



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ
ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟ

ΚΡΕΜΠΕΝΙΟΣ ΗΛΙΑΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Καθηγητής Γεώργιος Εξαδάκτυλος (Επιβλέπων)

Καθηγητής Μιχαήλ Γαλετάκης

ΕΔΙΠ Γεώργιος Σαράτσης

Χανιά, 2020

*Try always to combine theory and practice and to confront ideas and experience. " Leopold
Müller (1982)*

Η έγκριση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας από την Εξεταστική Επιτροπή δεν υποδηλώνει αναγκαία την αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής εργασίας μου κύριο Γεώργιο Εξαδάκτυλο, για τις γνώσεις που μου προσέφερε στα πλαίσια της διπλωματικής μου εργασίας όσο και στα πλαίσια του ακαδημαϊκού προγράμματος σπουδών όπως επίσης και για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος.

Εν συνεχεία, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, κύριο Μιχαήλ Γαλετάκη για την βοήθεια του κατά την διάρκεια των σπουδών μου, τον χρόνο που αφιέρωσε για την αξιολόγηση της παρούσας εργασίας καθώς και για την συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή.

Βεβαίως θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Δρ. Γεώργιο Σαράτση για την πολύπλευρη βοήθεια του στην ολοκλήρωση της εργασίας, την κατανόηση και την υποστήριξη που έδειξε καθ' όλη την διάρκεια, όπως επίσης και για την καλή μας συνεργασία.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Βασίλη Βασιλόπουλο πρόεδρο της Λιγνιτικής Μεγαλόπολης Α.Ε. για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε, όπως επίσης τον κύριο Νίκο Φραντζεσκάκη Μεταλλειολόγο Μηχανικό και τον κύριο Βαγγέλη Πανταζή Τοπογράφο Μηχανικό, της Λιγνιτικής Μεγαλόπολης Α.Ε., για τις συμβουλές που μου προσέφεραν για την πραγμάτωση της εργασίας, την άριστη συνεργασία που είχαμε αλλά και τον χρόνο που αφιέρωσαν.

Επίσης δεν γίνεται να μην ευχαριστήσω τους φίλους μου για τις πολύ ωραίες στιγμές που μου χάρισαν όλα αυτά τα χρόνια, όπως επίσης και για την υποστήριξη τους.

Τέλος, ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ θα πρέπει να πάει στην οικογένεια μου, τους γονείς μου και τα αδέρφια μου, για τα εφόδια και την υποστήριξη που μου έδωσαν καθ' όλη την διάρκεια των φοιτητικών μου σπουδών όπου και τους αφιερώνω την παρούσα διπλωματική μου εργασία.

Περίληψη

Η εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. **Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός της επέκτασης της υπαίθριας εκμετάλλευσης λιγνιτικού κοιτάσματος στην περιοχή της Μεγαλόπολης και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή του Δυτικού Χωρεμίου.**

Αρχικά, αναφέρονται γενικά στοιχεία για την γένεση του λιγνίτη και πιο συγκεκριμένα για την λεκάνη της Μεγαλόπολης. Ειδικότερα χαρακτηριστικά του λιγνίτη της περιοχής, σημειώνονται στην συνέχεια όπως και μία μικρή ιστορική ανασκόπηση για την Μεγαλόπολη ως λιγνιτικό μεταλλευτικό κέντρο.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται γεωμορφολογικά και γεωλογικά στοιχεία για τη λιγνιτοφόρο λεκάνη στην περιοχή της Μεγαλόπολης. Γίνεται αναφορά για την τεκτονική και στρωματογραφική διάρθρωση της περιοχής καθώς και για το λιγνιτωρυχείο του Χωρεμίου.

Στο κεφάλαιο 3, αναφέρονται πληροφορίες για τις επιφανειακές εκμεταλλεύσεις όπως επίσης και για τα συστήματα εξόρυξης των συνεχών μεθόδων εκμετάλλευσης. Παρουσιάζεται η γενική διαδικασία εξόρυξης των λιγνιτικών κοιτασμάτων όσο και η επιφανειακή εκμετάλλευση στην περιοχή. Ωστόσο γίνεται αναφορά για την διαδικασία των αποθέσεων αλλά και του συγκροτήματος εξόρυξης σε ένα λιγνιτωρυχείο. Ειδικότερα, αναλύονται τα μέρη από τα οποία απαρτίζεται ένας καδοφόρος εκσκαφέας, όπως επίσης και τον μηχανολογικό εξοπλισμό αποκόμισης που τον συνοδεύει κατά την διάρκεια της εξόρυξης. Τέλος, παρουσιάζεται η μέθοδος με την οποία λειτουργεί ένας καδοφόρος εκσκαφέας στα περισσότερα μέτωπα της Μεγαλόπολης.

Στο τελικό μέρος της διπλωματικής εργασίας, που παρουσιάζεται στα Κεφάλαια 4 και 5 παρουσιάζονται όλα τα δεδομένα τα οποία χρειάστηκαν για την ολοκλήρωση της εργασίας από τον συγγραφέα, η διαχείριση και αποθήκευση των δεδομένων σε βάση δεδομένων, και οι απαραίτητες εργασίες που έγιναν για τον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης κατά την αρχική φάση όσο και για το τελικό στάδιο. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε και σχεδιάστηκε η ετήσια προχώρηση για τα πρώτα δύο έτη, καθώς έγινε και μία μικρή αναφορά για την σχέση αποκάλυψης. Τέλος, έγινε υπολογισμός των αποθεμάτων και της σχέσης αποκάλυψης.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	iii
Περίληψη.....	iv
Κατάλογος εικόνων	vi
Κατάλογος πινάκων.....	x
Κεφάλαιο 1 ^ο : Η λιγνιτογένεση και η Λιγνιτική Μεγαλόπολης	1
1.1 Γενικά για την γένεση και την φύση των λιγνιτών.....	1
1.2 Λιγνιτογένεση και χαρακτηριστικά λιγνίτη Μεγαλόπολης.....	2
1.2.1 Λιγνιτογένεση Μεγαλόπολης.....	2
1.2.2 Χαρακτηριστικά του λιγνίτη Μεγαλόπολης.....	2
1.3 Ιστορική ανασκόπηση Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης (Λ. Κ. Μ.).....	3
Κεφάλαιο 2 ^ο : Γεωμορφολογική - Γεωλογική επισκόπηση για την ευρύτερη περιοχή της Μεγαλόπολης και της περιοχής μελέτης.....	5
2.1 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής της Μεγαλόπολης	5
Εικόνα.....	6
2.2 Γεωλογία της λεκάνης της Μεγαλόπολης	6
2.2.1 Τεκτονική και Στρωματογραφική διάρθρωση της λεκάνης Μεγαλόπολης.....	8
2.2.1.1 Πλειόκαινο	8
2.2.1.2 Πλειστόκαινο.....	9
2.2.1.3 Ολόκαινο	11
2.3 Λιγνιτωρυχείο πεδίου Χωρεμίου.....	11
Κεφάλαιο 3 ^ο : Επιφανειακές εκμεταλλεύσεις – Μέθοδοι και συγκρότημα εξόρυξης.....	14
3.1 Γενικά για τις Συνεχείς μεθόδους εξόρυξης.....	14
3.2 Εξόρυξη λιγνίτη στο Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης	14
3.2.1 Γενικά για την εξόρυξη λιγνίτη	14
3.2.2 Μέθοδος της συνεχούς εξόρυξης επιφανειακής εκμετάλλευσης	15
3.2.3 Απόθεση λιγνίτη και αγόνων.....	18
3.3 Συγκρότημα εξόρυξης.....	20
3.3.1 Εισαγωγή.....	20
3.3.2 Περιγραφή καδοφόρου εκσκαφέα (Κ. Ε.).....	21
3.4 Μέθοδος εργασίας με καδοφόρο εκσκαφέα.....	26
3.4.1 Ένταξη και λειτουργία καδοφόρου εκσκαφέα	27
3.4.2 Παράλληλος τρόπος εκσκαφής	27
3.4.3 Διαμόρφωση πρανών μέσω καδοφόρου εκσκαφέα.....	29

Κεφάλαιο 4°: Σχεδιασμός επέκτασης υπαίθριας εκμετάλλευσης λιγνιτικού κοιτάσματος	30
4.1 Περιγραφή δεδομένων και περιοχής σχεδίασης.....	31
4.2 Μοντελοποίηση του λιγνιτικού κοιτάσματος.....	33
4.3 Υπολογισμός όγκου με την μέθοδο των παράλληλων τομών και σύγκριση των αποτελεσμάτων.....	40
4.4 Σχεδιασμός επέκτασης της υπαίθριας εκμετάλλευσης.....	43
4.4.1 Δημιουργία τοπογραφικού υπόβαθρου στην αρχική φάση	43
4.4.2 Οριοθέτηση της περιοχής εκμετάλλευσης.....	45
4.4.3 Σχεδιασμός της πρώτης εκσκαφής του ορυχείου	48
4.4.3.1 Υπολογισμός οριακών διαστάσεων της εκμετάλλευσης	48
4.4.3.2 Υπολογισμός της ετήσιας προχώρησης της εκμετάλλευσης.....	49
4.5 Σχεδιασμός & εξέλιξη της εκμετάλλευσης για τα πρώτα 2 έτη	50
4.6 Σχέση αποκάλυψης στις επιφανειακές εκμεταλλεύσεις	53
4.7 Σχεδιασμός της εκμετάλλευσης σε ενδιάμεση φάση.....	56
4.8 Υπολογισμός αποθεμάτων και συνολικής σχέσης αποκάλυψης.....	59
4.8.1 Υπολογισμός αποθεμάτων.....	59
4.8.2 Υπολογισμός της σχέσης αποκάλυψης SR	64
Κεφάλαιο 5°: Συμπεράσματα – προτάσεις	64
➤ Διεθνής βιβλιογραφία.....	66
➤ Ελληνική βιβλιογραφία	67
➤ Ιστοσελίδες.....	68

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Ορυκτό Λιγνίτης (https://www.orykta.gr/)	1
Εικόνα 2: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης και λιθοστρωματογραφία της λεκάνης Μεγαλόπολης (van Vugt et al., 2000)	4
Εικόνα 3 : (Σχέδιο Λ. Κ. Μ. 24 Α/08) Τοπογραφικός χάρτης φυσικού εδάφους στην περιοχή της Μεγαλόπολης. (Καραγιάννης, 2016)	6
Εικόνα 4: Γεωλογικός χάρτης της λεκάνης της Μεγαλόπολης (τροποποιημένος από Ι.Γ.Μ.Ε 1997) (Νικολόπουλος, Κ., 2010).....	7
Εικόνα 5: Κάθετη τομή D-D κατά μήκος των ορυχείων λιγνίτη της λεκάνης Μεγαλόπολης όπου φαίνεται η στρωματογραφική θέση του αρχαιολογικού χώρου Μαραθούσας (Siavalas et al., 2009).....	8
Εικόνα 6: Η στρωματογραφική διάρθρωση των ιζημάτων της λεκάνης της Μεγαλόπολης σε συνδυασμό με το κλίμα και το περιβάλλον γένεσής τους (Vinken 1965).....	10
Εικόνα 7: Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής του Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης (Δρούκας, 2018).	13

Εικόνα 8: Σχηματική απεικόνιση επιφανειακής εκμετάλλευσης λιγνίτη (Καραγιάννης, 2016).	15
Εικόνα 9: Απολήπτης Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης εν ώρα λειτουργίας.....	16
Εικόνα 10: Εργασίες για την μετάθεση του ταινιοδρόμου του Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης στην περιοχή του Δυτικού Χωρεμίου.	17
Εικόνα 11: Διευθυντικές ταινίες του Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης.	19
Εικόνα 12: Σχηματική παράσταση καδοφόρου εκσκαφέα όπου απεικονίζεται: 1. το σύστημα πορείας 2. η κατωδομή 3, 4. η περιφερόμενη ανωδομή 5. ο βραχίονας καδοτροχού 6. ο καδοτροχός 7. το σύστημα ανύψωσης του βραχίονα 8. ο βραχίονας ταινίας φόρτωσης (Γαλετάκης, 2013).	20
Εικόνα 13: Διάταξη των τριών ζευγών ερπυστριών του εκσκαφέα (Καβουρίνος, 2015), α. Ευθύγραμμη πορεία β. Καμπυλόγραμμη πορεία.....	22
Εικόνα 14: Καδοφόρος εκσκαφέας όπου απεικονίζεται η κατωδομή (2) και η περιφερόμενη ανωδομή (3, 4). (Γαλετάκης, 2013).....	22
Εικόνα 15 : Καδοφόρος εκσκαφέας εν ώρα λειτουργίας στο πεδίο Δυτικό Χωρέμι του Λ.Κ.Μ. όπου διακρίνεται η κατωδομή, το σύστημα πορείας, η ανωδομή και 1. ο βραχίονας του καδοτροχού 2. ο καδοτροχός 3. ο πύργος 4. ο βραχίονας απόρριψης. 5. και παράλληλα από τον καδοφόρο εκσκαφέα φαίνεται η μεταφορική ταινία.	24
Εικόνα 16: Καδοφόρος εκσκαφέας Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολη, εκτός λειτουργίας. ..	25
Εικόνα 17 : Ταινιόχρημα σε ώρα λειτουργίας του Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης, στο πεδίο Δυτικό Χωρέμι, όπου απεικονίζεται 1. η κατωδομή και 2. η ανωδομή.....	26
Εικόνα 18: Διαδικασία εξόρυξης (κοπή κατά βαθμίδες) με καδοφόρο εκσκαφέα, με δρεπανοειδής μορφή του όγκου που εξορύσσεται κατά μία περιφορά του βραχίονα παραλαβής του εκσκαφέα (Γαλετάκης, 2013).	27
Εικόνα 19: Παράλληλος τρόπος εκσκαφής με καδοφόρο εκσκαφέα (Γαλετάκης, 2013).	28
Εικόνα 20: Τα πρηνή ενός ορυχείου: (1. Μετωπικό πρηνές, 2. Πλευρικό πρηνές, 3. Τελικό πρηνές)	29
Εικόνα 21: Άποψη περιοχής μελέτης από Νότο προς Βορρά	30
Εικόνα 22: Άποψη περιοχής μελέτης από Βορρά προς Νότο.	30
Εικόνα 23 : Γεώτρηση 12/60 Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης στην περιοχή του Δυτικού Χωρεμίου.....	31
Εικόνα 24: Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής σχεδίασης στο Δυτικό Χωρέμι.	32
Εικόνα 25: Γεωλογική τομή 47 του Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης.	33
Εικόνα 26: Εισαγωγή σημείων των γεωτρήσεων στην περιοχή μελέτης με την χρήση του προγράμματος Civil 3D.....	34
Εικόνα 27: Όψη της γεώτρησης 12/60 του Λ. Κ. Μ.	34
Εικόνα 28: Γεωτρήσεις με ένα μέρος τους να βρίσκεται πάνω από την τοπογραφία της περιοχής.....	35
Εικόνα 29: Κάτοψη, όπου εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα οι ευθείες για την δημιουργία παραλληλογράμμων ανάμεσα στις γεωλογικές τομές καθώς και οι διαστάσεις των αποστάσεων μεταξύ των τομών.	36
Εικόνα 30: Τρισδιάστατη απεικόνιση γεωτρήσεων και τομών.	36
Εικόνα 31: Κάτοψη τομής 41.	37
Εικόνα 32: Πλάγια όψη της τομής 41	37
Εικόνα 33: Συγκεντρωμένες τομές με τους λιγνιτικούς ορίζοντες	37

Εικόνα 34: α) λιγνιτικός ορίζοντας Ib από όλες τις τομές και με μαύρο χρώμα απεικονίζονται τα κολάρα των γεωτρήσεων, β) προβολή των σημείων σε 2D ορίζοντες (μαύρες οριζόντιες γραμμές).	38
Εικόνα 35: Στερεό που δημιουργήθηκε μεταξύ των διατομών, έπειτα από χρήση της εντολής LOFT του Civil 3D. Τα κενά που υπάρχουν ανάμεσα των διατομών σε ορισμένα σημεία όπως φαίνεται, κάτω και αριστερά στην εικόνα, οφείλεται στο ότι σε εκείνο το σημείο δεν υπήρχαν δεδομένα.	38
Εικόνα 36: Κάτοψη των δημιουργηθέντων στερεών, όπου κάθε ένα χρώμα προσδιορίζει και έναν λιγνιτικό ορίζοντα ανεξαρτήτου του βάθους του.	39
Εικόνα 37: Πλάγια όψη δημιουργηθέντων στερεών.	39
Εικόνα 38: Τομές για τον λιγνιτικό ορίζοντα Ib.	41
Εικόνα 39: Ογκομέτρηση με την μέθοδο των παράλληλων τομών όπου A_0 έως A_n είναι τα εμβαδά των τομών και d η μεταξύ τους απόσταση. (Εξαδάκτυλος, Γ. Σχεδιασμός Υπαίθριων Εκμεταλλεύσεων).	41
Εικόνα 40: Κάτοψη τοπογραφικής επιφάνειας της περιοχής εκμετάλλευσης.	43
Εικόνα 41: Επιφάνεια με τους λιγνιτικούς ορίζοντες να διακρίνονται λόγω των χρωμάτων τους.	44
Εικόνα 42: Στερεό όπου απεικονίζονται οι κάθετες τομές.	44
Εικόνα 43: Κάθετη κατακόρυφη τομή B-N όπου απεικονίζονται τα λιγνιτικά στρώματα.	45
Εικόνα 44: Τοπογραφικός χάρτης με την μαύρη γραμμή, να απεικονίζονται τα νέα όρια της εκμετάλλευσης και προς Νότο με μωβ γραμμή απεικονίζεται το όριο των 250m από τον οικισμό Τριπόταμο, και με πράσινη γραμμή τα όρια απαλλοτρίωσης.	46
Εικόνα 45: Τοπογραφικός χάρτης όπου απεικονίζονται οι κεφαλές και οι ουρές των ταινιοδρόμων των καδοφόρων εκσκαφών.	47
Εικόνα 46: Τομή εκμετάλλευσης για τον υπολογισμό των διαστάσεων (πλάτος βαθμίδας) ..	48
Εικόνα 47: Σχεδιάγραμμα υπολογισμού της πρώτης εκσκαφής με 229,2m άνοιγμα πλάτους της εκσκαφής (V_{288}) στα 288m και όπου χ το βήμα προχώρησης.	49
Εικόνα 48: Τριδιάστατη όψη της πρώτης εκσκαφής για το πρώτο έτος.	50
Εικόνα 49: Κάθετες τομές προς τις βαθμίδες.	50
Εικόνα 50: Κάθετη τομή Βορρά – Νότου.	51
Εικόνα 51: Κάθετη τομή Δύση – Ανατολή.	51
Εικόνα 52: Τριδιάστατη όψη εκμετάλλευσης για το 1 ^ο έτος.	52
Εικόνα 53: Κάτοψη εκμετάλλευσης για το 2 ^ο έτος, όπου απεικονίζεται το βήμα προχώρησης.	52
Εικόνα 54: Τριδιάστατη όψη της εκμετάλλευσης για το 2 ^ο έτος.	53
Εικόνα 55: Σχέση αποκάλυψης στις επιφανειακές εκμεταλλεύσεις (Σχεδιασμός Υπαίθριων Εκμεταλλεύσεων, Εξαδάκτυλος, Γ.).	54
Εικόνα 56: Κάθετη τομή Βορρά - Νότου.	54
Εικόνα 57: Τομή για τον υπολογισμό της σχέσης αποκάλυψης.	55
Εικόνα 58: Κάτοψη της εκμετάλλευσης σε μία ενδιάμεση φάση εργασίας.	56
Εικόνα 59: Τριδιάστατη όψη εκμετάλλευσης από Βορρά προς Νότο.	57
Εικόνα 60: Τριδιάστατη όψη στερεού ενδιάμεσης φάσης εργασίας.	57
Εικόνα 61: Κάθετη τομή Δύση – Ανατολή.	58
Εικόνα 62: Κάθετη τομή Βορρά - Νότου.	58
Εικόνα 63: Τριδιάστατη όψη με τα στερεά στην αρχική και τελική φάση της εκμετάλλευσης.	59

Εικόνα 64: Κάτοψη λιγνιτικών αποθεμάτων ανά στρώμα (με διαφορετικό χρώμα).	60
Εικόνα 65: Τρισδιάστατη όψη με την τελική επιφάνεια και τα εξορυσσόμενα λιγνιτικά αποθέματα.	61
Εικόνα 66: Πλάγια όψη λιγνιτικών αποθεμάτων.	62
Εικόνα 67: Τρισδιάστατη όψη της τελικής φάσης, με την κάθετη τομή B-N και τους λιγνιτικούς ορίζοντες.....	62
Εικόνα 68: Κάθετη τομή Βορρά – Νότου	63
Εικόνα 69: Τρισδιάστατη όψη της επιφάνειας με τα λιγνιτικά στρώματα που θα απομείνουν, καθώς και τα απόλυτα υψόμετρα των βαθμίδων.....	63

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Πίνακας γεωλογικών αποθεμάτων ανά λιγνιτικό ορίζοντα	40
Πίνακας 2: Εμβαδά τομών	42
Πίνακας 3: Πίνακας αποθεμάτων	60
Πίνακας 4: Συγκεντρωτικός πίνακας.....	63

Κεφάλαιο 1^ο: Η λιγνιτογένεση και η Λιγνιτική Μεγαλόπολης

1.1 Γενικά για την γένεση και την φύση των λιγνιτών

Οι γαιάνθρακες ή ορυκτοί άνθρακες, ανήκουν στις στερεές ορυκτές καύσιμες ύλες και είναι ιζηματογενή κοιτάσματα βιογενούς προέλευσης. Δημιουργήθηκαν από διαφόρων μορφών φυτικά λείψανα, όταν αυτά αφού συγκεντρώθηκαν σε κάποια λεκάνη εν συνεχεία ενταφιάστηκαν στο εσωτερικό της γης. Η συσσώρευση της φυτικής ύλης έγινε είτε όπως είναι η συγκέντρωση ποωδών φυτών σε ελώδης περιοχές, είτε μετά από τη μεταφορά της σε ενδοηπειρωτικές λεκάνες, τάφρους ή παράκτιες περιοχές όπου και αποτέθηκε.

