



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΙΓΝΙΤΗ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ ΜΕ ΒΑΡΥΤΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

ΓΕΝΝΗΜΑΤΑΣ ΠΕΤΡΟΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΝΑΣΤΑΣΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ ΜΑΡΤΙΟΣ 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με την παρούσα διπλωματική εργασία, η οποία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος Εμπλουτισμός Μεταλλευμάτων και βιομηχανικών ορυκτών I και II της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π. και συγκεκριμένα στο εργαστήριο Εμπλουτισμού της σχολής, ολοκληρώνω τις σπουδές μου.

Αρχικά αποδίδω τις θερμές ευχαριστίες μου στο καθηγητή, Κύριο Γιώργο Αναστασάκη, για την ανάθεση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, τη δυνατότητα ενασχόλησης μου με το συγκεκριμένου αντικειμένου, τη συνεχή και πολύτιμη καθοδήγηση και επίβλεψη που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκεια της εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον υπεύθυνο του εργαστηρίου εμπλουτισμού, Κύριο Σαμμά Ηλία, για τη συνεχή επίβλεψη κ βοήθεια κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών δοκίμων.

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να αποδώσω στην καθηγήτρια του τομέα μεταλλευτικής, Κυρία Σοφία Σταματάκη, για τη συνεχή στήριξη μου όλα αυτά τα χρονιά.

Τέλος θερμές ευχαριστίες στην οικογένειά μου και όλους τους κοντινούς μου ανθρώπους για τη στήριξη τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το κύριο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας (62-63%) παράγεται στους ΑΗΣ της Δημόσιας επιχείρησης Ηλεκτρισμού Α.Ε. στην Πτολεμαΐδα και τη Μεγαλόπολη.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της εμπλουτισιμότητας του λιγνίτη Μεγαλόπολης με βαρυτομετρικές μεθόδους.

Στο θεωρητικό κομμάτι της εργασίας παραθέτονται γενικά στοιχεία για το λιγνίτη, τη Δ.Ε.Η. Α.Ε. ,τα λιγνιτικά κοιτάσματα στον ελλαδικό χώρο, τα αποθέματα και την ποιότητα του λιγνίτη, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης και της χρήσης του λιγνίτη για την παραγωγή ενέργειας καθώς και οι τρόποι αντιμετώπισης των επιπτώσεων αυτών.

Το πειραματικό κομμάτι της εργασίας εστιάζεται στην διερεύνηση της εμπλουτισιμότητας του λιγνίτη Μεγαλόπολης με βαρυτομετρικές μεθόδους. Πιο συγκεκριμένα, στο δείγμα που απεστάλη από το λιγνιτωρυχείο, κατ' αρχή έγινε ανάλυση με τη μέθοδο των βαρέων υγρών. Στη συνέχεια, έγιναν δοκιμές σε παλλόμενη τράπεζα με ραβδώσεις και σε υδροσυγκεντρωτή Harz.

Από τις παραπάνω δοκιμές προκύπτει ότι, το δείγμα που απεστάλη, επιδέχεται εμπλουτισμό σε βαρέα υγρά, ενώ σε παλλόμενη τράπεζα με ραβδώσεις και σε υδροσυγκεντρωτή Harz τα αποτελέσματα ήταν μη ικανοποιητικά και χρήζουν περαιτέρω διερεύνηση

ABSTRACT

The main part of the country's power (62-63%) is produced in the power plants of the Public Power Corporation SA (PPC SA) located at Ptolemaists and Megalopolis region.

The purpose of this thesis is to study the amenability of Megalopolis lignite deposit to gravity separation methods.

In the theoretical part of this thesis, general data are provided with respect to the lignite, PPC SA, the lignite deposits in Greece, reserves and quality of lignite deposits in Greece, environmental impact of the mining operations, the use of coal for power production, and ways to restore the environmental consequences.

The experimental part of the work is targeted to examine the amenability of the Megalopolis lignite deposit to gravity separation methods. In the beginning, sink-float analysis is carried out. Then, tests carried out on shaking tables and jig Harz jig.

From the afore mentioned tests, the conclusions are summarized to the following: it is susceptible of enrichment in sink-float analysis, while on shaking tables and on jig Harz the results were not and they require further investigation

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Εισαγωγή	3
ABSTRACT	4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	5
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	7
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ	9
1. ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ	10
1.1.Γενικά	10
1.1.Εισαγωγή	10
1.2.Λιγνίτης	10
1.3.Ιστορική Ανασκόπηση – ΔΕΗ	11
1.3.2.Ορυχεία	13
1.4.Λιγνίτης Μεγαλόπολης	14
1.4.1Λεκάνη Μεγαλόπολης	14
1.4.2.Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης	18
1.5.Λιγνίτης Πτολεμαΐδας / Αμυνταίου	20
1.6.Λιγνίτης Αλιβερίου	23
1.7.Ελληνικά Κοιτάσματα Λιγνίτη	24
1.7.1.Κοιτασματολογία του λιγνίτη	24
1.7.2Αποθέματα - Ποιότητα λιγνίτη	24
1.8.Χρήση του λιγνίτη στην παραγωγή ενέργειας	26
1.9.Λιγνίτης και Περιβάλλον	27
2.Μέρος δεύτερο πειραματικό	30
2.1.Εισαγωγή	30
2.2.Δειγματοληψία	31
2.2.1.Γενικό μέρος	31
2.2.2.Προετοιμασία του υλικού	32

2.2.3.Συσκευή δειγματοληψίας JONES	32
2.2.4.Μέθοδος του σταυρού	32
2.3.Κοκκομετρική ταξινόμηση	32
2.4. Προσδιορισμός υγρασίας	33
2.5 Χημική ανάλυση	34
3.Βαρυτομετρική ανάλυση λιγνίτη με βαρέα υγρά	36
3.1 Γενικά για τη μέθοδο	36
3.2 Παρασκευή βαρέων υγρών	36
3.3 Διαδικασία για ανάλυση λιγνίτη με βαρέα υγρά	37
3.4 Πειραματικά αποτελέσματα	38
3.4.1. Κοκκομετρικό κλάσμα +20mm	39
3.4.2. Κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm	43
3.4.3. Κοκκομετρικό κλάσμα -10mm+6,68mm	47
3.4.4.Κοκκομετρικό κλάσμα -6,68 +2,35mm	51
3.4.5.Κοκκομετρικό κλάσμα -2,35mm	55
3.5. Συμπεράσματα	58
4.Δοκιμές εμπλουτισμού λιγνίτη σε παλλόμενη τράπεζα με ραβδώσεις	60
4.1.Γενικά	60
4.2.Πειραματική Διαδικασία	60
4.3.Αποτελέσματα δοκιμών σε παλλόμενη τράπεζα	62
5. Δοκιμές εμπλουτισμού λιγνίτη σε υδροσυγκεντρωτή Harz	63
5.1 Γενικά για τον υδροσυγκεντρωτή Harz	67
5.2. Διαδικασία δοκιμών εμπλουτισμού λιγνίτη σε υδροσυγκεντρωτή Harz	67
5.3 Αποτελέσματα	67
5.3.1 Κοκκομετρικό κλάσμα +20mm	67
5.3.2.Κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm	69
5.3.3.Κοκκομετρικό κλάσμα -10 +6,68mm	70
6.Συμπέρασμα	72
7.Προτάσεις για μελλοντική συνέχιση της έρευνας	73

Βιβλιογραφικές αναφορές	74
-------------------------	----

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Λιγνιτικά πετρώματα	11
Σχήμα 2. Διάταξη ορυχείων ΛΚΜ	18
Σχήμα 3. Διάταξη ορυχείων ΛΚΜ	19
Σχήμα 4. Στρωματογραφία λιγνίτη	20
Σχήμα 5. Διάταξη ορυχείων ΛΚ Πτολεμαΐδας / Αμυνταίου	22
Σχήμα 6. Κατανομή των εκμεταλλεύσιμων λιγνιτικών αποθεμάτων	25
Σχήμα 7. Καμπύλη αθροιστικού βάρους για το κοκκομετρικό κλάσμα +20mm	40
Σχήμα 8. Καμπύλη αθροιστικής τέφρας για το κοκκομετρικό κλάσμα +20mm	40
Σχήμα 9. Καμπύλη χαρακτηριστικής περιεκτικότητας για το κοκκομετρικό κλάσμα +20mm	41
Σχήμα 10. Κατανομή τέφρας στο ελαφρύ σε συνάρτηση με το ε.β. για το κοκκομετρικό κλάσμα +20mm	41
Σχήμα 11. Καμπύλη ανοχής ή δυσκολίας διαχωρισμού για κοκκομετρικό κλάσμα +20mm	42
Σχήμα 12. Καμπύλη αθροιστικού βάρους για το κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm	44
Σχήμα 13. Καμπύλη αθροιστικής τέφρας για το κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm	44
Σχήμα 14. Καμπύλη χαρακτηριστικής περιεκτικότητας για το κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm	45
Σχήμα 15. Κατανομή τέφρας στο ελαφρύ σε συνάρτηση με το ε.β. για το κοκκομετρικό κλάσμα -20+10 mm	45
Σχήμα 16. Καμπύλη ανοχής ή δυσκολίας διαχωρισμού για το κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm	46
Σχήμα 17. Καμπύλη αθροιστικού βάρους κοκκομετρικό κλάσμα -10+6,68mm	48
Σχήμα 18. Καμπύλη αθροιστικής τέφρας για το κοκκομετρικό κλάσμα -10+6,68mm	48
Σχήμα 19. Καμπύλη χαρακτηριστικής περιεκτικότητας για το κοκκομετρικό κλάσμα -10mm+6,68mm	49
Σχήμα 20. Κατανομή τέφρας % κοκκομετρικό κλάσμα -10+6,68 mm	49
Σχήμα 21. Καμπύλη ανοχής ή δυσκολίας διαχωρισμού για το κοκκομετρικό κλάσμα -10+6,68mm	50
Σχήμα 22. Καμπύλη αθροιστικού βάρους για το κοκκομετρικό κλάσμα -6,68 +2,35mm	52
Σχήμα 23. Καμπύλη αθροιστικής τέφρας για το κοκκομετρικό κλάσμα -6,68 +2,35mm	52

Σχήμα 24. Καμπύλη χαρακτηριστικής περιεκτικότητας για το κοκκομετρικό κλάσμα -6,68 +2,35mm	53
Σχήμα 25. Κατανομή τέφρας στο ελαφρύ σε συνάρτηση με το ε.β. για το κοκκομετρικό κλάσμα -6,68+2,35 mm	53
Σχήμα 26. Καμπύλη ανοχής ή δυσκολίας διαχωρισμού για το κοκκομετρικό κλάσμα -6,68 +2,35mm	54
Σχήμα 27. Καμπύλη αθροιστικού βάρους για το κοκκομετρικό κλάσμα -2,35mm	56
Σχήμα 28. Καμπύλη αθροιστικής τέφρας για το κοκκομετρικό κλάσμα -2,35mm	56
Σχήμα 29. Καμπύλη χαρακτηριστικής περιεκτικότητας για το κοκκομετρικό κλάσμα -2,35mm	57
Σχήμα 30. Κατανομή τέφρας για το ελαφρύ για το κοκκομετρικό κλάσμα -2,35 mm	57
Σχήμα 31. Καμπύλη ανοχής ή δυσκολίας διαχωρισμού για το κοκκομετρικό κλάσμα -2,35mm	57
Σχήμα 32. Πορεία τεμαχίων στο κατάστρωμα της τράπεζας	60
Σχήμα 33. Ιδανική κατανομή τεμαχίων διαφορετικού ειδικού βάρους και μεγέθους στο κατάστρωμα τράπεζας κατά Richards	61
Σχήμα 34. Επίδραση της κλίσης στο βάρος% συμπυκνώματος (ελαφρύ) για διάφορες παροχές νερού σε δείγματα κοκκομετρικού κλάσματος -2,35+0,80mm	65
Σχήμα 35. Επίδραση της κλίσης στη τέφρα% συμπυκνώματος (ελαφρύ) για διάφορες παροχές νερού σε δείγματα κοκκομετρικού κλάσματος -2,35+0,80mm	65
Σχήμα 36. Επίδραση της παροχής νερού στο ελαφρύ προϊόν (συμπύκνωμα) του υδροσυγκεντρωτή για το κοκκομετρικό κλάσμα +20mm	68
Σχήμα 37. Επίδραση της παροχής νερού στο ελαφρύ προϊόν (συμπύκνωμα) του υδροσυγκεντρωτή για το κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm	69
Σχήμα 38. Επίδραση της παροχής νερού στο ελαφρύ προϊόν (συμπύκνωμα) του υδροσυγκεντρωτή για το κοκκομετρικό κλάσμα -10+6,68mm	71

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Λιγνιτοπαραγές Χώρες(tn)	13
Πίνακας 2. Τα λιγνιτωρυχεία της λεκάνης Μεγαλόπολης	15
Πίνακας 3. Στρωματογραφική διαδοχή ιζημάτων της λεκάνης Μεγαλόπολης	16
Πίνακας 4 Βάρος % στην κοκκομετρική ταξινόμηση	33
Πίνακας 5. Προσδιορισμός υγρασίας	34
Πίνακας 6. Προσδιορισμός Τέφρας%	35
Πίνακας 7. Αποτελέσματα έκπλυσης	37
Πίνακας 8. Αποτελέσματα ανάλυσης με βαρέα υγρά κοκκομετρικό κλάσμα +20	39
Πίνακας 9. Αποτελέσματα ανάλυσης με βαρέα υγρά κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm	42
Πίνακας 10. Αποτελέσματα ανάλυσης με βαρέα υγρά κοκκομετρικό κλάσμα -10mm+6,68	46
Πίνακας 11. Αποτελέσματα ανάλυσης με βαρέα υγρά κοκκομετρικό κλάσμα -6,68+2,35mm	51
Πίνακας 12. Αποτελέσματα ανάλυσης με βαρέα υγρά κοκκομετρικό κλάσμα -2,35mm	55
Πίνακας 13. Συνθήκες επεξεργασίας με τράπεζες	62
Πίνακας 14. Αποτελέσματα δοκιμών σε τράπεζα για το κοκκομετρικό κλάσμα -6,68+4,75mm	63
Πίνακας 15. Αποτελέσματα δοκιμών σε τράπεζα για το κοκκομετρικό κλάσμα -4,75+2,35m	63
Πίνακας 16. Αποτελέσματα δοκιμών σε τράπεζα για το κοκκομετρικό κλάσμα -2,35+0,80mm	64
Πίνακας 17. Αποτελέσματα υδροσυγκεντρωτή Harz για το κοκκομετρικό κλάσμα +20	68
Πίνακας 18. Αποτελέσματα υδροσυγκεντρωτή Harz για το κοκκομετρικό κλάσμα -20 +10mm	69
Πίνακας 19. Αποτελέσματα υδροσυγκεντρωτή Harz για το κλάσμα -10 +6,68 mm	70

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

1.ΓΕΝΙΚΑ

1.1.Εισαγωγή

Στο παρακάτω μέρος αναφέρονται γενικές πληροφορίες για τον λιγνίτη, τη ΔΕΗ, στοιχεία για τη δημιουργία των λιγνιτικών αποθέσεων, ιστορικά στοιχεία για την εκμετάλλευση του λιγνίτη για την παραγωγή ενέργειας καθώς και στοιχεία για την αξιοποίηση του.

Στην Ελλάδα υπάρχουν πολλά κοιτάσματα λιγνίτη, στα κυριότερα των οποίων θα γίνει περιληπτική αναφορά πιο κάτω.

1.2.ΛΙΓΝΙΤΗΣ

Ο λιγνίτης, καλούμενος και φαιάνθρακας, είναι οργανικής προέλευσης πέτρωμα, του οποίου το κύριο στοιχείο είναι ο άνθρακας. Περιέχει, επίσης, υδρογόνο, οξυγόνο και άζωτο. Είναι πέτρωμα χωρίς σχηματισμένους κρυστάλλους, δηλ. άμορφο. Είναι χαμηλότερης περιεκτικότητας σε άνθρακα από τον λιθάνθρακα και υψηλότερης από την τύρφη. Προέρχεται από την εξανθράκωση κυρίως φυτικών οργανισμών, η δε θερμική αξία του είναι μικρότερη από του ανθρακίτη. Χρησιμοποιείται κυρίως στα ατμοηλεκτρικά εργοστάσια για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Άλλες χρήσεις του είναι για την παραγωγή οργανοχουμικών λιπασμάτων, στην γεωργία κ.α. Το χρώμα του είναι καφέ-μαύρο και περιέχει 35-65% υγρασία. [1.]



Σχήμα1. Λιγνιτικά πετρώματα [2.]

Η λιγνιτογένεση σημειώνεται στον Ελληνικό χώρο από το Ηώκαινο μέχρι και το Κατώτερο Πλειστόκαινο.

Κατά το Νεογενές και το Πλειστόκαινο σχηματίστηκαν τα περισσότερα και σημαντικότερα λιγνιτικά κοιτάσματα της χώρας μας. Οι περίοδοι αυτές συνδέονται με την έντονη μεταλλική ρηξιγενή τεκτονική και ταφρογένεση. Δημιουργούνται πολυάριθμες ηπειρωτικές λεκάνες, που είτε δεν έχουν καμιά επικοινωνία με τη θάλασσα (ενδοηπειρωτικές) είτε επικοινωνούν παροδικά μόνο κατά τη διάρκεια της εξέλιξής τους με αυτήν (περιηπειρωτικές). Στις ηπειρωτικές λεκάνες πληρούνταν οι προϋποθέσεις για τον σχηματισμό εκτεταμένων κάτω-τυρφώνων και τη διατήρηση της τυρφογένεσης για μεγάλα χρονικά διαστήματα, με αποτέλεσμα να προκύψουν λιγνιτικά στρώματα με σχετικά μεγάλη εξάπλωση και πάχος, όπως αυτά της Φλώρινας, της Πτολεμαΐδας, του Αλιβερίου, της Μεγαλόπολης κ.ά. Αντίθετα οι λιγνιτικές αποθέσεις αυτών των περιόδων σε παράκτιες λεκάνες (Κατερίνη, Πρέβεζα-Ακαρνανία, Πύργος-Ολυμπία, Κρήτη) παρουσιάζουν μικρό πάχος, αν και συχνά η έκτασή τους είναι σημαντική. [3.]

Στους νεότερους λιγνίτες (Πλειστόκαινο) ανήκει ο (τυρφοειδούς μορφής) μαλακός λιγνίτης της Μεγαλόπολης. Στους Παλαιογενείς σχηματισμούς (Ηώκαινο-Ολιγόκαινο) ανήκουν κατά κανόνα κοιτάσματα παράκτιων λεκανών, π.χ. της Αλεξανδρούπολης, του Πενταλόφου (Ν. Κοζάνης), των Γρεβενών, των Ζαγοριών (Ν. Ιωαννίνων) κ.ά. Μέσα σε θαλάσσια ιζήματα παρεμβάλλονται λιμναίες και τελματικές αποθέσεις, από τις οποίες (τελματικές) προέκυψαν φακοειδή στρώματα λιγνίτη καλής ποιότητας. Λόγω των γενικά περιορισμένων διαστάσεών τους τα κοιτάσματα αυτά δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο μεταλλευτικό ενδιαφέρον. [3.]

1.3. Ιστορική Ανασκόπηση - ΔΕΗ

1.3.1. Ιστορική ανασκόπηση της αξιοποίησης λιγνιτικών κοιτασμάτων

Η πρώτη σοβαρή προσπάθεια για την εκμετάλλευση λιγνιτικών κοιτασμάτων στη χώρα μας άρχισε στο Αλιβέρι (Εύβοια) το 1873. Δυστυχώς μια φοβερή πλημμύρα το 1897 κατέστρεψε όλες τις επιφανειακές και υπόγειες εγκαταστάσεις εξόρυξης. Η εκμετάλλευση ξανάρχισε μετά τον πρώτο Παγκόσμιο πόλεμο. Το 1922 η ετήσια παραγωγή έφθασε τους 23.000 τόνους και διατηρήθηκε μέχρι το 1927. Το επόμενο έτος η εκμετάλλευση σταμάτησε για οικονομικούς λόγους. [4.]

Μετά το δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο η ανάγκη εξηλεκτισμού της χώρας οδήγησε στην απόφαση κατασκευής ατμοηλεκτρικού σταθμού στο Αλιβέρι, που θα λειτουργούσε αποκλειστικά με λιγνίτη. [4]

Το 1951 ανέλαβε η ΔΕΗ την υπόγεια εκμετάλλευση των Ορυχείων στο Αλιβέρι, κατορθώνοντας να αυξήσει την παραγωγή σε 750 χιλιάδες τόνους το χρόνο και να τροφοδοτήσει μονάδες συνολικής ισχύος 230 MW. Στις αρχές της δεκαετίας του 1980 σταμάτησε η λειτουργία του λιγνιτωρυχείου Αλιβερίου. [4.]

Οι πρώτες συστηματικές έρευνες για την εντόπιση και αξιολόγηση των λιγνιτών της ευρύτερης περιοχής Πτολεμαΐδας άρχισαν μετά το 1938. Το 1955 συστάθηκε η εταιρία ΛΙΠΤΟΛ που είχε ως αντικείμενο την εκμετάλλευση του λιγνίτη και τη χρησιμοποίησή του για την παραγωγή μπρικετών, αζωτούχων λιπασμάτων, ημικώκ και ηλεκτρικής ενέργειας. Το 1959 το 90% των μετοχών της ΛΙΠΤΟΛ περιήλθαν στη ΔΕΗ. Το 1975 συγχωνεύθηκε η ΛΙΠΤΟΛ στη ΔΕΗ. Η παραγωγή λιγνίτη που το 1959 ήταν 1,3 εκ. τόνοι, αυξήθηκε το 1975 σε 11,7 εκ. τόνους, το 1985 σε 27,3 εκ. τόνους και το 2006 σε 49 εκ. τόνους (συμπεριλαμβανομένου και του ορυχείου στη Φλώρινα). [4]

Το λιγνιτικό κοίτασμα Μεγαλόπολης μελετήθηκε επιστημονικά για πρώτη φορά το 1957 και τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά. Το 1969 άρχισε από τη ΔΕΗ η εκμετάλλευση του λιγνίτη. Το γεγονός αυτό ήταν μία ιδιαίτερη περίπτωση σε παγκόσμιο επίπεδο, επειδή για πρώτη φορά τόσο φτωχός λιγνίτης εξορύσσεται και χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το λιγνιτωρυχείο Μεγαλόπολης ξεκίνησε με μία ετήσια παραγωγή 1 εκ. τόνων και έφθασε το 2006 τους 13,5 εκ. τόνους. [4]

Σήμερα η ΔΕΗ παράγει συνολικά περίπου 63 εκ. τόνους λιγνίτη σε ετήσια βάση. Η εντυπωσιακή ανάπτυξη των Λιγνιτωρυχείων της ΔΕΗ επιτρέπει στη χώρα μας να κατέχει τη δεύτερη θέση στην παραγωγή λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση, την πέμπτη θέση στην Ευρώπη και την έκτη στον Κόσμο. [4.]

Πίνακας 1. Λιγνιτοπαραγές Χώρες(tn) [4.]

		1970	1980	1990	2000	2001
1.	Γερμανία	369,300	388,000	356,500	167,700	175,400
2.	Ρωσία	127,000	141,000	137,300	86,400	83,200
3.	Η.Π.Α.	5,400	42,300	82,600	83,500	80,500
4.	Αυστραλία	24,200	32,900	46,000	65,000	67,800
5.	Ελλάδα	8,100	23,200	51,700	63,300	67,000
6.	Πολωνία	32,800	36,900	67,600	61,300	59,500
7.	Τουρκία	4,400	15,000	43,800	63,000	57,200
8.	Τσεχία	67,000	87,000	71,000	50,100	50,700
9.	Κίνα	13,000	22,000	38,000	40,000	47,000
10.	Σερβία και Μαυροβούνιο	26,000	43,000	60,000	35,500	35,500
11.	Ρουμανία	14,100	27,100	33,500	17,900	29,800
12.	Βόρεια Κορέα	5,700	10,000	10,000	26,000	26,500
...
...	Αυστρία	3,700	1,700	2,500	1,300	1,200
...	Σύνολο	804,000	1.028,000	1.214,000	877,400	894,800

1.3.2.Ορυχεία

Τα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ στην Πτολεμαΐδα και τη Μεγαλόπολη εξασφαλίζουν το σημαντικότερο για την ελληνική οικονομία ενεργειακό καύσιμο, το λιγνίτη, στον οποίο βασίστηκε ο εξηλεκτρισμός της χώρας μας από τη στιγμή της ίδρυσης της Επιχείρησης.

