβάνονται ειδικά μέτρα για τη μείωσή τους στα επιθυμητά όρια.

5.5 ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ ΕΛΑΙΑ (Α.Λ.Ε.)

Τα Α.Λ.Ε. είναι τα λιπαντικά που έλαια παράγονται από ορυκτούς υδρογονάνθρακες (βασικά έλαια) και χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για τη λίπανση των μηχανών εσωτερικής καύσης (οχήματα, πλοία), για τη λίπανση του μηχανολογικού εξοπλισμού της βιομηχανίας, σε μετασχηματιστές και σε κάποιες ειδικές εφαρμογές (ψύξη, θέρμανση, αντιοξειδωτικά, κ.λπ.). Μετά από ένα συγκεκριμένο χρόνο χρήσης, τα λιπαντικά έλαια χάνουν τις λιπαντικές τους ιδιότητες και πρέπει να αντικατασταθούν.

5.5.1 Οι επιπτώσεις των Α.Λ.Ε.

Τα απόβλητα λιπαντέλαια (ΑΛΕ) θεωρούνται ιδιαίτερα επικίνδυνα απόβλητα διότι περιέχουν:

- Βαρέα μέταλλα που δεν πρέπει να διαφύγουν στην ατμόσφαιρα ή στον υδροφόρο ορίζοντα γιατί είναι τοξικά και καρκινογόνα.

- Πολύ αρωματικά σε ποσοστό >3 % κ.β. τα οποία είναι καρκινογόνα σε απλή επαφή με το δέρμα.
- Χλωριωμένες ενώσεις που κατά την καύση τους είναι πιθανή η παραγωγή διοξινών.
- Θείο σε ποσοστά 0,6–1,0 % κ.β, που είναι δηλαδή πολύ υψηλότερο από τα συμβατικά καύσιμα.

Σύμφωνα με το Εθνικό Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Απόβλητων Λιπαντικών Ελαίων (ΕΛ.ΤΕ.ΠΕ) η ανεξέλεγκτη διαχείριση των ΑΛΕ δημιουργεί σημαντικότητα προβλήματα υγείας όπως καρκινογενέσεις, προβλήματα του κυκλοφορικού και του αναπνευστικού. Επίσης σημαντικές είναι και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον π.χ. η μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα (επίγεια και υπόγεια ύδατα), η μόλυνση του αέρα και μόλυνση του εδάφους.

5.5.2 Η κατάσταση σήμερα.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ, στην Ελλάδα καταναλώνονται κάθε χρόνο περίπου 140.000 τόνοι ορυκτελαίων. Περίπου τα μισά από αυτά χρησιμοποιούνται σε οχήματα, το 20% χρησιμοποιείται για τις ανάγκες της βιομηχανίας και το υπόλοιπο 30% χρησιμοποιείται για τις ανάγκες της εσωτερικής ναυσιπλοΐας. Περίπου το 50% των ορυκτελαίων καταναλώνεται στην Αττική, το 15% στη Θεσσαλονίκη και το 35% στην υπόλοιπη Ελλάδα. Η συλλέξιμη ποσότητα ΑΛΕ εκτιμάται σε περίπου 85.000 τόνους. Από αυτή την ποσότητα, το 2004 συλλέχθηκαν νόμιμα μόνο 30.000 τόνοι. Η υπόλοιπη ποσότητα είτε απορρίφθηκε ανεξέλεγκτα στο περιβάλλον είτε συλλέχθηκε και χρησιμοποιήθηκε παράνομα ως καύσιμο. Σύμφωνα με την υφιστάμενη νομοθεσία πρέπει να συλλέγεται το 70% των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων (60.000 τόνοι) και από αυτή την ποσότητα να αναγεννάται τουλάχιστο το 80% κ.β. δηλαδή 48.000 τόνοι.

5.5.3 Ισχύουσα νομοθεσία.