Με την πάροδο των γεωλογικών χρόνων καθώς και υπό την επίδραση της θερμοκρασίας και της πίεσης που επικρατούσαν στο εσωτερικό της γης, η φυτική ύλη ενανθράκωθηκε με την βοήθεια αεναερόβιων βακτηρίων. Η πορεία ενανθράκωσης οδήγησε σε διάφορους τύπους ανθράκων οι οποίοι είναι οι ακόλουθοι: τύρφη, λιγνίτης, υποβιτουμενιούχοι και βιτουμενιούχοι άνθρακες, ανθρακίτης και γραφίτης. Από την τύρφη στον ανθρακίτη η περιεκτικότητα σε άνθρακα αυξάνει ενώ αντίθετα η υγρασία ελαττώνεται καθώς και τα πτητικά συστατικά (CO_2 , CH_4 , NH_3). Ο λιγνίτης μπορεί να περιέχει μέχρι και 30% άνθρακα (C). (<https://www.orykta.gr/>)

Από την περαιτέρω ενανθράκωση της τύρφης προκύπτει ο λιγνίτης. Ο λιγνίτης μπορεί να διακριθεί σε δύο τύπους, τον μαλακό και τον σκληρό λιγνίτη ανάλογα με τα μακροσκοπικά του χαρακτηριστικά. Ο μαλακός λιγνίτης είναι πιο συνεκτικός από την τύρφη, έχει χρώμα θαμπό κιτρινοκάστανο μέχρι καστανό και παρουσιάζει σχιστότητα. Μερικές φορές μπορεί να γίνονται ορατά και τα φυτικά υπολείμματα. Ωστόσο ο σκληρός λιγνίτης είναι μεγαλύτερου βαθμού ενανθράκωσης από τον μαλακό λιγνίτη και διακρίνεται σε αλαμπές (θαμπό σκούρο χρώμα) και στιλπνό (γυαλιστερό μαύρο χρώμα). Ένας λιθότυπος λιγνίτη είναι ο ξυλίτης ο οποίος προέρχεται από ξυλώδεις ιστούς και μπορεί να διακριθεί η χαρακτηριστική του δομή και μακροσκοπικά. Όσο τα ποσοστά υγρασίας και τέφρας που περιέχει βρίσκονται σε μικρότερο βαθμό, τόσο μεγαλύτερη θερμότητα παράγει κατά την καύση του.



Εικόνα 1: Ορυκτό Λιγνίτης (<https://www.orykta.gr/>)

1.2 Λιγνιτογένεση και χαρακτηριστικά λιγνίτη Μεγαλόπολης

1.2.1 Λιγνιτογένεση Μεγαλόπολης

Στη λεκάνη της Μεγαλόπολης η ανάπτυξη πλούσιας βλάστησης έγινε σε τέλματα ή αβαθείς λίμνες στις θερμές περιόδους του Πλειστόκαινου, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα τον ασυνεχή σχηματισμό λιγνιτικών στρωμάτων που καλύπτονταν από φερτά γαιώδη υλικά του ποταμού Αλφειού.

Συνολικά δημιουργήθηκαν τρεις λιγνιτικοί ορίζοντες με ανόργανα ιζήματα μεταξύ τους. Στη λεκάνη διακρίνονται τρία λιγνιτικά κοιτάσματα, πιθανόν λόγω της ύπαρξης τριών ανεξάρτητων λιμνών, τα οποία οριοθετούνται μεταξύ τους από τεκτονικές γραμμές, με διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά.

1.2.2 Χαρακτηριστικά του λιγνίτη Μεγαλόπολης

Βάση των *μακροσκοπικών του χαρακτηριστικών* ο λιγνίτης Μεγαλόπολης ανήκει στην κατηγορία του "γαιώδους" ή μαλακού λιγνίτη, με χρώμα ανοιχτό σκούρο ή καστανό ή μαύρο καθώς είναι πλούσιος σε φυτικά υπολείμματα αλλά και σε ανόργανα συστατικά όπως ασβεστιτικά συγκρίμματα, απολιθώματα, άμμο κ.λπ. Ο ξυλιτικός λιθότυπος εμφανίζεται πολύ σπάνια, ενώ ο κύριος λιθότυπος είναι ο ορυκτομιγής.

Σημαντικές παράμετροι του προσδιορισμού του βαθμού ενανθράκωσης είναι η υγρασία και η περιεκτικότητα σε πτητικά συστατικά, που παράλληλα αποτελούν χρήσιμα στοιχεία για τις τεχνολογικές εφαρμογές του λιγνίτη. Η τέφρα αποτελεί το μέτρο της περιεκτικότητας του λιγνίτη σε ανόργανα συστατικά, καθώς και της ποιότητας του, ενώ παράλληλα η τέφρα είναι σημαντική για περιβαλλοντικές εφαρμογές. (Diessel, 1992, Taylor et al. 1998, Thomas, 2002)

Η *υγρασία* του λιγνίτη της λεκάνης Μεγαλόπολης κυμαίνεται από 48-65% και η μέση τιμή της είναι 59,3% (Μαρίνος κ.α., 1959). Ειδικότερα για το πεδίο του Χωρεμίου η υγρασία έχει τιμές που κυμαίνονται από 41,7-59,3%, με τη μέση τιμή του να είναι στο 53, 3% (Sokorafa and Michailidis, 1997).

Η *τέφρα επί ξηρού* κυμαίνεται από 21,7-41,7%, με μέση τιμή 32,6% (Αθανασίου κ.α., 1972). Στην περιοχή του Χωρεμίου η διακύμανση των τιμών της τέφρας είναι 10,7-66% με τη μέση τιμή του να είναι στο 36,7% (Sokorafa and Michailidis, 1997).

Η *περιεκτικότητα σε πτητικά συστατικά* κυμαίνεται από 29,4-46,54% επί ξηρού με μέση τιμή 41,2% (Μαρίνος, 1959).

Οι τιμές των πτητικών συστατικών για το λιγνίτη στην περιοχή του Χωρεμίου κυμαίνονται από 29,8–54,3% με τη μέση τιμή του στο 43,7% (Sokorafa and Michailidis, 1997).

Η περιεκτικότητα σε *μόνιμο άνθρακα* στο λιγνίτη κυμαίνεται από 20-32,7% με μέση τιμή 26,1% (Μαρίνος κ.α., 1959). Στο πεδίο του Χωρεμίου οι τιμές μόνιμου άνθρακα παρουσιάζουν διακύμανση από 6,5–34,9%, με τη μέση τιμή του να είναι στο 19,5% (Sokorafa and Michailidis, 1997).

Επίσης ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του λιγνίτη Μεγαλόπολης είναι η πολύ χαμηλή θερμαντική του ικανότητα. Η θερμαντική ικανότητα αποτελεί μια από τις παραμέτρους προσδιορισμού του βαθμού ενανθράκωσης, με καλή εφαρμογή στους ορυκτούς άνθρακες χαμηλού βαθμού ενανθράκωσης (Diessel, 1992).

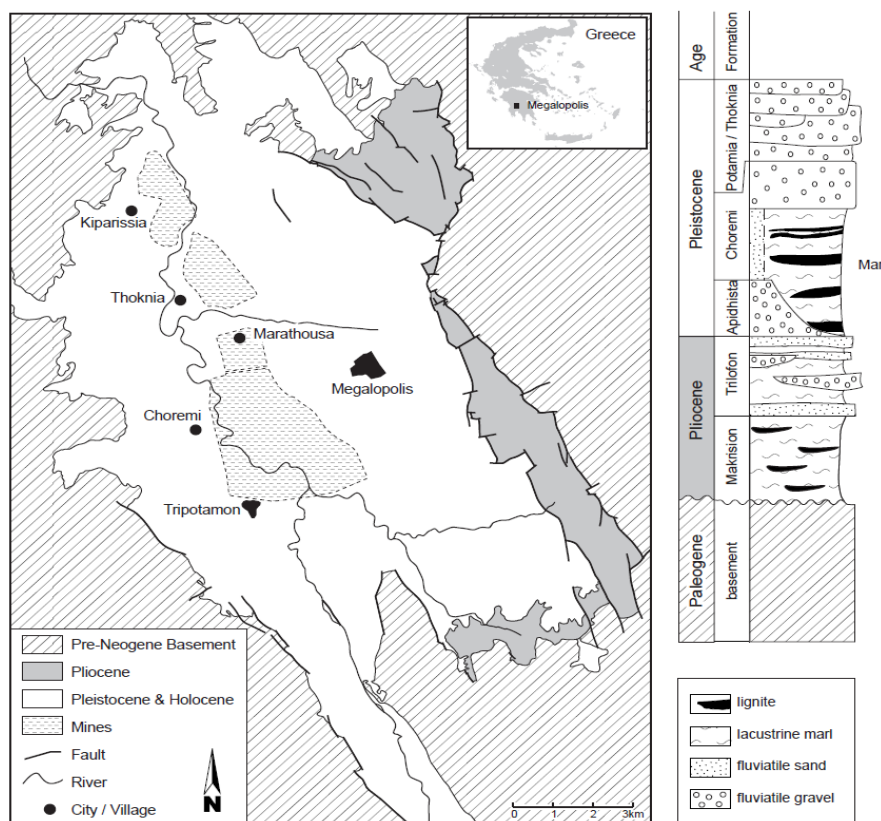
Η *θερμαντική ικανότητα* κυμαίνεται από 8-11,4 MJ/kg σε υγρό και άνευ τέφρας δείγμα και η μέση τιμή είναι 9,3 MJ/kg (Μαρίνος κ.α., 1959).

1.3 Ιστορική ανασκόπηση Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης (Λ. Κ. Μ.)

Οι εμφανίσεις του λιγνίτη στην περιοχή της Μεγαλόπολης άρχισαν να γίνονται γνωστές από την αρχαιότητα. Ο Πανσανίας (2^{ος} μ. Χ. αιώνας) αναφέρει ότι κοντά σε μια πηγή στον Αλφειό ποταμό που διασχίζει την λεκάνη "ανέθρωςκεν πύρ" γεγονός που μάλλον οφειλόταν σε αυτανάφλεξη λιγνίτη (Κουρέτας, 2013).

Το 1957 έγινε η πρώτη επιστημονική μελέτη του λιγνιτικού κοιτάσματος της Μεγαλόπολης και τα αποθέματα της λεκάνης υπολογίζονταν σε 2 έως 3 Mt. Υπήρξε λειτουργία μικρών ιδιωτικών εκμεταλλεύσεων, αλλά δεν υπήρχε ιδιαίτερο μεταλλευτικό ενδιαφέρον λόγω της κακής ποιότητας του λιγνίτη. Το 1969 άρχισε η εκμετάλλευση του λιγνίτη από τη Δ. Ε. Η στο πεδίο της Θωκνίας.

Λόγω του ότι για πρώτη φορά ένας τόσο φτωχός σε θερμαντική ικανότητα λιγνίτης εξορύσσεται και χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αποτέλεσε ιδιαίτερη περίπτωση σε παγκόσμιο επίπεδο.



Εικόνα 2: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης και λιθοστρωματογραφία της λεκάνης Μεγαλόπολης (van Vugt et al., 2000)

Τα λιγνιτικά κοιτάσματα της λεκάνης της Μεγαλόπολης χωρίζονται σε επιμέρους κοιτάσματα τα οποία είναι τα εξής: τα κοιτάσματα Θωκνίας-Κυπαρισσίας, Χωρεμίου-Μαραθούσας και της Καρύταινας, τα οποία απεικονίζονται στην Εικόνα 2. Σήμερα στην Λιγνιτική Μεγαλόπολη το μόνο ορυχείο που είναι σε λειτουργία είναι το πεδίο του Χωρεμίου, καθώς τα υπόλοιπα έχουν εξοφληθεί και η επιχείρηση έχει ξεκινήσει διαδικασίες απαλλοτρίωσης της περιοχής Τριποτάμου η οποία δίνει παράταση στην λειτουργία του ορυχείου.

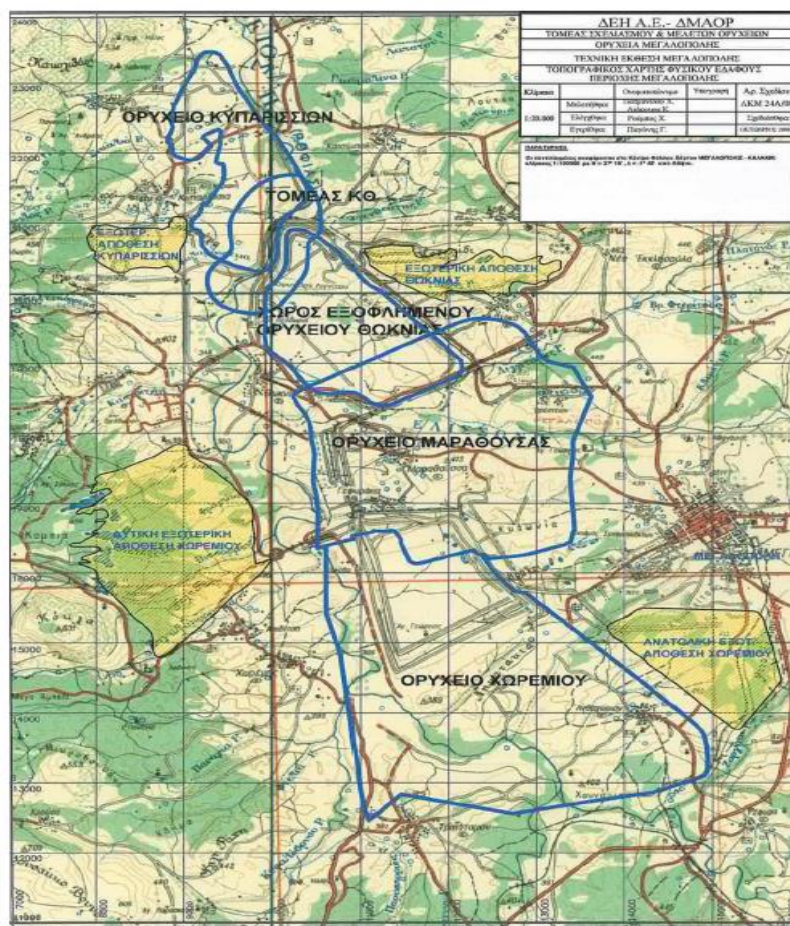
Κεφάλαιο 2^ο: Γεωμορφολογική - Γεωλογική επισκόπηση για την ευρύτερη περιοχή της Μεγαλόπολης και της περιοχής μελέτης

2.1 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής της Μεγαλόπολης

Η λιγνιτοφόρα λεκάνη της Μεγαλόπολης βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα της χερσονήσου της Πελοποννήσου στο νομό Αρκαδίας. Αποτελεί μια τεκτονική τάφρο και περιορίζεται από τα όρη του Ταΰγετου προς Νότο, Λύκαιο και Τετράδιο προς τα Δυτικά και του Μαινάλου προς Βορρά. Το μέσο υψόμετρο είναι στα $+420m$ από την στάθμη της θάλασσας καθώς και με τα γειτονικά υψώματα να υπάρχει μια υψομετρική διαφορά που κυμαίνεται από $200 - 400m$. Ο μέγιστος άξονας της λεκάνης έχει διεύθυνση BBA-NNΔ και μήκος $18km$, ενώ ο εγκάρσιος έχει διεύθυνση ABA-ΔNΔ και μήκος περίπου $10km$. Η επιφάνεια της λεκάνης υπολογίζεται ότι ξεπερνά τα $180 km^2$.

Το υδρογραφικό δίκτυο του Αλφειού ποταμού μαζί με τους παραποτάμους του αποστραγγίζει την λεκάνη της Μεγαλόπολης. Εντός της λεκάνης οι κυριότεροι παραπόταμοι του Αλφειού ποταμού είναι ο Ξερίλας, ο Γουδάνης και ο Ελισσών ποταμός. Η κοιλάδα του Αλφειού στην δυτική πλευρά της λεκάνης με πλάτος περίπου στο $1km$, αποτελεί την ομαλότερη έκταση. Γενικά τα στρώματα είναι οριζόντια και μαλακά ώστε να συντελούν στη διαμόρφωση χαμηλής μορφολογίας. Η γεωμορφολογία της περιοχής υφίσταται σημαντικές αλλαγές λόγω των υπαίθριων εκμεταλλεύσεων των ορυχείων. Στην

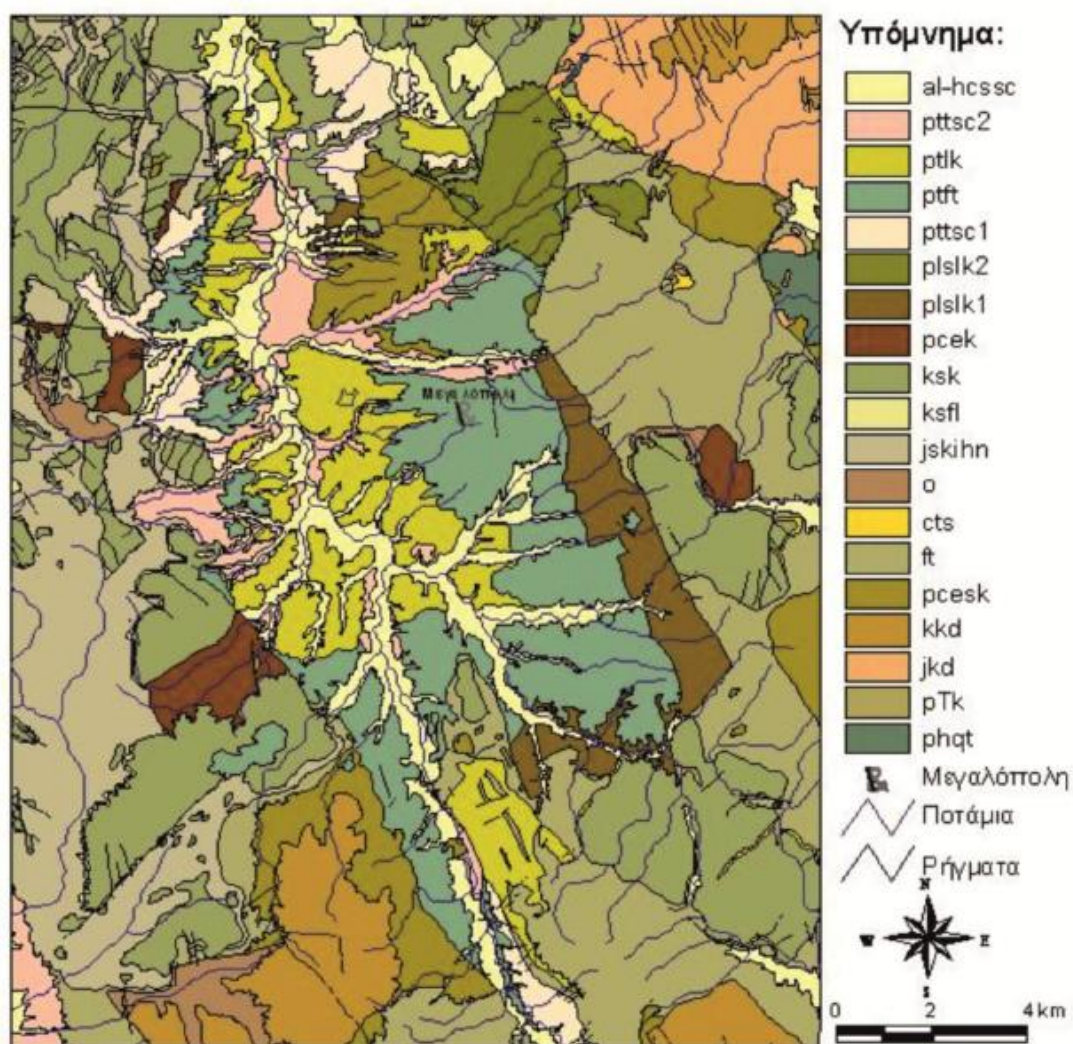
Εικόνα 3 που ακολουθεί, παρουσιάζεται ο τοπογραφικός χάρτης φυσικού εδάφους στην περιοχή της Μεγαλόπολης.