Ο λιγνίτης βρίσκεται σε αφθονία στο υπέδαφος της Ελλάδας. Με βάση τα συνολικά αποθέματα και τον προγραμματιζόμενο ρυθμό κατανάλωσης στο μέλλον, υπολογίζεται ότι στην Ελλάδα οι υπάρχουσες ποσότητες λιγνίτη επαρκούν για τα επόμενα 45 χρόνια. Μέχρι σήμερα, έχουν εξορυχτεί συνολικά 1,3 δισ. τόνοι λιγνίτη ενώ τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα ανέρχονται σε 3,1 δισ. τόνους περίπου. Το 2006 εξορύχτηκαν συνολικά 62,5 εκ. τόνοι.

Σήμερα, οι 8 λιγνιτικοί σταθμοί της ΔΕΗ(4ΑΗΣ Μεγαλόπολης και 4 Πτολεμαΐδας) αποτελούν το 42% της εγκατεστημένης ισχύος της και παράγουν το 56% περίπου της καθαρής ηλεκτρικής παραγωγής της ΔΕΗ.

Η χρήση του λιγνίτη, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αποφέρει στην Ελλάδα τεράστια εξοικονόμηση συναλλάγματος (περίπου 1 δισ. δολάρια ετησίως). Ο λιγνίτης είναι καύσιμο στρατηγικής σημασίας για τη ΔΕΗ και την Ελλάδα, γιατί έχει χαμηλό κόστος εξόρυξης, σταθερή και άμεσα ελέγξιμη τιμή και παρέχει σταθερότητα και ασφάλεια στον ανεφοδιασμό καυσίμου. Συγχρόνως, προσφέρει χιλιάδες θέσεις εργασίας στην ελληνική περιφέρεια, ιδιαίτερα σε περιοχές που εμφανίζουν μεγάλα ποσοστά ανεργίας. Ο λιγνίτης έχει συντελέσει τα μέγιστα στην αύξηση του εθνικού προϊόντος. [4.]

1.4.Λιγνίτης Μεγαλόπολης

1.4.1Λεκάνη Μεγαλόπολης

Η ενδοηπειρωτική λεκάνη της Μεγαλόπολης βρίσκεται στο κέντρο περίπου της Πελοποννήσου. Καταλαμβάνει έκταση 250 km² κι έχει μέγιστο μήκος (σε άξονα ΒΒΔ διεύθυνσης) 20 km και πλάτος 10 km περίπου. Η λεκάνη αποστραγγίζεται από τον ποταμό Αλφειό. Το απόλυτο υψόμετρο της επιφάνειάς της είναι 400 m περίπου από τη θάλασσα.

Ήδη από την αρχαιότητα ήταν γνωστές διάφορες εμφανίσεις λιγνίτη στην περιοχή. Ο Πausανίας (2ος μ.Χ. αιώνας) αναφέρει, ότι κοντά σε μια πηγή στον Αλφειό ποταμό που διασχίζει τη λεκάνη "ανέθρωσκεν πυρ", γεγονός που μάλλον οφειλόταν σε αυτανάφλεξη

λιγνίτη. Μέχρι το 1957 τα αποθέματα της λεκάνης υπολογίζονταν σε 2-3 Mt. Λειτουργούσαν μικρές ιδιωτικές εκμεταλλεύσεις, αλλά δεν υπήρχε ιδιαίτερο μεταλλευτικό ενδιαφέρον λόγω της κακής ποιότητας του λιγνίτη.

Η λεκάνη της Μεγαλόπολης διερευνήθηκε συστηματικά μεταξύ των ετών 1957-1960, οπότε και διαπιστώθηκαν 700 Mt βέβαια λιγνιτικά αποθέματα, από τα οποία 490 Mt θεωρούνται τεχνικοοικονομικά απολήψιμα.

Τα λιγνιτικά αποθέματα κατανέμονται σε 4 επιμέρους κοιτάσματα που καταλαμβάνουν συνολική έκταση 23 km² περίπου.

Πίνακας 2. Τα λιγνιτωρυχεία της λεκάνης Μεγαλόπολης

	Έκταση (km ²)	Αποθέματα (Mt)	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)	Θερμογόνος Δύναμη (kcal/kg)
Καρύταινα	1,0	9,9	69,4	11,0	695
Κυπαρίσσια	2,8	71,8	64,2	13,5	870
Θωκνία	3,3	70,1	60,0	16,7	960
Μαραθούσα	1,7	29,6	58,4	17,8	995
Χωρέμι	14,0	308,6	60,3	14,5	1.060

Ως προς την κατακόρυφο, διακρίνονται 3 λιγνιτοφόρες στιβάδες: Η κατώτερη (I) με μέσο πάχος 25-30 m, η μεσαία (II) με μέσο πάχος 15-20 m και η ανώτερη (III) με περιορισμένη εξάπλωση στα ανατολικά. Μεταξύ των στιβάδων I και II παρεμβάλλονται άργιλοι πάχους 12-15 m, ενώ μεταξύ των II και III άργιλοι μικρότερου πάχους.

Η μέση σχέση αποκάλυψης είναι 1,8:1, δηλαδή για να εξορυχθεί 1 t λιγνίτη εξορύσσονται 1,8 m³ αγόνων υλικών. Η θερμογόνος δύναμη του λιγνίτη “ως έχει” είναι ιδιαίτερα χαμηλή (<1.000 kcal/kg) και μάλιστα για πρώτη φορά διεθνώς χρησιμοποιήθηκε τόσο φτωχός λιγνίτης για ηλεκτροπαραγωγή.

Η λεκάνη Μεγαλόπολης είναι μια τεκτονική τάφρος, που διαμορφώθηκε από το Ολιγόκαινο μέχρι το Άνω-Πλειόκαινο. Τα περιθώρια και το υπόβαθρο της λεκάνης αποτελούνται από ασβεστόλιθους Άνω-Τριαδικής μέχρι και Κάτω-Τριτογενούς ηλικίας, καθώς επίσης και φλύσχη Ολιγοκαινικής ηλικίας. Κατά το τέλος του Παλαιογενούς με την ανύψωση των

οροσειρών της Πελοποννήσου σχηματίστηκε η λεκάνη της Μεγαλόπολης. Οι κύριες διευθύνσεις των ρηγμάτων που διαμόρφωσαν τη λεκάνη είναι 140-160° και 30-50°.

Στο βύθισμα αποτέθηκαν αρχικά λιμναίες μάργες Άνω-Πλειοκαινικής ηλικίας (βαθμίδα Μακρυσίου). Η βύθιση της λεκάνης προχωρούσε σχετικά γρήγορα, έτσι που η άνοδος της στάθμης της λίμνης που δημιουργήθηκε ήταν ταχεία. Παρόλες τις ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες δεν σχηματίστηκε για μεγάλο χρονικό διάστημα κάποιος μεγάλος τυρφώνας κι έτσι η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται μόνο από σπάνιες και σύντομες περιόδους χέρσευσης της λίμνης. Επομένως, τα υπάρχοντα στρώματα λιγνίτη είναι μικρού πάχους και περιορισμένης σημασίας.

Η Άνω-Πλειοκαινική λεκάνη ιζηματογένεσης κατείχε μια κάπως διαφορετική θέση από τη σημερινή. Το ανατολικό περιθώριο της λίμνης την περίοδο αυτή (βαθμίδα Μακρυσίου) ήταν μάλλον πιο ανατολικά από ότι το σημερινό περιθώριο της λεκάνης, ενώ στα δυτικά δεν υπερέβαινε τη γραμμή Κυπαρισσιών-Κοτσιριδίου. Στα βόρεια και νότια η λίμνη δεν ξεπερνούσε την τωρινή έκταση των σχηματισμών του Μακρυσίου. Η λεκάνη την περίοδο αυτή αποστραγγιζόταν μάλλον προς νότο, στη λεκάνη της Σπάρτης.

Σε μια ψυχρότερη και πιο πλούσια σε βροχοπτώσεις φάση στο τέλος του Ανώτερου Πλειοκαίνου σχηματίστηκαν οι ποτάμιες αποθέσεις της βαθμίδας Τριλόφου. Η έκταση των αποθέσεων φθάνει ανατολικότερα του σημερινού περιθωρίου της λεκάνης.

Πίνακας 3. Στρωματογραφική διαδοχή των Πλειο-Πλειστοκαινικών ιζημάτων της λεκάνης της Μεγαλόπολης

Σχηματισμός	Ιζήματα	Προέλευση	Κλίμα	Περίοδος
Θωκνία	Άμμοι, Χάλικες, Καστανοί πηλοί	Ποτάμια, διαβρωσιγενής	Θερμό	Ολόκαινο
Ποταμιά	Άμμοι, Χάλικες, Καστανοί πηλοί	Ποτάμια, διαβρωσιγενής	Ψυχρό	Πλειστόκαινο
Χωρέμι	Άμμοι, Χάλικες, Λιγνίτες, άργιλοι, ιλύς	Ποτάμια, Ποτάμια	Ψυχρό, Θερμό	Πλειστόκαινο
Απιδίτσα	Άμμοι, Χάλικες,	Ποτάμια	Ψυχρό	Πλειστόκαινο
Τρίλοφο	Άμμοι, Χάλικες, μάργες	Ποτάμια	Ψυχρό	Πλειόκαινο
Μακρύσιο	Λιγνίτες, μάργες	Ποτάμια	Θερμό	Πλειόκαινο

Κατά την 4η ψυχρή περίοδο του Πλειστοκαίνου υπήρξε έντονη προσφορά κλαστικού υλικού στη λεκάνη. Τα κλαστικά υλικά (σχηματισμός της Απιδίτσας) μεταφέρθηκαν από τα νότια,

δυτικά και βόρεια περιθώρια προς το κέντρο της λεκάνης και από εκεί προς Βορρά κατά μήκος του σημερινού άξονα της λεκάνης. Η αποστράγγιση γινόταν πιθανά μέσω ενός ποτάμιου συστήματος προς τα βόρεια στη λεκάνη του Πύργου. Τα νότια, δυτικά και βόρεια όρια της λεκάνης κατά την απόθεση του σχηματισμού της Απιδίτσας συνέπιπταν με τα σημερινά, ενώ τα ανατολικά όρια δεν είναι επακριβώς γνωστά.

Κατά την επόμενη θερμή περίοδο του Πλειστοκαίνου (βαθμίδα Χωρεμίου) δημιουργήθηκαν σε πολλά τμήματα της λεκάνης λίμνες, οι οποίες κατά περιόδους συνδέονταν μεταξύ τους. Μία από αυτές τις λίμνες στην περιοχή του Χωρεμίου χέρσευσε αρκετές φορές, έτσι που δημιουργήθηκαν επανειλημμένα κάτω-τυρφώνες, που καλύπτονταν συχνά από νερά με αποτέλεσμα το κοίτασμα Χωρεμίου να έχει αρκετά ενδιάμεσα. Η τεκτονική βύθιση συνεχίστηκε στη λεκάνη, εκτός από το βόρειο τμήμα της, στο οποίο η βύθιση ήταν πολύ μικρότερη. Γι' αυτό στην περιοχή των Κυπαρισσιών ο συγκεκριμένος κάτω-τυρφώνας διατηρήθηκε για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα χωρίς να κατακερματιστεί, με συνέπεια το κοίτασμα Κυπαρισσιών να μην έχει πολλά ενδιάμεσα άγονα υλικά. Σταδιακά οι τύρφες που αποτέθηκαν ενανθρακώθηκαν μέχρι το στάδιο του μαλακού λιγνίτη (σχηματισμός Μαραθούσας). Στους περιθωριακούς τομείς της λεκάνης, που κατείχε έκταση περίπου ίδια με τη σημερινή, αποτέθηκαν αδρομερή κλαστικά υλικά.

Κατά την ίδια (θερμή) περίοδο τα κλαστικά υλικά της Απιδίτσας αποσαθρώθηκαν έντονα σχηματίζοντας ερυθρογή (terra rossa). Ο σχηματισμός της Απιδίτσας αποτελεί το νεώτερο κλαστικό υλικό, από την αποσάθρωση του οποίου προέκυψαν χαρακτηριστικοί κοκκινόχρωμοι πηλοί, ενώ όλες οι μετέπειτα αποθέσεις που αποσαθρώθηκαν έδωσαν καστανούς πηλούς.

Στην επόμενη τρίτη ψυχρή περίοδο καλύφθηκαν κατά θέσεις τα λιμναία και ποτάμια ιζήματα του σχηματισμού Μαραθούσας από τα κλαστικά υλικά των σχηματισμών Μεγαλόπολης. Η αποστράγγιση της λεκάνης γινόταν προς τα βόρεια, στη λεκάνη του Πύργου.

Η πιο έντονη βύθιση της λεκάνης είχε ολοκληρωθεί. Στη δεύτερη θερμή περίοδο διαβρώθηκε η περιοχή και σχηματίστηκε το σημερινό ποτάμιο σύστημα, ενώ κατά τη δεύτερη ψυχρή (παγετώδης περίοδος Riss) περίοδο αποτέθηκαν κλαστικά ιζήματα (βαθμίδα Ποταμιάς) στις κοιλάδες που σχηματίστηκαν από τη διάβρωση.

Κατά την επόμενη θερμή περίοδο (βαθμίδα Θωκνίας) διαβρώθηκε ο σχηματισμός της Ποταμιάς, ενώ στα υπολείμματα σχηματίστηκε ένα κάλυμμα από καστανό πηλό. Οι διαβρωσιγενείς δομές πληρώθηκαν κατά την πιο πρόσφατη ψυχρή περίοδο του

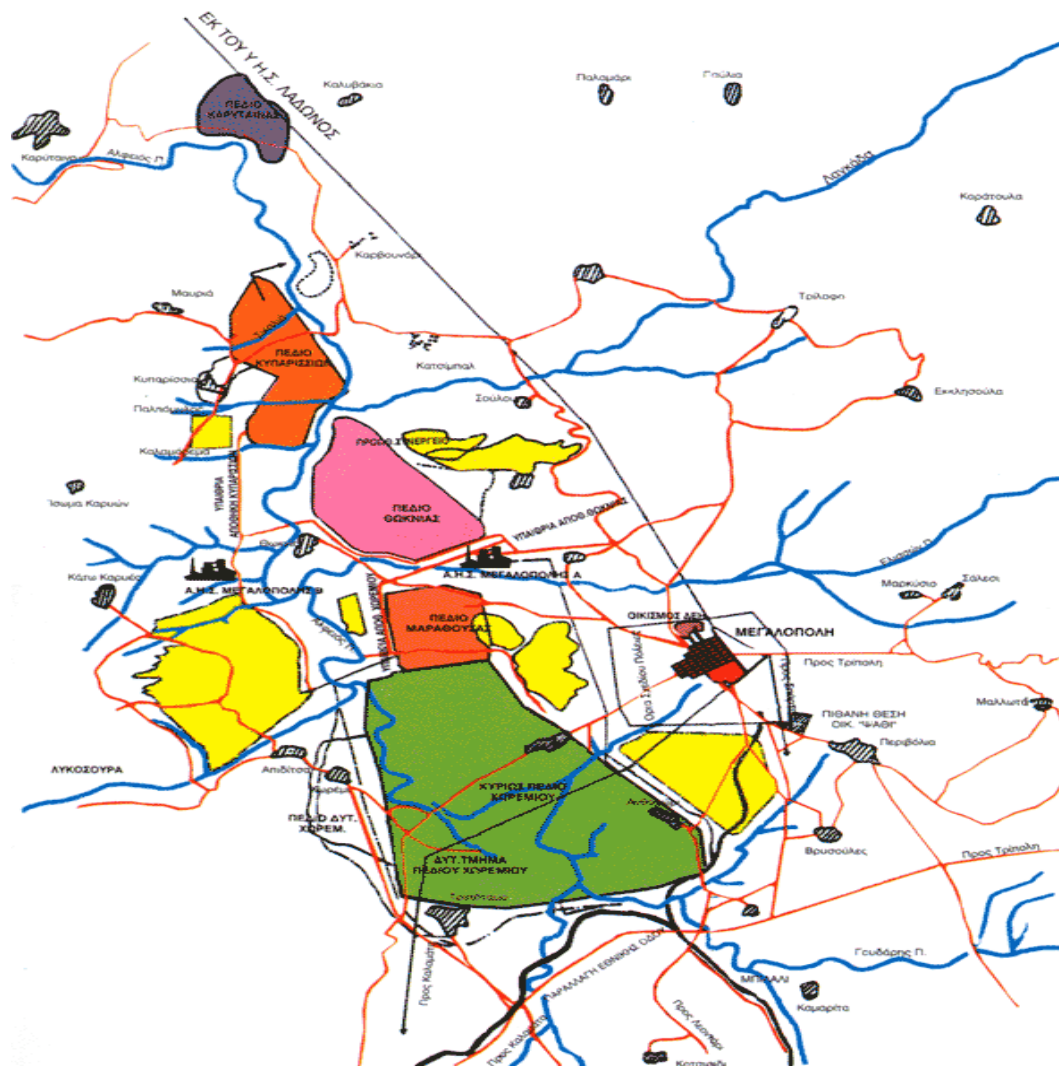
Πλειστοκαίνου (παγετώδης περίοδος Würm) με τα κλαστικά υλικά της Θωκνίας και αποτελούν τη μεσαία ποτάμια αναβαθμίδα, η οποία στη συνέχεια διαβρώθηκε κατά το Ολόκαινο.

Η εκμετάλλευση άρχισε το 1969 από το πεδίο Θωκνίας, το οποίο ήδη έχει εξοφληθεί, και συνεχίστηκε στο πεδίο Χωρεμίου. [3.]

1.4.2. Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης

Στην Πελοπόννησο, στο Νομό Αρκαδίας έχει δημιουργηθεί το Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης. Σήμερα λειτουργούν εκεί τα Ορυχεία Χωρεμίου, Μαραθούσας και Κυπαρισσιών.

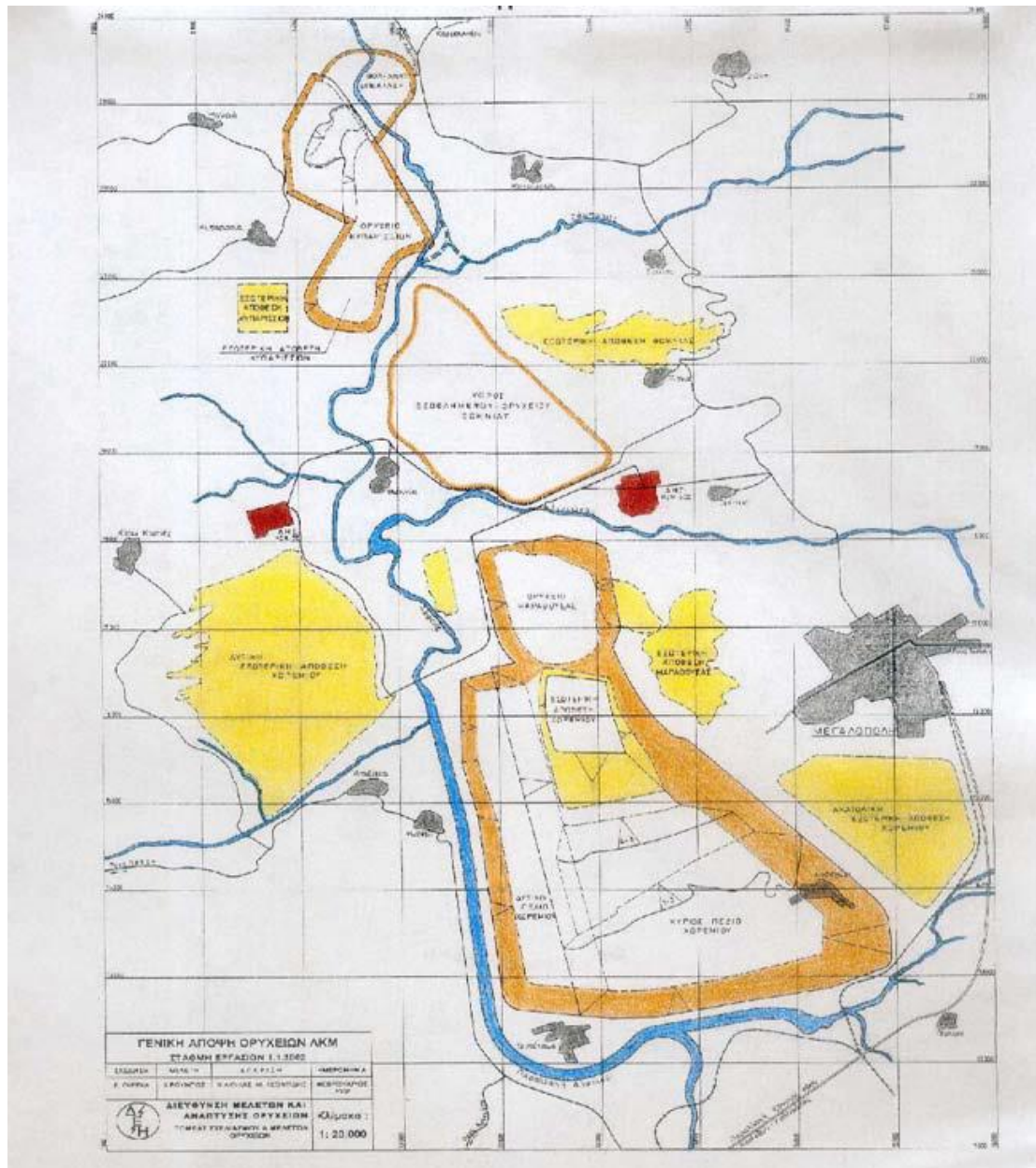
Στη λεκάνη διακρίνονται τρία λιγνιτικά κοιτάσματα, πιθανόν λόγω της ύπαρξης τριών ανεξάρτητων λιμνών, με διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά. Τα κοιτάσματα αυτά είναι: Χωρέμι - Μαραθούσα (ολικό βάθος 140 μ.), Θωκνία - Κυπαρίσσια (ολικό βάθος 20-100 μ.) και Καρύταινας (ολικό βάθος 45 μ.).



Σχήμα 2. Διάταξη ορυχείων ΛΚΜ

Το πάχος των λιγνιτικών στρωμάτων κυμαίνεται από λίγα εκατοστά έως 5 μέτρα και η μέση θερμογόνος δύναμη του λιγνίτη ανέρχεται σε 1.000 kcal/kg.

Στο Λιγνιτωρυχείο υπάρχουν σήμερα 10 καδοφόροι εκσκαφείς, 6 αποθέτες αγόνων, 3 αποθέτες λιγνίτη, 43 km ταινιόδρομοι (με πλάτος 1,2 - 1,6 μέτρα) και περίπου 330 ντιζελοκίνητα μηχανήματα.



Σχήμα 3. Διάταξη ορυχείων ΛΚΜ

Το 2008 η παραγωγή λιγνίτη ανήλθε σε 13,207 εκ. τόνους.

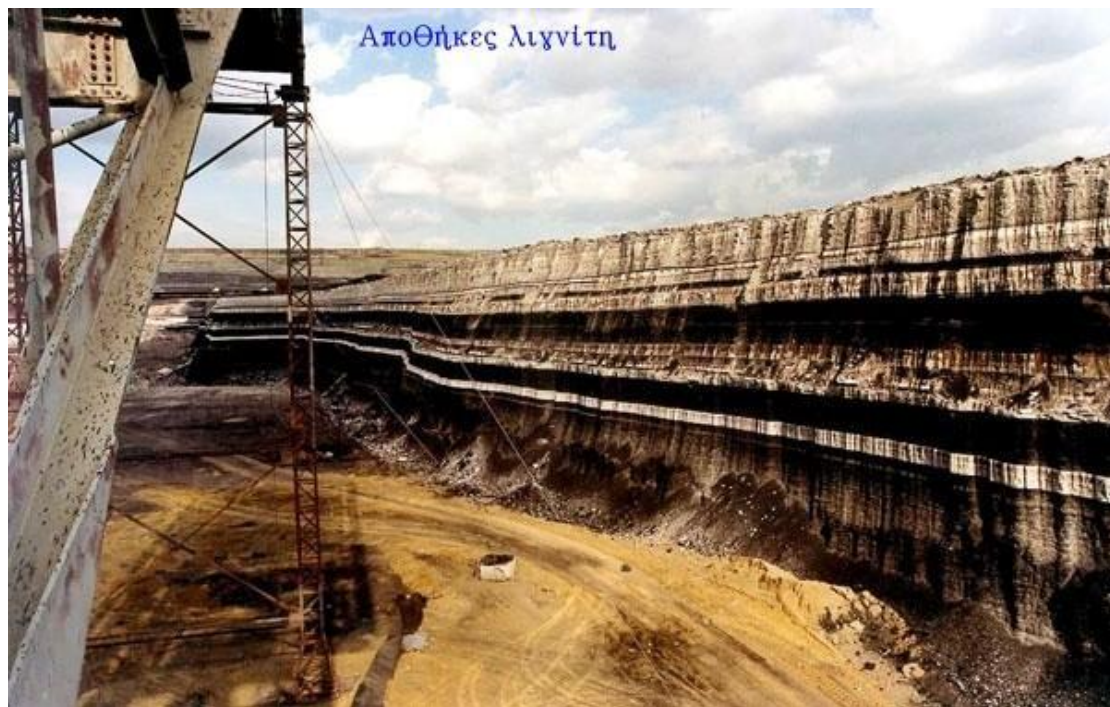
Οι δυνατότητες παραγωγής των ορυχείων είναι:

ν Ορυχείο Χωρεμίου 9-12 εκ. τον.