Τα ΑΛΕ είναι απόβλητα και μάλιστα ταξινομούνται ως επικίνδυνα απόβλητα σύμφωνα με το Παράρτημα ΙΑ΄ της Κοινοτικής Οδηγίας 91/689/ΕΟΚ. Ειδικά για τη διαχείριση των ΑΛΕ ισχύει η Κοινοτική Οδηγία 87/101/ΕΟΚ «Περί διαθέσεως των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων». Σύμφωνα με αυτή, τα ΑΛΕ δεν επιτρέπεται να διατίθενται ανεξέλεγκτα στο περιβάλλον. Αυτά πρέπει να διαχωρίζονται ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε PCBs και να προωθούνται ως μέθοδοι διαχείρισης η αναγέννηση ή και η καύση τους. Στην Ελλάδα ισχύει το Π.Δ.82 (ΦΕΚ 64Α/2-3-2004) «μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων λιπαντικών ελαίων». Το Π.Δ.82/2004 ενσωματώνει την Οδηγία 87/101/ΕΟΚ και παράλληλα εξειδικεύει, για τα ΑΛΕ, τις διατάξεις του Ν.2939 (ΦΕΚ 179Α/6-8-2001), που προβλέπουν τη δημιουργία Συστημάτων Εναλλακτικής Διαχείρισης Αποβλήτων (ΣΕΔΑ) για τη διαχείριση ειδικών ρευμάτων αποβλήτων, με τη συμμετοχή των φορέων που παράγουν ή εισάγουν ορυκτέλαια.

5.5.4 Καύση Α.Λ.Ε. στην τσιμεντοβιομηχανία για την ανάκτηση ενέργειας.

Σύμφωνα με την Εταιρία Περιβαλλοντικών Μελετών (Ε.ΠΕ.Μ), η οποία δραστηριοποιείται στην αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούν τα απόβλητα λιπαντέλαια, παρουσιάζει μία εναλλακτική μέθοδο διαχείρισης των ΑΛΕ μέσω της καύσης στη τσιμεντοβιομηχανία.

Το βασικό καύσιμο της ελληνικής τσιμεντοβιομηχανίας είναι το πετρελαϊκό κωκ (pet-coke). Συνήθως χρησιμοποιείται μαζούτ ως βοηθητικό καύσιμο και για διαβροχή του ΡΕΤ προκειμένου να βελτιωθούν τα χαρακτηριστικά της καύσης του. Τα ΑΛΕ είναι δυνατό να αντικαταστήσουν το μαζούτ ως βοηθητικό καύσιμο, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και ως κύριο καύσιμο της εγκατάστασης. Η μέθοδος είναι πολύ διαδεδομένη σε πολλές χώρες της Ευρώπης και θεωρείται ως ένας από τους βασικούς τρόπους

διαχείρισης των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων. Η καύση των ΑΛΕ στην τσιμεντοβιομηχανία αφενός επιλύει το πρόβλημα της διαχείρισης των ΑΛΕ αλλά παράλληλα επιτυγχάνεται σημαντική οικονομία καθώς τα ΑΛΕ είναι φθηνότερα από το μαζούτ και έχουν αντίστοιχο ενεργειακό περιεχόμενο.

5.5.5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την καύση των Α.Λ.Ε.

Τα δεδομένα που αφορούν τις τεχνολογίες και τεχνικές της καύσης ελήφθησαν από ελληνικές επιχειρήσεις και μπορεί να θεωρηθεί ότι ανταποκρίνονται στην υφιστάμενη κατάσταση. Για αυτόν τον λόγο για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων χρησιμοποιήθηκαν μια σειρά από στοιχεία που περιλαμβάνουν:

- Απευθείας μετρήσεις ρύπων
- Ισοζύγια μάζας και ενέργειας σε διεργασίες
- Συντελεστές εκπομπών που προτείνονται από τη διεθνή τεχνική