Εικόνα 3 : (Σχέδιο Α. Κ. Μ. 24 Α/08) Τοπογραφικός χάρτης φυσικού εδάφους στην περιοχή της Μεγαλόπολης. (Καραγιάννης, 2016)

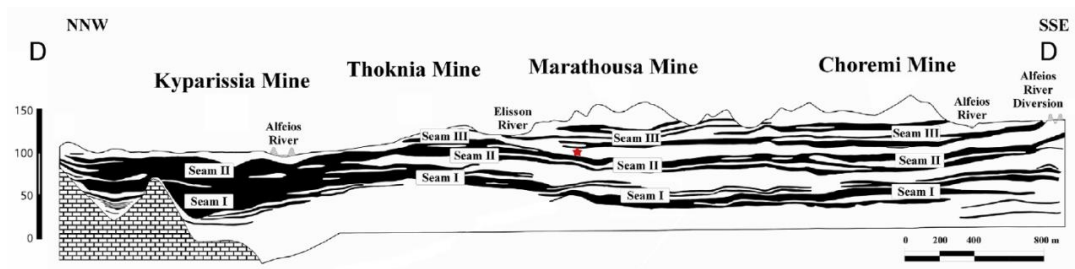
2.2 Γεωλογία της λεκάνης της Μεγαλόπολης

Η λεκάνη της Μεγαλόπολης από γεωλογική άποψη (Εικόνα 4) σχηματίζεται στα όρια μεταξύ των ασβεστολίθων της Πίνδου και του φλύσχη της ζώνης Τρίπολης (Vinken, 1965). Τεκτονικά αποτελεί μια περιοχή συνεχούς βύθισης και συγκέντρωσης ιζημάτων πάχους της τάξης των 250m. Τα ιζήματα της λεκάνης συγκροτούν μια ακολουθία που αποτελείται από λιμναία ιζήματα, σχηματισμοί Μακρίσια και Χωρέμι, έως ποτάμια ιζήματα σχηματισμοί Τριλόφου, Απιδίτσας και Ποταμιάς-Θωκνίας.



Εικόνα 4: Γεωλογικός χάρτης της λεκάνης της Μεγαλόπολης (τροποποιημένος από Ι.Γ.Μ.Ε 1997). Επεξήγηση υπομνήματος: Α.Παλαιozoικό –Κ.Τριαδικό :phqt =φυλλιτική-χαλαζιτική σειρά, pTk =Στρώματα Τυρού.Ζώνη Τρίπολης:Ιουρασικό :jkd =ασβεστόλιθοι,δολομιτικοί ασβεστόλιθοι. Κρητιδικό :kkd =ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι. Παλαιόκαινο-Α. Ηώκαινο:pcesk = ασβεστόλιθοι με παρεμβολές δολομιτωμένων ασβεστόλιθων.Α. Ηώκαινο-Ολιγόκαινο :ft =φλύσχη. Ζώνη Πίνδου :Ιουρασικό –Κ.Κρητιδικό: cts =τεκτονικός σχηματισμός, o =μέλη ασχυνεχούς οφιολιθικής σειράς, jskihn = κερατολιθική σειρά. Κενομάνιο-Τουράνιο: ksfl =πρώτος φλύσχη. Τουράνιο-Μαιστρίχτιο: ksk =ασβεστόλιθοι. Παλαιόκαινο-Ηώκαινο: pcek =στρώματα μετάβασης του φλύσχη. Νεογενές: plslk1 = Βαθίδα Μακρυσίου, plslk2 = Βαθίδα Τριλόφου. Πλειστόκαινο: pttsc1 =Βαθίδα Απιδίτσας, ptft = Σχηματισμός Μεγαλόπολης, ptlk = Σχηματισμός Μαραθούσας, pttsc2 = Βαθίδες Ποταμιάς και Θωκνίας. Ολόκαινο: hcsc-al = προσχωσιγενείς αποθέσεις και κώνοι κορημάτων. (Νικολόπουλος, Κ., 2010)

Οι λιγνιτικές αποθέσεις στη λεκάνη της Μεγαλόπολης θεωρείται ότι χωρίζονται σε τρεις μεγάλες βαθμίδες (Lohnert & Nowak, 1965) (Εικόνα 5). Ο σχηματισμός Χωρεμίου, όπου ανήκει και η περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας, αποτελείται από λιμναίες αργίλους που περιέχουν δίθυρα γλυκέων υδάτων και οστρακώδη (Hilterman & Luttig, 1969), πηλούς και λιγνιτοφόρες στοιβάδες πάχους της τάξης των 20m (Van Vugt, 2000).



Εικόνα 5: Κάθετη τομή D-D κατά μήκος των ορυχείων λιγνίτη της λεκάνης Μεγαλόπολης όπου φαίνεται η στρωματογραφική θέση του αρχαιολογικού χώρου Μαραθούσας (Siavalas et al., 2009)

2.2.1 Τεκτονική και Στρωματογραφική διάρθρωση της λεκάνης Μεγαλόπολης

Η λεκάνη της Μεγαλόπολης σχηματίστηκε κατά την τελευταία φάση των ορογενετικών κινήσεων που έλαβαν χώρα μεταξύ Άνω Μειόκαινου και Κάτω Πλειόκαινου (Φουντούλης, 1994). Αποτέλεσμα των κινήσεων αυτών ήταν η δημιουργία ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ έως ΒΔ-ΝΑ (Αναστόπουλος, 1958, Κίσκυρας, 1961) που είναι εμφανή στις παρυφές της λεκάνης (Μαρίνος, 1957). Σύμφωνα με τον Vinken (1965) η τεκτονική εξέλιξη των σχηματισμών της λεκάνης της Μεγαλόπολης μπορεί να χωριστεί σε δύο κύριες φάσεις. Η πρώτη τεκτονική φάση έλαβε χώρα από το Ηώκαινο ως το ανώτερο Πλειόκαινο και περιλαμβάνει την πτύχωση και ταυτόχρονη ανύψωση των μεταμορφωμένων πετρωμάτων του υποβάθρου της Πελοποννήσου και των σχηματισμών των ισοπικών ζωνών Τρίπολης και Πίνδου (κυρίως ασβεστόλιθοι, κερατόλιθοι και φλύσχης), που είχαν σχηματιστεί από το Τριαδικό μέχρι το Κατώτερο Τριτογενές (Xypolias, Doutsos, 2000). Η δεύτερη τεκτονική φάση ξεκίνησε με το τέλος της πρώτης και χαρακτηρίζεται από το σχηματισμό ρηγμάτων στα πετρώματα του υποβάθρου. Η δράση αυτών των ρηγμάτων οδήγησε στη συνεχή βύθιση του παλαιογεωγραφικού χώρου της λεκάνης Μεγαλόπολης και την απόθεση ιζημάτων (Κουκουβέλας, 2014).

2.2.1.1 Πλειόκαινο

Τα πρώτα ιζήματα που αποτέθηκαν στην λεκάνη είναι τα λιμναία ιζήματα της **βαθμίδας του Μακρυσίου** που αποτελούν και τη βάση των μεταλλικών ιζημάτων. Τα τυπικά ιζήματα αυτής της βαθμίδας είναι μάργες που περιέχουν θραύσματα φυτικών υπολειμμάτων, ενώ κατά θέσεις παρεμβάλλονται λιγνιτικά στρώματα. Η ηλικία τους με βάση την πληθώρα απολιθωμάτων είναι Κάτω Πλειοκαινική.

Στα τέλη του ανώτερου Πλειόκαινου ακολούθησε μια περίοδος υψηλών βροχοπτώσεων και χαμηλών θερμοκρασιών, πράγμα που οδήγησε στη δημιουργία των ποτάμιων ιζημάτων της **βαθμίδας του Τριλόφου**.

Αυτή η βαθμίδα αποτελείται από ιζήματα, όπως είναι εναλλαγές αργίλων, άμμων και κροκαλών ποτάμιου περιβάλλοντος απόθεσης. Το ολικό πάχος των στρωμάτων αυτής της βαθμίδας κυμαίνεται από 100 – 200m (Κουκουβέλας κ.α., 2014).

2.2.1.2 Πλειστόκαινο

Η απόθεση των αδρομερών ιζημάτων της **βαθμίδας της Απιδίτσας** πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της πρώτης παγετώδους περιόδου, κατά την έναρξη του Πλειστόκαινου. Τυπικά ιζήματα της βαθμίδας είναι τα στρωματογραφικά κατώτερα τμήματα της βαθμίδας τα χαλαρά κροκαλοπαγή των οποίων τα κλαστικά κομμάτια είναι ψαμμίτες, ασβεστόλιθοι, κερατόλιθοι και μεταμορφωμένα πετρώματα. Στα ανώτερα τμήματα της βαθμίδας τα κροκαλοπαγή μεταβαίνουν σε ερυθρούς πηλούς πάχους της τάξης των 50m. Τα ιζήματα της βαθμίδας εμφανίζονται κατά μήκος των δυτικών περιθωρίων της λεκάνης όπου επικάθονται ασύμφωνα στα πετρώματα του υποβάθρου. Η βύθιση της λεκάνης εξακολούθησε κατά τη θερμή περίοδο που ακολούθησε, κατά τη διάρκεια της οποίας επικράτησε λιμναίο περιβάλλον στα κεντρικά κυρίως τμήματά της. Οι διακυμάνσεις της στάθμης της λεκάνης και του υδροφόρου ορίζοντα θεωρείται ότι οδήγησαν στο σχηματισμό ελών, όπου συσσωρεύτηκε οργανικό υλικό, από το οποίο προήλθαν τα λιγνιτικά στρώματα του σχηματισμού της Μαραθούσας (Κουκουβέλας, κ.α, 2014).

Ως υπερκείμενα ιζήματα της βαθμίδας Απιδίτσας αποτέθηκαν στη λεκάνη της Μεγαλόπολης τα ιζήματα της **βαθμίδας του Χωρεμίου** η οποία υποδιαιρείται σε δύο σχηματισμούς ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν κατά την απόθεση τους. Ο κατώτερος σχηματισμός ονομάζεται σχηματισμός Μαραθούσας και αποτέθηκε σε συνθήκες θερμού κλίματος και ο ανώτερος είναι ο σχηματισμός Μεγαλόπολης που αποτέθηκε κάτω από ψυχρές κλιματικές συνθήκες (Εικόνα 6).

Στρωματογραφική Διάρθρωση			Κλίμα	Είδος Πετρωμάτων	Περιβάλλον γένεσης
Τεταρτογενές	Ολόκαινο	Ολόκαινο (3)		Κορήματα, σβεστολιθικά κορήματα, κλαστικά υλικά, χονδρόκοκκα κλαστικά ιζήματα	Ποταμοχερσαίο
		Ολόκαινο (2)		Χονδρόκοκκα κλαστικά ιζήματα	Ποταμοχερσαίο
		Ολόκαινο (1)		Χονδρόκοκκα κλαστικά ιζήματα, κορήματα	Ποταμοχερσαίο
	Πλειστόκαινο	Βαθμίδα Θωκνίας	1η ψυχρή περίοδος	Χονδρόκοκκα κλαστικά ιζήματα, κορήματα	Ποταμοχερσαίο
			1η θερμή περίοδος	Καστανοί πηλοί	
		Βαθμίδα Ποτάμιας	2η ψυχρή περίοδος	Χονδρόκοκκα κλαστικά ιζήματα	Ποταμοχερσαίο
			2η θερμή περίοδος	Κλαστικά υλικά, καστανοί πηλοί	
		Βαθμίδα Μεγαλόπολης	3η ψυχρή περίοδος	Κλαστικά υλικά, χονδρόκοκκα κλαστικά υλικά	Ποτάμιο
		Βαθμίδα Μαραθούσας	3η θερμή περίοδος	Αργίλοι, εναλλαγές μαργών-λιγνιτών, κλαστικά υλικά, χονδρόκοκκα κλαστικά ιζήματα, κόκκινοι πηλοί	Λιμναίο
		Βαθμίδα Απιδίτσας	4η ψυχρή περίοδος	Κλαστικά υλικά, χονδρόκοκκα κλαστικά υλικά	Χερσαίο
Τριτογενές	Ανώτερο Πλειόκαινο	Βαθμίδα Τρύλφου	Ψυχρό	Κλαστικά υλικά, χονδρόκοκκα κλαστικά υλικά, μάργες	Ποτάμιο
		Βαθμίδα Μακρυσιού	Θερμό	Μάργες, λιγνίτες	Λιμναίο

Εικόνα 6: Η στρωματογραφική διάρθρωση των ιζημάτων της λεκάνης της Μεγαλόπολης σε συνδυασμό με το κλίμα και το περιβάλλον γένεσής τους (Vinken 1965)

- Ο σχηματισμός *Μαραθούσας* εμφανίζεται στα κεντρικά τμήματα της λεκάνης και αποτελείται από λιμναίες αργίλους και μάργες πλούσιες σε οργανικό υλικό και λιγνιτικά στρώματα. Πρόκειται για το σχηματισμό στον οποίο εμφανίζεται η κυρίως λιγνιτοφορία της λεκάνης Μεγαλόπολης. Στο σχηματισμό περιλαμβάνονται μια σειρά από λιγνιτοφόρες στοιβάδες όπου έχουν συνολικό πάχος που κυμαίνεται από 1m έως 20m και αποσφινώνονται προς τα περιθώρια της λεκάνης, όπου επικρατούν ποτάμιες αποθέσεις (Κίσκουρας, 1961). Το μέγιστο πάχος του σχηματισμού είναι της τάξης των 200m, και η ηλικία απόθεσής τους είναι Κατώτερο Πλειστόκαινο.

- Οι αποθέσεις του *σχηματισμού της Μεγαλόπολης* σκεπάζουν πλευρικά τα στρώματα του σχηματισμού της Μαραθούσας και εμφανίζουν επιμήκη εξάπλωση μέσα στη λεκάνη. Τυπικά ιζήματα αυτού του σχηματισμού είναι οι εναλλαγές στρωμάτων κροκαλών, άμμων, αργίλων και ιλύος η δε φάση απόθεσής τους είναι ποτάμια. Την ίδια χρονική περίοδο θεωρείται ότι άρχισε να σχηματίζεται το σημερινό ποτάμιο σύστημα, που αποστραγγίζει την λεκάνη.

Η στρωματογραφικά ανώτερη βαθμίδα στη λεκάνη θεωρείται ότι αντιπροσωπεύεται από την απόθεση αδρομερών κλαστικών ιζημάτων της **βαθμίδας της Ποταμιάς**. Στη βαθμίδα της Ποταμιάς αναγνωρίζεται και η απόθεση ερυθροκάστανου πηλού. Τα ιζήματα αυτά μπορεί να θεωρηθούν και ως η πρώτη ποτάμια αναβαθμίδα του Αλφειού (Κουκουβέλας κ.α, 2014).

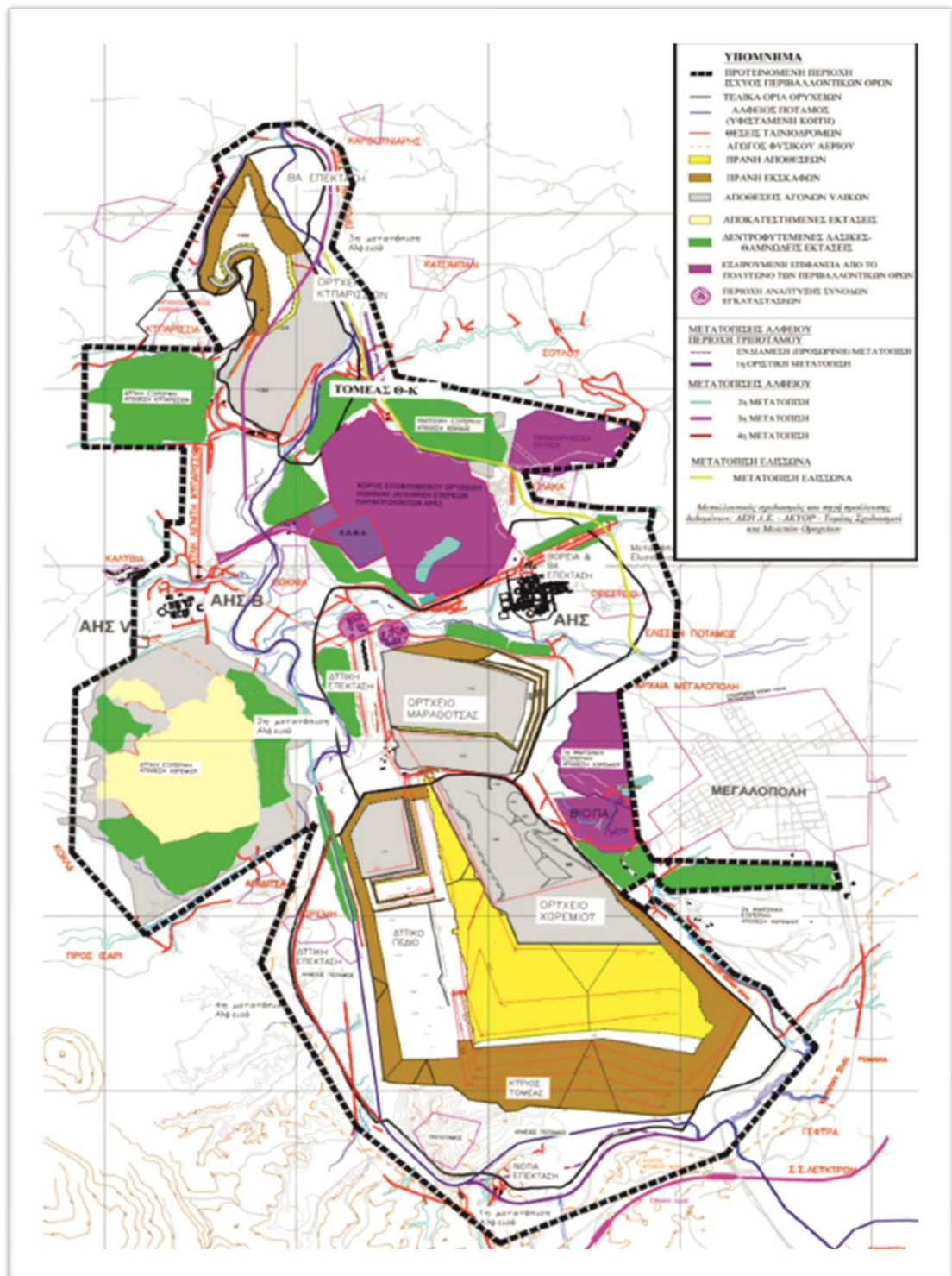
Η τελευταία βαθμίδα του Πλειστοκαίνου στο χώρο της λεκάνης θεωρείται η βαθμίδα Θωκνίας η οποία χαρακτηρίζεται, όπως και η προηγούμενη από ερυθρά ιζήματα. Η βαθμίδα μπορεί να διαχωριστεί σε ιζήματα θερμής περιόδου (τα κατώτερα) και σε ιζήματα ψυχρής περιόδου (τα ανώτερα). Τυπικά ιζήματα της θερμής περιόδου είναι η απόθεση ερυθρών ιζημάτων ενώ για την ψυχρή περίοδο αντιπροσωπευτικές είναι οι αποθέσεις αδρομερών κλαστικών ιζημάτων από τα νότια κυρίως περιθώρια της λεκάνης. Αυτά τα ιζήματα αντιστοιχούν σε αποθέσεις κατά μήκος της κοίτης του Αλφειού ποταμού και των παραποτάμων του (Κουκουβέλας, κ.α, 2014).

2.2.1.3 Ολόκαινο

Κατά το Ολόκαινο αποτίθενται κυρίως ιζήματα που σχετίζονται άμεσα με το ποτάμιο σύστημα του Αλφειού ποταμού. Τα ολοκαινικά ιζήματα της λεκάνης υποδιαιρούνται σε τρεις φάσεις όπου οι δύο πρώτες ανήκουν στη χαμηλότερη ποτάμια αναβαθμίδα η οποία χωρίζεται σε ανώτερη και κατώτερη, ενώ η τρίτη περιλαμβάνει τις σύγχρονες ποτάμιες αποθέσεις του Αλφειού ποταμού.

2.3 Λιγνιτωρυχείο πεδίου Χωρεμίου

Το λιγνιτικό πεδίο Χωρεμίου αποτελεί το μεγαλύτερο πεδίο στο Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης (Λ. Κ. Μ.) (



Εικόνα 7), καθώς και το νοτιότερο πεδίο σε σχέση με τα υπόλοιπα τρία πεδία (Θωκνία, Κυπαρισσία, Μαραθούσα). Η λειτουργία του πεδίου Χωρέμι ξεκίνησε το 1972 και χωρίζεται σε δύο τμήματα, στο Κύριο Χωρέμι και στο Δυτικό Χωρέμι. **Στο Δυτικό Χωρέμι ανήκει και η**

περιοχή όπου σχεδιάστηκε η επέκταση της εκμετάλλευσης, που αφορά και την παρούσα εργασία. Για την εκμετάλλευση του Δυτικού Χωρεμίου πραγματοποιήθηκε εκτροπή του Αλφειού ποταμού σε μήκος περίπου τα 3000m και σε πλάτος περί 400m. Επίσης κατά την λειτουργία του ορυχείου και της πορείας εκμετάλλευσης έγιναν απαλλοτριώσεις των κοινοτήτων Ψαθίου και Ανθοχωρίου καθώς έχουν ξεκινήσει και οι διαδικασίες απαλλοτρίωσης της κοινότητας Τριποτάμου.

Τα ιζήματα του συγκεκριμένου πεδίου αποτελούνται από συχνές εναλλαγές λιγνίτη, πράσινων αργιλούχων μαργών, αμμούχων αργίλων καθώς και μαργών. Στα λιγνιτικά στρώματα το συνολικό πάχος μπορεί να φτάνει τα 45m. Σύμφωνα με τον διαχωρισμό των Lonhert und Nowak (1965), διακρίνονται τρεις λιγνιτικοί ορίζοντες (I, II, III) που από τον ανώτερο προς τον κατώτερο ονομάστηκαν “Παναγιώτης”, “Όττο”, και “Ηλίας”.

Σύμφωνα με νεότερες έρευνες αναφέρεται ότι εμφανίζονται εννέα στρώματα, εκ των οποίων τα τέσσερα είναι σημαντικού πάχους και οικονομικής σημασίας (Sakorafa and Michailidis, 1997).