ν Ορυχείο Μαραθούσας 1-2 εκ. τον.

ν Ορυχείο Κυπαρισσίων 2-4 εκ. τον.

Το Λιγνιτωρυχείο τροφοδοτεί με λιγνίτη τον ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α με εγκατεστημένη ισχύ 550MW (2 μονάδες x 125MW + 1 μονάδα 300MW) και τον ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β ισχύος 300 MW.



Σχήμα 4. Στρωματογραφία λιγνίτη [4.]

Στο Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης απασχολούνται σήμερα περίπου 1.000 άτομα.

1.5.Λιγνίτης Πτολεμαΐδας / Αμυνταίου

Ο λιγνίτης Πτολεμαΐδας σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης χρονικής περιόδου (10 εκατομμύρια χρόνια περίπου) και εκτιμάται ότι οι διεργασίες τελείωσαν πριν 1 εκατομμύριο χρόνια.

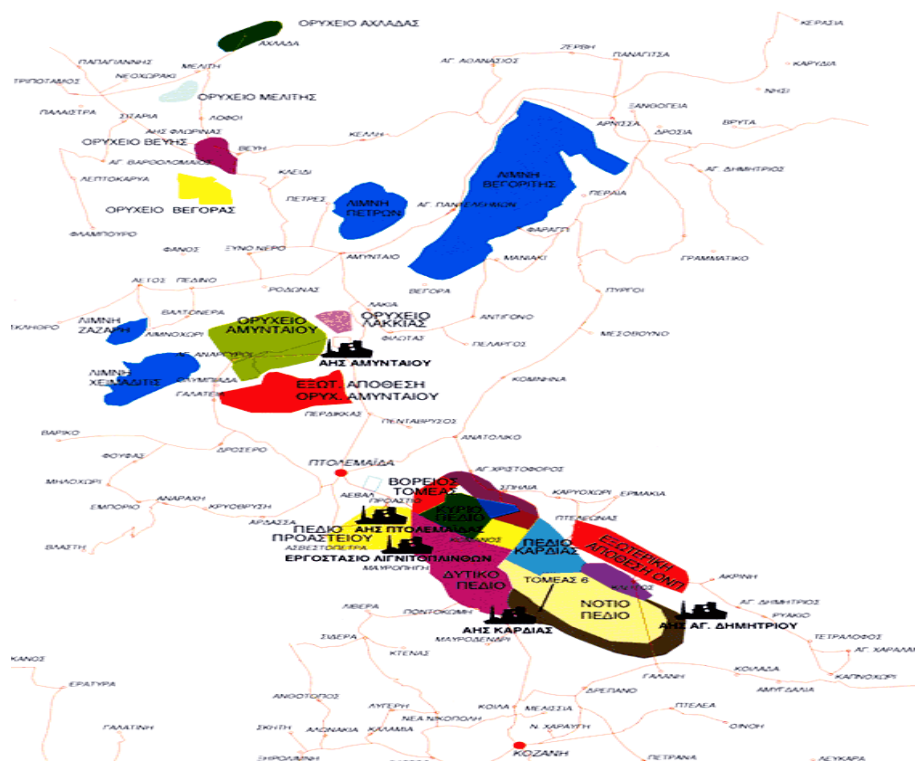
Η ευρύτερη λεκάνη Μοναστηρίου, Φλώρινας, Αμυνταίου, Πτολεμαΐδας, Κοζάνης και Σερβίων καλύπτονταν την εποχή εκείνη από αβαθείς λίμνες και έλη. Οι κλιματολογικές συνθήκες ευνόησαν τη μεγάλη βλάστηση υδροχαρών φυτών (βρύα, καλάμια, κλπ) σε διάφορες θέσεις της λεκάνης. Με το χρόνο, τα φυτά αυτά συγκεντρώθηκαν σε μεγάλες ποσότητες στον πυθμένα των λιμνών. Στη συνέχεια η βλάστηση καλύφθηκε από γαιώδη

υλικά. Έτσι οι οργανικές ύλες των φυτών, ευρισκόμενες υπό πίεση και με την επίδραση διαφόρων μικροοργανισμών, μετατράπηκαν με το χρόνο σε στρώματα λιγνίτη. Αυτό επαναλήφθηκε πολλές φορές και στο τέλος, πάνω από τα νεώτερα στρώματα λιγνίτη, επικάθισαν άλλα γαιώδη υλικά, τα λεγόμενα «υπερκείμενα». Έτσι προέκυψαν λιγνιτικά κοιτάσματα μορφής Zebra.

Το πάχος των υπερκειμένων υλικών κυμαίνεται από 12 μέχρι 230 μέτρα για τα Ορυχεία που βρίσκονται σε λειτουργία στην περιοχή Πτολεμαΐδας. Τα υλικά αυτά είναι, συνήθως άμμος, αμμοχάλικα, μαλακός ασβεστόλιθος και άργιλος. Αλλά και το κοίτασμα του λιγνίτη δεν είναι ενιαίο, διότι μέσα στο κοίτασμα αυτό υπάρχουν λεπτά στρώματα από τα γαιώδη υλικά, τα οποία υλικά, επειδή βρίσκονται μεταξύ των λιγνιτικών στρωμάτων, ονομάζονται «ενδιάμεσα». Το μέσο πάχος των απολήψιμων στρωμάτων λιγνίτη ανέρχεται σε 2 μέτρα περίπου, ο αριθμός των οποίων κυμαίνεται από 20 έως 30.

Το μεγαλύτερο λιγνιτικό δυναμικό της χώρας είναι συγκεντρωμένο σε τρεις περιοχές - λεκάνες κατά μήκος του άξονα Φλώρινα - Αμύνταιο - Πτολεμαΐδα - Κοζάνη - Σέρβια.

Σταδιακά στην περιοχή Πτολεμαΐδας - Αμυνταίου δημιουργήθηκε ένα από τα μεγαλύτερα Λιγνιτικά Κέντρα στον κόσμο.



Σχήμα 5. Διάταξη ορυχείων ΛΚ Πτολεμαΐδας / Αμυνταίου

Στο Λιγνιτικό Κέντρο Πτολεμαΐδας - Αμυνταίου λειτουργούν σήμερα τέσσερα λιγνιτωρυχεία: Το Ορυχείο Νοτίου Πεδίου, το Ορυχείο Καρδιάς, το Ορυχείο Κυρίου Πεδίου και το Ορυχείο Αμυνταίου (συμπεριλαμβανομένου και του ορυχείου στη Φλώρινα). Επίσης στο Λιγνιτικό Κέντρο ανήκουν το Εργοστάσιο Λιγνιτοπλίνθων και ο ατμοηλεκτρικός σταθμός ΛΙΠΤΟΛ.

Η παραγωγή λιγνίτη ανήλθε το 2006 σε 49 εκ. τόνους .

Για την επίτευξη του έργου αυτού χρησιμοποιούνται 42 καδοφόροι εκσκαφείς, 16 αποθέτες, 225 km περίπου ταινιόδρομοι (με πλάτος 1,0 - 2,4 μέτρα) και 1.000 περίπου ντιζελοκίνητα μηχανήματα.

Οι ενεργειακές μονάδες που τροφοδοτούνται με λιγνίτη από το Λιγνιτικό Κέντρο Πτολεμαΐδας - Αμυνταίου είναι:

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
ΑΗΣ ΛΙΠΤΟΛ	$10+33 = 43$
ΑΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ	$70 + 2 \times 125 + 300 = 620$
ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ	$2 \times 300 + 2 \times 325 = 1.250$
ΑΗΣ ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	$2 \times 300 + 2 \times 310 + 375 = 1.595$
ΑΗΣ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ	$2 \times 300 = 600$
ΑΗΣ ΜΕΛΙΤΗΣ-ΑΧΛΑΔΑΣ	$1 \times 330 = 330$
ΣΥΝΟΛΟ	4.438

Με λιγνίτη τροφοδοτείται και το Εργοστάσιο Λιγνιτοπλίνθων. Στο Λιγνιτικό Κέντρο Πτολεμαΐδας - Αμυνταίου απασχολούνται σήμερα περίπου 5.000 άτομα.

1.6.Λιγνίτης Αλιβερίου

Η Νεογενής λεκάνη έχει έκταση 20 km² και πληρούται από λιμναία ιζήματα. Μεσοζωϊκοί ασβεστόλιθοι και σχιστόλιθοι σχηματίζουν το υπόβαθρο και τα περιθώρια της λεκάνης. Ο λιγνίτης, Μειοκαινικής (Βουρδιγάλιο) ηλικίας, σχηματίζει κεκλιμένα φακοειδή σώματα (60-80°), μήκους 400-500 m και πάχους 20-40 m. Το πάτωμα σχηματίζεται από αργίλους και την οροφή του κοιτάσματος από μάργες. Η θερμογόνος δύναμη είναι 2.500 kcal/kg.

Η εκμετάλλευση του κοιτάσματος έχει περατωθεί. Υπολογίζεται ότι συνολικά έχουν εξορυχθεί περίπου 15 Mt λιγνίτη. Τελευταία εξορύσσεται με υπαίθρια εκμετάλλευση στη γειτονική περιοχή Πλακών λιγνιτικό κοιτάσμα με αποθέματα της τάξης των 2 Mt, ενώ στην παρακείμενη λιγνιτοφόρα λεκάνη της Κύμης εντοπίστηκε κοιτάσμα με βέβαια αποθέματα 12 Mt. Η εξόρυξη με υπόγεια έργα στο Αλιβέρι άρχισε το 1950. Υπήρξε το πρώτο οργανωμένο πάνω σε σύγχρονες βάσεις λιγνιτωρυχείο στην Ελλάδα. Το 1953 τέθηκαν σε λειτουργία οι δύο πρώτες στην Ελλάδα λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής εγκατεστημένης ισχύος 40 MW η καθεμιά. [5.]

1.7.Ελληνικά Κοιτάσματα Λιγνίτη

1.7.1.Κοιτασματολογία του λιγνίτη

Οι λιγνίτες ανήκουν στις στερεές ορυκτές καύσιμες ύλες με τη γενική ονομασία γαιάνθρακες και προήλθαν από φυτικά υπολείμματα μέσω μιας σειράς διεργασιών ενανθράκωσης. Οι διεργασίες αυτές είχαν ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό των φυτικών υπολειμμάτων σε άνθρακα. Η μετατροπή των φυτών σε τύρφη και η μετάβαση από την τύρφη (αρχικό στάδιο ενανθράκωσης) στον ανθρακίτη (τελικό στάδιο ενανθράκωσης) είναι συνάρτηση της επίδρασης του χρόνου, της θερμοκρασίας και της πίεσης.

Η αύξηση του βαθμού ενανθράκωσης επηρεάζει τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των γαιανθράκων. Οι λιγνίτες σχηματίστηκαν κατά τα πρώτα στάδια της ενανθράκωσης αμέσως μετά την τύρφη. Για το σχηματισμό ενός κυβικού μέτρου λιγνίτη, έχει υπολογισθεί ότι απαιτείται χρονικό διάστημα 1000 έως 4000 ετών.

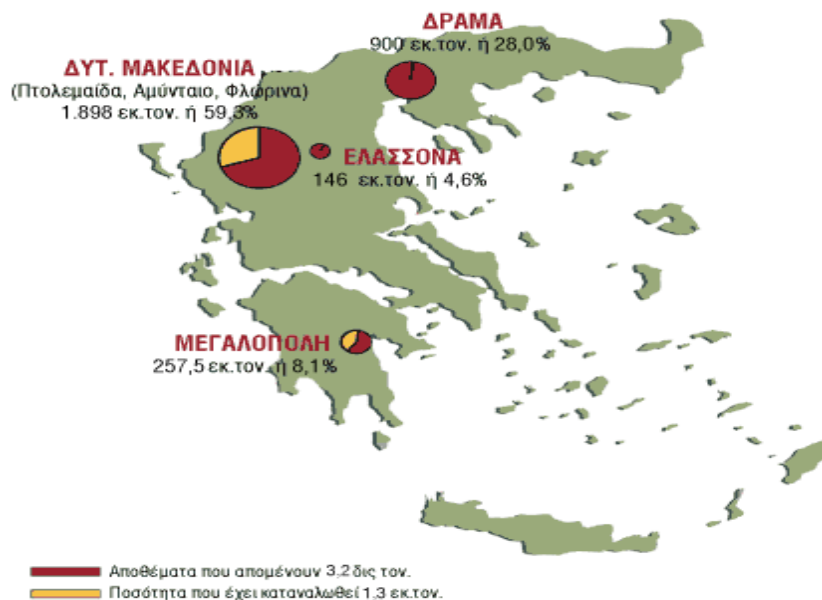
Το θερμιδικό περιεχόμενο των λιγνιτών είναι από 3 έως 7 φορές μικρότερο από το θερμιδικό περιεχόμενο του λιθάνθρακα και 5 έως 10 φορές μικρότερο από αυτό του πετρελαίου. Κατάλληλες συνθήκες για το σχηματισμό λιγνιτών στον ελλαδικό χώρο συνέτρεξαν, κατά περιόδους και κατά περιοχές, από τις αρχές του Καινοζωικού αιώνα μέχρι τους πρόσφατους γεωλογικούς χρόνους.

Η κύρια φάση λιγνιτογένεσης συμπίπτει με την Νεοτριτογενή και Τεταρτογενή γεωλογική περίοδο. Τα σημαντικότερα κοιτάσματα λιγνίτη αναπτύχθηκαν σε αβαθείς λίμνες και έλη κλειστών ενδοηπειρωτικών λεκανών. Κύριο χαρακτηριστικό των κοιτασμάτων είναι ο έντονος τεκτονισμός. [6.]

1.7.2 Αποθέματα - Ποιότητα λιγνίτη

Τα συνολικά βεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα λιγνίτη στη χώρα ανέρχονται σε περίπου 5 δις τόνους. Τα κοιτάσματα αυτά παρουσιάζουν αξιοσημείωτη γεωγραφική εξάπλωση στον ελληνικό χώρο.

Με τα σημερινά τεχνικό-οικονομικά δεδομένα, τα κοιτάσματα που είναι κατάλληλα για ενεργειακή εκμετάλλευση ανέρχονται σε περίπου 3,2 δις τόνους και ισοδυναμούν με 450 εκ. τόνους πετρελαίου. Σύμφωνα με το ΙΓΜΕ τα βεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα λιγνίτη στην Ελλάδα ανέρχονται σήμερα σε 6,7 δις τόνους, από τα οποία 3,3 δις τόνοι εκτιμώνται ως εκμεταλλεύσιμα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας [4].



Σχήμα 6. Κατανομή των εκμεταλλεύσιμων λιγνιτικών αποθεμάτων [4.]

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6, στη Δυτική Μακεδονία, και πιο συγκεκριμένα στον άξονα Φλώρινα – Πτολεμαΐδα – Κοζάνη – Ελασσόνα, είναι συγκεντρωμένο το μεγαλύτερο λιγνιτικό δυναμικό της χώρας μας.

Τα κυριότερα εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα λιγνίτη βρίσκονται στις περιοχές Πτολεμαΐδας, Αμυνταίου και Φλώρινας με υπολογισμένα αποθέματα 1,8 δις τόνους, στην περιοχή της Δράμας με απόθεμα 900 εκ. τόνους και στην περιοχή Ελασσόνας με 169 εκ. τόνους. Επίσης στην Πελοπόννησο, περιοχή Μεγαλόπολης, υπάρχει λιγνιτικό κοιτάσμα με απόθεμα περίπου 223 εκ. τόνους.

Τα εναπομείναντα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη στις περιοχές, όπου η ΔΕΗ αναπτύσσει λιγνιτική δραστηριότητα, έχουν ως εξής :

- Λεκάνη Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου : 1546 εκ. τόν.

- Λεκάνη Φλώρινας : 330* εκ. τον.
- Σύνολο Δυτικής Μακεδονίας : 1876 εκ. τον.
- Λεκάνη Μεγαλόπολης : 251 εκ. τον.

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ : 2127 εκ. τον.

* 191 εκ. τον. ανήκουν σε ιδιωτικές παραχωρήσεις

Πέραν των ανωτέρω περιοχών, στις οποίες η ΔΕΗ έχει αποκλειστικά δικαιώματα εκμετάλλευσης των λιγνιτικών κοιτασμάτων μέχρι εξάντλησής τους, η ΔΕΗ έχει και το αποκλειστικό δικαίωμα έρευνας και στις περιοχές Ελασσόνας και Δράμας με εκμεταλλεύσιμα λιγνιτικά αποθέματα 169 εκατ. τον. και 900 εκατ. τον. αντίστοιχα.

Με βάση τα συνολικά εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη της χώρας και τον προγραμματιζόμενο ρυθμό κατανάλωσης στο μέλλον, υπολογίζεται ότι τα αποθέματα αυτά επαρκούν για περισσότερο από 45 χρόνια. Μέχρι σήμερα, οι εξορυχθείσες ποσότητες λιγνίτη φτάνουν περίπου στο 29% των συνολικών αποθεμάτων. Εκτός από λιγνίτη, η Ελλάδα διαθέτει και ένα μεγάλο κοιτάσμα Τύρφης στην περιοχή των Φιλιππων (Ανατολική Μακεδονία). Τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα στο κοιτάσμα αυτό εκτιμώνται σε 4 δις κυβικά μέτρα και ισοδυναμούν περίπου με 125 εκατ. τόνους πετρελαίου.

Οι λιγνίτες των κοιτασμάτων Δυτικής Μακεδονίας και Μεγαλόπολης, που βρίσκονται υπό εκμετάλλευση, ανήκουν στην κατηγορία των φτωχών στερεών καυσίμων. Η ποιότητά τους διαφοροποιείται όχι μόνο από ορυχείο σε ορυχείο αλλά και μεταξύ στρωμάτων του ίδιου ορυχείου. Η θερμογόνο δύναμη του ελληνικού λιγνίτη κυμαίνεται μεταξύ 1.050-1.100 Kcal/Kg στα κοιτάσματα της Μεγαλόπολης, μεταξύ 1.800-2.300 Kcal/Kg στα κοιτάσματα της Φλώρινας, μεταξύ 1.300-1.400 Kcal/Kg στα κοιτάσματα της Πτολεμαΐδας (Κυρίου Πεδίου, Νότιου Πεδίου και Καρδιάς) και μεταξύ 1.050-1.300 Kcal/Kg στα κοιτάσματα του Αμυνταίου. Σημειώνεται ότι ο λιγνίτης που εξορύσσεται στο Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας, όπου βρίσκονται τα μεγαλύτερα ορυχεία της εταιρείας, περιέχει χαμηλά ποσοστά θείου και υψηλά ποσοστά οξειδίων του ασβεστίου (φυσική αποθείωση), με αποτέλεσμα να είναι λιγότερο επιβαρυντικός για το περιβάλλον.

1.8.Χρήση του λιγνίτη στην παραγωγή ενέργειας

Η χρήση των ατμοηλεκτρικών σταθμών γίνεται για την καύση του λιγνίτη και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο λιγνίτης μεταφέρεται από το σημείο εξόρυξης στον Σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη βοήθεια ταινιοδρόμων και είτε αποθηκεύεται στους αποθετήρες του λιγνίτη είτε οδηγείται απ' ευθείας στους θραυστήρες, όπου και θρυμματίζεται σε τεμάχια μέγιστης διαμέτρου 4 cm ενώ στη συνέχεια μεταφέρεται στα σιλό λιγνίτη των μονάδων. Η καύση του λιγνίτη λαμβάνει χώρα στο λέβητα της μονάδας, όπου η θερμική ενέργεια που εκλύεται από την καύση του λιγνίτη ατμοποιεί το νερό με συνέπεια τη δημιουργία υπέρθερμου ατμού. Ο υπέρθερμος ατμός (Υ/Θ) εκτονώνεται στο στρόβιλο υψηλής πίεσης όπου και παράγεται χρήσιμο έργο. Στη συνέχεια, ο ατμός οδηγείται εκ νέου στο λέβητα προκειμένου να αναθερμανθεί, να αυξηθεί δηλαδή η θερμοκρασία του, και ακολούθως εκτονώνεται στο στρόβιλο μέσης και χαμηλής πίεσης, όπου παράγεται επιπλέον έργο. Κατόπιν, ο ατμός εισέρχεται στο ψυγείο της μονάδας όπου συμπυκνώνεται με τη βοήθεια ψυκτικού νερού. Ο συμπυκνωμένος ατμός προθερμαίνεται με τη χρήση εναλλακτών θερμότητας και οδηγείται μέσω αντλιών και πάλι στο λέβητα ολοκληρώνοντας έναν θερμικό κύκλο. [4.]

Η θερμική ενέργεια που απάγεται από το νερό ψύξης αποβάλλεται στον πύργο ψύξης.

Στον άξονα του στρόβιλου, ο οποίος περιστρέφεται με 3000 στρ. /λεπτό, είναι συνδεδεμένη η γεννήτρια, η οποία μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική.

Για την παραγωγή 1 KWh απαιτείται η καύση 1,85 Kg λιγνίτη περίπου και η κατανάλωση 2,5 λίτρων νερού ψύξης.

Τα καυσαέρια που παράγονται από την καύση του λιγνίτη οδηγούνται σε ογκώδεις διατάξεις κατακράτησης των αιωρούμενων σωματιδίων, τα ηλεκτροστατικά φίλτρα (Η/Φ). Στα φίλτρα αυτά, τα σωματίδια εκτίθενται σε συνεχές ηλεκτρικό πεδίο υψηλής τάσης, ιονίζονται και τελικά συλλέγονται στα φίλτρα. [4.]

1.9.Λιγνίτης και Περιβάλλον

Οι επιφανειακές εκμεταλλεύσεις λιγνίτη, εξ αιτίας των τεράστιων εκσκαφών και των εκτεταμένων αποθέσεων που προκύπτουν αναγκαστικά, προκαλούν σοβαρές αλλοιώσεις της γεωμορφολογίας του εδάφους και της αισθητικής του φυσικού τοπίου, διαταραχές

στην πανίδα και χλωρίδα και ανατροπή της ισορροπίας των επιφανειακών και υπόγειων νερών. [4]

Η υπαίθρια εκμετάλλευση καταλαμβάνει το έδαφος μονό προσωρινά. Η Δ.Ε.Η. αναγνωρίζοντας ότι η αποκατάσταση του περιβάλλοντος στα λιγνιτωρυχεία αποτελεί θέμα μεγάλης οικολογικής, κοινωνικής και οικονομικής σημασίας, ακολουθεί κατάλληλο πρόγραμμα με στόχο την ανάπλαση των εδαφών και την αναβάθμιση του περιβάλλοντος της περιοχής, έτσι ώστε οι τελικές επιφάνειες, μετά το πέρας της εκμετάλλευσης, να είναι κατάλληλες για διάφορες χρήσεις (γεωργικές, δασικές, τουριστικές κ.λπ.) και να συνδέονται αισθητικά με το υπόλοιπο τοπίο. [4.]

Μέχρι το 1994 έχουν απαλλοτριωθεί 150.000 στρέμματα, ενώ έχουν διαμορφωθεί και αποκατασταθεί 18.000 στρέμματα τελικής επιφάνειας. [4.]