Ρύπος	Καύση ΑΛΕ	Καύση μαζούτ	Μονάδες
CO ₂	2698,833	3078,273	Kg/tn
CO	0,125	0,402	Kg/tn
NO _x	2,128	6,631	Kg/tn
SO _x	12	30	Kg/tn
NMVOC	77,32	84,4	g/tn
N ₂ O	11,063	32	g/tn
PM10	1,032	1,032	Kg/tn
Cd	1,59	0,1	g/tn
Pb	1,22	0,6	g/tn
Cu	0,07	0,05	g/tn
Zn	0,476	0,02	g/tn
As	0,6	0,14	g/tn
Ni	21,26	17	g/tn

Πίνακας 19: Εκπομπές από την καύση μαζούτ και ΑΛΕ στην τσιμεντοβιομηχανία

Οι εκπομπές CO₂ ελήφθησαν σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του IPCC. Οι εκπομπές διοξειδίου του θείου υπολογίστηκαν με βάση την περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο (1,5% για το μαζούτ και 0,6% για τα

ΑΛΕ). Οι εκπομπές των υπόλοιπων ρύπων ελήφθησαν από τις κατευθυντήριες γραμμές του CORINAIR και AP-42. Οι υψηλές εκπομπές νικελίου και καδμίου για τα ΑΛΕ οφείλονται στην αυξημένη περιεκτικότητά τους στα συγκεκριμένα μέταλλα μετά από τη χρήση τους ως λιπαντικά οχημάτων. Επίσης, θεωρείται ότι η καθαρή θερμογόνο αξία για το μαζούτ είναι 40,19 GJ/tn και για τα ΑΛΕ 36,82 GJ/tn αντίστοιχα. Η επεξεργασία των απαερίων της καύσης επιτυγχάνεται σε πρώτη φάση μέσω της χρήσης τους για τη προθέρμανση του κλίνκερ και στη συνέχεια με διέλευσή τους από ηλεκτροστατικό φίλτρο.

5.5.6 Συμπεράσματα.

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, εκφραζόμενες ως ισοδύναμοι τόνοι διοξειδίου του άνθρακα, οφείλονται κυρίως σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου, οι οποίες μειώνονται κατά την καύση των ΑΛΕ λόγω της αποφυγής εξόρυξης, επεξεργασίας μεταφοράς και διύλισης σημαντικής ποσότητας αργού πετρελαίου. Η καύση των ΑΛΕ φαίνεται να αποφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα.

Οι εκπομπές αερίων που προκαλούν οξίνιση, εκφραζόμενες ως ισοδύναμα κιλά διοξειδίου του θείου, οφείλονται κυρίως στις εκπομπές διοξειδίου του θείου και δευτερευόντως στις εκπομπές οξειδίων του αζώτου. Η αντικατάσταση του μαζούτ από ΑΛΕ φαίνεται να έχει πλεονεκτήματα, καθώς το μαζούτ έχει σημαντικά υψηλή περιεκτικότητα σε θείο σε σχέση με τα ΑΛΕ.

Ωστόσο, οι εκπομπές βαρέων μετάλλων κατά την αντικατάσταση του μαζούτ από ΑΛΕ αυξάνονται σημαντικά, κυρίως λόγω των εκπομπών καδμίου (Cd). Η αύξηση αυτή οφείλεται στα βαρέα μέταλλα που υπεισέρχονται στα λιπαντικά έλαια κατά τη χρήση τους. Οι εκπομπές αυτές μπορεί να είναι σημαντικές σε μια γεωγραφική περιοχή κοντά στην εγκατάσταση της τσιμεντοβιομηχανίας και να δρουν αθροιστικά με τις υπόλοιπες εκπομπές βαρέων μετάλλων που παρατηρούνται στις τσιμεντοβιομηχανίες λόγω της περιεκτικότητας της πρώτης

ύλης σε μέταλλα.. Είναι πιθανό, ένα ποσοστό των εκπομπών βαρέων μετάλλων να συγκρατώνται λόγω της χρήσης των απαερίων καύσης για θέρμανση του κλίνκερ. Ωστόσο, δεν βρέθηκαν δεδομένα μετρήσεων που να συνηγορούν υπέρ ή κατά αυτής της πιθανότητας.