Το συγκεκριμένο λιγνιτωρυχείο παράγει έναν από τους καλύτερους λιγνίτες σε σύγκριση με τα υπόλοιπα πεδία, όσον αφορά την τέφρα, την υγρασία και την θερμαντική ικανότητα.

Κεφάλαιο 3^ο: Επιφανειακές εκμεταλλεύσεις – Μέθοδοι και συγκρότημα εξόρυξης

3.1 Γενικά για τις Συνεχείς μεθόδους εξόρυξης

Για την επιφανειακή εκμετάλλευση κοιτασμάτων εφαρμόζονται δύο μέθοδοι: η μέθοδος της συνεχούς εξόρυξης και η μέθοδος της ασυνεχούς εξόρυξης. Η μέθοδος της συνεχούς εξόρυξης βρίσκει πεδίο εφαρμογής σε μαλακά πετρώματα με στρώματα οριζόντια ή πολύ μικρής κλίσης και μεγάλης οριζόντιας έκτασης. Χαρακτηρίζεται από τη χρησιμοποίηση εξοπλισμού συνεχούς λειτουργίας, μεγάλου μεγέθους και μεγάλης παραγωγικής ικανότητας. Η εξόρυξη γίνεται με καδοφόρους εκσκαφείς ή εκσκαφείς με καδοάλυσο, η μεταφορά γίνεται με μεταφορικές ταινίες ή σιδηροδρομικώς και η απόθεση με αποθέτες ή ταινιογέφυρες.

Κατά την πορεία εξέλιξης της μεθόδου εκμετάλλευσης έχουν επικρατήσει ως βασικός εξοπλισμός οι καδοφόροι εκσκαφείς, οι μεταφορικές ταινίες και οι αποθέτες. Εφόσον τα χαρακτηριστικά του κοιτάσματος το επιτρέπουν, είναι δυνατή η απευθείας μεταφορά των στείρων στην απόθεση, χρησιμοποιώντας ταινιογέφυρες ή αποθέτες μεγάλου αναπτύγματος σε συνεργασία με τους καδοφόρους εκσκαφείς.

Ανάλογα με τη γενική μορφή του κοιτάσματος εφαρμόζεται στροφική ή παράλληλη προχώρηση των μετώπων εκσκαφής. Σε εκτεταμένα, επιμήκη πεδία χρησιμοποιείται συνήθως η παράλληλη λειτουργία. Συχνά χρησιμοποιείται συνδυασμός παράλληλης και στροφικής λειτουργίας, προκειμένου η εκμετάλλευση να προσαρμοστεί στη μορφή του κοιτάσματος. Η μέθοδος της συνεχούς εξόρυξης αναπτύχθηκε στα ορυχεία της Γερμανίας και γι' αυτό είναι γνωστή και ως “Γερμανική μέθοδος” (Γαλετάκης, 2013).

3.2 Εξόρυξη λιγνίτη στο Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης

3.2.1 Γενικά για την εξόρυξη λιγνίτη

Βασικό χαρακτηριστικό των λιγνιτικών κοιτασμάτων στην λεκάνη της Μεγαλόπολης είναι η εναλλαγή ποικίλου πάχους οριζοντίων σχεδόν λιγνιτικών στρωμάτων και ενδιάμεσων άγονων γεωυλικών (κυρίως ιλύς και άργιλος). Ανώτερα από τα λιγνιτικά στρώματα εντοπίζονται μεγάλα πάχη στείρων υπερκείμενων γεωυλικών όπως μάργες, αμμοχάλικα και αργίλους να αποτελούν μερικά από αυτά τα γεωυλικά.

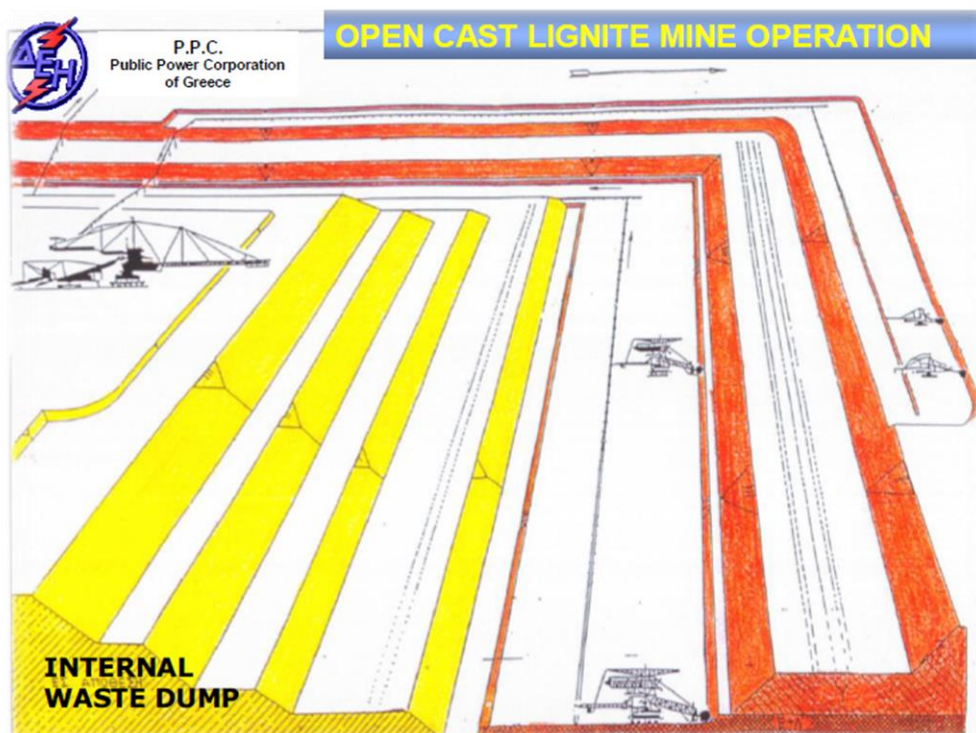
Η εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων γίνεται επιφανειακά με υπαίθριες βαθμίδες ύψους 10 – 20m ανάλογα με τον τύπο του καδοφόρου εκσκαφέα. Η μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται είναι όπως προαναφέρθηκε η “γερμανική μέθοδος” εκσκαφής μεταφοράς και απόθεσης. Χρησιμοποιείται λοιπόν, ως κύριος εξοπλισμός ένα σύστημα συνεχούς λειτουργίας, που αποτελείται από ηλεκτροκίνητους καδοφόρους εκσκαφείς, ταινιόδρομους και αποθέτες.

Το κοίτασμα εκσκάπτεται κατά στρώσεις, τα μεν άγονα γεωυλικά (υπερκείμενα ή ενδιάμεσα) μεταφέρονται με ταινιόδρομους σε πλατείες, όπου με τη βοήθεια αποθετών δημιουργούνται σωροί ενώ ο λιγνίτης μεταφέρεται στις αποκαλούμενες αυλές των ατμοηλεκτρικών σταθμών ή σε υπαίθριες αποθήκες των λιγνιτωρυχείων.

Η απόθεση των άγονων γεωυλικών πραγματοποιείται με την βοήθεια των αποθετών, έτσι ώστε η περιοχή εκσκαφών στο τέλος, να εναρμονίζεται με το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής. Η διαδικασία της απόθεσης περιγράφεται αναλυτικά στην παράγραφο **3.2.3 Απόθεση λιγνίτη και αγόνων** που ακολουθεί.

3.2.2 Μέθοδος της συνεχούς εξόρυξης επιφανειακής εκμετάλλευσης

Η μέθοδος της συνεχούς εξόρυξης επιφανειακής εκμετάλλευσης κοιτασμάτων όπως είναι ο λιγνίτης, δηλαδή λιγνιτικά στρώματα οριζόντια, μικρού βάθους καθώς και υπερκείμενων αγόνων γεωυλικών μικρού πάχους, απεικονίζεται σχηματικά στην Εικόνα 8. Στην εικόνα διακρίνονται ηλεκτροκίνητοι καδοφόροι εκσκαφείς που χρησιμοποιούνται για την αποκάλυψη και την εξόρυξη του λιγνιτικού κοιτάσματος, οι ταινιόδρομοι για την μεταφορά των εξορυσσόμενων γεωυλικών και αποθέτες για την απόθεση των στείρων γεωυλικών.



Εικόνα 8: Σχηματική απεικόνιση επιφανειακής εκμετάλλευσης λιγνίτη (Καραγιάννης, 2016).

Στην συνέχεια αναφέρονται τα στάδια της μεθόδου εκμετάλλευσης:

- *Αποκάλυψη του κοιτάσματος (stripping):* Ονομάζεται η διαδικασία απομάκρυνσης των υπερκείμενων αγόνων από το μέτωπο, η οποία πραγματοποιείται με τους καδοφόρους εκσκαφείς ή με συμβατικό εξοπλισμό όπως είναι οι φορτωτές ή υδραυλικοί εκσκαφείς με φορτηγά, σε μικρότερη έκταση.
- *Μεταφορά στείρων (αγόνων) υλικών προς τους χώρους απόθεσης:* Η μεταφορά αυτή γίνεται με μεταφορικές ταινίες μήκους περίπου 60km και πλάτους 1,2 – 1,6m, καθώς και με εργολαβικά αυτοκίνητα, από τους καδοφόρους εκσκαφείς.
- *Εκλεκτική απόληψη των ενδιάμεσων στείρων και του λιγνίτη.*
- *Μεταφορά του λιγνίτη στους Ατμοηλεκτρικούς Σταθμούς ή στις αυλές λιγνίτη για αποθήκευση και των ενδιάμεσων στείρων στους χώρους απόθεσης.*
- Φόρτωση λιγνίτη μέσω του απολήπτη (



- **Εικόνα 9),** από τις υπαίθριες αποθήκες ή από τις αυλές, προς τους Α. Η. Σ.



Εικόνα 9: Απολήπτης Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης εν ώρα λειτουργίας.

Τις περισσότερες φορές γίνεται προετοιμασία του αρχικού μετώπου πριν τεθεί σε λειτουργία ο καδοφόρος εκσκαφέας. Αυτή η προετοιμασία πραγματοποιείται με συμπληρωματικό εξοπλισμό ασυνεχούς εξόρυξης, όπως είναι οι υδραυλικοί εκσκαφείς, οι προωθητές γαιών, οι φορτωτές καθώς και τα φορτηγά αυτοκίνητα για την μεταφορά του εξορυσσόμενου υλικού.

Επίσης η συμπληρωματική εκμετάλλευση μπορεί να αποδοθεί ακόμα και στην υποβοήθηση των καδοφόρων εκσκαφών κατά τη διάρκεια της εργασίας τους. Τις εκτελούμενες αυτές εργασίες, καθώς και τον εξοπλισμό η «Λιγνιτική Μεγαλόπολης» τις εξασφαλίζει μέσω εργολαβικών συμβάσεων (Καραγιάννης, 2016).

Όταν η εκσκαφή του μετώπου ολοκληρωθεί σε όλο το βάθος προσβολής του συγκροτήματος, ακολουθεί η προώθηση του συγκροτήματος καθώς και η μετάθεση του ταινιοδρόμου (Εικόνα 10) ώστε να προσεγγίσει το νέο μέτωπο εκσκαφής. Ανάλογα την γεωμετρία του κοιτάσματος η μετάθεση της μεταφορικής ταινίας, μπορεί να είναι παράλληλη ή στροφική με σταθερό σημείο την κεφαλή της τομοταινίας και συνοδεύεται εάν απαιτείται από επιμήκυνση της αντίστοιχης διευθυντήριας ταινίας. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με ειδικούς προωθητές οι οποίοι έλκουν τον ταινιόδρομο πάνω στις σιδηροτροχιές πάνω στις οποίες εδράζεται. Για την

προχώρηση στην επόμενη τομή πρέπει να δημιουργηθεί όρυγμα τέτοιου πλάτους, ώστε η ευστάθεια των πρανών των υπερκείμενων εκσκαφών να είναι ασφαλής.



Εικόνα 10: Εργασίες για την μετάθεση του ταινιοδρόμου του Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης στην περιοχή του Δυτικού Χωρεμίου.

Το δίκτυο των ταινιοδρόμων, η πορεία του καδοφόρου εκσκαφέα όπως και η δημιουργία των δρόμων προσπέλασης πραγματοποιείται με όρυξη κεκλιμένων τάφρων.

Στο λιγνιτωρυχείο του Χωρεμίου η εκσκαφή των υπερκείμενων στείρων και του λιγνιτικού κοιτάσματος γίνεται σε βαθμίδες με μέσο ύψος μετώπου 20m.

Παράγοντες που επηρεάζουν το ύψος των μετώπων είναι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού που διαθέτει το ορυχείο καθώς και η ευστάθεια των πρανών.

Στο δυτικό Χωρέμι και στην περιοχή σχεδίασης της εκμετάλλευσης, το δυτικό πρανές της εκμετάλλευσης σχεδιάστηκε με μέση κλίση 1:7.3. Αυτό προτάθηκε έπειτα από γεωτεχνική μελέτη λόγω των αυξημένων μετακινήσεων, μεταξύ των σταθμών υψομέτρου +357m έως +290m. Η κλίση του πρανούς της κάθε πλευράς εκμετάλλευσης μπορεί να είναι κάποιες φορές πιο ομαλή και κάποιες άλλες πιο απότομη, αλλά η τελική κλίση θα πρέπει να διατηρείται στην συγκεκριμένη τιμή που αναφέρθηκε. Έν τέλει, η προχώρηση της εκμετάλλευσης της παρούσας εργασίας σχεδιάστηκε με κλίση της εκμετάλλευσης 1:7.3. Σύμφωνα με το άρθρο 83 του Κανονισμού Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (Κ. Μ. Λ. Ε., 2012), η γωνία πρανούς της εκσκαφής, σε όλες τις φάσεις εργασίας, δηλαδή κατά την διάρκεια της παραγωγής, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 45°, όπως και σχεδιάστηκε.

3.2.3 Απόθεση λιγνίτη και αγόνων

Λόγω του όγκου που καταλαμβάνουν τα εξορυσσόμενα άγωνα υλικά, η σωστή χωροθέτηση τους αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ομαλή διεξαγωγή της λειτουργίας του ορυχείου. Μέσω των αποθετών διενεργείται η απόθεση των αγόνων υλικών, έτσι ώστε να εναρμονίζεται με το γενικότερο τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής. Κατά την έναρξη μιας εκμετάλλευσης τα υπερκείμενα στείρα ή τα άγωνα που προκύπτουν από το μέτωπο μπορούν να αποτεθούν εκτός του πεδίου εκμετάλλευσης (εξωτερική απόθεση) ή εντός αυτού (εσωτερική απόθεση). Στην περίπτωση της εξωτερικής απόθεσης τα άγωνα υλικά μπορούν να αποτεθούν εκτός του χώρου εκμετάλλευσης, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να βρεθεί ελεύθερος χώρος εκτός πεδίου επομένως και επιπλέον κόστος μεταφοράς. Στην δεύτερη περίπτωση, η απόθεση μπορεί να λάβει χώρα σε πεδίο που λειτουργεί και πληροί τις προϋποθέσεις για εσωτερική απόθεση στειρών υλικών ή ακόμα και σε πεδίο στο οποίο η εκμετάλλευση έχει σταματήσει. Η εσωτερική απόθεση έχει σαν στόχο την σταδιακή αποκατάσταση του περιβάλλοντος με την ταυτόχρονη εξόφληση του κοιτάσματος (π. χ. για λόγους ευστάθειας των πρανών).

Τα εξορυχθέντα υλικά του μετώπου οδηγούνται στις μεταφορικές ταινίες (ταινιόδρομους) που αναπτύσσονται κατά μήκος της κάθε τομής και από εκεί στους λεγόμενους κόμβους και στην συνέχεια στις διευθυντικές ταινίες (Εικόνα 11).



Εικόνα 11: Διευθυντικές ταινίες του Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης.

Ανάλογα με το αν το υλικό είναι λιγνίτης μεταφέρεται στις αποκαλούμενες αυλές ή στις υπαίθριες αποθήκες και αν είναι άγονο οδηγείται στους χώρους αποθέσεων που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Με την πρόοδο της εκμετάλλευσης ελευθερώνονται σιγά σιγά οι εκτάσεις γης που δεσμεύονταν για την ανάπτυξη του ορυχείου. Σημαντικό τμήμα των λιγνιτικών εκμεταλλεύσεων αποτελεί η διαδικασία αναδιαμόρφωσης και αποκατάστασης του τοπογραφικού αναγλύφου. Αυτό επιτυγχάνεται με την πλήρωση των κοιλοτήτων που προκύπτουν από την εξόρυξη των στείρων (αγόνων), την αναδιαμόρφωση των εξωτερικών και εσωτερικών αποθέσεων καθώς επίσης και των κενών που θα απομείνουν μετά την ολοκλήρωση της εκμετάλλευσης. Οι νέες εκτάσεις γης που προκύπτουν είτε αποδίδονται σε κτηνοτρόφους ή σε γεωργούς ή αποτελούν χώρο για την ανάπτυξη της χλωρίδας ή διάφορων λιμνών που μπορούν να δημιουργηθούν στο μέλλον.

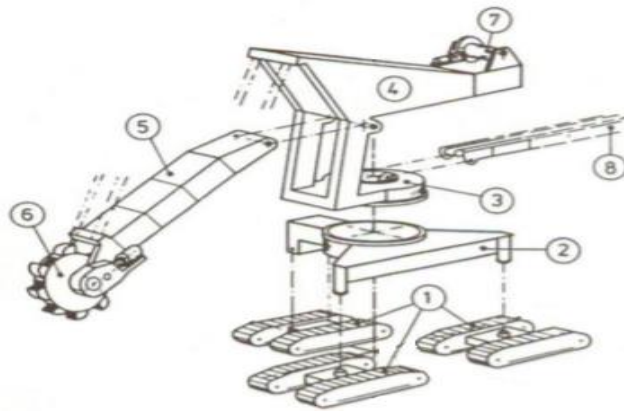
3.3 Συγκρότημα εξόρυξης

3.3.1 Εισαγωγή

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής στα λιγνιτωρυχεία της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (Δ. Ε. Η.) επιτυγχάνεται με τους καδοφόρους εκσκαφείς (Εικόνα **12**). Η εξόρυξη, η μεταφορά και η φόρτωση του λιγνίτη και των αγόνων στις εγκαταστάσεις των ταινιοδρόμων που ακολουθούν εξασφαλίζεται μέσω των καδοφόρων εκσκαφέων.

Στο Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης στα μέτωπα εξόρυξης χρησιμοποιούνται καδοφόροι εκσκαφείς σε συνεργασία με ταινιοχήματα και καλωδιοχήματα. Αυτή η ομάδα μηχανημάτων αποτελεί το “συγκρότημα εξόρυξης”.

Ο πρώτος καδοφόρος εκσκαφέας κατασκευάστηκε το 1881 στις ΗΠΑ από τον Charles Smith, ενώ η κατασκευή του πρώτου ευρωπαϊκού καδοφόρου εκσκαφέα αποδίδεται στο Γάλλο μηχανικό Robert Glogner το 1908. Από εκείνη την εποχή οι καδοφόροι εκσκαφείς παρουσίασαν σημαντική εξέλιξη τόσο από την πλευρά του μεγέθους όσο από την πλευρά της ασφάλειας. Ο μεγαλύτερος εκσκαφέας σήμερα διαθέτει παραγωγική ικανότητα της τάξης των $240.000m^3$ ανά ημέρα.



Εικόνα 12: Σχηματική παράσταση καδοφόρου εκσκαφέα όπου απεικονίζεται: 1. το σύστημα πορείας 2. η κατωδομή 3, 4. η περιφερόμενη ανωδομή 5. ο βραχίονας καδοτροχού 6. ο καδοτροχός 7. το σύστημα ανύψωσης του βραχίονα 8. ο βραχίονας ταινίας φόρτωσης (Γαλετάκης, 2013).

3.3.2 Περιγραφή καδοφόρου εκσκαφέα (Κ. Ε.)

Στο Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης χρησιμοποιούνται τρεις τύποι εκσκαφέων : ο SchRs $\frac{650}{4} \times 24$, ο SchRs 710 και ο C-700. Στους καδοφόρους εκσκαφείς διακρίνεται η σιδηροκατασκευή, ο μηχανολογικός εξοπλισμός και ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός καθώς και οι συμπληρωματικές-υποστηρικτικές εγκαταστάσεις. Τα κυριότερα μέρη από τα οποία απαρτίζεται ένας καδοφόρος εκσκαφέας (Εικόνα 12) είναι το σύστημα πορείας του [1], η κατωδομή [2], η περιφερόμενη ανωδομή [3,4], ο βραχίονας του καδοτροχού [5], ο καδοτροχός [6], το σύστημα ανύψωσης του βραχίονα και ο βραχίονας της ταινίας φόρτωσης [7].

Αναλυτικότερα για τους τύπους εκσκαφέων:

- SchRs $\frac{650}{4} \times 24$: Καδοφόρος εκσκαφέας κινούμενος επί ερπυστριών με περιφερόμενη ανωδομή, με χωρητικότητα κάδου 650l, με βάθος εκσκαφής σε χαμηλή κοπή έως 4m και μέγιστο ύψος κοπής 24m.
- SchRs 710: Καδοφόρος εκσκαφέας κινούμενος επί ερπυστριών με περιφερόμενη ανωδομή και χωρητικότητα κάδου 710l.
- C-700 : Καδοφόρος εκσκαφέας τύπου compact με χωρητικότητα κάδου 700l.