Στις τελικές επιφάνειες φυτεύονται διάφορα είδη φυτών (θάμνοι, καρποφόρα και κυρίως δασικά δέντρα). Παράλληλα όμως, αναπτύσσονται και πειραματικές καλλιέργειες, κυρίως δημητριακών και λιγότερο κηπευτικών, σε συνεργασία με τους Κρατικούς Σταθμούς Γεωργικής Έρευνας Πτολεμαΐδας και Τρίπολης. [4.]

Στα Ορυχεία Πτολεμαΐδας και Μεγαλόπολης, κατά την περίοδο 1970-1993, φυτεύτηκαν περίπου 450.000 δέντρα, κυρίως ακακίες, λευκές και πεύκα. Για τις ανάγκες των Ορυχείων στις περιοχές Πτολεμαΐδας Αμυνταίου, Μεγαλόπολης και Αλιβερίου, μέχρι σήμερα, έχουν απαλλοτριωθεί περίπου 170.000 στρέμματα και προγραμματίζεται να απαλλοτριωθούν στο μέλλον άλλα 70.000 στρέμματα. [4.]

Κατά την ανάπτυξη των Ορυχείων, καθίσταται απαραίτητη η μετεγκατάσταση οικισμών που επηρεάζονται άμεσα από τη δραστηριότητα αυτή. Μέχρι σήμερα, έχει πραγματοποιηθεί η μετεγκατάσταση των οικισμών Καρδιά, Χαραυγή και Εξοχή στην Πτολεμαΐδα, Ψαθί, Μαραθούσα και Γεφυράκι στη Μεγαλόπολη, ενώ έχει αρχίσει η διαδικασία μετεγκατάστασης των Κοινοτήτων Κομάνου και Κλείτου στην Πτολεμαΐδα. [4.]

Ο λιγνίτης προκαλεί μόλυνση του περιβάλλοντος που δημιουργείται τόσο από τα υπολείμματα τέφρας όσο και από τα αέρια που δημιουργούνται κατά την καύση (διοξείδιο του άνθρακα, οξειδία του αζώτου, διοξείδιο του θείου). [4.]

Τα κυριότερα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι ο χημικός καθαρισμός πριν την καύση, η αποθήκευση και γενικά ο περιορισμός της ρύπανσης. Τα προβλήματα αυτά μεγιστοποιούνται στις περιπτώσεις πτωχών ανθράκων, όπως ο λιγνίτης. [4.]

Η εξόρυξη του λιγνίτη στα ορυχεία ανοιχτής τάφρου μολύνει το περιβάλλον από διοξείδιο του θείου και νιτρώδεις ατμούς, όπου η μόλυνση είναι πολύ σοβαρότερη από αυτή που προκαλείται από την καύση υδρογονανθράκων. Αυξάνεται η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και το ποσοστό καρκινογόνων ουσιών. [4.]

Αυξημένη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα σημαίνει αλλαγή κλίματος και των μικροκλιμάτων της γης, διότι το διοξείδιο του άνθρακα έχει την ιδιότητα να απορροφεί υπέρυθη ακτινοβολία που κανονικά ανακλάται από την επιφάνεια της γης με αποτέλεσμα την βαθμιαία άνοδο της θερμοκρασίας. [4.]

Οι ενέργειες που γίνονται για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα λιγνιτωρυχεία είναι:

A. Μείωση εκπομπών διοξειδίου του θείου (SO₂)

- Κατασκευή και λειτουργία συγκροτημάτων αποθείωσης των καυσαερίων σε μονάδες, στις οποίες, λόγω της ποιότητας καυσίμου, οι εκπομπές διοξειδίου του θείου ήταν υψηλές. Ήδη, λειτουργούν τρία τέτοια συγκροτήματα: στη Μονάδα IV του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β, στον ΑΗΣ Μελίτης, στη Μονάδα III του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α.

Για τη μείωση των εκπομπών σωματιδίων από τους λιγνιτικούς σταθμούς της, η Δ.Ε.Η. υλοποίησε δράσεις και προγράμματα, τα οποία περιλαμβάνουν:

- Αντικατάσταση, αναβάθμιση και προσθήκη νέων ηλεκτροστατικών φίλτρων (Η/Φ) τέφρας υπερσύγχρονης τεχνολογίας, υψηλού βαθμού απόδοσης, λαμβάνοντας υπ' όψη τις διατάξεις της Οδηγίας IPPC, για την Ολοκληρωμένη Πρόληψη και τον Έλεγχο της Ρύπανσης, καθώς και το εγχειρίδιο Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών για τις μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης στις λιγνιτικές Μονάδες I, II, III και IV του ΑΗΣ Καρδιάς, στις Μονάδες I, II, III και IV του ΑΗΣ Πτολεμαΐδας, στις Μονάδες I και II του ΑΗΣ ΛΙΠΤΟΛ, και τα Η/Φ τέφρας και λιγνίτη της Μονάδας III του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α.

- Χρήση πρόσθετων και βελτιωτικών καύσης στους πετρελαϊκούς σταθμούς, καθώς και αντικατάσταση των υφιστάμενων καυστήρων, με νέους του τύπου διασκορπισμού με ατμό. [4.]

B. Μείωση εκπομπών σωματιδίων

Χάρη στις αντικαταστάσεις των ηλεκτροστατικών φίλτρων των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής, οι εκπομπές σωματιδίων (σκόνης) έχουν μειωθεί σημαντικά κατά την τελευταία δεκαετία.

Γ. Μέτρα ελαχιστοποίησης σκόνης

- Έχουν κατασκευαστεί δίκτυα διαβροχής νερού κατά μήκος του ταινιοδρόμου τέφρας του Ορυχείου Νοτίου Πεδίου του Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας.

Χάρη στις αντικαταστάσεις των ηλεκτροστατικών φίλτρων των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής, οι εκπομπές σωματιδίων (σκόνης) έχουν μειωθεί κατά την τελευταία δεκαετία.

Στο πλαίσιο της συμμόρφωσης στις απαιτήσεις της Οδηγίας 2008/50, η ΔΕΗ προχώρησε πρόσφατα στον εκσυγχρονισμό των σταθμών μέτρησης ποιότητας ατμόσφαιρας των Ν. Κοζάνης και Φλώρινας με την αντικατάσταση ολόκληρου του μετρητικού εξοπλισμού του δικτύου. Με την ως άνω αναβάθμιση, κάθε αναλυτής PM₁₀ έχει πλέον τη δυνατότητα ταυτόχρονης μέτρησης και του κλάσματος των αναπνεύσιμων σωματιδίων PM_{2,5}.

Εντός του 2010 ολοκληρώθηκε η αναβάθμιση του δικτύου των σταθμών μέτρησης ποιότητας της ατμόσφαιρας των ΑΗΣ Μεγαλόπολης και Αλιβερίου. [4.]

ΜΕΡΟΣ 2^ο

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ

2.1.Εισαγωγή

Το πειραματικό μέρος περιλαμβάνει την εργαστηριακή μελέτη του δείγματος λιγνίτη από το λιγνιτωρυχείο Μεγαλόπολης.

Κατ' αρχή το αρχικό δείγμα ομογενοποιήθηκε και υποβλήθηκε σε αντιπροσωπευτική δειγματοληψία προκειμένου να χωριστεί σε δείγματα μικρότερου βάρους, τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν στις διάφορες δοκιμές. Οι μέθοδοι δειγματοληψίας που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Η μέθοδος του σταυρού
- Δειγματολήπτης Jones

Στη συνέχεια αντιπροσωπευτικό δείγμα υποβλήθηκε σε κοκκομετρική ανάλυση σε κόσκινα με αντίστοιχο άνοιγμα οπής 20mm, 10mm, 6,68mm, 4,75mm, 2,35mm και 1,16mm με αποτέλεσμα το δείγμα να χωριστεί στα εξής κοκκομετρικά κλάσματα:

- +20mm
- -20mm+10mm
- -10mm+6,68mm
- -6,68mm+4,75mm
- -4,75mm+2,35mm
- -2,35mm+1,16mm
- -1,16mm

A) Το ένα τμήμα του δείγματος υποβλήθηκε σε ξήρανση στους 140ο C για 24 ώρες προκειμένου να υπολογιστεί η υγρασία. Ακολούθως, το δείγμα τροφοδοτήθηκε διαδοχικά σε θραυστήρα κυλίνδρων και συσκευή άλεσης και στη συνέχεια υποβλήθηκε σε χημικά ανάλυση για να υπολογιστεί η περιεκτικότητα σε τέφρα με θέρμανση στους 800ο C για δυο ώρες.

B) Ένα δεύτερο τμήμα του δείγματος οδηγήθηκε σε εκπλυση για την απομάκρυνση της ιλύος.

Μετά την εκπλυση το δείγμα υπέστη ξήρανση για 24 ώρες στους 140^ο C και οδηγήθηκε σε βαρυτομετρική ανάλυση με βαρέα υγρά.

Μετά από προκαταρκτικές εργαστηριακές δόκιμες στα βάρια υγρά επιλέχθηκαν βάρια υγρά με τα ακόλουθα ειδικά βάρη:

- 1,40
- 1,55
- 1,70

Τα ειδικά βάρη παρασκευαστήκαν στο εργαστήριο με ανάμειξη βαρέων υγρών με μικρότερο και μεγαλύτερο ε.β. από το επιθυμητό (π.χ. τετραχλωράνθρακας, βενζόλιο κ.α.)

Μετά την εφαρμογή των βαρέων υγρών και τον διαχωρισμό σε βαρυτομετρικά κλάσματα, ακολούθησε χημική ανάλυση των κλασμάτων για να υπολογιστεί η περιεκτικότητα σε τέφρα.

Γ) Ένα τρίτο τμήμα του αρχικού δείγματος οδηγήθηκε σε παλλόμενη τράπεζα με ραβδώσεις, αφού προηγουμένως είχε υποστεί ταξινόμηση σε κοκκομετρικά κλάσματα. Στην τράπεζα οδηγήθηκαν τα κλάσματα:

- -6,68+4,75mm
- -4,75+2,35mm
- -2,35+1,16mm

Κατά τις δοκιμές σε παλλόμενη τράπεζα, διερευνήθηκε η επίδραση της κλίσης και της παροχής νερού.

Τα δείγματα μετά οδηγήθηκαν σε χημική ανάλυση για υπολογισμό της περιεκτικότητας σε τέφρα.

Δ) Ένα τέταρτο τμήμα του αρχικού δείγματος οδηγήθηκε για δοκιμές στον υδροσυγκεντρωτή Harz, αφού προηγουμένως ταξινομήθηκε στα εξής κοκκομετρικά κλάσματα:

- +20mm
- -20+10mm
- -10+6,68mm

Οι λειτουργικές παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν η παροχή του νερού ενώ η συχνότητα του εμβόλου παρέμεινε σταθερή. Ακολούθησε χημική ανάλυση των προϊόντων για τον υπολογισμό της περιεκτικότητάς τους σε τέφρα.

2.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

2.2.1.Γενικό μέρος

Ο λιγνίτης είναι ένα υλικό, από το οποίο είναι εξαιρετικά δύσκολο να ληφθεί αντιπροσωπευτικό δείγμα για ανάλυση εξ αιτίας της μεγάλης ανομοιογένειας και του πλήθους των συστατικών τα οποία περιέχονται. Υπάρχουν για παράδειγμα συστατικά που καίγονται πλήρως, άλλα που δεν καίγονται καθόλου και άλλα που καλύπτουν όλες τις ενδιάμεσες περιπτώσεις.

Η ανάλυση των δυο δειγμάτων που απεστάλησαν από το λιγνιτωρυχείο Μεγαλόπολης έδειξαν ότι πρόκειται αντίστοιχα για ένα πολύ πλούσιο και ένα ενδιάμεσης περιεκτικότητας σε τέφρα λιγνίτη.

Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο δείγμα λιγνίτη μέτριας ποιότητας σε λιγνίτη για να είναι πιο εμφανή τα αποτελέσματα στις μεθόδους εμπλουτισμού που θα εφαρμόσουμε.

Η διατήρηση και η αποθήκευση των προς ανάλυση δειγμάτων είναι και αυτή μια διαδικασία, η οποία χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή της μεταβολής των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών τους. Για τον λόγο αυτό, τα δείγματα φυλάχτηκαν σε πλαστικές σακούλες ερμητικά κλειστές σε ψυχρό και σκοτεινό μέρος.

2.2.2.ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Η προετοιμασία του προς εξέταση υλικού περιλαμβάνει την θραύση του σε ικανοποιητικό βαθμό, τη δειγματοληπτική διαίρεσή του σε ισοβαρή περίπου μέρη για τις ξεχωριστές δοκιμές που ακολούθησαν και την ταξινόμησή του σε κοκκομετρικά κλάσματα.

2.2.3.ΣΥΣΚΕΥΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ JONES

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η συσκευή δειγματοληψίας Jones. Η συσκευή αυτή αποτελείται από δύο σειρές 6 ή 10 κεκλιμένων οχτών, που με εναλλαγή της κατεύθυνσης έχουν τοποθετηθεί μέσα σε ένα ορθογώνιο πλαίσιο, έτσι ώστε ο μισός αριθμός των οχτών να βρίσκεται προς τη μία πλευρά και ο άλλος μισός προς την άλλη. Με τη βοήθεια ενός φτυαριού αποχύνεται το δείγμα ομοιόμορφα σε όλο το πλάτος του υποδοχέα και ρέει μέσω των οχτών στους κάδους υποδοχής που βρίσκονται από κάτω. Με αυτό τον τρόπο, το δείγμα χωρίζεται σε μικρές λωρίδες διαφορετικής ροής και διχοτομείται σε δύο όμοια δείγματα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό βάρος.[7.Δανάη Π. Τσακίρη]

2.2.4.ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΣΤΑΥΡΟΥ

Στη μέθοδο του σταυρού ή αλλιώς μέθοδο του κώνου και της τεταρτοτόμηση, το υλικό, αφού έχει αναμειχτεί πλήρως, συγκεντρώνεται σε σωρό. Στη συνέχεια, ο σωρός πιέζεται με μια μεγάλη επίπεδη επιφάνεια, ώστε να γίνει επίπεδος και μετά με ένα σταυρό δειγματοληψίας χωρίζεται σε τέσσερα ίσα περίπου μέρη. Τα δυο αντιδιαμετρικά μέρη απομακρύνονται και τα άλλα δυο αναμειγνύονται και επαναλαμβάνεται η ίδια μέθοδος μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό βάρος. [7.]

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα δείγματα που μετά από το θραυστήρα είχαν περιέλθει στη μορφή πούδρας.

2.3 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Με τη χρήση συγκεκριμένης σειράς κοσκίνων γίνεται η ταξινόμηση του υλικού σε κοκκομετρικά κλάσματα, δηλαδή ομάδες τεμαχίων με περίπου τις ίδιες διαστάσεις (μεταξύ δύο ορίων). Αυτή η διαδικασία ονομάζεται κοκκομετρική ανάλυση.

Βάση του υλικού που είχαμε προς επεξεργασία επιλεχτήκαν τα εξής κόσκινα: 20mm, 10mm, 6,68mm, 4,75mm, 2,35mm, και 1,16mm, οπότε προέκυψαν τα εξής κοκκομετρικά κλάσματα:

- +20mm
- -20mm+10mm
- -10mm+6,68mm
- -6,68mm+4,75mm
- -4,75mm+2,35mm
- -2,35mm+1,16mm
- -1,16mm

Πίνακας 4 Βάρος % στην κοκκομετρική ταξινόμηση

Κοκκομετρικά κλάσματα	Βάρος (g)	Βάρος%
+20mm	757,9	26,22038
-20mm+10mm	706,4	24,43868
-10mm+6,68mm	314,9	10,89431
-6,68mm+4,75mm	180,8	6,254973
-4,75mm+2,35mm	238,2	8,240789
-2,35mm+1,168mm	297,2	10,28196
-1,168mm	395,1	13,66892
Σύνολο	2890,5	100

2.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Η υγρασία αποτελεί σημαντικό συστατικό των λιγνιτών. Ο προσδιορισμός της υγρασίας γίνεται με την παραμονή των δειγμάτων σε φούρνο για 24 ώρες σε θερμοκρασία 110° C. Τα δείγματα έχουν ζυγιστεί πριν τοποθετηθούν στο φούρνο και ζυγίζονται μετά το πέρας των 24 ωρών. Η διάφορα των δυο βαρών, πριν και μετά την ξήρανση, είναι η υγρασία που έχει απομακρυνθεί.

Πίνακας 5. Προσδιορισμός υγρασίας

Κοκκομετρικά κλάσματα	Βάρος πριν την ξήρανση (g)	Βάρος%	Βάρος επί ξηρού (g)	Βάρος επί ξηρού (%)	Υ
+20mm	757,9	26,22	443,9	21,72	41,43
-20mm +10mm	706,4	24,43	475,9	23,29	32,63
-10mm +6,68mm	314,9	10,89	223,9	10,95	28,89
-6,68mm +4,75mm	180,8	6,25	135	6,61	25,33
-4,75mm +2,35mm	238,2	8,24	178	8,71	25,27
-2,35mm +1,168mm	297,2	10,28	261,3	12,79	12,07
-1,168mm	395,1	13,66	325	15,90	17,74
	2890,5	100	2043	100	

Συμπεράσματα

Στο λιγνίτη που αναλύεται η υγρασία στα πιο χονδρόκοκκα κοκκομετρικά κλάσματα είναι αρκετά μεγάλη (της τάξης του 32-40%). Όσο πιο μικρό είναι το μέγεθος του προς ανάλυση κοκκομετρικού κλάσματος τόσο ελαττώνεται το ποσοστό της υγρασίας.

2.5 ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η χημική ανάλυση των δειγμάτων περιλαμβάνει τον υπολογισμό τέφρας. Μετά την λεπτομερή λειτριβήση του δείγματος, αντιπροσωπευτικό δείγμα 5g, που έχει ληφθεί με τη μέθοδο του σταυρού, τοποθετείται σε φούρνο και θερμαίνεται στους 800° C για 2 ώρες, ώστε όλος ο λιγνίτης να καεί. Ύστερα το υπόλειμμα της καύσης ζυγίζεται και προσδιορίζεται η περιεκτικότητα σε τέφρα.

Πίνακας 6. Προσδιορισμός Τέφρας%

Κοκκομετρικά κλάσματα	Βάρος πριν την ξήρανση (g)	Βάρος%	Βάρος επί ξηρού (g)	Βάρος επί ξηρού (%)	Υγρασία (%)	Τέφρα (%)
+20mm	757,9	26,22	443,9	21,72	41,43	61,2
-20mm +10mm	706,4	24,44	475,9	23,29	32,63	72
-10mm +6,68mm	314,9	10,89	223,9	10,95	28,89	76,2
-6,68mm +4,75mm	180,8	6,25	135	6,607	25,33	77,6
-4,75mm +2,35mm	238,2	8,24	178	8,71	25,27	78,6
-2,35mm +1,168mm	297,2	10,28	261,3	12,79	12,07	79
-1,168mm	395,1	13,66	325	15,90	17,74	82
Σύνολο	2890,5	100	2043	100		

3.ΒΑΡΥΤΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΜΕ ΒΑΡΕΑ ΥΓΡΑ

3.1 Γενικά για τη μέθοδο

Η βαρυτομετρική ανάλυση με βαρέα υγρά χρησιμοποιείται για την διαπίστωση της εμπλουτισιμότητας ενός μεταλλεύματος ή για τον έλεγχο της αποδοτικότητας ενός εργοστασίου εμπλουτισμού.

Εφαρμόζεται κυρίως σε μεταλλεύματα που διαφαίνεται ο βαρυτομετρικός εμπλουτισμός τους, χωρίς όμως να αποκλείεται η εφαρμογή της και για συγκριτικά συμπεράσματα με άλλες μεθόδους, αρκεί τα ορυκτά που πρόκειται να αναλυθούν (διαχωριστούν) να έχουν μια διάφορα ειδικού βάρους τουλάχιστον 0,05 μονάδες.

Η μέθοδος βασίζεται στο διαχωρισμό των ορυκτών του μεταλλεύματος κατά ειδικά βάρη με τη βοήθεια μιας σειράς βαρέων υγρών, των οποίων αυξάνεται προοδευτικά η πυκνότητα. Με τον τρόπο αυτό το αρχικό δείγμα διαχωρίζεται σε κλάσματα διαφόρων ειδικών βαρών. Τα κλάσματα αυτά ζυγίζονται και αναλύονται για το χρήσιμο ή το βλαπτικό συστατικό (ή συστατικά). Τα αποτελέσματα των ζυγίσεων και αναλύσεων εκφράζονται επί τοις εκατό (%) και τοποθετούνται σε πίνακες, στους οποίους παράλληλα υπολογίζονται οι αθροιστικές τιμές βάρους και περιεκτικότητας για κάθε κλάσμα. Στη συνέχεια, κατασκευάζονται οι καμπύλες εμπλουτισιμότητας, από τις οποίες εξάγονται συμπεράσματα, τόσο για τις δυνατότητες εμπλουτισμού, όσο και για την αποδέσμευση του μεταλλεύματος. Για αυτό η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κατά κανόνα σε μια σειρά από κοκκομετρικές ομάδες, που το μέγιστο τεμάχιο κάθε μιας καθορίζεται από την έναρξη μιας , μακροσκοπικά διαπιστευμένης αποδέσμευσης.

Από την άλλη μεριά, εάν ήδη λειτουργεί το εργοστάσιο, η μέθοδος εφαρμόζεται σε δείγματα της τροφοδοσίας, του συμπυκνώματος και του απορρίμματος και από τα αποτελέσματα υπολογίζεται η αποδοτικότητα του εργοστασίου.

Η μέθοδος δεν εφαρμόζεται για διαχωρισμό ορυκτών με ειδικό βάρος μεγαλύτερο από 4,5 γιατί περιορίζεται από την αντίστοιχη μέγιστη πυκνότητα του βαρέως υγρού που υπάρχει στην αγορά. [φυλλάδιο από το μάθημα εμπλουτισμού μεταλλευμάτων]

3.2 Παρασκευή βαρέων υγρών

Τα βαρέα υγρά που επιλέχτηκαν για να χρησιμοποιηθούν, ήταν αυτά με ειδικό βάρος 1,40, 1,55 και 1,70.

Η επιλογή των ειδικών βαρών δεν ήταν τυχαία αλλά προέκυψαν έπειτα από προκαταρκτικές δοκιμές και σε μικρότερα ειδικά βάρη πλην όμως δεν έδωσαν κανένα αποτέλεσμα.

Για να παρασκευαστούν τα βαρέα υγρά των συγκεκριμένων ειδικών βαρών χρησιμοποιήθηκαν οι εξής τύποι

$$X_{\alpha} + X_{\beta} = \Psi$$

$$X_{\alpha} * E.B._{\alpha} + X_{\beta} * E.B._{\beta} = \Psi * E.B._{\psi}$$

Όπου,

X_{α} = η ποσότητα από το ελαφρύτερο β.υ.

X_{β} = η ποσότητα από το βαρύτερο β.υ.

Ψ = η ποσότητα από το β.υ. που θέλουμε να παρασκευάσουμε

$E.B._{\alpha}$ = το ειδικό βάρος του ελαφρύτερου β.υ.

$E.B._{\beta}$ = το ειδικό βάρος του βαρύτερου β.υ.

$E.B._{\psi}$ = το ειδικό βάρος του β.υ. που θέλουμε να παρασκευάσουμε

Μετά από την παρασκευή του βαρέως υγρού γινόταν πάντα έλεγχος του ε.β. σε ογκομετρικό σωλήνα και ζύγιση του βαρέως υγρού. Επίσης, γινόταν ανακύκλωση του υγρού και χρησιμοποίησή του για να παρασκευαστεί το επόμενο βαρύ υγρό.

3.3 Διαδικασία για ανάλυση λιγνίτη με βαρέα υγρά

Το δείγμα αφού εκπλυθεί καλά με νερό και στραγγίξει επί 24 ώρες επάνω σε διηθητικό χαρτί τροφοδοτείται στο βαρύ υγρό με το χαμηλότερο ειδικό βάρος (1,40 ειδικό βάρος υγρού) και χωρίζεται σε δυο κλάσματα αυτό που επιπλέει και αυτό που βυθίζεται. Ως γενική παρατήρηση μπορεί να αναφερθεί ότι με την έκπλυση απομακρύνεται σημαντική ποσότητα λεπτομερούς υλικού, το οποίο κατά βάση είναι ιλύς για τα χονδρομερή κλάσματα ενώ στα λεπτομερέστερα συμμετέχει και μικρή ποσότητα λιγνίτη (Πίνακας 7).