Επίσης, η καύση έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή καρκινογόνων ουσιών, ιδιαίτερα καδμίου, αρσενικού και νικελίου. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην αυξημένη περιεκτικότητα των ΑΛΕ στα συγκεκριμένα μέταλλα, η οποία προκύπτει κατά τη χρήση τους. Οι εκπομπές αυτές μπορεί να είναι σημαντικές για την υγεία του πληθυσμού στην περιοχή κοντά στην εγκατάσταση της καύσης.

Τέλος, η υποκατάσταση του μαζούτ από ΑΛΕ στην τσιμεντοβιομηχανία, ως βοηθητικό καύσιμο εκτιμάται ότι μειώνει σημαντικά την κατανάλωση μη-ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων, κυρίως αργού πετρελαίου. Η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, εκφραζόμενη ως ενεργειακό περιεχόμενο, μειώνεται κατά την καύση των ΑΛΕ.

5.6 Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

5.6.1 Lafarge.

Η Lafarge χρησιμοποιεί εναλλακτικά καύσιμα και υλικά από το 1980 και έχει μεγάλη εμπειρία στη χρήση τους. Εφαρμόζει βέλτιστες τεχνικές και η χρήση των υλικών στην παραγωγή γίνεται με επαγγελματισμό και ελεγχόμενες διαδικασίες, εξασφαλίζοντας ότι δεν υπάρχουν επιπτώσεις στην υγεία των εργαζομένων, το περιβάλλον και την ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Υλικά, όπως τα παλαιά ελαστικά αυτοκινήτων, μη ανακυκλώσιμα χαρτιά και πλαστικά, χρησιμοποιημένοι διαλύτες, λάσπες βιολογικών καθαρισμών,

κατάλοιπα και παραπροϊόντα γεωργικών καλλιεργειών, υποκαθιστούν παραδοσιακά καύσιμα και αξιοποιούνται ενεργειακά.

Στη Lafarge 5.500.000 τόνοι εναλλακτικών καυσίμων χρησιμοποιούνται στις μονάδες της παραγωγής τσιμέντου σε όλο τον κόσμο. Εντυπωσιακά παραδείγματα αποτελούν εργοστάσια της στην Ευρώπη και την Αμερική:

- Εργοστάσιο Paulding στις Η.Π.Α.: Είναι μια ιδιαίτερα ανταγωνιστική μονάδα σε μια πολύ ελκυστική τοπική αγορά και παρέχει μια κερδοφόρα και έξυπνη υπηρεσία στην τοπική κοινωνία για την εξάλειψη τοπικών αποβλήτων. Έχει επιτύχει ποσοστό υποκατάστασης καυσίμων 90% με υγρά κατάλοιπα από την αυτοκινητοβιομηχανία και τη χημική βιομηχανία της περιοχής που βρίσκονται σε ακτίνα 200 χλμ γύρω από το εργοστάσιο.
- Εργοστάσιο Cantagalo στη Βραζιλία: Χρησιμοποιεί βιομάζα, λάστιχα, ρυπασμένα εδάφη και κατάλοιπα πετρελαιοειδών υποκαθιστώντας 25% των καυσίμων του. Οι τοπικές αρχές θεωρούν σημαντική τη συνεισφορά της μονάδας στη διαχείριση των αποβλήτων της περιοχής.
- Εργοστάσιο Retznei στην Αυστρία: Άχρηστα λάδια, διαλύτες, λάστιχα, πλαστικά και ζωοτροφές υποκαθιστούν το 66% των καυσίμων της μονάδας ενώ διατηρείται υψηλό επίπεδο ποιότητας προϊόντος και ικανοποίησης των πελατών. Στην Αυστρία έχει αποδειχθεί ότι η χρησιμοποίηση αποβλήτων ως εναλλακτικά καύσιμα στην παραγωγή τσιμέντου αντί της απόρριψής τους σε ΧΥΤΑ είναι ο καλύτερος τρόπος για τη μείωση του ενεργειακού κόστους στην Αυστριακή οικονομία.