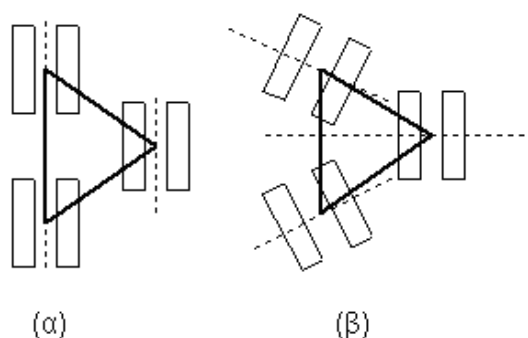
Ακολουθούν οι ορισμοί για το βάθος εκσκαφής, τη χαμηλή κοπή και το μέγιστο ύψος κοπής οι οποίες αναφέρθηκαν παραπάνω:

Βάθος εκσκαφής: είναι το βάθος κατά το οποίο εισχωρεί ο καδοτροχός σε κάθε περιφορά στο μέτωπο.

Χαμηλή κοπή: καλείται η εκσκαφή όπου ο καδοφόρος εκσκαφέας εκσκάπτει στρώματα κάτω από το δάπεδο έδρασής του.

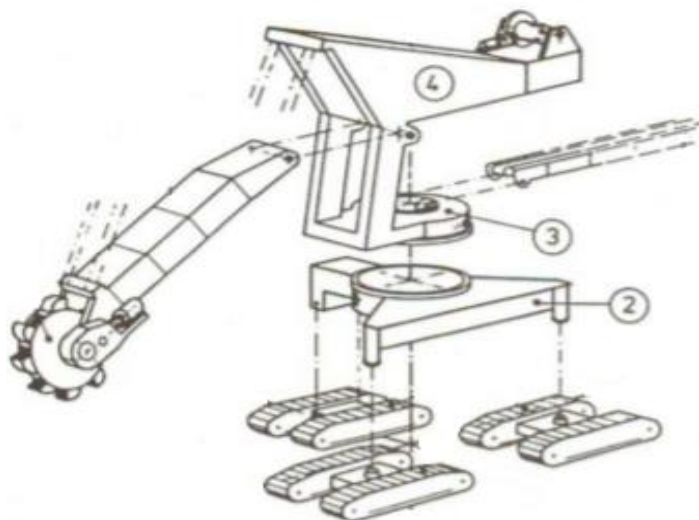
Μέγιστο ύψος κοπής: είναι το μέγιστο ύψος το οποίο μπορεί να ελέγξει ο εκσκαφέας.

Το **σύστημα πορείας** στους μεγάλους εκσκαφείς αποτελείται συνήθως από τρία συγκροτήματα ερπυστριών. Κάθε ζεύγος ή συγκρότημα ερπυστριών μπορεί να περιστρέφεται περί οριζόντιου άξονα, ώστε το σύνολο να προσαρμόζεται στις ανωμαλίες του δαπέδου. Η διάταξη των ερπυστριών είναι τριγωνική, όπου τα δύο ζεύγη είναι ευθυγραμμισμένα (διπλές ερπύστριες) και το τρίτο ζεύγος (μονή ερπύστρια) βρίσκεται ακριβώς απέναντι από τις διπλές ερπύστριες (Εικόνα 13). Οι διπλές ερπύστριες περιστρέφονται επιπλέον περί κατακόρυφου άξονα έτσι ώστε να επιτρέπουν την αλλαγή κατεύθυνσης κατά την πορεία του εκσκαφέα. Στους εκσκαφείς του Λ. Κ. Μ. η ελάχιστη ακτίνα στροφής ανέρχεται στα 50m και η ταχύτητα πορείας στα $6 \frac{m}{min}$.



Εικόνα 13: Διάταξη των τριών ζευγών ερπυστριών του εκσκαφέα (Καβουρίνος, 2015), α. Ευθύγραμμη πορεία β. Καμπυλόγραμμη πορεία

Η **κατωδομή** αποτελείται από έναν τριγωνικό φορέα σιδηράς κατασκευής και εδράζεται επί των ερπυστριών. Φέρει τον κύριο μηχανισμό περιφοράς. Στο άνω μέρος της κατωδομής στερεώνεται ο κάτω δακτύλιος περιφοράς (κάτω ημισφαιράκι) (Εικόνα 14. (2)) και οι οδοντωτές στεφάνες (γρανάζια) στις οποίες εμπλέκονται το πινιόν περιφοράς της ανωδομής και του βραχίονα απόρριψης.



Εικόνα 14: Καδοφόρος εκσκαφέας όπου απεικονίζεται η κατωδομή (2) και η περιφερόμενη ανωδομή (3, 4).
(Γαλετάκης, 2013)

Η **περιφερόμενη ανωδομή** βρίσκεται ακριβώς πάνω από την κατωδομή. Στο κάτω μέρος της ανωδομής βρίσκεται ο άνω δακτύλιος περιφοράς (άνω ημισφαιραύλακας) (Εικόνα 14. (3,4)), που τοποθετείται επάνω από τον κάτω δακτύλιο περιφοράς της κατωδομής. Οι δύο δακτύλιοι περιφοράς, άνω και κάτω, σχηματίζουν τον σφαιραύλακα μέσα στον οποίο είναι τοποθετημένοι ένσφαιροι τριβείς, μέσω των οποίων προσφέρεται η δυνατότητα περιφοράς της ανωδομής ως προς την κατωδομή χωρίς μεγάλες αντιστάσεις.

Η περιφορά επιτυγχάνεται με τη βοήθεια κινητήριας μονάδας ηλεκτροκινητήρα-μειωτήρα, μέσω συμπλέκτη ασφαλείας, ο οποίος προστατεύει από υπερφορτώσεις που προέρχονται από πλευρικές δυνάμεις που ασκούνται στον καδοτροχό ή στον βραχίονα παραλαβής. Στους εκσκαφείς οι κινητήριες μονάδες περιφοράς εδράζονται επί της ανωδομής όπου με την βοήθεια αξόνων και οδοντωτών τροχών μεταφέρεται η κίνηση στην οδοντωτή στεφάνη της κατωδομής και με αυτόν τον τρόπο επιτρέπεται η περιφορά της ανωδομής ως προς την κατωδομή κατά 360°.

Επίσης επάνω στην ανωδομή εδράζεται ο *πύργος* του εκσκαφέα, ο οποίος αποτελείται από μία δικτυωτή σιδηρά κατασκευή από δοκούς υψηλής αντοχής. Στον πύργο στηρίζεται ο βραχίονας του καδοτροχού μέσω πείρων, καθώς και από την αντίθετη πλευρά του πύργου συνδέεται ο βραχίονας του αντιβάρου.

Στο ανώτερο τμήμα του πύργου υπάρχει ο *ιστός*, που αποτελείται από μία χαλύβδινη δικτυωτή κατασκευή από δοκάρια, όπου μέσω τροχαλιών συρματόσχοινων ελέγχεται η ανύψωση και

καταβίβαση του καδοτροχού όπως επίσης και το σύστημα υπερτάνυσης και χαλάρωσης των συρματόσχοινων (Καβουρίνος, 2015).

Ο **βραχίονας καδοτροχού** ή αλλιώς *βραχίονας παραλαβής* συγκροτείται από ένα χωροδικτύωμα από χαλύβδινες ράβδους και φέρει την ταινία του καδοτροχού. Στο ένα άκρο της βρίσκεται ο καδοτροχός ενώ το άλλο άκρο συνδέεται με άρθρωση μέσω δύο πείρων στον πύργο του εκσκαφέα.

Στο μπροστινό και άνω τμήμα του βραχίονα υπάρχει σύστημα τροχαλιών συρματοσχοίνων για την ανύψωση-καταβίβαση του καδοτροχού. Στο δεξιό μέρος του βραχίονα και στο άκρο του βρίσκεται το κύριο χειριστήριο, απ' όπου ελέγχονται όλες οι λειτουργίες του καδοφόρου εκσκαφέα, καθώς και η επικοινωνία με τον Πύργο Ελέγχου Ταινιοδρόμων (Π. Ε. Τ.) όπως επίσης με το ταινιόχημα και το καλωδιόχημα (Καβουρίνος, 2015).

Ο **καδοτροχός** είναι ένας μεταλλικός δίσκος που φέρει στην περιφέρεια του κάδους, και είναι το περισσότερο καταπονούμενο στοιχείο ενός εκσκαφέα. Υπάρχουν δύο τύποι κάδων: οι κάδοι κοπής για τον θρυμματισμό του εκσκαπόμενου υλικού και οι κάδοι συγκράτησης του εξορυγμένου υλικού. Οι κάδοι συνδέονται με πείρους στη στεφάνη του καδοτροχού, ώστε να είναι εύκολη η αντικατάστασή τους.

Η λειτουργία του συστήματος ανύψωσης-καταβίβασης του βραχίονα καδοτροχού γίνεται με δύο συρματόσχοινα, που το καθένα μπορεί να φέρει όλο το βάρος του βραχίονα σε περίπτωση αστοχίας του δεύτερου συρματόσχοινου, καθώς επίσης στο σύστημα ανύψωσης υπάρχουν δύο ανεξάρτητα φρένα, που το καθένα μπορεί να συγκρατήσει τον βραχίονα κάτω από ακραίες συνθήκες. Ο καδοτροχός κινείται με ηλεκτροκινητήρα-μειωτήρα μετωπικών κωνικών οδοντωτών τροχών, που εμπλέκονται στον άξονα του καδοτροχού.

Μεταξύ του κινητήρα και του μειωτήρα υπάρχει υδραυλικός συμπλέκτης ασφαλείας που έχει σκοπό την βαθμιαία αύξηση των στροφών κίνησης του καδοτροχού και την ασφάλεια του συστήματος από υπερφόρτωση.

Στην ακριβώς αντίθετη πλευρά του πύργου ως προς τον βραχίονα του καδοτροχού βρίσκεται ο βραχίονας αντιβάρων. Η τοποθέτηση αυτών γίνεται με σκοπό την εξισορρόπηση του βάρους του βραχίονα καδοτροχού και των δυνάμεων που αναπτύσσονται κατά την εξόρυξη. Στον βραχίονα αυτό βρίσκεται και το σύστημα ανύψωσης-καταβίβασης του βραχίονα του καδοτροχού.

Ο **βραχίονας απόρριψης** είναι μία επιμήκης δικτυωτή κατασκευή όπου εδράζεται η ταινία απόρριψης. Συνδέεται με τον πύργο μέσω μίας βάσης που φέρει σύστημα τροχών και πείρων, ενώ από το άλλο άκρο του γίνεται η φόρτωση στον ταινιόδρομο (Εικόνα 15 : Καδοφόρος εκσκαφέας εν ώρα λειτουργίας στο πεδίο Δυτικό Χωρέμι του Λ.Κ.Μ. όπου διακρίνεται η κατωδομή, το σύστημα πορείας, η

ανωδομή και 1. ο βραχίονας του καδοτροχού 2. ο καδοτροχός 3. ο πύργος 4. ο βραχίονας απόρριψης. 5. και παράλληλα από τον καδοφόρο εκσκαφέα φαίνεται η μεταφορική ταινία.) με τον οποίο συνεργάζεται ο καδοφόρος εκσκαφέας.

Το σύστημα περιφοράς αποτελείται από ηλεκτροκινητήρα-μειωτήρα και οδοντωτό τροχό που εμπλέκεται στην οδοντωτή στεφάνη της κατωδομής. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται περιφορά του βραχίονα απόρριψης ως προς την κατωδομή. Στους εκσκαφείς του Λ. Κ. Μ. ο βραχίονας απόρριψης μπορεί να περιστραφεί σε μία περιοχή με τερματικά όρια τις 105° εκατέρωθεν του βραχίονα καδοτροχού ή και το αντίστροφο.



Εικόνα 15 : Καδοφόρος εκσκαφέας εν ώρα λειτουργίας στο πεδίο Δυτικό Χωρέμι του Λ.Κ.Μ. όπου διακρίνεται η κατωδομή, το σύστημα πορείας, η ανωδομή και 1. ο βραχίονας του καδοτροχού 2. ο καδοτροχός 3. ο πύργος 4. ο βραχίονας απόρριψης. 5. και παράλληλα από τον καδοφόρο εκσκαφέα φαίνεται η μεταφορική ταινία.

Στο λιγνιτωρυχείο του Χωρεμίου υπάρχουν οχτώ εκσκαφείς, εκ των οποίων δύο βρίσκονται στο Δυτικό Χωρέμι. Οι υπόλοιποι έξι βρίσκονται στο Νότιο Χωρέμι, ο ένας εκ των οποίων απεικονίζεται στην Εικόνα **16**, ο οποίος έχει τεθεί εκτός λειτουργίας λόγω βλάβης.

Οι καδοφόροι εκσκαφείς που εκσκάπτουν στην περιοχή όπου σχεδιάστηκε η εκμετάλλευση είναι ο Κ. Ε. 12 και ο Κ. Ε. 17.



Εικόνα 16: Καδοφόρος εκσκαφέας Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολη, εκτός λειτουργίας.

3.3.2.1 Όχημα Φόρτωσης – Καλωδιόχημα

Κάθε εκσκαφέας του Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης ακολουθείται από μία κατασκευή αποκαλούμενη ως όχημα φόρτωσης – καλωδιόχημα, που αποτελείται από δύο μέρη: το καλωδιόχημα και τη μονάδα φόρτωσης. Αυτή η κατασκευή κινείται επάνω στις σιδηροτροχιές του ταινιόδρομου.

Η μονάδα φόρτωσης περιλαμβάνει την χοάνη παραλαβής απ' όπου οδηγείται το εξορυγμένο υλικό στην τομοταινία που βρίσκεται από κάτω της. Επάνω στο καλωδιόχημα είναι τοποθετημένα δύο καλωδιοτύμπανα για την τύλιξη ή αποτύλιξη των καλωδίων ισχύος και ελέγχου, που απλώνονται στην τομοταινία.

3.3.2.2 Ταινιόχημα

Το ταινιόχημα αποτελεί σύνδεσμο μεταξύ εκσκαφέα και καλωδιοχήματος. Με το ταινιόχημα αυξάνεται η εμβέλεια δράσης τους εκσκαφέα τόσο στο οριζόντιο όσο στο κατακόρυφο επίπεδο. Αποτελείται από την κατωδομή [1] και την ανωδομή [2] (Εικόνα 17).

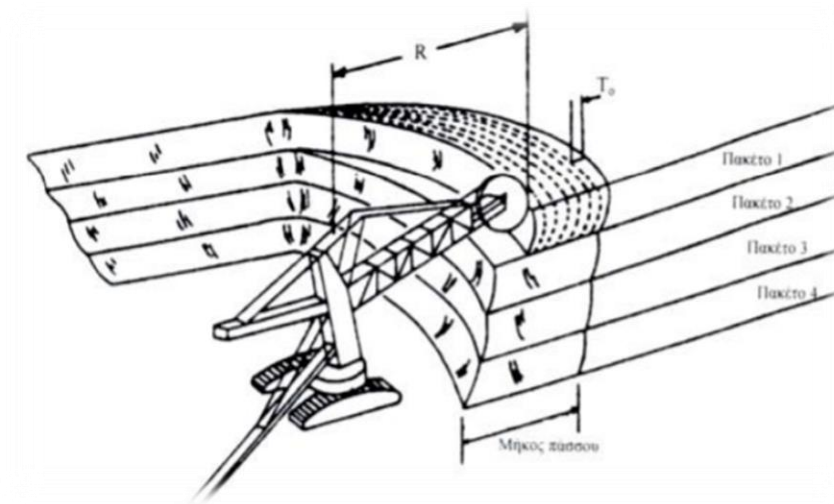
Η κατωδομή αποτελείται από μία σιδηρά κατασκευή κυλινδρικής μορφής που συνδέεται με τους ερπυστριοφορείς που αποτελούν και το σύστημα πορείας του και διαθέτουν ανεξάρτητη κίνηση. Στην ανωδομή στηρίζεται ο βραχίονας παραλαβής και ο βραχίονας απόρριψης.



Εικόνα 17 : Ταινιόχημα σε ώρα λειτουργίας του Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης, στο πεδίο Δυτικό Χωρέμι, όπου απεικονίζεται 1. η κατωδομή και 2. η ανωδομή.

3.4 Μέθοδος εργασίας με καδοφόρο εκσκαφέα

Η εξόρυξη των υλικών με καδοφόρο εκσκαφέα επιτυγχάνεται με την προσβολή του προς τον σχηματισμό από τον περιστρεφόμενο καδοτροχό και συγχρόνως περιφορά του βραχίονα παραλαβής περί το κέντρο στήριξης του. Η σύνθετη αυτή κίνηση έχει ως αποτέλεσμα την εκσκαφή όγκων δρεπανοειδούς μορφής (Εικόνα 18). Ο εκσκαπτόμενος όγκος που προκύπτει κατά μία περιφορά του βραχίονα παραλαβής καλείται *πατάρι*. Στη συνέχεια ο καδοφόρος εκσκαφέας πραγματοποιεί κίνηση προς τα εμπρός για να γίνει εκσκαφή στο επόμενο πατάρι. Αυτό επαναλαμβάνεται μέχρις ότου οι ερπύστριες του εκσκαφέα φθάσουν στη βάση του πρανούς.



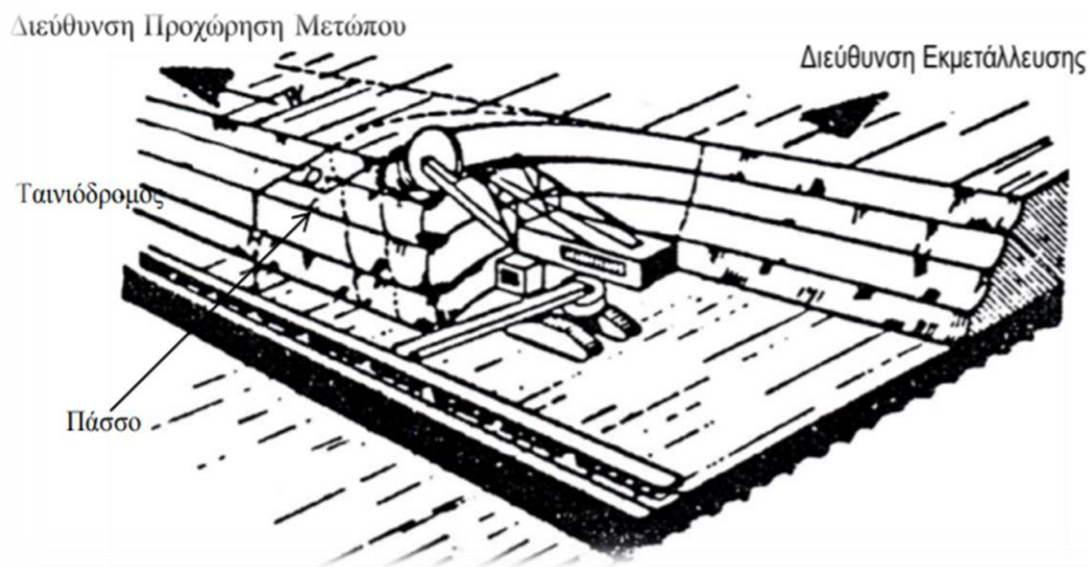
Εικόνα 18: Διαδικασία εξόρυξης (κοπή κατά βαθμίδες) με καδοφόρο εκσκαφέα, με δρεπανοειδής μορφή του όγκου που εξορύσσεται κατά μία περιφορά του βραχίονα παραλαβής του εκσκαφέα (Γαλετάκης, 2013).

3.4.1 Ένταξη και λειτουργία καδοφόρου εκσκαφέα

Οι όροι ένταξη και λειτουργία του καδοφόρου εκσκαφέα αναφέρονται στον τρόπο με τον οποίο τοποθετείται και λειτουργεί ο καδοφόρος εκσκαφέας στο μέτωπο εκσκαφής και στη θέση του δαπέδου του ως προς τον ταινιόδρομο. Οι συνήθως εφαρμοζόμενοι τρόποι είναι η παράλληλη εκσκαφή όταν η διεύθυνση προχώρησης του εκσκαφέα είναι κάθετη στην διεύθυνση προχώρησης της εκμετάλλευσης, η κατά μέτωπο εκσκαφή όταν η γωνία αυτή είναι 0° , κ. ά όπως η πλευρική εκσκαφή κατά στρώσεις και κατά μέτωπο, η χαμηλή εξόρυξη και η λειτουργία σε αναβαθμό και μετατομή (Γαλετάκης, 2013).

3.4.2 Παράλληλος τρόπος εκσκαφής

Σε αυτή τη μέθοδο λειτουργίας ο άξονας πορείας του εκσκαφέα είναι κάθετος με την κατεύθυνση προχώρησης του επιμήκους μετώπου ή τη διεύθυνση εκμετάλλευσης (Εικόνα 19). Η εκσκαφή επιτυγχάνεται με περιφορά του βραχίονα παραλαβής περί το κέντρο στήριξής του. Ακολουθεί προχώρηση του εκσκαφέα κατά ένα βήμα και εξορύσσεται το επόμενο πατάρι. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου εξαντληθεί η πορεία του εκσκαφέα.