Πίνακας 7. Αποτελέσματα έκπλυσης

Κοκκομετρικό κλάσμα (mm)	Βάρος (g)	Βάρος(g)μετά από έκπλυση/ξήρανση	Ανάκτηση στερεών%	Αιτιολογία
+20	549,6	330,6	60,15	απομάκρυνση ιλύος
-20+10	542,3	246,2	45,4	απομάκρυνση ιλύος
-10+6,68	248,4	81,9	32,97	απομάκρυνση ιλύος
-6,68+2,35	281,2	120,7	42,92	απομάκρυνση ιλύος+ λιγνίτη
-2,35	367,4	106,9	29,09	απομάκρυνση ιλύος+ λιγνίτη
Βάρος Σύνολο	1988,9	886,3	44,56	

Για να αποφθεχθεί η παγίδευση των βαρύτερων τεμαχίων μέσα στα ελαφρότερα, η προσθήκη των τεμαχίων στο βαρύ υγρό έγινε ένα για τα μεγαλύτερα κλάσματα, και σε πολύ μικρές ποσότητες για τα τεμάχια των μικρότερων κλασμάτων. Παράλληλα υπήρχε ελαφριά ανάδευση του υγρού για να διευκολυνθεί ο διαχωρισμός των βαρύτερων από τα ελαφρότερα τεμάχια.

Τα ελαφρότερα τεμάχια λαμβάνονταν από το δοχείο με τη βοήθεια μικρού διάτρητου κουταλιού, ενώ τα βαρύτερα στο τέλος της δοκιμής, με απόχυση.

Το βαρύ υγρό καθαριζόταν με διήθηση, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί στην παρασκευή του επόμενου, με μεγαλύτερο ειδικό βάρος, υγρού.

Ακολουθούσε έκπλυση του προϊόντος που επέπλεε με οινόπνευμα, για να απομακρυνθεί το βαρύ υγρό που είχε απορροφήσει, και νερό, ξήρανση και χημική ανάλυση για προσδιορισμό της τέφρας.

Αυτό που καταβυθίστηκε οδηγήθηκε σε έκλυση με οινόπνευμα και νερό και, αφού αφέθηκε να αφυδατωθεί καλά, τροφοδοτήθηκε στο επόμενο βαρύ υγρό.

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και στα επόμενα βαρέα υγρά με ειδικό βάρος 1,55 και 1,70.

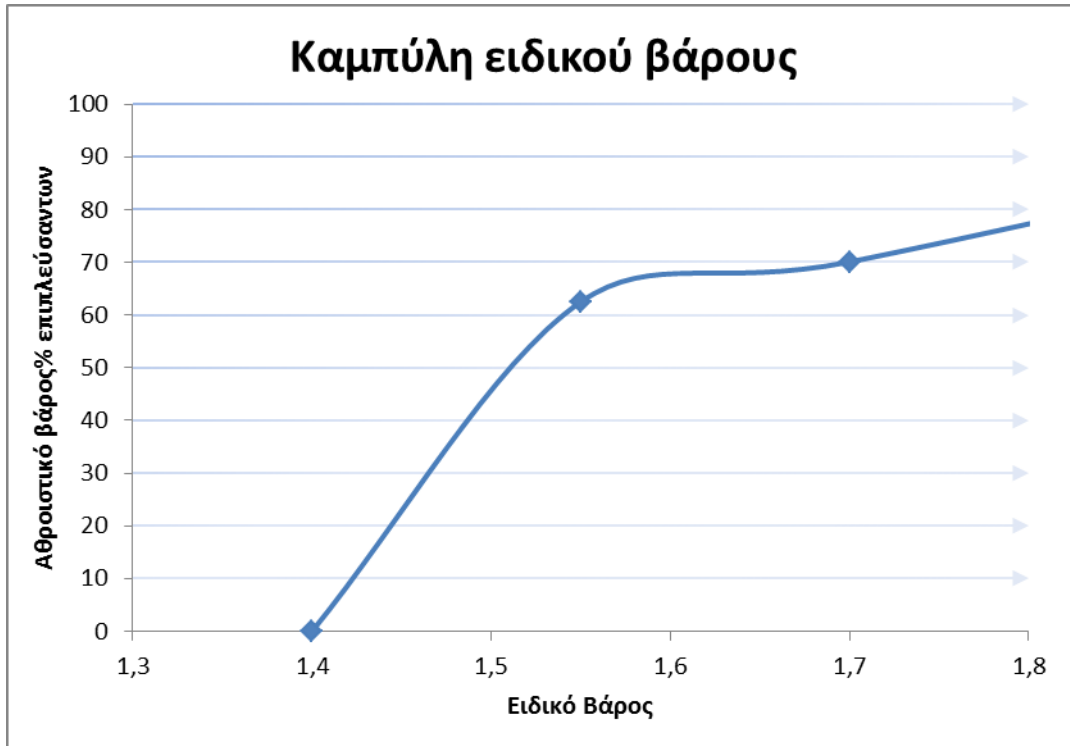
3.4 Πειραματικά αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης με βαριά υγρά για τα διάφορα κοκκομετρικά κλάσματα δίνονται στους Πίνακες 8-12 Με βάση αυτούς τους πίνακες κατασκευάζονται οι καμπύλες εμπλουτισμότητας, χαρακτηριστικής περιεκτικότητας, ανοχής ή δυσκολίας εμπλουτισμού και απομάκρυνσης τέφρας (Σχήματα 7-31)

3.4.1. Κοκκομετρικό κλάσμα +20mm

Πίνακας 8. Αποτελέσματα ανάλυσης με βαρέα υγρά κοκκομετρικό κλάσμα +20mm

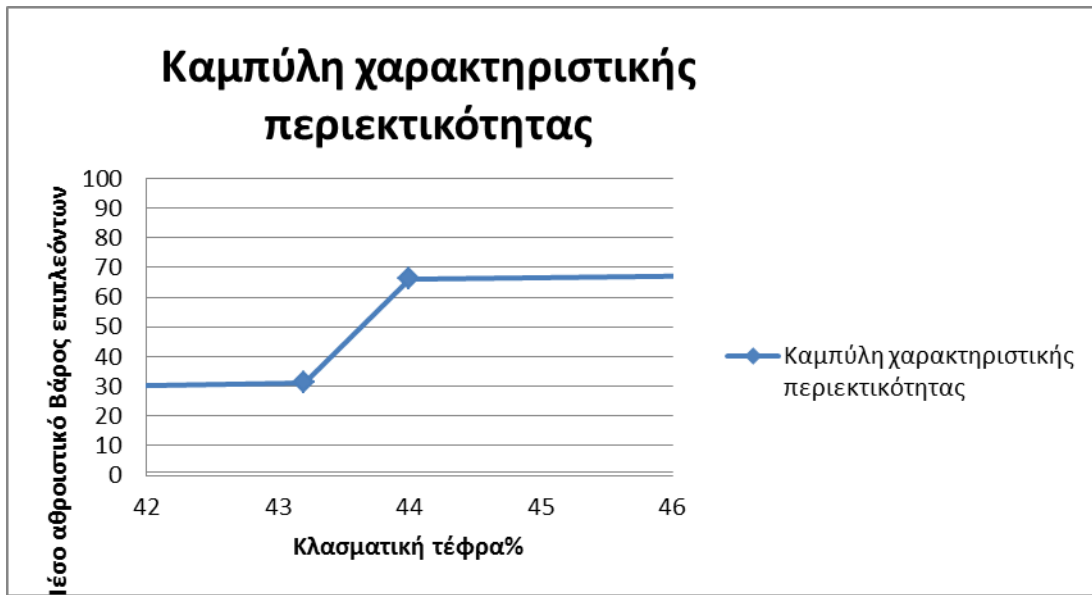
Προϊόν διαχωρισμού	Βάρος %	Αθροιστικό βάρος %	Τέφρα %	Μονάδες τέφρας	Αθροιστικές μονάδες-δεξ τέφρας	Αθροιστική τέφρα%	Κατά-νομή τέφρας%	Ανάκτηση η %	Μέσο αθροιστικό βάρος επιτυλεόντων	Μεταξύ ± 0,1 Ε.Β.	Μέσο Ε.Β.	Βάρος% μεταξύ ± 0,1 Ε.Β.
-1,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,4	1,3	0
+1,4-1,55	62,5	62,5	43,2	27,00	27,00	43,2	49,27	49,27	31,25	1,3-1,5	1,4	45,8
+1,55-1,7	7,6	70,1	44	3,34	30,34	43,3	6,10	55,37	66,29	1,4-1,6	1,5	67,3
+1,7	29,9	100	81,8	24,46	54,80		44,64		85,03	1,5-1,7	1,6	24,3
Τροφο-δοσία	100			54,80			100			1,6-1,8	1,7	32,7
										1,7-	1,8	29,9



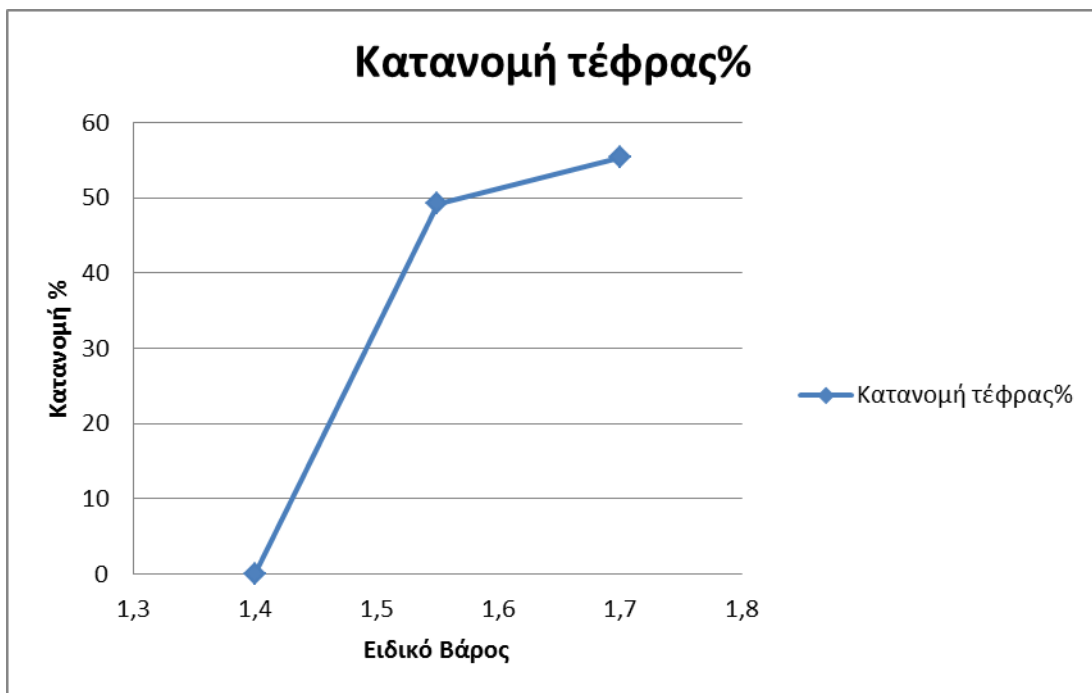
Σχήμα 7. Καμπύλη αθροιστικού βάρους για το κοκκομετρικό κλάσμα +20mm



Σχήμα 8. Καμπύλη αθροιστικής τέφρας για το κοκκομετρικό κλάσμα +20mm



Σχήμα 9. Καμπύλη χαρακτηριστικής περιεκτικότητας για το κοκκομετρικό κλάσμα +20mm



Σχήμα 10. Κατανομή τέφρας στο ελαφρύ σε συνάρτηση με το ε.β. για το κοκκομετρικό κλάσμα +20mm

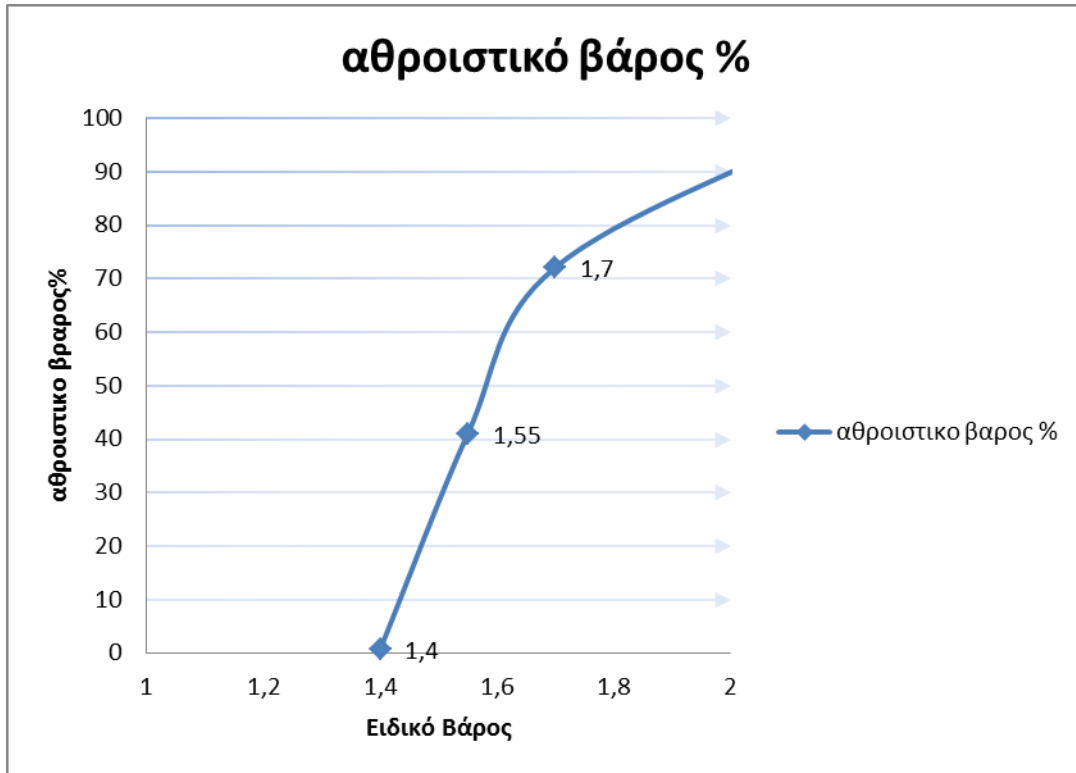


Σχήμα 11. Καμπύλη ανοχής ή δυσκολίας διαχωρισμού για κοκκομετρικό κλάσμα +20mm

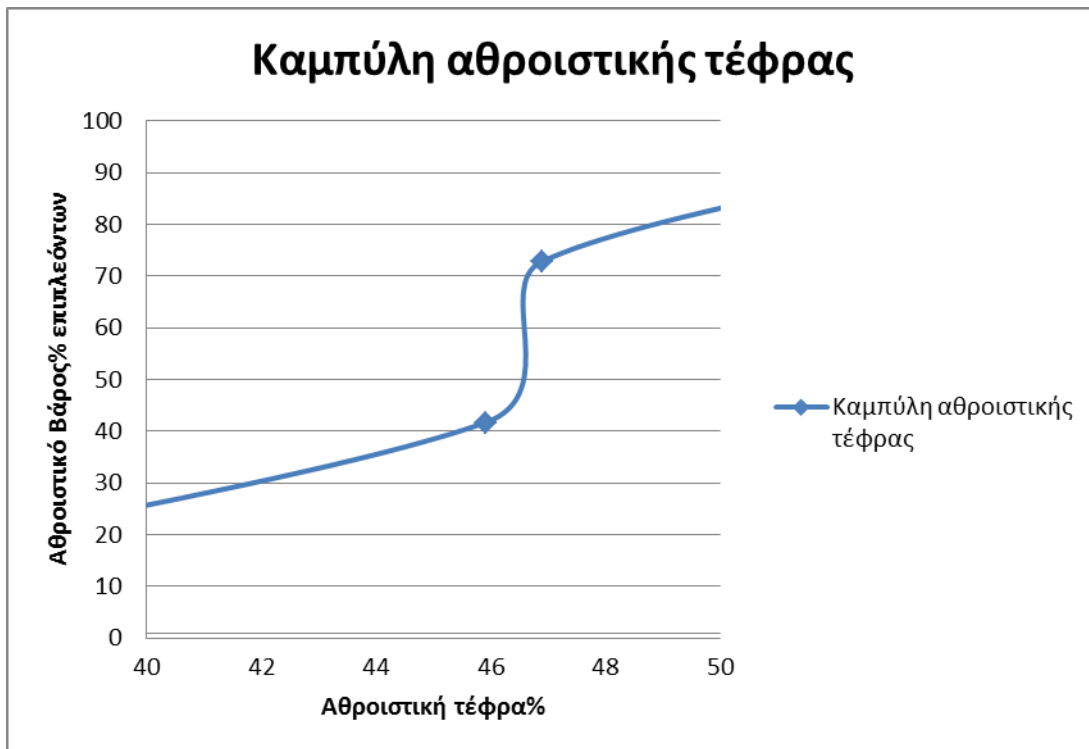
3.4.2. Κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm

Πίνακας 9. Αποτελέσματα ανάλυσης με βαρέα υγρά κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm

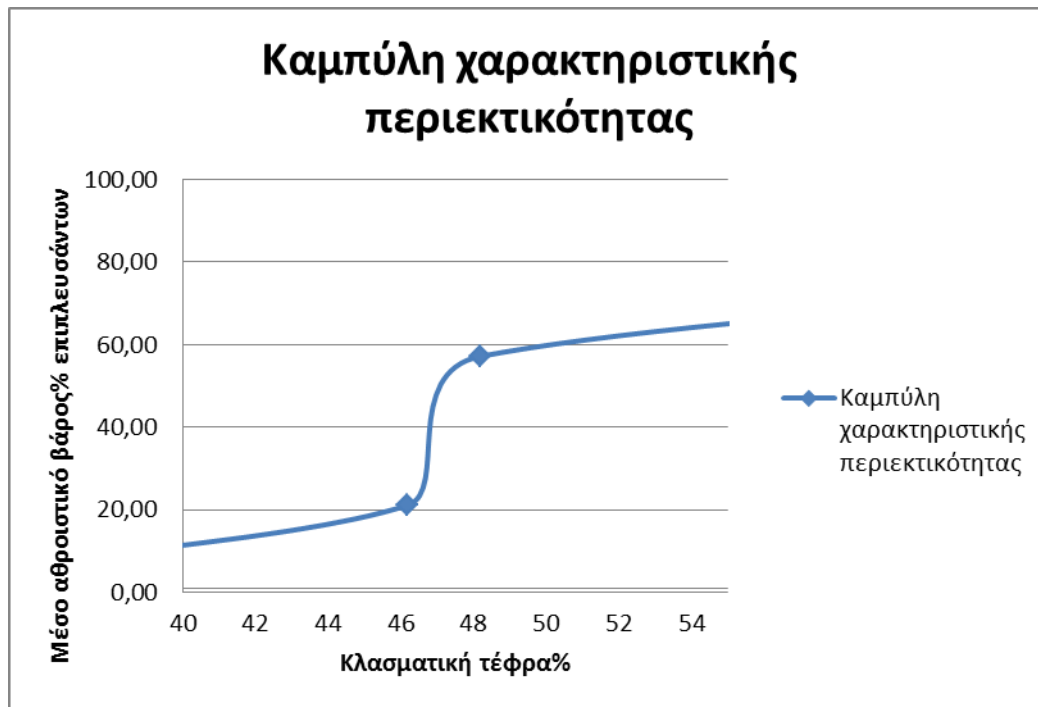
Προϊόν διαχωρισμού	Βάρος %	Αθροιστικό βάρος %	Τέφρα %	Μονάδες τέφρας	Αθροιστικές μονάδες-δεξ τέφρας	Αθροιστική τέφρα%	Κατά-νομή τέφρας%	Ανάκτηση η %	Μέσο αθροιστικό βάρος επιτυλε-όντων	Μεταξύ ± 0,1 E.B.	Μέσο E.B.	Βάρος% μεταξύ ± 0,1 E.B.
-1,4	0,69	0,69	28,50	0,20	0	28,5	0,34	0,34	0,34	-1,4	1,3	0,69
+1,4-1,55	40,94	41,63	46,2	18,92	19,11	45,9	33,10	33,44	21,16	1,3-1,5	1,4	29,01
+1,55-1,7	33,11	72,75	48,2	15,00	34,11	46,9	26,25	59,69	57,19	1,4-1,6	1,5	43,49
+1,7	27,25	100	84,6	23,06	57,17		40,35		86,37	1,5-1,7	1,6	24,1
Τροφο-δοσία	100			57,2			100			1,6-1,8	1,7	10,45
										1,7-	1,8	27,25



Σχήμα 12. Καμπύλη αθροιστικού βάρους για το κοκκομετρικό κλάσμα 20+10mm



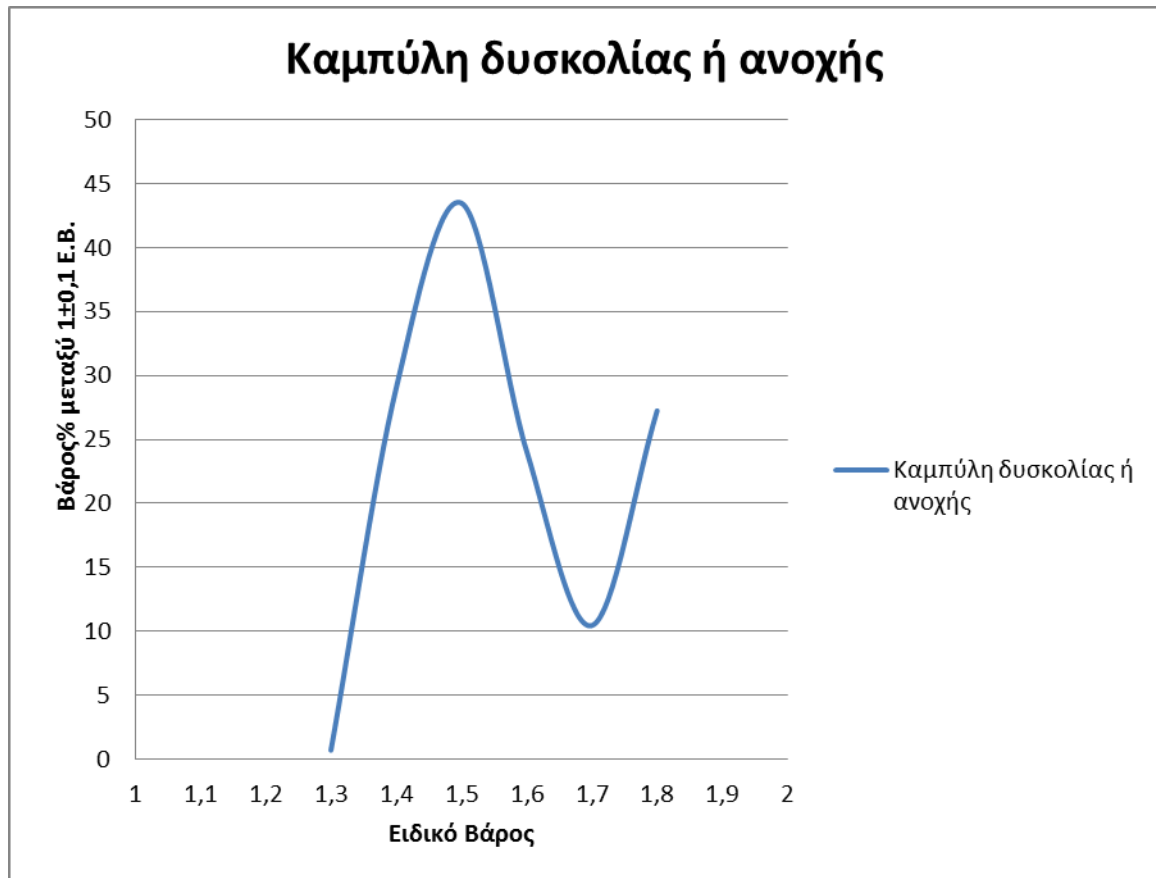
Σχήμα 13. Καμπύλη αθροιστικής τέφρας για το κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm



Σχήμα 14. Καμπύλη χαρακτηριστικής περιεκτικότητας για το κοκκομετρικό κλάσμα - 20+10mm



Σχήμα 15. Κατανομή τέφρας στο ελαφρύ σε συνάρτηση με το ε.β. για το κοκκομετρικό κλάσμα -20 +10 mm