5.6.2 ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ.

Στη χρήση εναλλακτικών καυσίμων βρίσκεται στο ξεκίνημα, με εστίαση σε δύο έργα, τη χρήση βιομάζας στο Βόλο και τη χρήση RDF στο Μυλάκι.

Η βιομάζα προέρχεται από κατάλοιπα αγροτικών καλλιεργειών καλαμποκιού και βαμβακιού στην περιοχή της Θεσσαλίας.

Το RDF αποτελείται κυρίως από άχρηστο χαρτί (60-70%), λεπτά πλαστικά δύο διαστάσεων (20-30%), ύφασμα (5-7%) πολύ μικρό ποσοστό ξύλου και αδρανών υλικών και προέρχεται από τον διαχωρισμό και την επεξεργασία αστικών απορριμάτων στο εργοστάσιο ανακύκλωσης του Ενιαίου Συνδέσμου Δήμων και Κοινοτήτων Αττικής (ΕΣΔΚΝΑ) στην Αθήνα.

Το 2006 έγιναν οι σχετικές δοκιμές είτε εργαστηριακά είτε σε μικρή βιομηχανική κλίμακα. Ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων που απαιτούνται για την αποθήκευση, διαχείριση και τροφοδοσία των υλικών αυτών έχει ολοκληρωθεί. Εκτιμάται ότι στο τέλος του 2007 θα είμαστε σε θέση να χρησιμοποιήσουμε αυτά τα εναλλακτικά καύσιμα στην παραγωγική διαδικασία με τα αντίστοιχα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.

5.6.3 TITAN.

Οι προϋποθέσεις για τη χρήση ενός εναλλακτικού καυσίμου στην τσιμεντοβιομηχανία είναι προφανώς η διατήρηση της ποιότητας του προϊόντος, μία σταθερή παραγωγική διαδικασία, προφανώς ικανοποιητική θερμογόνος δύναμη, και μία ικανή διαχείριση για μηδενική επίδραση στο περιβάλλον και την υγεία των εργαζομένων καθώς και ο σύγχρονος εξοπλισμός.

Το κύριο μειονέκτημα, αν βέβαια έχει εξασφαλισθεί μία σταθερή και συνεχής διεργασία με σταθερές εκπομπές από τον κλίβανο, όπως αναφέρει η εταιρία, είναι ότι υπάρχει μείωση παραγωγής η οποία δεν μπορεί να αποφευχθεί με κανένα τρόπο. Επίσης δηλώνει ότι τα περισσότερα εργοστάσια που έχουν τη δυνατότητα να καίνε εναλλακτικά καύσιμα είναι σύγχρονα εργοστάσια με σύγχρονα συστήματα τροφοδοσίας και διαχείρισης των εναλλακτικών καυσίμων αλλά και πιο σύγχρονα συστήματα για την πρόληψη των αέριων εκπομπών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ – ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