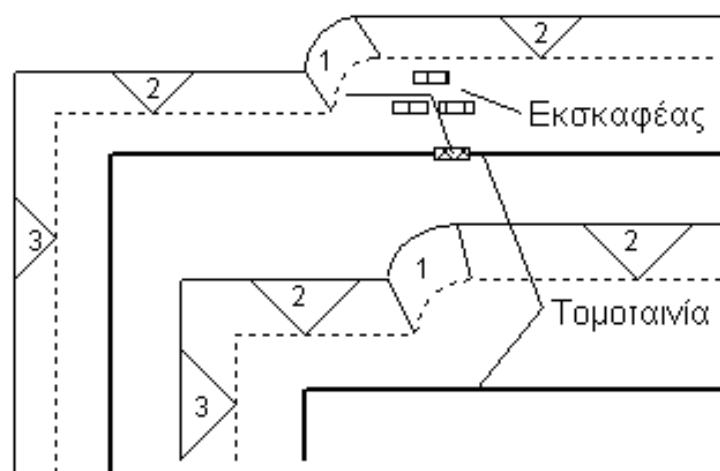
Εικόνα 19: Παράλληλος τρόπος εκσκαφής με καδοφόρο εκσκαφέα (Γαλετάκης, 2013).

Το σύνολο των παταριών που εκσκάπτονται μέχρι να εξαντληθεί η πορεία του εκσκαφέα αποτελούν ένα πακέτο. Στην συνέχεια ο εκσκαφέας οπισθοχωρεί, καταβιβάζεται ο βραχίονας παραλαβής και επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία εξόρυξης των παταριών του επόμενου πακέτου. Ο όγκος που εκσκάπτεται μετά την εξάντληση της συνολικής προχώρησης για όλα τα σύνολα των “πακέτων” από το φρύδι του μετώπου μέχρι το δάπεδο λέγεται “πάσσο” ή τομέας (block) εκμετάλλευσης. Η διεύθυνση εκμετάλλευσης, δηλαδή η διεύθυνση προς την οποία προχωρά το ορυχείο είναι κάθετη προς τον ταινιόδρομο. Όταν το μέτωπο απομακρυνθεί από τον ταινιόδρομο, είναι αναγκαία η μετάθεσή του είτε παράλληλα είτε στροφικά, με σταθερό σημείο την κεφαλή της τομοταινίας. Η μέθοδος αυτή εκσκαφής είναι η επικρατούσα λόγω της μεγαλύτερης απόδοσης που εξασφαλίζει. Οι άλλες μέθοδοι, που αναφέρθηκαν ονομαστικά στην παράγραφο 3.4.1, εφαρμόζονται σε ειδικές περιπτώσεις και συνήθως υστερούν σε απόδοση σε σχέση με την παράλληλη εκσκαφή.

3.4.3 Διαμόρφωση πρανών μέσω καδοφόρου εκσκαφέα

Σε ένα ορυχείο διακρίνονται τρία διαφορετικά πρανή τα οποία απεικονίζονται στην Εικόνα 20 που ακολουθεί:

1. Το μετωπικό πρανές που αναφέρεται στο μέτωπο κοπής.
2. Το πλευρικό πρανές που αναφέρεται στο παράλληλο προς την τομοταινία μέτωπο.
3. Το τελικό πρανές που αναφέρεται στο μέτωπο που βρίσκεται στα όρια της τομής.



Εικόνα 20: Τα πρανή ενός ορυχείου: (1. Μετωπικό πρανές, 2. Πλευρικό πρανές, 3. Τελικό πρανές)

Η διάρκεια ζωής των μετωπικών πρανών είναι της τάξης των μερικών ωρών, λόγω συνεχόμενης ανανέωσης με την εξέλιξη της εξόρυξης, η διάρκεια ζωής των πλευρικών πρανών είναι της τάξης των μερικών εβδομάδων γιατί ανανεώνονται μετά από κάθε μετάθεση της τομοταινίας. Τέλος η διάρκεια ζωής του τελικού πρανούς είναι της τάξης των μερικών ετών μέχρι να καλυφθούν τα υλικά της εσωτερικής απόθεσης. **Λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής των τελικών πρανών η κλίση τους είναι σαφώς μικρότερη αυτής των πλευρικών και των μετωπικών** (Καβουρίνος, 2015).

Κεφάλαιο 4ο: Σχεδιασμός επέκτασης υπαίθριας εκμετάλλευσης λιγνιτικού κοιτάσματος

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αναφέρεται στη περιοχή του Δυτικού Χωρεμίου και πιο συγκεκριμένα Βόρεια της κοινότητας του Τριπόταμου όπου και σχεδιάστηκε η επέκταση της υπαίθριας-επιφανειακής εκμετάλλευσης. Στις Εικόνα **21** και **Εικόνα 22** που ακολουθούν απεικονίζεται η περιοχή μελέτης με άποψη από Νότο προς Βορρά και από Βορρά προς Νότο αντίστοιχα.



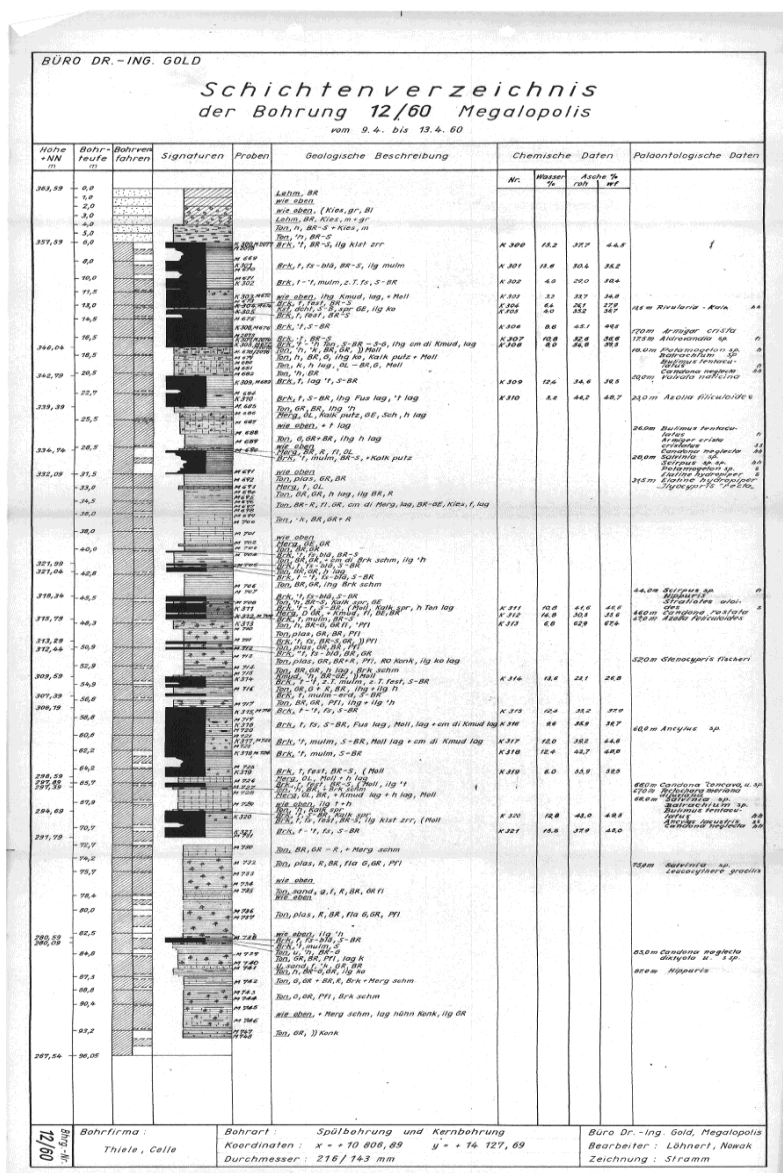
Εικόνα 21: Άποψη περιοχής μελέτης από Νότο προς Βορρά



Εικόνα 22: Άποψη περιοχής μελέτης από Βορρά προς Νότο.

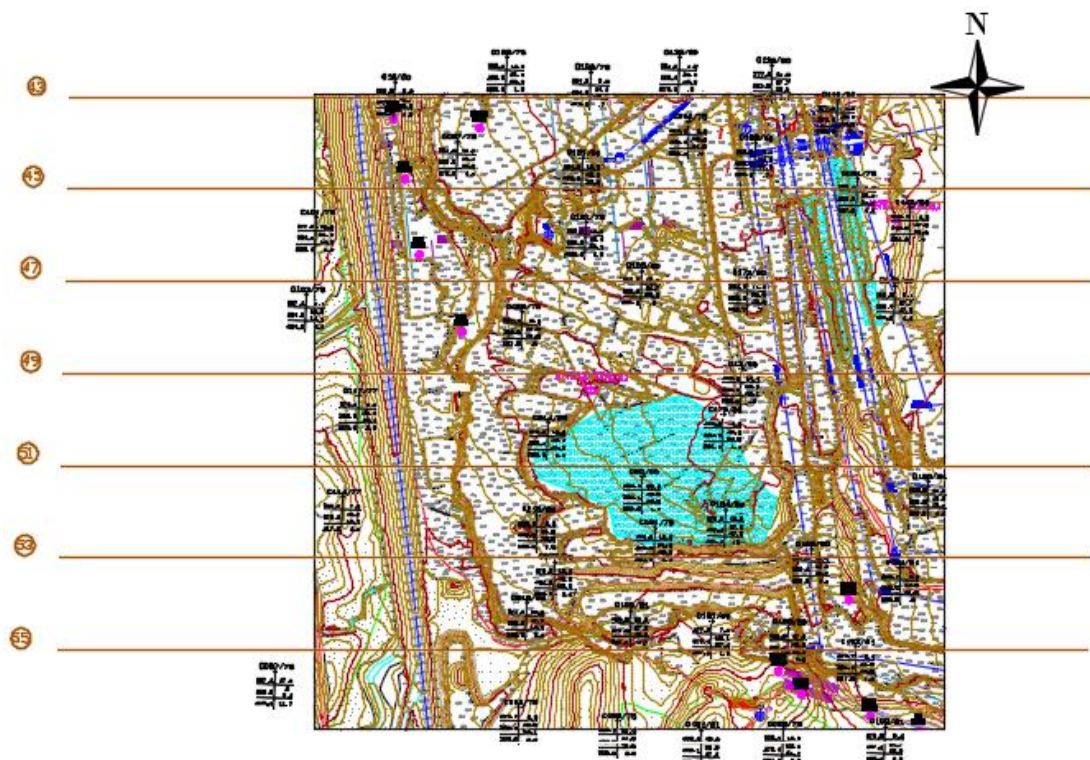
4.1 Περιγραφή δεδομένων και περιοχής σχεδίασης

Για τον σχεδιασμό του ορυχείου καθώς και για την δημιουργία του κοιτασματολογικού μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων της περιοχής. Χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα 39 σκαναρισμένων φύλλων τομών γεωτρήσεων, ένα παράδειγμα εκ των οποίων, απεικονίζεται στην Εικόνα 23. Από την κάθε εικόνα μπορεί να διακριθεί η χρονολογία της κάθε γεώτρησης, οι συντεταγμένες στις οποίες ανήκει η κάθε μια, η γεωλογική περιγραφή καθώς και τα χημικά δεδομένα των συστατικών. Ακόμα ένα στοιχείο το οποίο είναι αρκετά χρήσιμο, είναι το βάθος στο οποίο εισχωρεί η κάθε γεώτρηση στο φυσικό έδαφος. Δίνονται αναλυτικά και με ακρίβεια τα μέτρα στα οποία υπάρχει λιγνίτης αλλά και αυτά στα οποία εμφανίζονται τα άγονα υλικά.



Εικόνα 23 : Γεώτρηση 12/60 Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης στην περιοχή του Δυτικού Χωρεμίου.

Επίσης ως δεδομένο, χρησιμοποιήθηκε και το τοπογραφικό υπόβαθρο της περιοχής, που απεικονίζεται στην Εικόνα 24 που ακολουθεί. Από τον τοπογραφικό χάρτη της περιοχής μπορούν να αντληθούν διάφορες πληροφορίες για την περιοχή μελέτης οι οποίες αναφέρονται στην συνέχεια.

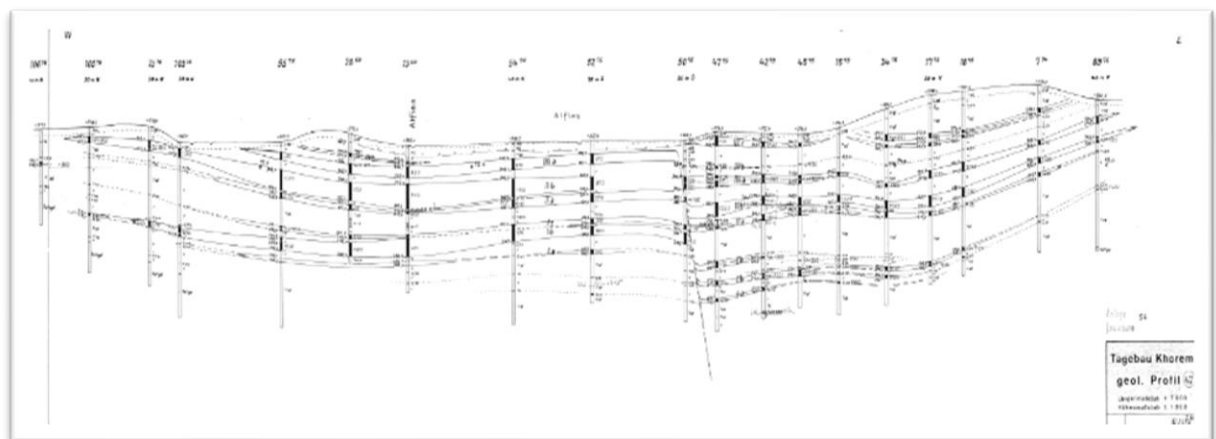


Εικόνα 24: Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής σχεδίασης στο Δυτικό Χωρέμι.

Στον παραπάνω τοπογραφικό χάρτη (Εικόνα 24) μπορούν να διακριθούν οι σημειωμένες γεωτρήσεις (με μαύρο χρώμα στο χάρτη) της περιοχής, οι οποίες καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος του χάρτη. Στη Δυτική πλευρά, βρίσκεται το υδρογραφικό δίκτυο του Αλφειού ποταμού και στην Ανατολική (με μπλε χρώμα στον χάρτη) διακρίνονται οι ταινιόδρομοι και ο κόμβος αυτών. Νότια και Δυτικά του χάρτη (πράσινο χρώμα) απεικονίζονται τα όρια απαλλοτρίωσης, καθώς προς το Νότο βρίσκεται η περιοχή Τριπόταμος, στην οποία στο μέλλον θα ξεκινήσουν οι διαδικασίες απαλλοτρίωσης. Οι παράλληλες (καφέ σε χρώμα) γραμμές που τέμνουν τον χάρτη είναι οι γεωλογικές τομές. Με μωβ κύκλους απεικονίζονται οι διάφοροι στόχοι, ή αλλιώς οι θέσεις των μαρτύρων μέτρησης μετακινήσεων, οι οποίοι χρησιμεύουν για την υπόδειξη τυχόν μικρομετακινήσεων στην περιοχή. Οι μετακινήσεις των μαρτύρων καταγράφονται ταχυμετρικά, δηλαδή μετράται η ευθεία απόσταση των μαρτύρων από τη βάση μέτρησης που βρίσκεται σε σταθερό πρανές. Οι μετρήσεις είναι ημερήσιες και καταγράφονται σε mm. Στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης, παρατηρείται η ύπαρξη ενός αντλιοστασίου, που σαφώς με την βοήθεια αντλιών θα πραγματοποιηθεί η μετακίνηση του νερού.

Επιπλέον με την βοήθεια των γεωλογικών τομών, μία εκ των οποίων να παρουσιάζεται στην Εικόνα 25, οι οποίες απεικονίζουν τα λιγνιτικά στρώματα της περιοχής, μπόρεσε να πραγματοποιηθεί η προβολή των γεωτρήσεων. Οι γεωτρήσεις που δόθηκαν ως δεδομένα, οι οποίες δεν απεικονίζονταν στις τομές, με την βοήθεια των χαρακτηριστικών τους, δηλαδή των συντεταγμένων τους καθώς και με τις εμφανίσεις του λιγνίτη στα διάφορα βάθη, βάσει αυτών μπόρεσε να πραγματοποιηθεί η προβολή τους. Με την βοήθεια των τομών μπορεί να γίνει καλύτερα αντιληπτή η πορεία που ακολουθούν τα λιγνιτικά στρώματα. Οι τομές αυτές χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία των λιγνιτικών στερεών ή αλλιώς για την μοντελοποίηση του λιγνιτικού κοιτάσματος, η οποία περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο.

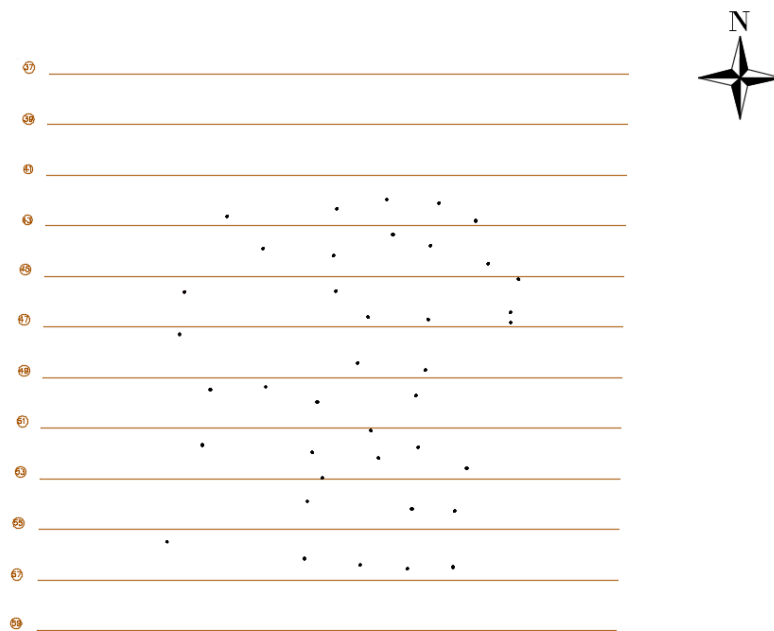
Όλα τα ανωτέρω αναφερθέντα δεδομένα ζητήθηκαν και εδόθησαν από την Λιγνιτική Μεγαλόπολης Α. Ε.



Εικόνα 25: Γεωλογική τομή 47 του Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης.

4.2 Μοντελοποίηση του λιγνιτικού κοιτάσματος

Για την μοντελοποίηση των λιγνιτικών στρωμάτων πραγματοποιήθηκαν μια σειρά από βήματα. Στην αρχή έγινε αναλυτική καταγραφή των δεδομένων της κάθε μίας γεώτρησης στο πρόγραμμα υπολογιστικού φύλλου excel. Στην συνέχεια, με την βοήθεια των δεδομένων των γεωτρήσεων, έγινε ο εντοπισμός και ο διαχωρισμός των λιγνιτικών οριζόντων Ia, Ib, Ic (“Ηλίας”), IIa, IIb (“Όττο”) και IIIa, IIIb, IIIc (“Παναγιώτης”). Τέλος, έγινε τοποθέτηση των γεωτρητικών δεδομένων στο χώρο με το σχεδιαστικό πρόγραμμα Civil 3D 2018 Metric, με το αποτέλεσμα να παρουσιάζεται στην παρακάτω Εικόνα 26.



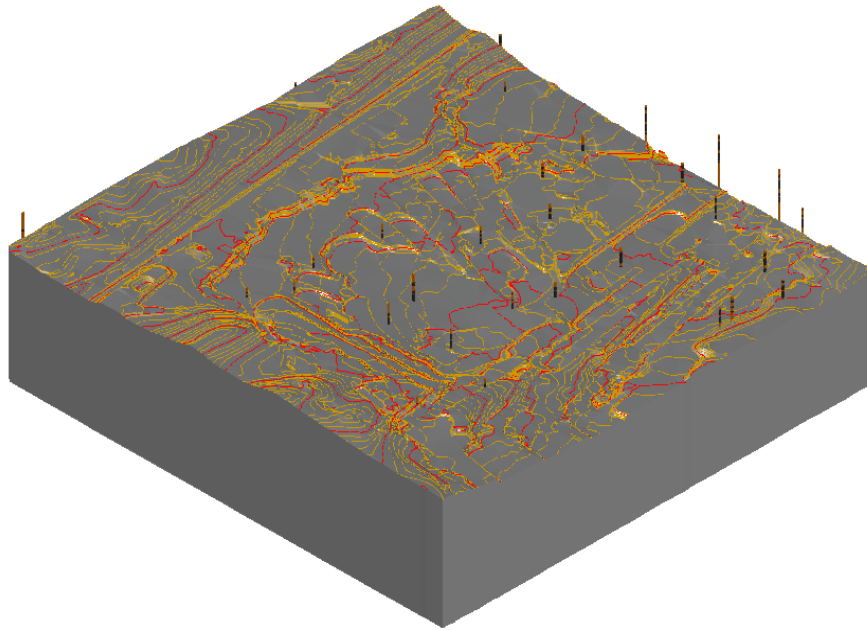
Εικόνα 26: Εισαγωγή σημείων των γεωτρήσεων στην περιοχή μελέτης με την χρήση του προγράμματος Civil 3D.

Για κάθε ένα σημείο που αντιστοιχεί στο κολάρο κάθε γεώτρησης, δημιουργήθηκε η αντίστοιχη γεωτρητική στήλη (Εικόνα 27) όπου εμφανίζονται αναλυτικά τα λιγνιτικά στρώματα καθώς και τα ενδιάμεσα και υπερκείμενα στείρα. Με μαύρο χρώμα απεικονίζεται ο λιγνίτης και με ανοιχτό καφέ χρώμα απεικονίζονται τα στείρα υλικά.