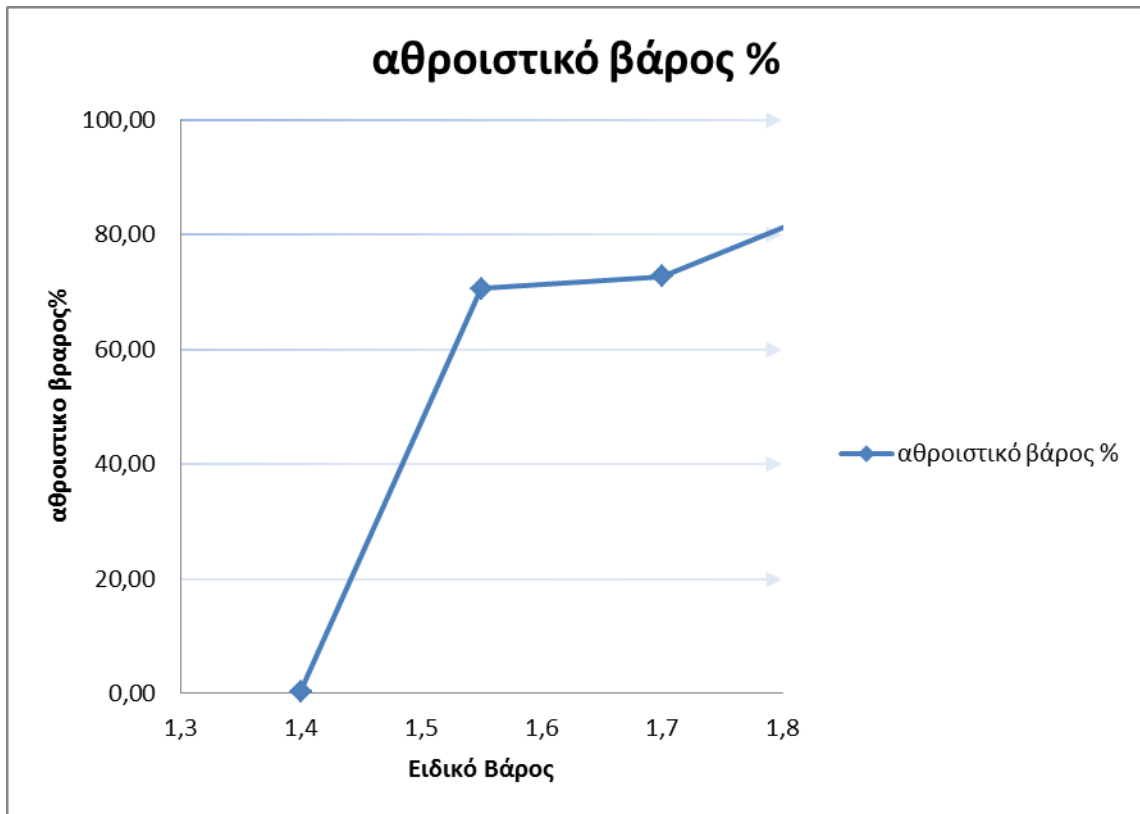


Σχήμα 16. Καμπύλη ανοχής ή δυσκολίας διαχωρισμού για το κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm

3.4.3. Κοκκομετρικό κλάσμα -10mm+6,68mm

Πίνακας 10. Αποτελέσματα ανάλυσης με βαρέα υγρά κοκκομετρικό κλάσμα-10mm+6,68mm

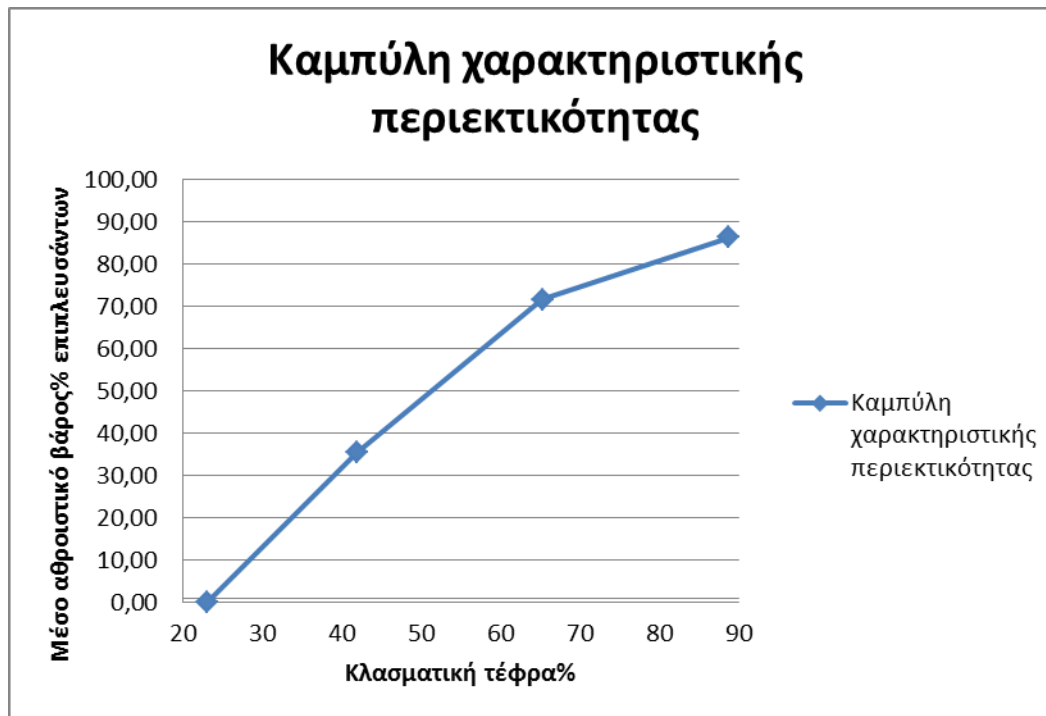
Προϊόν διαχωρισμού	Βάρος %	Αθροιστικό βάρος %	Τέφρα %	Μονάδες τέφρας	Αθροιστικές μονάδες-δес τέφρας	Αθροιστική τέφρα%	Κατά-νομή τέφρας%	Ανάκτηση η %	Μέσο αθροιστικό βάρος επιτυλε-όντων	Μεταξύ ± 0,1 Ε.Β.	Μέσο Ε.Β.	Βάρος% μεταξύ ± 0,1 Ε.Β.
-1,4	0,37	0,37	23,2	0,09	0,09	23,2	0,16	0,16	0,19	-1,4	1,3	0,37
+1,4-1,55	70,21	70,58	41,9	29,42	29,50	41,80	53,38	53,54	35,48	1,3-1,5	1,4	50,83
+1,55-1,7	2,08	72,66	65,3	1,36	30,86	42,47	2,46	56	71,62	1,4-1,6	1,5	70,73
+1,7	27,34	100	88,7	24,25	55,11		44		86,33	1,5-1,7	1,6	21,46
Τροφο-δοσία	100			55,11			100			1,6-1,8	1,7	17,6
										1,7-	1,8	27,34



Σχήμα 17. Καμπύλη αθροιστικού βάρους κοκκομετρικό κλάσμα -10+6,68mm



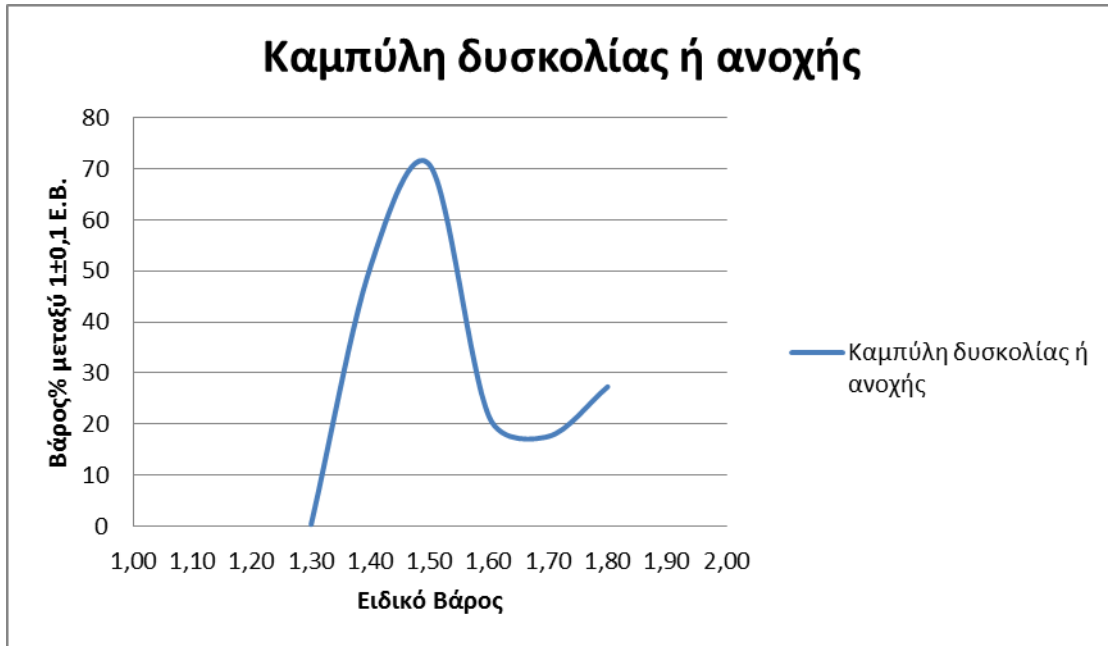
Σχήμα 18 .Καμπύλη αθροιστικής τέφρας για το κοκκομετρικό κλάσμα-10+6,68mm



Σχήμα 19. Καμπύλη χαρακτηριστικής περιεκτικότητας για το κοκκομετρικό κλάσμα - 10mm+6,68mm



Σχήμα 20. Κατανομή τέφρας % κοκκομετρικό κλάσμα -10+6,68 mm

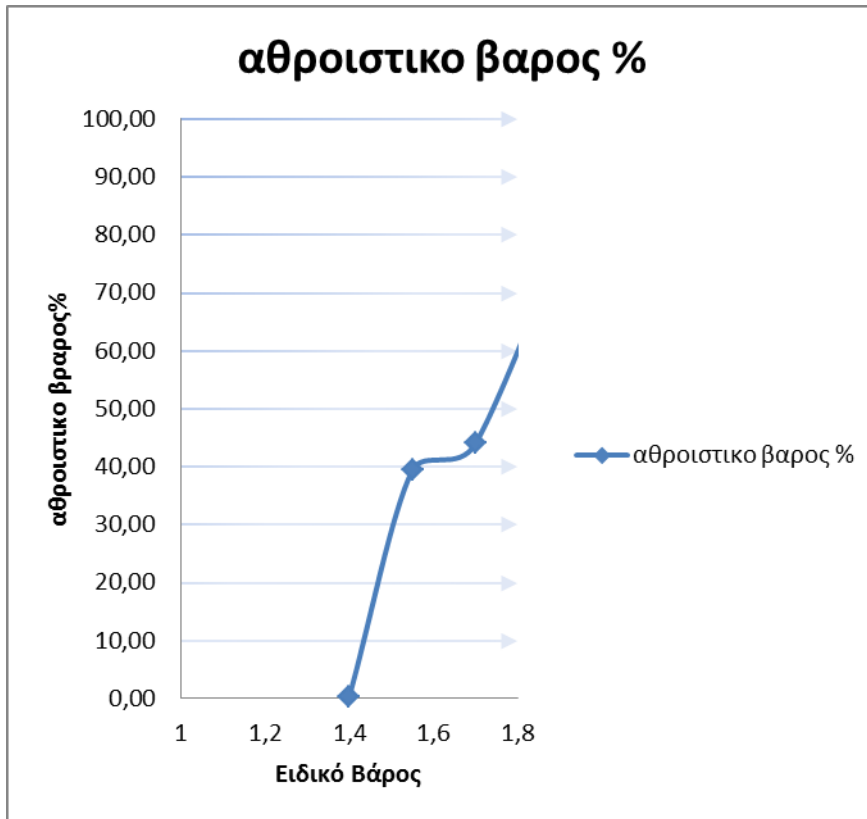


Σχήμα 21. Καμπύλη ανοχής ή δυσκολίας διαχωρισμού για το κοκκομετρικό κλάσμα - 10+6,68mm

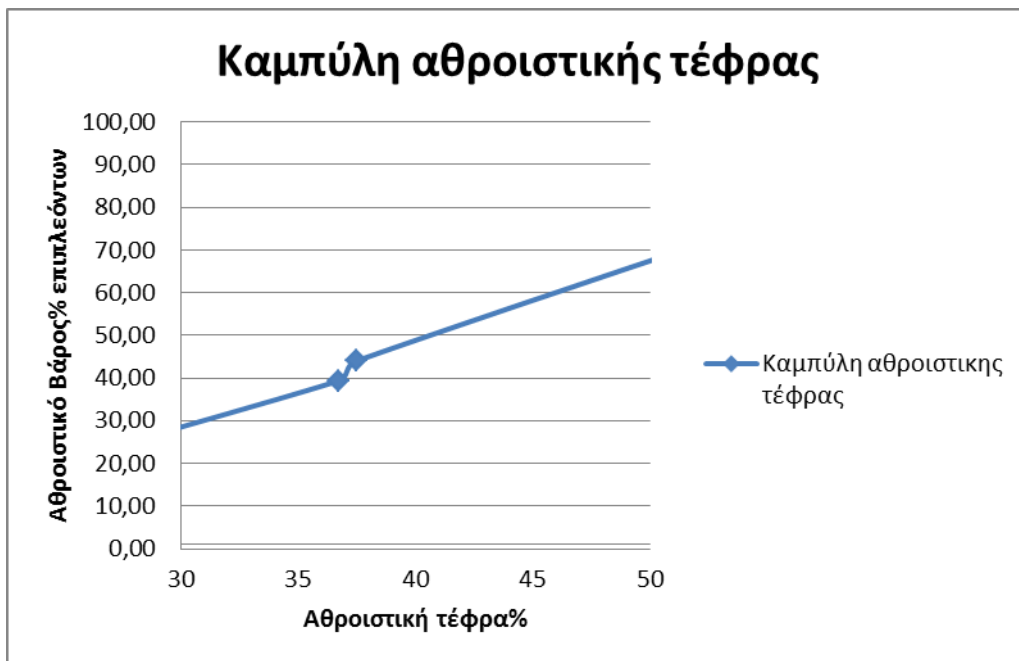
3.4.4.Κοκκομετρικό κλάσμα -6,68 +2,35mm

Πίνακας 11.Αποτελέσματα ανάλυσης με βαρέα υγρά κοκκομετρικό κλάσμα-6,68+2,35mm

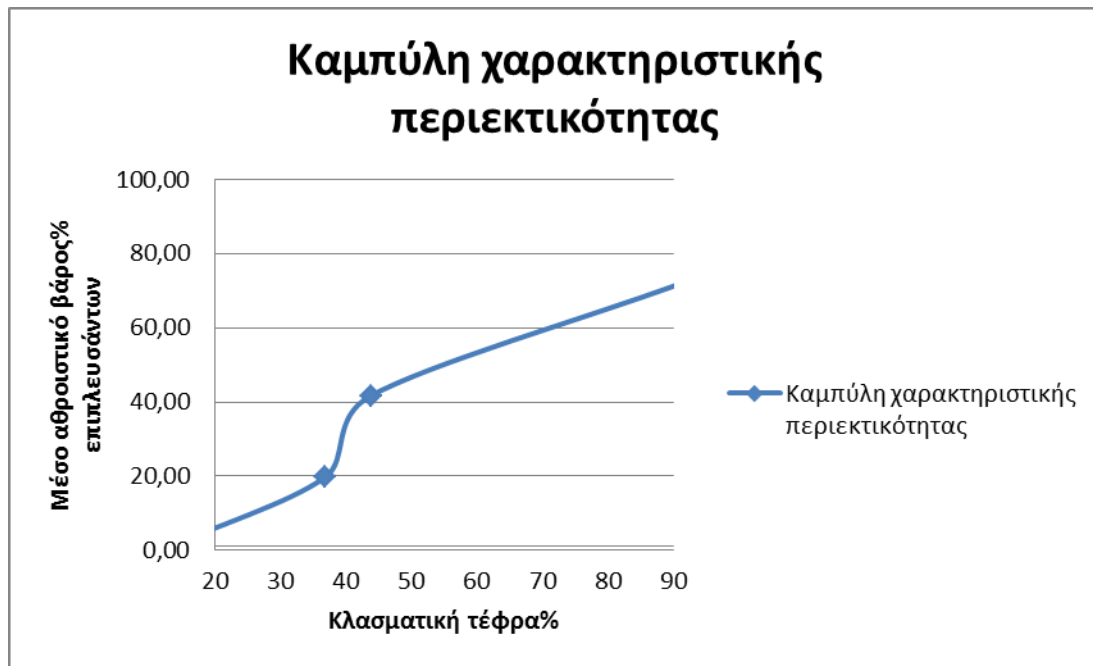
Προϊόν διαχωρισμού	Βάρος %	Αθροιστικό βάρος %	Τέφρα %	Μονάδες τέφρας	Αθροιστικές μονάδες-δες τέφρας	Αθροιστική τέφρα%	Κατά-νομή τέφρας%	Ανάκτηση η %	Μέσο αθροιστικό βάρος επιτυλιδόντων	Μεταξύ ± 0,1 Ε.Β.	Μέσο Ε.Β.	Βάρος% μεταξύ ± 0,1 Ε.Β.
-1,4	0,17	0,17	11,8	0,02	0,02	11,8	0,03	0,03	0,08	-1,4	1,3	0,17
+1,4-1,55	39,19	39,35	36,85	14,44	14,46	36,74	21,37	24,40	19,76	1,3-1,5	1,4	28,4
+1,55-1,7	4,64	43,99	43,8	2,03	16,49	37,49	3,01	24,41	41,67	1,4-1,6	1,5	41,63
+1,7	56,01	100	91,2	51,08	67,57		75,59		72,00	1,5-1,7	1,6	15,59
Τροφο-δοσία	100			67,57			100			1,6-1,8	1,7	18,3
										1,7-	1,8	56,01



Σχήμα 22. Καμπύλη αθροιστικού βάρους για το κοκκομετρικό κλάσμα -6,68 +2,35mm



Σχήμα 23. Καμπύλη αθροιστικής τέφρας για το κοκκομετρικό κλάσμα -6,68 +2,35mm



Σχήμα 24. Καμπύλη χαρακτηριστικής περιεκτικότητας για το κοκκομετρικό κλάσμα -6,68 +2,35mm



Σχήμα 25. Κατανομή τέφρας στο ελαφρύ σε συνάρτηση με το ε.β. για το κοκκομετρικό κλάσμα -6,68+2,35 mm

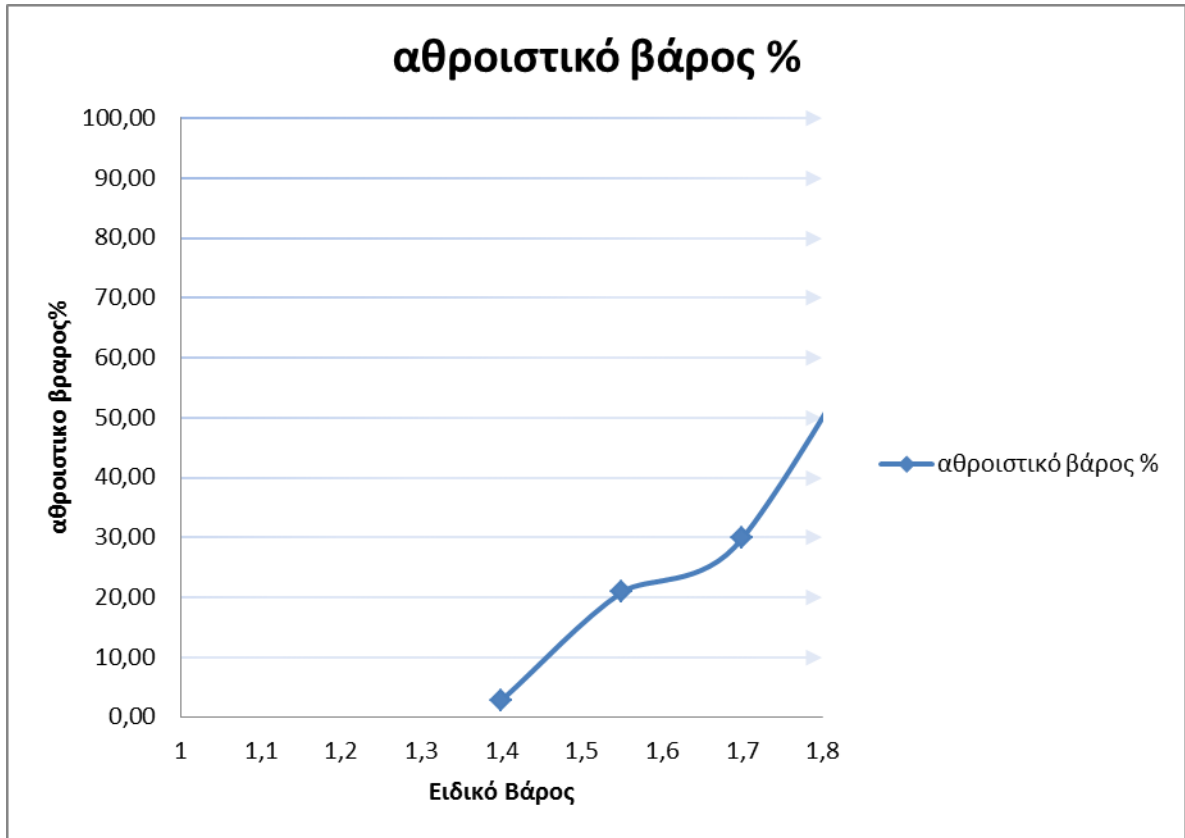


Σχήμα 26. Καμπύλη ανοχής ή δυσκολίας διαχωρισμού για το κοκκομετρικό κλάσμα $-6,68$ $+2,35$ mm

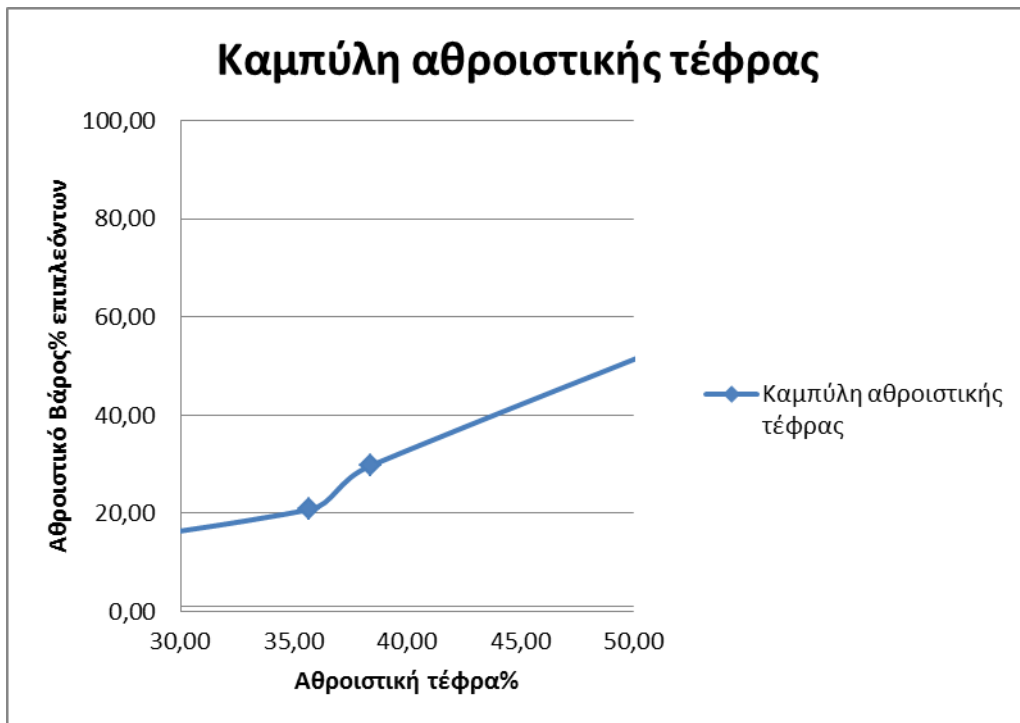
3.4.5.Κοκκομετρικό κλάσμα -2,35mm

Πίνακας 12.Αποτελέσματα ανάλυσης με βαρέα υγρά κοκκομετρικό κλάσμα-2,35mm

Προϊόν διαχωρισμού	Βάρος %	Αθροιστικό βάρος %	Τέφρα %	Μονάδες τέφρας	Αθροιστικές μονάδες-δες τέφρας	Αθροιστική τέφρα%	Κατά-νομή τέφρας%	Ανάκτηση η %	Μέσο αθροιστικό βάρος επιτυλεόντων	Μεταξύ ± 0,1 Ε.Β.	Μέσο Ε.Β.	Βάρος% μεταξύ ± 0,1 Ε.Β.
-1,4	2,74	2,74	9,1	0,25	0,25	9,10	0,33	0,33	1,37	-1,4	1,3	2,74
+1,4-1,55	18,05	20,80	39,73	7,17	7,42	35,69	9,36	9,69	11,77	1,3-1,5	1,4	16,2
+1,55-1,7	8,98	29,78	44,7	4,01	11,44	38,41	5,24	14,93	25,29	1,4-1,6	1,5	20,76
+1,7	70,22	100	92,8	65,17	76,60		85,07		64,89	1,5-1,7	1,6	13,58
Τροφο-δοσία	100			76,60			100			1,6-1,8	1,7	27,9
										1,7-	1,8	70,22