1. «Τεχνικά Υλικά 1, 2 & 3», Αιμ.Γ. Κορωναίος & Γ.Ι. Πουλάκος (Καθηγητών Ε.Μ.Π.).
2. «Δομικά υλικά και οικολογία», Αιμ.Γ. Κορωναίος & Γ.Φ. Σαργέντης (Καθηγητών Ε.Μ.Π.).
3. «Υποκατάσταση φαρίνας τσιμέντου από ανακυκλωμένα υλικά κατεδάφισης κτιρίων», Χ.Τ. Γκαλμπένης, Κ. Τσακαλάκης & Σ. Τσίμας.
4. «Χρήση κασσιτερίτη και υποκατάσταση στοιχείων του ως δευτερεύουσα πρώτη ύλη στη βιομηχανία τσιμέντου». (Μεταπτυχιακή Εργασία), Αν. Χανδρινός.
5. «Η εναλλακτική διαχείριση των στερεών αποβλήτων», Αδ. Σκορδίλης.
6. «Ατμοσφαιρική ρύπανση και το Petroleum Coke ως καύσιμο για τη βιομηχανία», Ν. Λαρίσης.
7. «Ελαχιστοποίηση των αποβλήτων–Μια σύγχρονη προσέγγιση στη διαχείριση των αποβλήτων στη βιομηχανία», Ευ. Διαμαντόπουλος & Παν. Παρασκευά.
8. «Δυνατότητες υποκατάστασης γύψου από βιομηχανικά παραπροϊόντα», Γ. Τζουβαλάς, Ε. Χανιωτάκης, Ν. Δέρμας, Γ. Ράντης & Σ. Τσίμας.
9. «Αξιοποίηση της σιδηραλουμίνας στη βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου», Ι. Βαγγελάτος, Ι. Ποντίκης & Γ.Ν. Αγγελόπουλος.
10. «Χρήση περλιτικών απορρίψεων στην παραγωγή τσιμέντου και κονιαμάτων», Δ. Φραγκούλης, Χ. Τέας, Δ. Παπαγεωργίου & Ε. Χανιωτάκης.
11. «Μηχανική και βιολογική επεξεργασία των αστικών απορριμμάτων», Κ. Σύψας, Ο. Σκιαδή & Κ. Τσακίλου.

- 12.«Σχέδιο εθνικών προδιαγραφών για την αξιοποίηση τέφρας υψηλής περιεκτικότητας σε ασβέστιο», Ι. Παπαγιάννη, Σ. Τσίμας & Ε. Χανιωτάκης.
- 13.«Η δύναμη του R.D.F.», Θ. Τσατσαρέλης, Α. Καραγιαννίδης & Π. Σαμαρά.
- 14.«Αξιοποίηση σκωρίας ηλεκτροκαμίνων», Ε. Φρογουδάκης & Υ. Κυριλλίδης.
- 15.«Έλεγχος καταλληλότητας σκωρίας κάδου (Ladle Furnace Slag) σαν συμπληρωματική κονία για την παραγωγή σκυροδέματος», Ι. Παπαγιάννη & Ε. Αναστασίου.
- 16.«Χρήση σκωριών χαλυβουργίας σε αντιολισθηρούς τάπητες», Α. Μουρατίδης & Φ. Κεχαγιά.
- 17.«Ρύπανση περιβάλλοντος επιστήμη και τεχνική αντιμετώπισης», Γ. Βαλκάνας.
- 18.«Ενεργειακή Αξιοποίηση Απορριμμάτων (Ημερίδα) – Πανελλήνιος Σύλλογος Χημικών Μηχανικών», Αθήνα–Φεβρουάριος 2004.
- 19.«Δυνατότητες και προοπτικές για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα – Θέματα Προγραμματισμού 38 – Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών», Αθήνα 1988.
- 20.«Περιοδικό: Η Κατασκευή (ΠΕΔΜΕΔΕ–ΠΕΔΜΗΕΔΕ)»
- 21.«Περιοδικό: Energy Point», Τεύχος 21.
- 22.«Περιοδικό: Ανακύκλωση», Τεύχη 19 & 56.
- 23.«Χρήση φθαρμένων ελαστικών αυτοκινήτων στην παραγωγή προϊόντων τσιμέντου», Ν. Οικονόμου, Κ. Σικαλίδης & Σ. Μαυρίδου.
- 24.«12^ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος», Ε.Γ. Παπαδάκης, Η. Κατσαφάδος, Ζ.Ν. Χρήστου, Θ.Χ. Τριανταφύλλου, Μ.Ν. Φαρδής & Κ.Γ. Βαγενάς.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

1. www.evipar.org
2. www.titan.gr
3. www.epem.gr
4. www.hcia.gr
5. www.ecoelastika.gr
6. www.lafarge.gr
7. www.aeiforos.gr
8. www.larco.gr
9. www.refil.gr
10. www.omikronkappa.gr
11. www.profilinternational.gr
12. www.europa.eu.int
13. www.tee.gr
14. www.recycle.gr
15. www.ntua.gr
16. www.auth.gr
17. www.nomotelia.gr