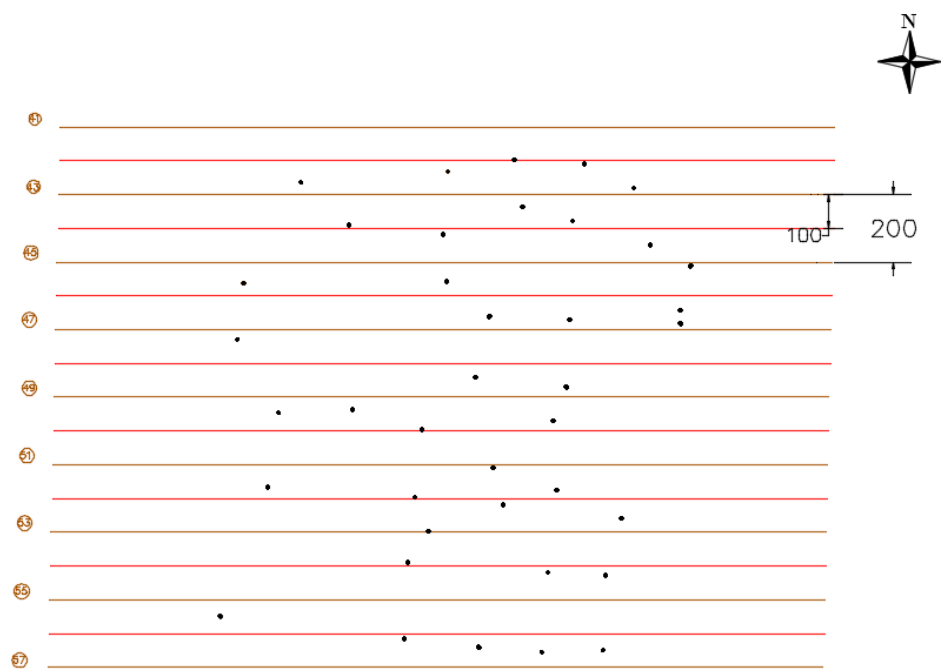
Εικόνα 27: Όψη της γεώτρησης 12/60 του Α. Κ. Μ.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε χωρικός έλεγχος των δεδομένων με το αποτέλεσμα να απεικονίζεται στην Εικόνα **28** που ακολουθεί. Η παρουσίαση τμημάτων των γεωτρήσεων να προεξέχουν, οφείλεται στο γεγονός των διαφορετικών χρονικών διαστημάτων που μεσολάβησαν από την εποχή που πραγματοποιήθηκαν οι γεωτρήσεις μέχρι την περίοδο που σχεδιάστηκε η εκμετάλλευση. Με την πάροδο του χρόνου πραγματοποιούνταν μικρές εκμεταλλεύσεις στην περιοχή με αποτέλεσμα σήμερα το φυσικό έδαφος να βρίσκεται σε χαμηλότερο υψόμετρο.



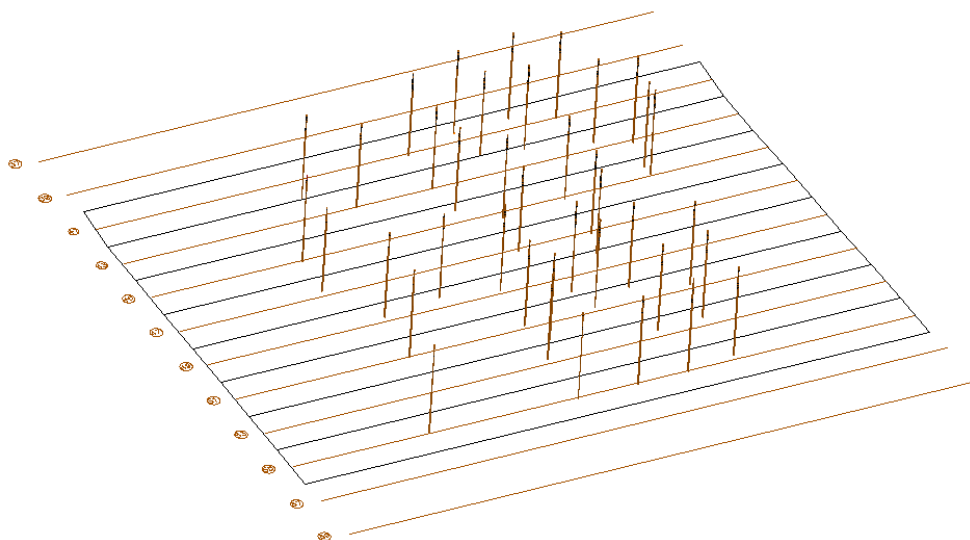
Εικόνα 28: Γεωτρήσεις με ένα μέρος τους να βρίσκεται πάνω από την τοπογραφία της περιοχής.

Από τα δεδομένα, η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών γεωλογικών τομών μετρήθηκε και είναι ίση με $200m$. Ωστόσο υπάρχουν αρκετές από τις γεωτρήσεις που βρίσκονται ανάμεσα στις τομές και πρέπει να προβληθούν σε αυτές (Εικόνα **29**). Οπότε δημιουργήθηκαν ενδιάμεσα ανά $100m$ ευθείες γραμμές έτσι ώστε να δημιουργηθούν ορθογώνια παραλληλόγραμμα, όπου απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα, και όσες γεωτρήσεις ανήκουν μέσα στα συγκεκριμένα διαστήματα ($100m$ εκατέρωθεν της κάθε τομής), θα προβληθούν στις αντίστοιχες τομές του κάθε παραλληλόγραμμου.



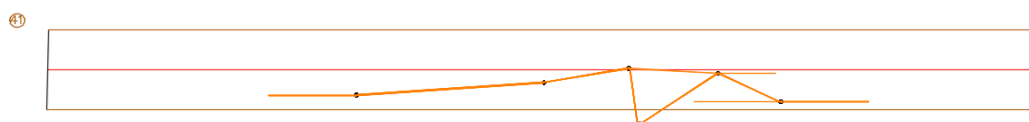
Εικόνα 29: Κάτοψη, όπου εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα οι ευθείες για την δημιουργία παραλληλογράμμων ανάμεσα στις γεωλογικές τομές καθώς και οι διαστάσεις των αποστάσεων μεταξύ των τομών.

Η τρισδιάστατη άποψη της παραπάνω εικόνας απεικονίζεται στην Εικόνα 30 που ακολουθεί:



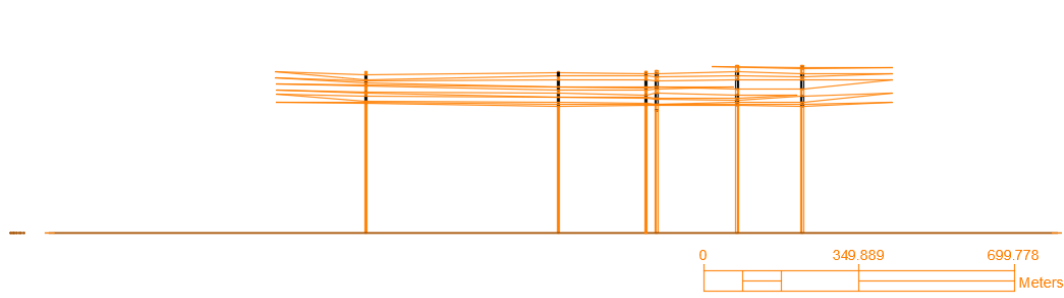
Εικόνα 30: Τρισδιάστατη απεικόνιση γεωτρήσεων και τομών.

Εν συνεχεία, αφού ολοκληρώθηκε η προβολή των γεωτρήσεων στις γεωλογικές τομές, ακολούθησε για κάθε μία τομή ξεχωριστά ο σχεδιασμός των λιγνιτικών στρωμάτων. Οπότε για κάθε μία γεώτρηση πραγματοποιήθηκε η ένωση του ίδιου λιγνιτικού ορίζοντα. Η κάτοψη της εικόνα αυτής απεικονίζεται στην Εικόνα 31 που ακολουθεί:



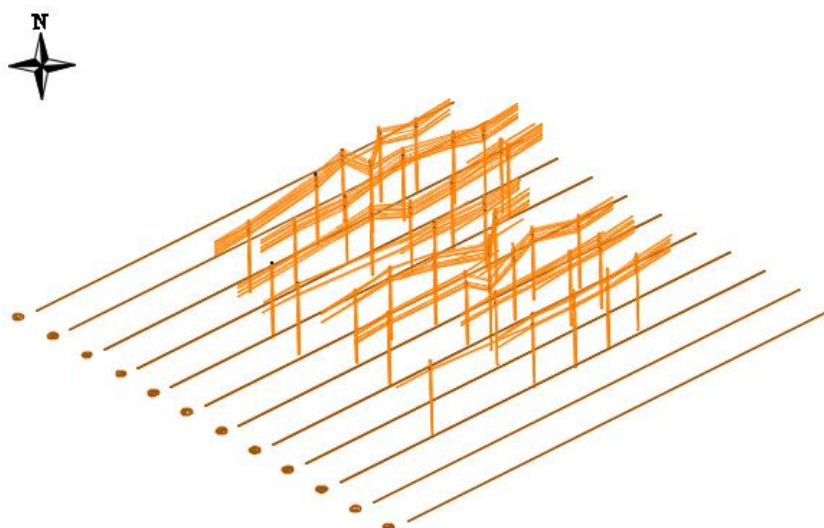
Εικόνα 31: Κάτοψη τομής 41.

Στην Εικόνα **32**, απεικονίζονται οι έξι γεωτρήσεις της τομής 41, όπου διακρίνονται τα λιγνιτικά στρώματα έπειτα από την ένωση των ίδιων λιγνιτικών οριζόντων της κάθε μιας γεώτρησης.



Εικόνα 32: Πλάγια όψη της τομής 41

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για κάθε μια τομή ξεχωριστά και η ένωση όλων αυτών έχει ως αποτέλεσμα την τρισδιάστατη απεικόνιση της Εικόνα **33** που ακολουθεί:

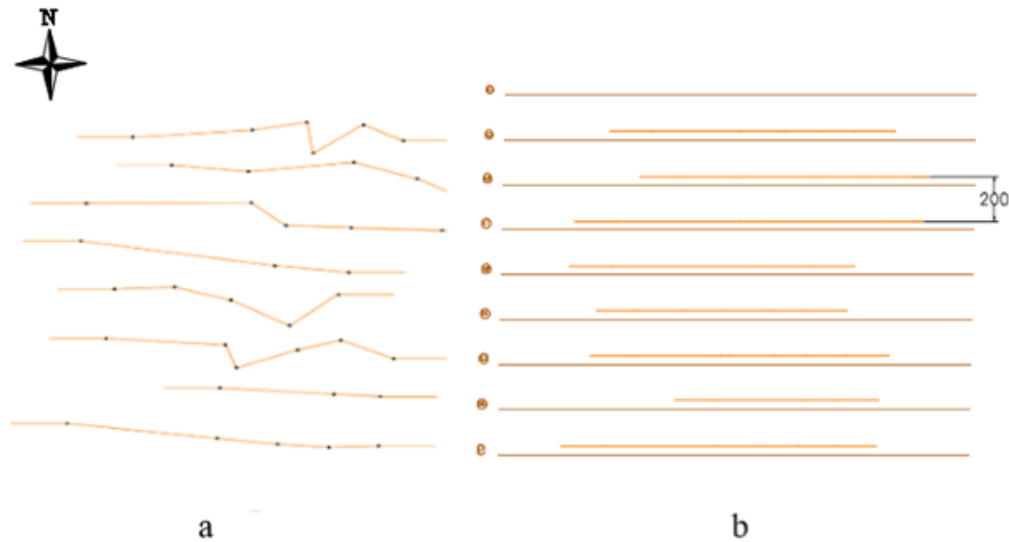


Εικόνα 33: Συγκεντρωμένες τομές με τους λιγνιτικούς ορίζοντες.

Συνοψίζοντας αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία της δημιουργίας των λιγνιτικών οριζόντων για κάθε μία τομή, αυτό που απόμεινε να γίνει είναι η ένωση των ίδιων λιγνιτικών οριζόντων της κάθε τομής.

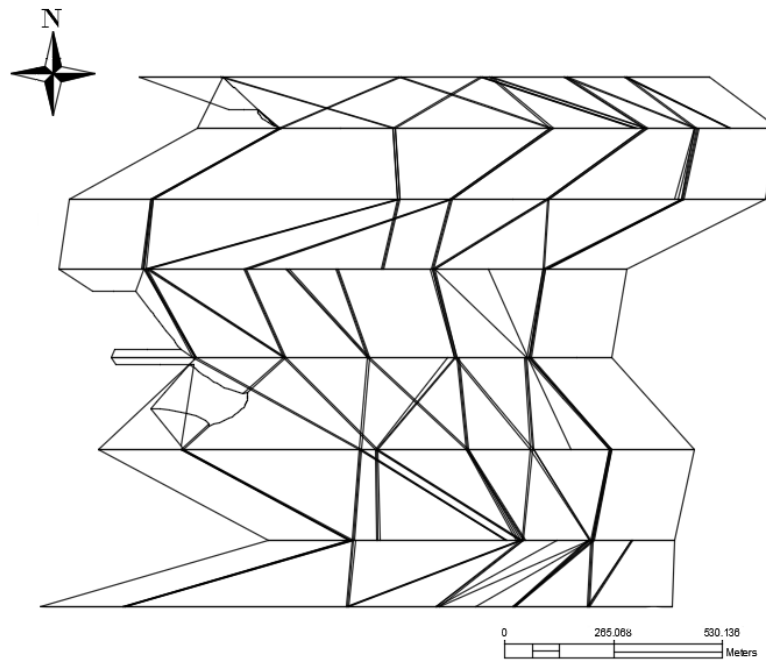
Για παράδειγμα για τον λιγνιτικό ορίζοντα Ib τα αποτελέσματα που προκύπτουν μετά την ένωση των σημείων του ίδιου ορίζοντα για κάθε τομή απεικονίζονται στην παρακάτω **Error! Reference source not found.a.**

Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκε προβολή των σημείων των τομών, από 3D σε 2D polylines, για διευκόλυνση αλλά και εκτέλεση της εντολής Loft. (**Error! Reference source not found.b**).



Εικόνα 34: **a)** λιγνιτικός ορίζοντας Ib από όλες τις τομές και με μαύρο χρώμα απεικονίζονται τα κολάρα των γεωτρήσεων, **b)** προβολή των σημείων σε 2D ορίζοντες (μαύρες οριζόντιες γραμμές).

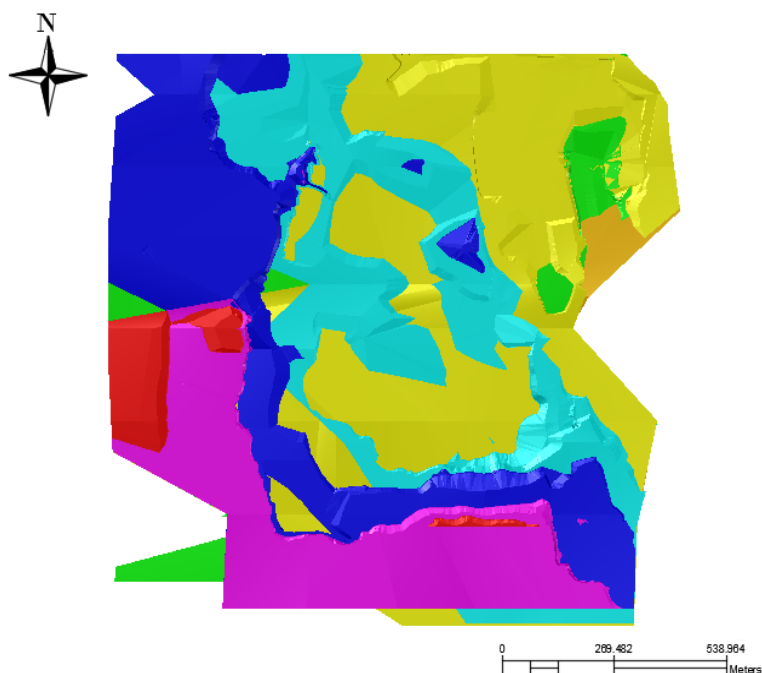
Για να δημιουργηθεί η επιφάνεια ή το 3D στερεό (Εικόνα 35**Error! Reference source not found.**) στο διάστημα μεταξύ των διατομών που δημιουργήθηκαν έγινε **χρήση της εντολής Loft του σχεδιαστικού προγράμματος Civil 3D.**



Εικόνα 35: Στερεό που δημιουργήθηκε μεταξύ των διατομών, έπειτα από χρήση της εντολής LOFT του Civil 3D. Τα κενά που υπάρχουν ανάμεσα των διατομών σε ορισμένα σημεία όπως φαίνεται, κάτω και αριστερά στην εικόνα, οφείλεται στο ότι σε εκείνο το σημείο δεν υπήρχαν δεδομένα.

Με την εντολή Loft ενώθηκαν τα αντίστοιχα σημεία μεταξύ των τομών με splines (τμηματικά πολυωνυμικές συναρτήσεις), με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθούν τα στερεά.

Εφόσον η παραπάνω διαδικασία ολοκληρώθηκε για όλους τους λιγνιτικούς ορίζοντες προέκυψαν τα παρακάτω στερεά (Εικόνα 36). Στην παρακάτω εικόνα και με πορτοκαλί χρώμα απεικονίζεται ο λιγνιτικός ορίζοντας Ia, με πράσινο ο Ib και με κίτρινο ο Ic. Ακολουθούν, με κυανό χρώμα ο λιγνιτικός ορίζοντας IIa, με μπλέ ο IIb, με μώβ χρώμα ο IIIa και τέλος με κόκκινο χρώμα ο IIIb.



Εικόνα 36: Κάτοψη των δημιουργηθέντων στερεών, όπου κάθε ένα χρώμα προσδιορίζει και έναν λιγνιτικό ορίζοντα ανεξαρτήτου του βάθους του.



Εικόνα 37: Πλάγια όψη δημιουργηθέντων στερεών.

Έπειτα από εκτίμηση των γεωλογικών αποθεμάτων, δηλαδή των αποθεμάτων τα οποία περιλαμβάνουν και άγονα υλικά αλλά και λιγνιτικά, της τοπογραφίας της Εικόνα **36**, ανά λιγνιτικό ορίζοντα προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα και παρουσιάζονται στον Πίνακας **1** που ακολουθεί:

Λιγνιτικός Ορίζοντας	Γεωλογικά αποθέματα (m ³)
Ia	3.729.585
Ib	11.510.539
Ic	4.116.101
IIa	1.635.222
IIb	2.637.977

IIIa	1.170.268
IIIb	169.929
IIIc	497.187
Συνολικά	25.466.808

Πίνακας 1: Πίνακας γεωλογικών αποθεμάτων ανά λιγνιτικό ορίζοντα

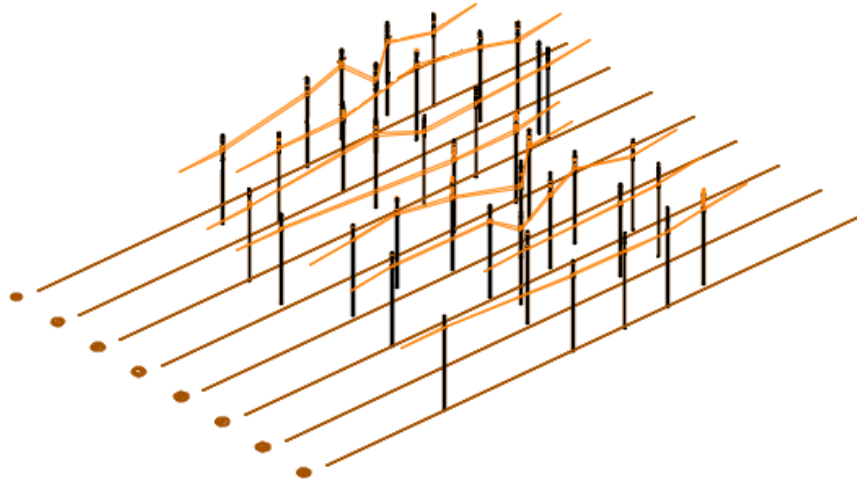
4.3 Υπολογισμός όγκου με την μέθοδο των παράλληλων τομών και σύγκριση των αποτελεσμάτων

Εν συνεχεία έγινε ογκομέτρηση του στερεού για τον λιγνιτικό ορίζοντα Ib με την μέθοδο των παράλληλων τομών ή αλλιώς με **τον σύνθετο κανόνα του Simpson**. Η μέθοδος αυτή δέχεται ότι το στερεό ανήκει στα πρισματοειδή και εφαρμόζεται για τον υπολογισμό του όγκου μεταξύ διατομών που ισαπέχουν. Για τον υπολογισμό του όγκου πρισματοειδούς με βάσεις E_1 και E_2 και ύψος v , όταν το μέσο εμβαδό είναι E_μ , εφαρμόζεται ο τύπος:

$$V = \frac{1}{6} * (E_1 + 4 * E_\mu + E_2) * v$$

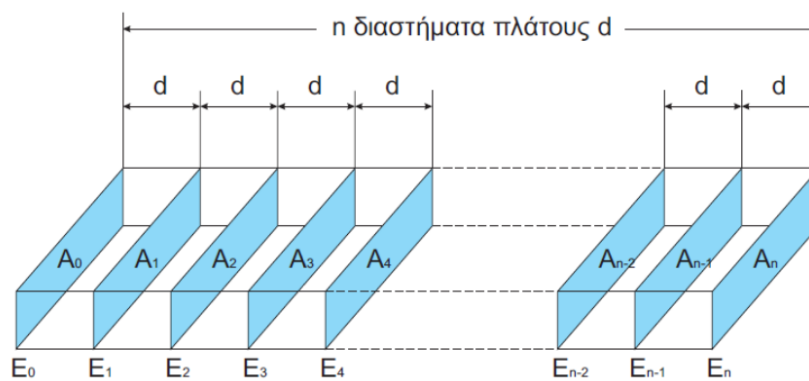
Επομένως για το στερεό Ib (Εικόνα **38**) θα θεωρηθούν 8 τομές, εκ των οποίων οι δύο θα είναι ακραίες και έξι ενδιάμεσες οι οποίες ισαπέχουν μεταξύ τους ανά 200m.

$$V = \frac{1}{6} * (E_1 + 4 * E_2 + E_3) * 2 * L \Rightarrow V = \frac{1}{3} * (E_1 + 4 * E_2 + E_3) * L$$



Εικόνα 38: Τομές για τον λιγνιτικό ορίζοντα Ib

Η ογκομέτρηση με τον σύνθετο κανόνα του Simpson μπορεί να περιγραφεί από την Εικόνα 39 που ακολουθεί :



Εικόνα 39: Ογκομέτρηση με την μέθοδο των παράλληλων τομών όπου A_0 έως A_n είναι τα εμβαδά των τομών και d η μεταξύ τους απόσταση. (Εξαδάκτυλος, Γ. Σχεδιασμός Υπαίθριων Εκμεταλλεύσεων)

Για τον υπολογισμό του όγκου χρησιμοποιείται ο παρακάτω τύπος:

$$V = \frac{d}{3} * \{ A_0 + 4 * (A_1 + A_3 + \dots + A_{n-1}) + 2 * (A_2 + A_4 + \dots + A_{n-2}) + A_n \}$$

όπου A_i ($i = 0, 1, 2, \dots, n$) είναι τα εμβαδά των τομών.