Σχήμα 27. Καμπύλη αθροιστικού βάρους για το κοκκομετρικό κλάσμα -2,35mm



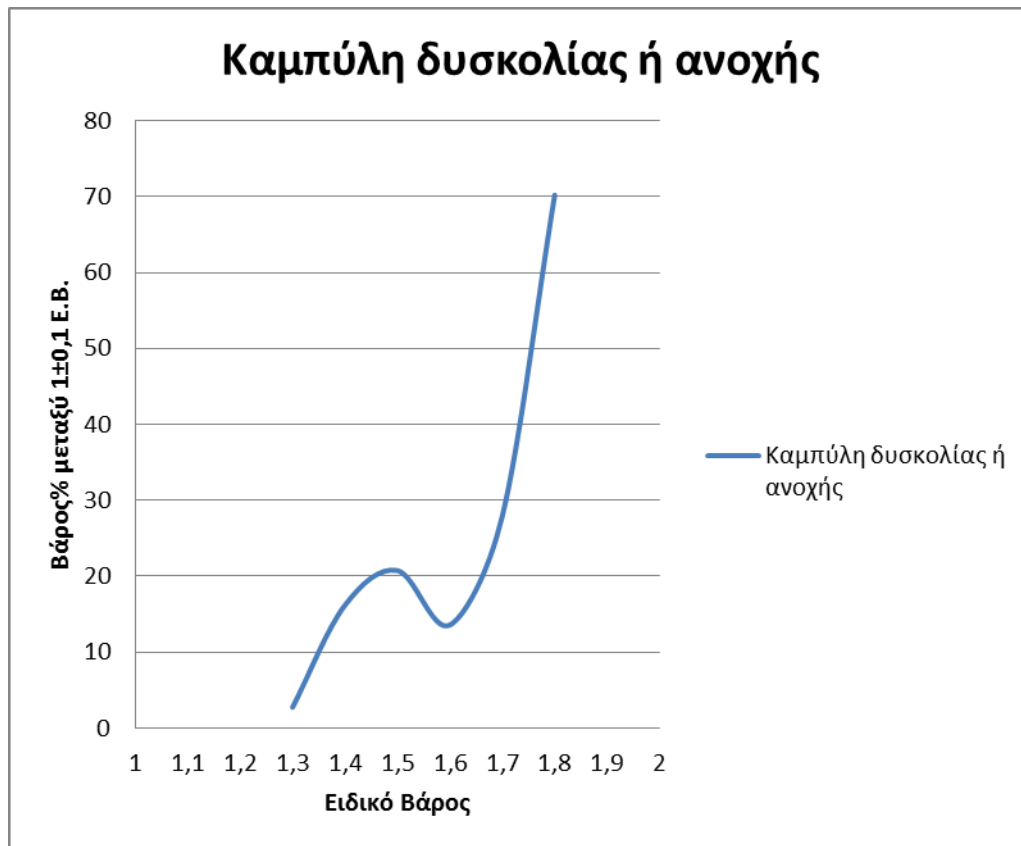
Σχήμα 28. Καμπύλη αθροιστικής τέφρας για το κοκκομετρικό κλάσμα -2,35mm



Σχήμα 29. Καμπύλη χαρακτηριστικής περιεκτικότητας για το κοκκομετρικό κλάσμα -2,35mm



Σχήμα 30. Κατανομή τέφρας για το ελαφρύ για το κοκκομετρικό κλάσμα -2,35 mm



Σχήμα 31. Καμπύλη ανοχής ή δυσκολίας διαχωρισμού για το κοκκομετρικό κλάσμα - 2,35mm

3.5 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την βαρυτομετρική ανάλυση του λιγνίτη Μεγαλόπολης συνοψίζονται στα εξής:

- Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης με β.υ. για το κλάσμα με μέγεθος τεμαχιδίων +20mm, το συμπέρασμα που προκύπτει ότι στην ουσία δεν παρατηρείται ουδεμία διαφοροποίηση της περιεκτικότητας σε τέφρα σε συνάρτηση με το ε.β. Πιο συγκεκριμένα για ε.β. διαχωρισμού 1,55 και 1,70 αντίστοιχα το ελαφρύ προϊόν έχει πολύ μικρή διαφορά στην περιεκτικότητα σε τέφρα. Άρα, για διαχωρισμό σε ε.β. 1,70, λαμβάνεται συμπύκνωμα (ελαφρύ) με βάρος 70% της τροφοδοσίας, περιεκτικότητα 43% περίπου, που είναι περίπου 12 μονάδες μικρότερη από αυτή της τροφοδοσίας ενώ απορρίπτεται περίπου το 45% της τέφρας που περιέχεται στην τροφοδοσία (Πίνακας 8). Αντίθετα, το βαρύ έχει αυξημένη περιεκτικότητα σε τέφρα, περίπου 80% αλλά μικρό %βάρος. Τέλος, σύμφωνα με την καμπύλη δυσκολίας ή ανοχής εμπλουτισμού ο καλύτερος διαχωρισμός γίνεται σε ε.β. 1,6 (Σχήμα 11).
- Για το κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm, παρατηρείται ότι σε ε.β. 1,40 επιπλέει μια αμελητέα ποσότητα λιγνίτη με μικρή περιεκτικότητα σε τέφρα (Πίνακας 9). Όπως προηγουμένως, το ενδιάμεσο προϊόν +1,40-1,70 δεν έχει σημαντική διαφορά στην περιεκτικότητα, που κυμαίνεται μεταξύ 46 και 48%. Συνεπώς και πάλι για

διαχωρισμό σε ε.β. 1,70, το συμπύκνωμα θα είχε βάρος 73% περίπου, τέφρα 47% ενώ στο βυθισθέν καταλήγει το 40% της τέφρας που περιέχεται στην τροφοδοσία. Σύμφωνα με την καμπύλη δυσκολίας ή ανοχής εμπλουτισμού ο καλύτερος διαχωρισμός γίνεται σε ε.β. 1,7 (Σχήμα 16).

- Για το κοκκομετρικό κλάσμα $-10+6,68\text{mm}$, παρατηρείται μια σαφής σταδιακή αύξηση της περιεκτικότητας σε τέφρα των βυθιζομένων καθώς αυξάνει το ε.β. του διαχωρισμού, με την επισήμανση του μικρού βάρους του προϊόντος $+1,55-1,70$. Και για αυτό το κοκκομετρικό κλάσμα ισχύουν οι ίδιες παρατηρήσεις όπως στα προηγούμενα. Για ένα διαχωρισμό σε ε.β. 1,70, το επιπλεύσαν έχει βάρος 72,66% και τέφρα περίπου 42,5% (τέφρα τροφοδοσίας 55,11%). Το προϊόν που βυθίζεται έχει αντίστοιχα 88,7% τέφρα και κατανομή τέφρας 44%. Σύμφωνα με την καμπύλη δυσκολίας ή ανοχής εμπλουτισμού ο καλύτερος διαχωρισμός γίνεται σε ε.β. 1,65 (Σχήμα 21), όπου η κατανομή τέφρας είναι 55% (Σχήμα 20).
- Για το κοκκομετρικό κλάσμα $-6,68+2,35\text{mm}$, παρατηρείται μια σαφής βελτίωση των αποτελεσμάτων για διαχωρισμό σε ε.β. 1,70. Σε αυτό το ε.β. το επιπλεύσαν έχει μικρότερο βάρος (περίπου 44% της τροφοδοσίας) αλλά σαφώς μικρότερη περιεκτικότητα σε τέφρα (37,49% έναντι 67,57% της τροφοδοσίας). Επίσης, εξαιρετικά υψηλή είναι η περιεκτικότητα σε τέφρα του προϊόντος $+1,70$ (91,2% τέφρα) ενώ απορρίπτεται το 75,59% της τέφρας που περιέχεται στην τροφοδοσία. Σύμφωνα με την καμπύλη δυσκολίας ή ανοχής εμπλουτισμού ο καλύτερος διαχωρισμός γίνεται σε ε.β. 1,62 (Σχήμα 26).
- Τέλος, τα συμπεράσματα για το λεπτομερέστερο κοκκομετρικό κλάσμα ($-2,35\text{mm}$) σε γενικές γραμμές είναι όμοια με αυτά του προηγούμενου με την διαφορά ότι τα αποτελέσματα παρουσιάζουν σαφή βελτίωση. Πιο συγκεκριμένα, αυξάνει ελαφρά το βάρος του προϊόντος $-1,40$ με περιεκτικότητα σε τέφρα όμως μόλις 9%. Για τα προϊόντα $+1,40-1,55$ και $+1,55-1,70$ ισχύουν περίπου τα ίδια με το προηγούμενο κοκκομετρικό κλάσμα πλην όμως το $+1,70$ έχει βάρος περίπου 70%, τέφρα 92,8% ενώ απορρίπτεται το 85% της τέφρας που περιέχεται στην τροφοδοσία. Αντίστοιχα, το $-1,70$ έχει βάρος 30% και τέφρα 38,4% (τέφρα τροφοδοσίας 76,60%). Τα βελτιωμένα αποτελέσματα που παρατηρούνται στο κλάσμα $-2,35\text{mm}$ πιθανόν οφείλονται στην καλύτερη αποδέσμευση των τεμαχιδίων του λεπτομερέστερου κλάσματος. Σύμφωνα με την καμπύλη δυσκολίας ή ανοχής εμπλουτισμού ο καλύτερος διαχωρισμός γίνεται σε ε.β. 1,60 (Σχήμα 31) με κατανομή σε τέφρα 11,4% (Σχήμα 30).
- Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση με β.υ. είναι ότι για μέγεθος τεμαχιδίων $-6,68\text{mm}$, τα αποτελέσματα είναι αρκετά βελτιωμένα σε σχέση με τα χονδρομερέστερα, εξ αιτίας του μεγαλύτερου βαθμού αποδέσμευσης. Επίσης, μπορούν να θεωρηθούν ως αρκετά ικανοποιητικά, παρά την σχετικά αυξημένη περιεκτικότητα του προϊόντος σε τέφρα, αν ληφθεί υπ' όψη η πολύ αυξημένη περιεκτικότητα της τροφοδοσίας (σχεδόν διπλάσια). Κάτω από αυτές της συνθήκες θα μπορούσε να γίνει διαχωρισμός του λιγνίτη από το στείρο σε κυκλώνες βαρέων διαμέσων.

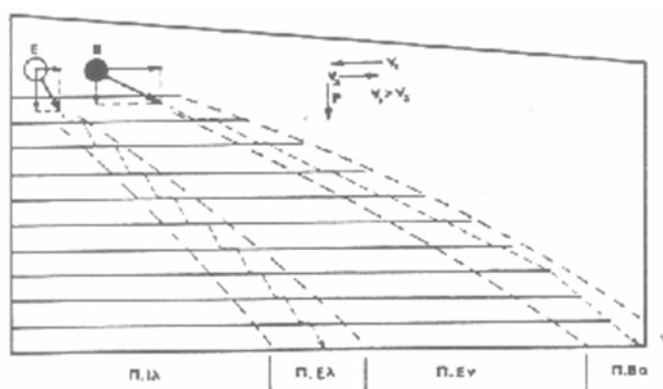
4. Δοκιμές εμπλουτισμού λιγνίτη σε παλλόμενη τράπεζα με ραβδώσεις

4.1 Γενικά

Η τεχνολογική εξέλιξη των παλλόμενων με «ραβδώσεις» τραπεζών δημιούργησαν σταθμό στο βαρυτομετρικό εμπλουτισμό μικρομερών τεμαχίων μεταλλευμάτων. Η αύξηση της ικανότητας επεξεργασίας και της εκλεκτικότητας έδωσε μεγάλη ώθηση στις εφαρμογές, οι οποίες συνεχίζουν μέχρι σήμερα να καλύπτουν σημαντικό πεδίο στις βαρυτομετρικές μεθόδους για το διαχωρισμό μεταλλευμάτων και ορυκτών.

Παρ' όλες τις προσπάθειες ανάπτυξης νέων μηχανημάτων, η επικράτηση της «τράπεζας» είναι ισχυρή και ίσως αναντικατάστατη σε βασικά πεδία εφαρμογών, όπως είναι στον εμπλουτισμό του χρωμίτη, πυρολουσίτη και βαρύτη.

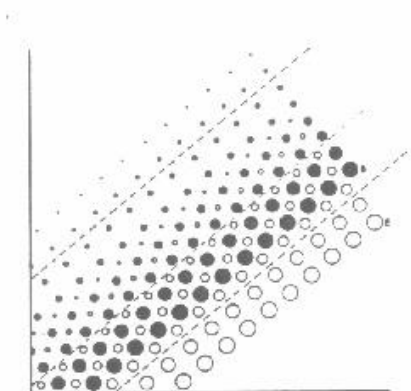
Η αύξηση της δυναμικότητας της τράπεζας με ραβδώσεις προέρχεται από το γεγονός της επεξεργασίας πολυτεμαχιακού στρώματος τεμαχίων σε αντίθεση με τις λείες επιφάνειες καταστρωμάτων που επεξεργάζονται μονοτεμαχιακό στρώμα. Κάθε χώρος μεταξύ δυο γειτονικών ραβδώσεων δημιουργεί συνθήκες παρεμποδιζόμενης καταβύθισης και μικρομερούς διείσδυσης με αποτέλεσμα την αύξηση της εκλεκτικότητας του διαχωρισμού [Α. Ζ. Φραγκίσκου Εμπλουτισμός μεταλλευμάτων και βιομηχανικών ορυκτών].



Σχήμα32. Πορεία τεμαχίων στο κατάστρωμα της τράπεζας

Για τη σχεδίαση μιας τράπεζας εμπλουτισμού ή για τη ρύθμιση της λειτουργίας πρέπει να γίνεται μελέτη οι εξής παράγοντες:

1. Κλίση του καταστρώματος
2. Πάχος της μεμβράνης νερού (παροχής νερού)
3. Σχέση μεταξύ επιτάχυνσης (παλμικής κίνησης) και χρόνου (ταχύτητα και εύρος)
4. Συντελεστής τριβής μεταξύ τεμαχιδίων και καταστρώματος (εάν και εφόσον μπορεί να αλλαχτεί η φύση του καλύμματος του καταστρώματος)
5. Ραβδώσεις



Σχήμα 33. Ιδανική κατανομή τεμαχίων διαφορετικού ειδικού βάρους και μεγέθους στο κατάστρωμα τράπεζας κατά Richards [Φραγκίσκος]

Η δυναμικότητα της τράπεζας, δηλαδή η υπό επεξεργασία ποσότητα τροφοδοσίας ανά ώρα, εξαρτάται από:

1. Το μέγεθος των τεμαχίων
2. Τη μέθοδο διαχωρισμού (χονδροειδής ή καθαρός)
3. Τη διαφορά ειδικών βαρών μεταξύ μεταλλεύματος και στείρου
4. Τη σχετική αφθονία των δεσμευμένων τεμαχιδίων
5. Τη μέση τιμή ειδικού βάρους του μεταλλεύματος

Η ρύθμιση των παραμέτρων εξαρτάται από το μέγεθος των τεμαχιδίων και από το είδος του διαχωρισμού, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 13.

Πίνακας 13. Συνθήκες επεξεργασίας με τράπεζες

Σκοπός επεξεργασίας	Συνθήκες επίτευξης διαχωρισμού
Χονδροειδής διαχωρισμός	Περισσότερο νερό - Περισσότερη τροφοδοσία - Μεγαλύτερη κλίση και εύρος παλμικής κίνησης
Καθαρός διαχωρισμός	Λιγότεροι νερό – Λιγότερη τροφοδοσία – μικρότερη κλίση και εύρος παλμικής κίνησης
Εμπλουτισμός λεπτομερών τεμαχίων	Λιγότερο νερό – Λιγότερη τροφοδοσία – μεγαλύτερη συχνότητα και μικρότερο εύρος παλμικών κινήσεων
Εμπλουτισμός χονδρομερών τεμαχίων	Περισσότερο νερό – Περισσότερη τροφοδοσία – μικρότερη συχνότητα και μεγαλύτερο εύρος παλμικών κινήσεων

4.2 Πειραματική Διαδικασία

Για τις δοκιμές εμπλουτισμού του λιγνίτη Μεγαλόπολης σε παλλόμενη τράπεζα με ραβδώσεις, χρησιμοποιήθηκαν τα εξής κλάσματα :

1. -6,68+4,75mm
2. -4,75+2,35mm
3. -2,35+0,80mm

Το κάθε δείγμα είχε βάρος 200g και προήλθε από αντιπροσωπευτική δειγματοληψία με τη μέθοδο του σταυρού.

Για κάθε κλάσμα επιλέχτηκαν τρεις παροχές νερού και τρεις κλίσεις της τράπεζας.

Οι παροχές νερού που επιλέχτηκαν είναι:

- 3l/min

- 5l/min
- 7l/min

Οι κλίσεις της τράπεζας που εφαρμόστηκαν είναι:

- 12°
- 15°
- 18°

Τα προϊόντα του διαχωρισμού, μετά από ξήρανση 24 ωρών, οδηγήθηκαν για προσδιορισμό της τέφρας.

4.3 Αποτελέσματα δοκιμών σε παλλόμενη τράπεζα

Στους Πίνακες 14 και 15 δίνονται τα αποτελέσματα των δοκιμών σε παλλόμενη τράπεζα για τα κοκκομετρικά κλάσματα -6,68+4,75mm και -4,75+2,35mm αναφορικά με το συμπύκνωμα (ελαφρύ προϊόν). Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει από τους παραπάνω πίνακες είναι ότι ο διαχωρισμός δεν είναι ικανοποιητικός εξ αιτίας του πολύ μικρού βάρους του συμπυκνώματος. Πιο συγκεκριμένα, από τον Πίνακα 14 προκύπτει ότι, για κλίση 12°, το βάρος του συμπυκνώματος είναι πολύ μικρό για όλες τις παροχές νερού που εξετάστηκαν, δεδομένου ότι δεν υπερβαίνει το 1,6%, παρά την πολύ καλή περιεκτικότητά του σε τέφρα σε σύγκριση με την περιεκτικότητα της τροφοδοσίας. Για αύξηση της κλίσης στις 15°, δεν λαμβάνεται συμπύκνωμα για παροχή 3 l/min ενώ για μεγαλύτερες παροχές νερού τα αποτελέσματα δεν διαφοροποιούνται σημαντικά. Για ακόμα μεγαλύτερη κλίση 18°, δεν λαμβάνεται συμπύκνωμα για παροχή νερού 3 l/min και 7 l/min. Αναφορικά με το κοκκομετρικό κλάσμα -4,75+2,35mm τα συμπεράσματα είναι παρόμοια. Πιθανόν τα μη ικανοποιητικά αποτελέσματα για τα συγκεκριμένα κλάσματα να οφείλονται στο σχετικά μικρό ύψος των ραβδώσεων, το οποίο ήταν 6 mm, με συνέπεια να μην μπορεί να δημιουργηθεί ικανοποιητική στρωμάτωση σωματιδίων.

Πίνακας 14. Αποτελέσματα δοκιμών σε τράπεζα για το κοκκομετρικό κλάσμα -6,68+4,75mm

Παροχή νερού l/min	Κλίση 12°		Κλίση 15°		Κλίση 18°	
	Βάρος%	Τέφρα%	Βάρος%	Τέφρα%	Βάρος%	Τέφρα%
3	1,4	28,9	0	0	0	0
5	1,6	26,3	2,95	21,7	3,1	27,7
7	1,55	17,8	1,4	27,2	0	0

Πίνακας 15. Αποτελέσματα δοκιμών σε τράπεζα για το κοκκομετρικό κλάσμα -4,75+2,35mm

Παροχή νερού l/min	Κλίση 12°		Κλίση 15°		Κλίση 18°	
	Βάρος%	Τέφρα%	Βάρος%	Τέφρα%	Βάρος%	Τέφρα%
3	0,6	26,8	1,45	24,2	2,6	21,7
5	1,75	16,3	2,4	32,6	1,2	26,1
7	1,15	29,6	0,95	18,1	0	0

Το επόμενο κοκκομετρικό κλάσμα που οδηγήθηκε για δοκιμές σε παλλόμενη τράπεζα είχε μέγεθος $-2,35+0,80\text{mm}$. Το βάρος του κάθε δείγματος ήταν 200g για κάθε δοκιμή. Τα αποτελέσματα των δοκιμών παρουσιάζονται στον Πίνακα 16 και στα Σχήμα 34 και 35.

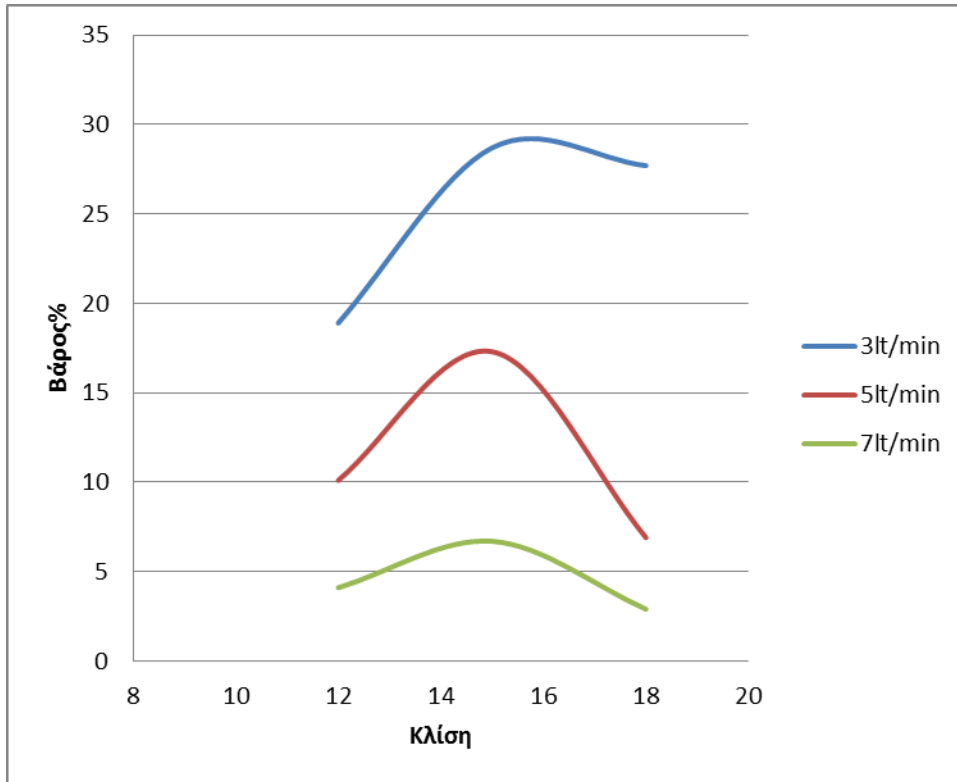
Πίνακας 16. Αποτελέσματα δοκιμών σε τράπεζα για το κοκκομετρικό κλάσμα $-2,35+0,80\text{mm}$

Παροχή νερού (l/min)	Προϊόν	Κλίση 12°		Κλίση 15°		Κλίση 18°	
		Βάρος %	Τέφρα %	Βάρος %	Τέφρα %	Βάρος %	Τέφρα %
3	Β.	55,4	93,2	49,7	89,8	49,1	93,6
	Ενδ.	25,7	79,5	21,6	56,7	23,2	78,3
	Ελ.	18,9	20,4	28,7	22,9	27,7	28,6
	Σύνολο	100	75,92	100	63,45	100	72,5
5	Β.	65,7	91,9	55,4	86,4	67,2	86,9
	Ενδ.	24,2	73,2	27,4	62,4	25,9	68,4
	Ελ.	10,1	22,8	17,3	27,4	6,9	19,8
	Σύνολο	100	80,31	100	69,7	100	77,48
7	Β.	55,7	89,3	69,5	82,5	77,0	84,1
	Ενδ.	22,3	75,8	23,9	77,3	20,1	75,7
	Ελ.	4,1	24,2	6,7	18,3	2,9	12,4
	Σύνολο	100	67,64	100	77,04	100	80,33

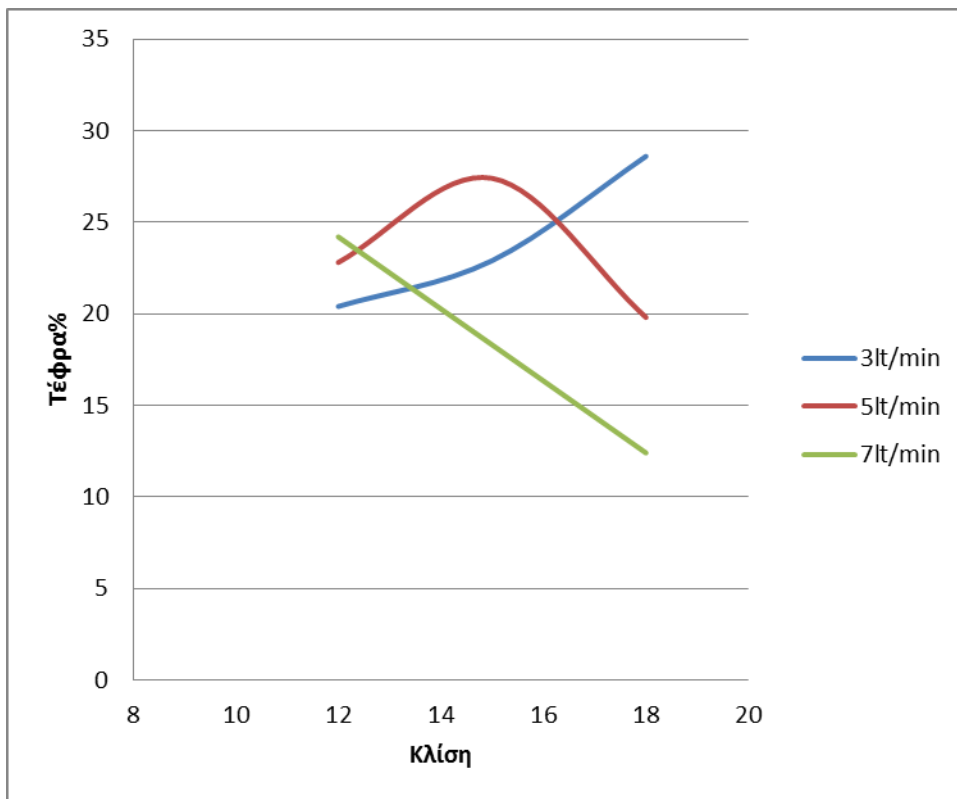
Β. : Βαριά τεμάχια (απόρριμμα)

Ενδ.: Ενδιάμεσα τεμάχια

Ελ.: Ελαφρά τεμάχια (συμπύκνωμα)



Σχήμα34. Επίδραση της κλίσης στο βάρος% συμπυκνώματος (ελαφρύ) για διάφορες παροχές νερού σε δείγματα κοκκομετρικού κλάσματος -2,35+0,80mm.



Σχήμα 35. Επίδραση της κλίσης στη τέφρα% συμπυκνώματος (ελαφρύ) για διάφορες παροχές νερού σε δείγματα κοκκομετρικού κλάσματος -2,35+0,80mm.

Ασφαλές συμπέρασμα από τη μέθοδο της παλλόμενης τράπεζας με ραβδώσεις δεν μπορεί να προκύψει. Σύμφωνα με τα δεδομένα που εξάγονται από τα παραπάνω σχήματα, τα καλύτερα αποτελέσματα τόσο από πλευράς βάρους% [Σχήμα 34] όσο και από πλευράς τέφρας% [Σχήμα 35] λαμβάνονται σε συνθήκες χαμηλής παροχής νερού (3l/min) και κλίσης περίπου 15°.

Όπως φαίνεται από το Σχήμα 34, το βάρος% του συμπυκνώματος στην παροχή νερού 3l/min είναι σαφώς μεγαλύτερο από τις άλλες δυο παροχές νερού. Άρα το δείγμα συμπεριφέρεται καλύτερα σε χαμηλές παροχές νερού. Επίσης, από το ίδιο Σχήμα προκύπτει ότι τα καλύτερα αποτελέσματα λαμβάνονται για κλίση 15°.

Για παροχή νερού 7 l/min και για μεγάλη κλίση, το συμπύκνωμα που προκύπτει έχει μεν μικρή περιεκτικότητα σε τέφρα αλλά πολύ μικρό βάρος.

5. Δοκιμές εμπλουτισμού λιγνίτη σε υδροσυγκεντρωτή Harz

5.1 Γενικά για τον υδροσυγκεντρωτή Harz

Ο υδροσυγκεντρωτής Harz θεωρείται ένας από τους παλαιότερους τύπους. Αρχικά κατασκευαζόταν σχεδόν ολοκληρωτικά από ξύλο. Σήμερα, η μεταλλική μορφή ακολουθεί την ίδια σχεδίαση και με διάφορες μηχανολογικές βελτιώσεις διατίθεται στο εμπόριο από τους κατασκευαστές.

Ο υδροσυγκεντρωτής αυτός χρησιμοποιείται κύρια για τροφοδοσίες μεγέθους 25-5 mm. Η ταξινόμηση της τροφοδοσίας σε ομάδες -25+18 mm, -18+12mm, -12+8 mm, -8+5 mm αποδίδει καλύτερα αποτελέσματα στον εμπλουτισμό.

Το εύρος της παλμικής κίνησης ρυθμίζεται από 0,5-3 cm, ενώ η συχνότητα με αντίστροφη σχέση από 300-100 rpm/min.

Η δυναμικότητα του υδροσυγκεντρωτή Harz σε τόνους τροφοδοσίας κυμαίνεται από 0,4-1,6 t/h και m² σχάρας με αντίστροφη απαιτούμενη ισχύ 10-15HP.

Η κατανάλωση νερού, ανάλογα με τον επιτελούμενο εμπλουτισμό κυμαίνεται μεταξύ 3-10 m² ανά τόνο επεξεργασμένου μεταλλεύματος.

5.2. Διαδικασία δοκιμών εμπλουτισμού λιγνίτη σε υδροσυγκεντρωτή Harz

Στον υδροσυγκεντρωτή Harz οδηγήθηκαν τα εξής κοκκομετρικά κλάσματα:

- +20mm
- -20+10mm
- -10+6,68mm

Η δειγματοληψία για το κάθε ένα κοκκομετρικό κλάσμα έγινε με τη συσκευή δειγματοληψίας Jones. Τα τελικά δείγματα που προέκυψαν είχαν βάρος περίπου 300 γραμμάρια το καθένα.

Οι τροφοδοσίες νερού που χρησιμοποιήθηκαν είναι :

- 4 l/min
- 6 l/min
- 8 l/min

Μετά τον διαχωρισμό στον υδροσυγκεντρωτή Harz τα προϊόντα που πρόεκυψαν οδηγήθηκαν για ξήρανση και στη συνέχεια για ανάλυση σε τέφρα.

5.3 Αποτελέσματα

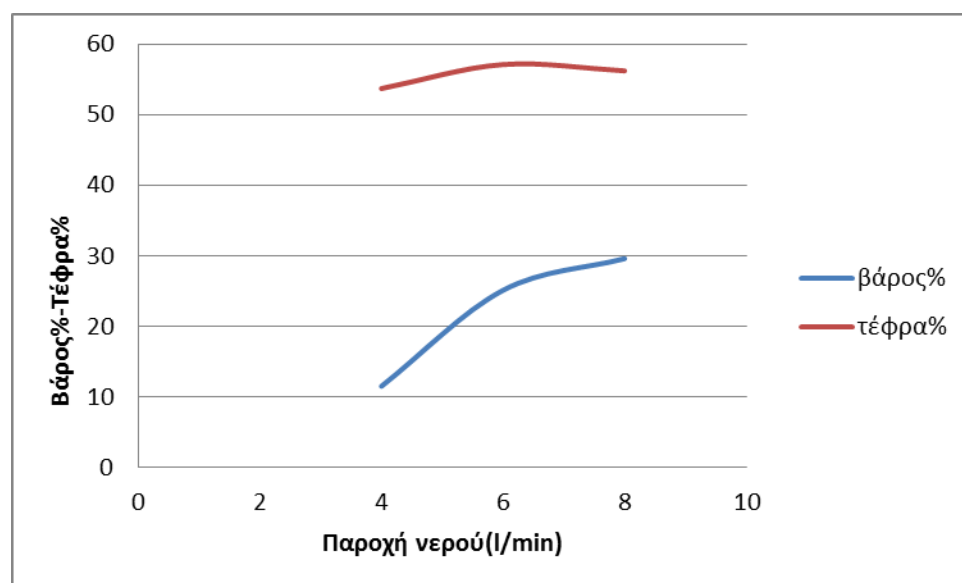
5.3.1 Κοκκομετρικό κλάσμα +20mm

Το σχετικά μεγάλο μέγεθος των τεμαχίων του κλάσματος αυτού καθιστούσε δύσκολη τη χρησιμοποίηση του υδροσυγκεντρωτή, καθόσον ήταν δύσκολη η έξοδος των ελαφριών

τεμαχίων από τον αντίστοιχο οχετό απόληψής τους. Τα αποτελέσματα των δοκιμών για το κοκκομετρικό κλάσμα +20mm δίνονται στον Πίνακα 17 και στο Σχήμα 36.

Πίνακας 17. Αποτελέσματα υδροσυγκεντρωτή Harz για το κοκκομετρικό κλάσμα +20

Παροχή(l/min)	Προϊόντα	Βάρος%	Τέφρα%
4	Βυθιζόμενα	88,5	65,3
	Επιπλέοντα	11,5	53,7
	Σύνολο	100	63,97
6	Βυθιζόμενα	74,9	64,4
	Επιπλέοντα	25,1	57,1
	Σύνολο	100	62,57
8	Βυθιζόμενα	70,4	63,8
	Επιπλέοντα	29,6	56,2
	Σύνολο	100	61,55



Σχήμα 36. Επίδραση της παροχής νερού στο ελαφρύ προϊόν (συμπύκνωμα) του υδροσυγκεντρωτή για το κοκκομετρικό κλάσμα +20mm.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι το ελαφρύ προϊόν (συμπύκνωμα) έχει σχετικά μικρό βάρος, το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 11 και 30% ενώ η περιεκτικότητά του σε τέφρα είναι αρκετά αυξημένη και κυμαίνεται μεταξύ 54 και 57% περίπου. Σε γενικές γραμμές, από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η αύξηση της παροχής του νερού προκαλεί μικρή αύξηση του βάρους του ελαφριού προϊόντος και ταυτόχρονη αύξηση της

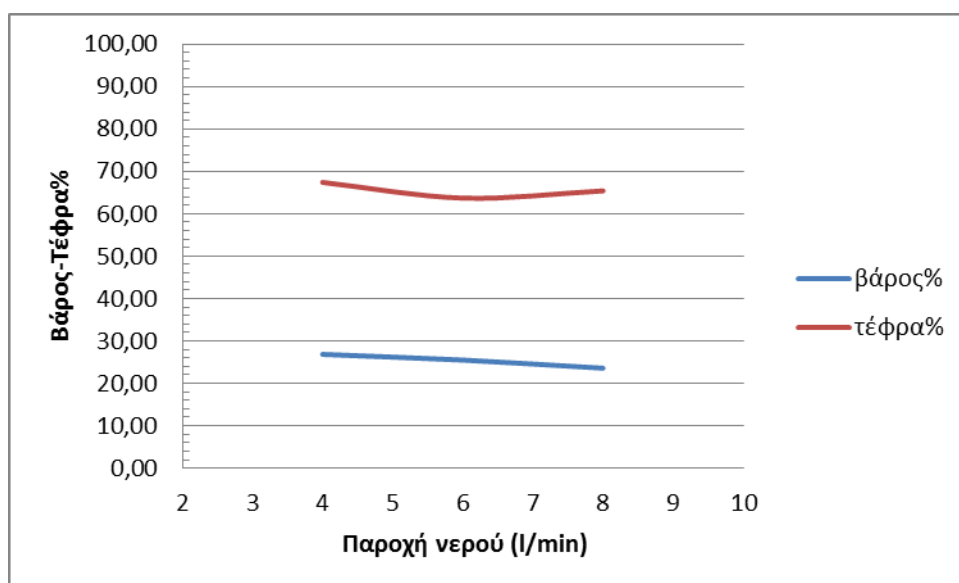
περιεκτικότητάς του σε τέφρα αλλά με μικρότερο ρυθμό σε σχέση με την αύξηση του βάρους.

5.3.2.Κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm

Αυτό το κοκκομετρικό κλάσμα παρουσίασε σχετικά ομαλή συμπεριφορά στον υδροσυγκεντρωτή Harz. Τα τεμάχια εξέρχονταν ομαλά από τον οχετό απόληψης ελαφριών τεμαχίων χωρίς να εμφανίζεται το φαινόμενο των παγιδεύσεων, παρά μόνο σε μικρό βαθμό. Τα αποτελέσματα των δοκιμών παρουσιάζονται στον Πίνακα18 και στο Σχήμα 37.

Πίνακας 18. Αποτελέσματα υδροσυγκεντρωτή Harz για το κοκκομετρικό κλάσμα -20 +10mm

Παροχή l/min	Προϊόντα	Βάρος %	Τέφρα %
4	Βαρύ	73,16	75,2
	Ελαφρύ	26,84	67,4
	Σύνολο	100	73,11
6	Βαρύ	74,50	76,1
	Ελαφρύ	25,50	63,7
	Σύνολο	100	72,94
8	Βαρύ	76,41	74,6
	Ελαφρύ	23,59	65,4
	Σύνολο	100	72,43



Σχήμα 37. Επίδραση της παροχής νερού στο ελαφρύ προϊόν (συμπύκνωμα) του υδροσυγκεντρωτή για το κοκκομετρικό κλάσμα -20+10mm.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι δεν προκύπτει σημαντική διαφοροποίηση στο βάρος ή την περιεκτικότητα σε τέφρα στο ελαφρύ προϊόν (συμπύκνωμα) από τη μεταβολή της παροχής νερού. Το ελαφρύ προϊόν έχει επί τοις εκατό βάρος που κυμαίνεται μεταξύ 23,5 και 27%. Αντίστοιχα, η περιεκτικότητα σε τέφρα παρουσιάζει μια διαφορά σε σχέση με αυτή της τροφοδοσίας (6-10 περίπου μονάδες μικρότερη), χωρίς όμως να πέφτει κάτω από το 63% (κυμαίνεται μεταξύ 63,7 και 67,5%).

Το συμπέρασμα του κοκκομετρικού κλάσματος +10mm είναι ότι ο εμπλουτισμός δεν είναι σημαντικός. Σύμφωνα με τα δεδομένα από τον Πίνακα 18 το βάρος στο ελαφρύ είναι μεταξύ 23%-26%. Η αύξηση της παροχής νερού δεν συντελεί στην βελτίωση των αποτελεσμάτων με την καμπύλη της τέφρας να είναι σχεδόν ευθεία (Σχήμα 37).

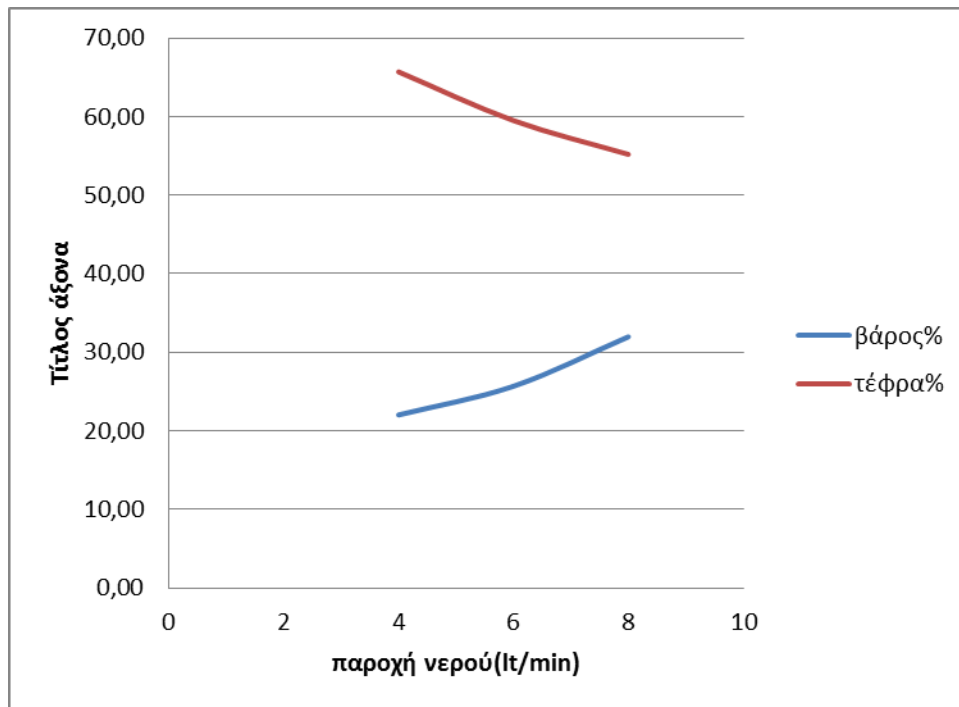
Επίσης από το Σχήμα 37 φαίνεται ότι και η αύξηση του βάρους του προϊόντος δεν μεταβάλλεται με την αύξηση της παροχής νερού με την καμπύλη του Βάρους% να παραμένει και αυτή σταθερή.

5.3.3.Κοκκομετρικό κλάσμα -10 +6,68mm

Αυτό το κοκκομετρικό κλάσμα παρουσίασε ομαλή συμπεριφορά στον υδροσυγκεντρωτή Harz. Το ελαφρύ υλικό εξερχόταν από τον οχετό ελαφρών. Το φαινόμενο των παγιδεύσεων αποτράπηκε λόγω της λειτουργίας της παλμικής κίνησης και της ελαφριάς ανάδευσης του υλικού. Τα αποτελέσματα των δοκιμών παρουσιάζονται στον Πίνακα 19 και στο Σχήμα 38.

Πίνακας 19. Αποτελέσματα υδροσυγκεντρωτή Harz για το κλάσμα -10 +6,68 mm

Παροχή l/min	Προϊόντα	Βάρος %	Τέφρα %
4	Βαρύ	77,97	78,4
	Ελαφρύ	22,03	65,7
	Σύνολο	100	75,60
6	Βαρύ	74,32	81,2
	Ελαφρύ	25,68	59,5
	Σύνολο	100	75,62
8	Βαρύ	68,03	82,8
	Ελαφρύ	31,97	55,2
	Σύνολο	100	73,98



Σχήμα 38. Επίδραση της παροχής νερού στο ελαφρύ προϊόν (συμπύκνωμα) του υδροσυγκεντρωτή για το κοκκομετρικό κλάσμα -10+6,68mm.

Σύμφωνα με το Σχήμα 38, φαίνεται ότι η αύξηση της παροχής νερού έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του %βάρους του ελαφρού προϊόντος, με μέγιστο στη μεγαλύτερη παροχή που χρησιμοποιήθηκε. Πιο συγκεκριμένα, το βάρος του συμπυκνώματος αυξάνει από 22% για παροχή νερού 4 l/min σε 32% περίπου για παροχή 8 l/min.

Σύμφωνα με το ίδιο σχήμα, όσο αυξάνει η παροχή του νερού παρατηρείται μια διαρκής μείωση της τέφρας στο συμπύκνωμα. Πιο συγκεκριμένα, η τέφρα ελαττώνεται από 65,7% για παροχή 4 l/min σε 55,2% για παροχή 8 l/min. Αυτό οφείλεται πιθανόν στην καλύτερη αποδέσμευση των τεμαχίων με την ελάττωση του μεγέθους. Παρά το γεγονός ότι επιτεύχθηκε σημαντική μείωση της περιεχόμενης τέφρας κατά 19 μονάδες για παροχή νερού 8 l/min, η περιεκτικότητα σε τέφρα παραμένει σε σχετικά υψηλά επίπεδα.

Από τα αποτελέσματα της υδροσυγκέντρωσης προκύπτει ότι ο υδροσυγκεντρωτής Harz θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον εμπλουτισμό του συγκεκριμένου κοιτάσματος λιγνίτη για το κοκκομετρικό κλάσμα με πιθανό μέγεθος -10+5 mm, με περαιτέρω διερεύνηση της παροχής νερού αλλά και της επίδρασης της παλμικής κίνησης.

6. Γενικά συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα των δοκιμών σχετικά με τον εμπλουτισμό του λιγνίτη Μεγαλόπολης με βαρυτομετρικές μεθόδους προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Η ανάλυση με βαριά υγρά δείχνει ότι ο διαχωρισμός είναι ικανοποιητικός για τα λεπτομερέστερα μεγέθη -6,68mm και στα οποία αυτό μπορεί να επιτευχθεί σε βιομηχανική κλίμακα με διαχωρισμό σε κυκλώνα βαρέων διαμέσων
- Οι δοκιμές σε υδροσυγκέντρωση δεν έτυχαν σημαντική διαφοροποίηση της περιεκτικότητας του συμπυκνώματος (επιπλεύσαν) σε σχέση με αυτή της τροφοδοσίας, πράγμα που μπορεί να οφείλεται στη μη ύπαρξη αυξημένου βαθμού αποδέσμευσης
- Οι δοκιμές σε παλλόμενη τράπεζα πέτυχαν σημαντική μείωση της περιεκτικότητας της τέφρας στο ελαφρύ προϊόν σε σχέση με την περιεκτικότητα της τροφοδοσίας αλλά όμως το βάρος του συμπυκνώματος ήταν σχετικά μικρό. Σε σχέση με τους υδροσυγκεντρωτές τα αποτελέσματα στην παλλόμενη τράπεζα κρίνονται πιο ικανοποιητικά, που πιθανόν οφείλεται στο μεγαλύτερο βαθμό αποδέσμευσης λόγω του μικρότερου μεγέθους

7.ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΣΥΝΕΧΙΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σύμφωνα με τη μελέτη της όλης εργασίας προκύπτουν οι εξής προτάσεις για συνέχιση της έρευνας:

- Περαιτέρω διερεύνηση της παροχής νερού αλλά και της επίδρασης της παλμικής κίνησης στον εμπλουτισμό λιγνίτη στον υδροσυγκεντρωτή Harz.
- Διερεύνηση της επίδρασης της μεταβολής της συχνότητας και του εύρους της παλμικής κίνησης της τράπεζας στον εμπλουτισμό λιγνίτη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αντώνη Ζ. Φραγκίσκου "Εμπλουτισμός μεταλλευμάτων και βιομηχανικών ορυκτών" 1995
2. <https://www.google.gr/search?q=λιγνιτης>
3. Κώστας Νικολόπουλος" Η μεσαία λιγνιτοφόρα στοιβάδα στο ορυχείο Μαραθούσης της Λεκάνης Μεγαλόπολης: Παλιό περιβάλλον απόθεσης" ,πτυχιακή εργασία, Πάτρα 2010
4. <http://www.dei.gr>
5. [http:// lithos.geology.upatras.gr](http://lithos.geology.upatras.gr)
6. Γεώργιος Τασσόπουλος "Χημική μελέτη τυρφώδους λιγνίτη Μεγαλόπολης", διδακτορική διατριβή, Αθήνα 1997
7. Φυλλάδια εργαστηρίων εμπλουτισμού
8. Παππά Όλγα "Μελέτη του ενεργειακού πεδίου της Μεγαλόπολης στο νομό Αρκαδίας", πτυχιακή εργασία, Χανιά 2006
9. Κούβελα Ιωάννα "Μελέτη του ενεργειακού κύκλου ελληνικού Α.Η.Σ σε συνθήκες μεικτής καύσης ξηρού με φυσικό λιγνίτη"
10. <http://el.wikipedia.org/wiki>