Στην συνέχεια έγινε υπολογισμός της επιφάνειας, με την εντολή area του Civil 3D, για κάθε τομή του λιγνιτικού ορίζοντα Ib με τα αποτελέσματα να παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

<i>Εμβαδά τομών (An)</i>	<i>m²</i>
A ₀	12.989,552
A ₁	10.238,730
A ₂	12.414,166
A ₃	10.326,158
A ₄	7.268,179
A ₅	6.550,680
A ₆	3.056,172
A ₇	5.479,706

Πίνακας 2: Εμβαδά τομών

Με εφαρμογή του τύπου και αντικατάσταση των αντίστοιχων εμβαδών στον σύνθετο κανόνα του Simpson για υπολογισμό του όγκου προκύπτει ότι:

$$V = \frac{200m}{3} * \{12.989,552m^2 + 4 * (10.238,730m^2 + 10.326,158m^2 + 6.550,680m^2) + 2 * (12.414,166m^2 + 7.268,179m^2 + 3.056,172m^2) + 5.479,706m^2\} \Rightarrow$$

$$V = 11.493.904 m^3$$

Από τον Πίνακα 1 παρατηρείται ότι ο λιγνιτικός ορίζοντας Ib έχει βρεθεί να είναι ίσος με 11.510.539 m³.

Οπότε η διαφορά είναι:

$$\Delta V = 11.510.539m^3 - 11.493.904m^3 = 16.635m^3$$

και σε ποσοστό εκφράζεται ότι είναι:

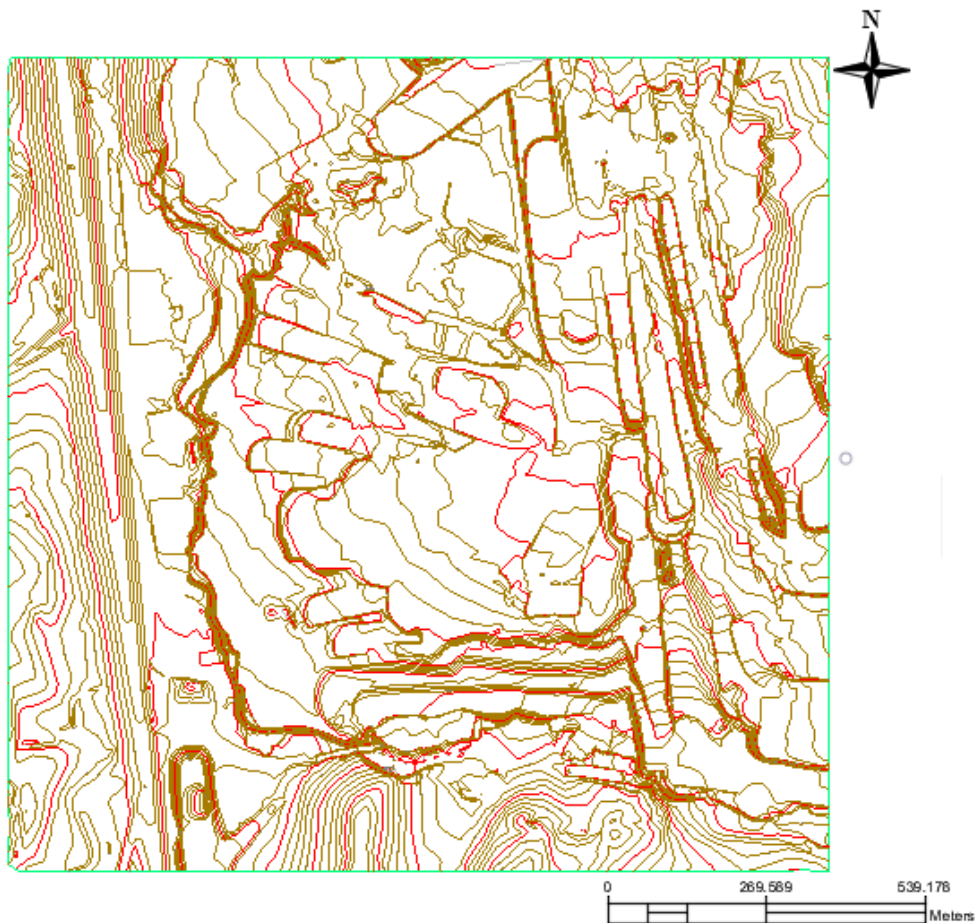
$$d = \frac{\Delta V}{V} = \frac{16.635 m^3}{11.493.904m^3} \cong 0,14 \%$$

4.4 Σχεδιασμός επέκτασης της υπαίθριας εκμετάλλευσης

4.4.1 Δημιουργία τοπογραφικού υπόβαθρου στην αρχική φάση

Το τοπογραφικό σχέδιο που δόθηκε ως δεδομένο για την εκτέλεση της εργασίας αποτελεί την απεικόνιση του αναγλύφου του ορυχείου της περιοχής στο Δυτικό Χωρέμι. Σε αρχική φάση μετατράπηκε σε τοπογραφική επιφάνεια (Εικόνα 40).

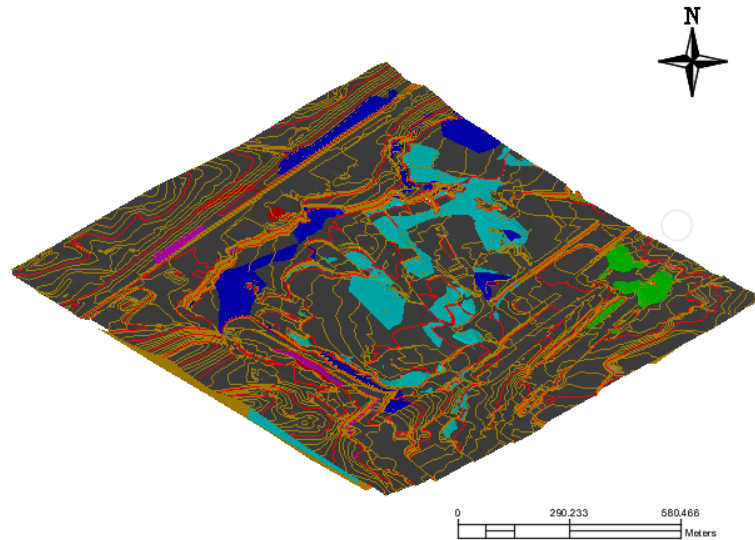
Στην επιφάνεια που ακολουθεί διακρίνονται με καφέ χρώμα οι δευτερεύουσες ισοϋψείς που απέχουν μεταξύ τους 2m, ενώ με κόκκινο χρώμα είναι οι κύριες ισοϋψείς με 10m απόσταση μεταξύ τους. Στα σημεία όπου οι ισοϋψείς είναι πολύ κοντά μεταξύ τους, η κλίση του εδάφους είναι μεγάλη ενώ όταν είναι μακριά η κλίση του εδάφους είναι μικρότερη.



Εικόνα 40: Κάτοψη τοπογραφικής επιφάνειας της περιοχής εκμετάλλευσης.

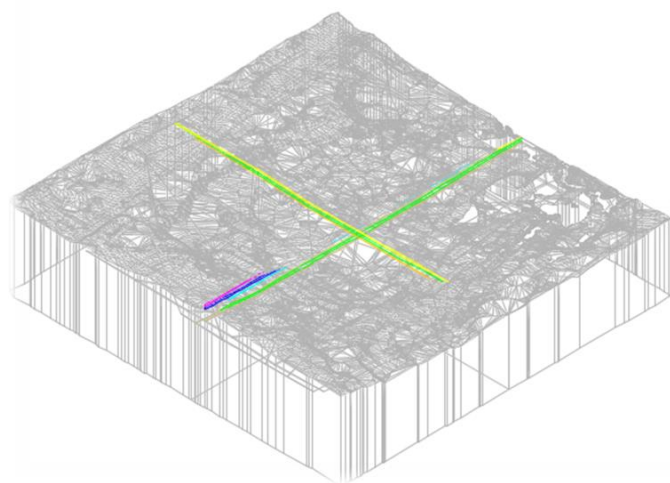
Εν συνεχεία στην Εικόνα **41** που ακολουθεί, παρουσιάζεται η τοπογραφική επιφάνεια της περιοχής, όπου μπορούν να διακριθούν οι λιγνιτικοί ορίζοντες.

Ο κάθε ένας λιγνιτικός ορίζοντας διακρίνεται από το χρώμα του. Με πράσινο χρώμα παρουσιάζεται ο λιγνιτικός ορίζοντας Ib, με κίτρινο χρώμα ο Ic, με κυανό χρώμα ο IIa, με μπλέ χρώμα ο IIb, με ρόζ ο IIIa και με κόκκινο οι IIIb. Ο λιγνιτικός ορίζοντας Ia δεν μπορεί να γίνει διακριτός λόγω του ότι είναι ο κατώτερος.



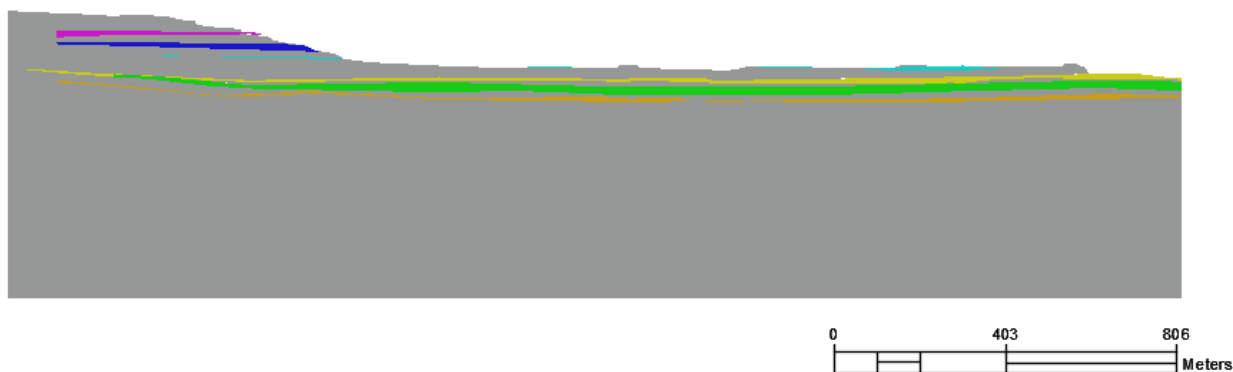
Εικόνα 41: Επιφάνεια με τους λιγνιτικούς ορίζοντες να διακρίνονται λόγω των χρωμάτων τους.

Κατόπιν, στην Εικόνα **42** απεικονίζεται το στερεό με τις κάθετες τομές Βορρά-Νότο και Δύση-Ανατολή. Με την βοήθεια των τομών μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητή η πορεία που ακολουθούν τα λιγνιτικά στρώματα καθώς και η άποψη των στρωμάτων από τον ανώτερο έως τον κατώτερο ορίζοντα.



Εικόνα 42: Στερεό όπου απεικονίζονται οι κάθετες τομές

Από την τομή Βορρά-Νότου που ακολουθεί στην Εικόνα **43**, μπορούν να γίνουν αντιληπτά τα λιγνιτικά στρώματα. Αρχίζοντας από τον κατώτερο ορίζοντα και με πορτοκαλί χρώμα απεικονίζεται ο λιγνιτικός ορίζοντας Ia, με πράσινο ο Ib και με κίτρινο ο Ic. Ακολουθούν, με κυανό χρώμα ο λιγνιτικός ορίζοντας IIa, με μπλέ ο IIb και τέλος με μώβ χρώμα ο IIIa.



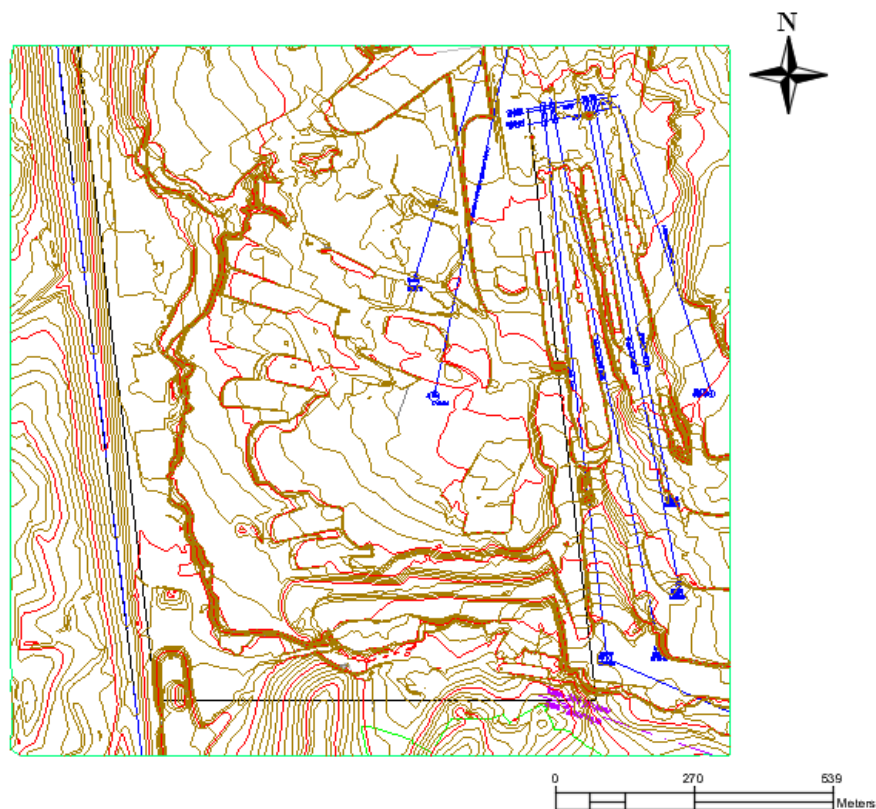
Εικόνα 43: Κάθετη κατακόρυφη τομή Β-Ν όπου απεικονίζονται τα λιγνιτικά στρώματα

4.4.2 Οριοθέτηση της περιοχής εκμετάλλευσης

Για τον σχεδιασμό της επέκτασης της εκμετάλλευσης έπρεπε να οριοθετηθεί η περιοχή (Εικόνα **44**) περαιτέρω λόγω του Αλφειού ποταμού από την Δυτική πλευρά, καθώς και από την Ανατολική πλευρά όπου βρίσκονται οι ταινιόδρομοι. Ωστόσο προς Νότο υπάρχουν δύο όρια στον τοπογραφικό χάρτη, ένα εκ των οποίων είναι το όριο των 250m από τον οικισμό Τριπόταμος, καθώς και το άλλο είναι, το όριο απαλλοτρίωσης του οικισμού.

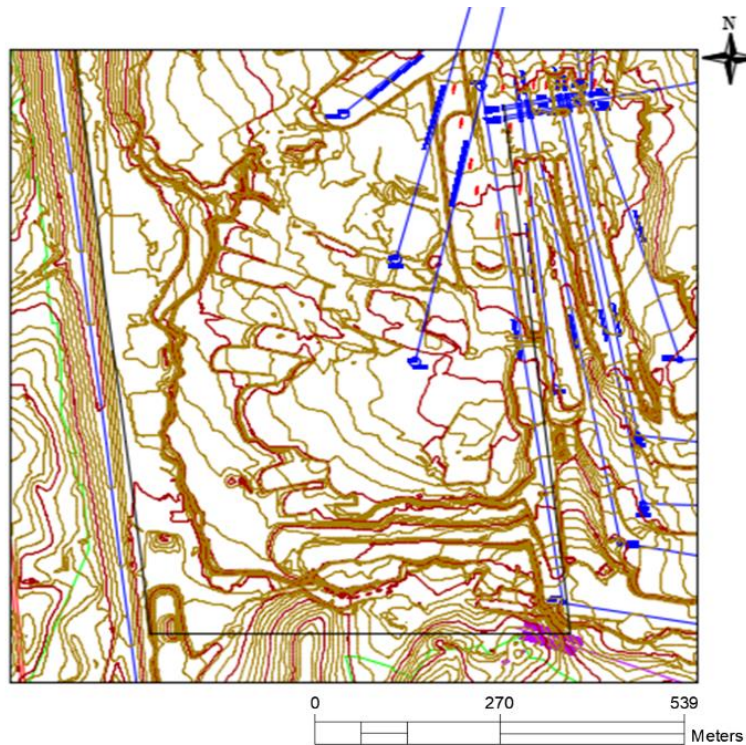
Λόγω του ότι ο οικισμός έχει απομακρυνθεί, πλέον ο σχεδιασμός γίνεται στα 8m που είναι και τα όρια της παραχώρησης.

Από την πλευρά που βρίσκεται το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής με μέσο υψόμετρο του ποταμού +360m, έμεινε φυσικό έδαφος 40m ως στύλος προστασίας για τυχόν υπερχειλίση του αλλά και ως δρόμος για την εξυπηρέτηση των φορτηγών και διαφόρων άλλων εργασιών, καθώς και το φρύδι της ανώτερης βαθμίδας της εκμετάλλευσης να βρίσκεται υψομετρική διαφορά στα +366m από το μέσο υψόμετρο του ποταμού.



Εικόνα 44: Τοπογραφικός χάρτης με την μαύρη γραμμή, να απεικονίζονται τα νέα όρια της εκμετάλλευσης και προς Νότο με μωβ γραμμή απεικονίζεται το όριο των 250m από τον οικισμό Τριπόταμο, και με πράσινη γραμμή τα όρια απαλλοτρίωσης.

Από την πλευρά των ταινιόδρομων και προς το χώρο της περιοχής εκμετάλλευσης αφήνεται απόσταση ασφαλείας 30m για τυχόν μικρομετακινήσεις του εδάφους λόγω του φορτίου που δημιουργούν οι ταινιόδρομοι, η θέση των οποίων παρουσιάζεται στην Εικόνα **45**. Στην παρούσα σχεδίαση θεωρείται ότι οι ταινιόδρομοι ακολουθούν μια “ευθεία” κατά τη διεύθυνση Βορρά – Νότο με μια μικρή κλίση ως προς την κεφαλή, για την διευκόλυνση των υπολογισμών που γίνονται στην συνέχεια. Η ίδια παραδοχή έγινε και για τη διεύθυνση της εκσκαφής. Στην πραγματικότητα οι ταινιόδρομοι δεν ακολουθούν ευθεία πορεία προς Νότο όπως παρατηρείται, υπάρχει μια μικρή κλίση, γιατί ο καδοφόρος εκσκαφέας κινείται στροφικά ως προς την κεφαλή, με αποτέλεσμα και η εκσκαφή να αναπτύσσεται με φορά Νότιο-Δυτικά.



Εικόνα 45: Τοπογραφικός χάρτης όπου απεικονίζονται οι κεφαλές και οι ουρές των ταινιοδρόμων των καδοφόρων εκσκαφών.

Προς την Ανατολική πλευρά, δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί εκσκαφή, αλλά μόνο με την βοήθεια του ταινιοχήματος και αυτό για μικρή έκταση. Για να μπορέσει να αναπτυχθεί η εκμετάλλευση Ανατολικά, πρέπει να γίνει μετασκευή της κεφαλής και να πάει πιο Δυτικά ή να προστεθεί και άλλη ταινία.

Σε αυτή την περίπτωση για να πραγματοποιηθεί αυτό, θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα της ύπαρξης επιπλέον κεφαλών για να γίνει η μετασκευή, όπως επίσης να μπορεί το σύστημα να 'αντέχει' τις επιπρόσθετες κεφαλές, ουρές και ταινιοδρόμους.

Τελικά το ελάχιστο πλάτος για κάθε βαθμίδα, (θεωρήθηκε ότι όλες οι βαθμίδες έχουν το ίδιο πλάτος) προκύπτει ότι είναι:

$$\circ \quad AB = 18 \text{ m} + (3 \times 20 \text{ m}) + 3 \times y \Rightarrow y = 163,8 \text{ m}$$

4.4.3.2 Υπολογισμός της ετήσιας προχώρησης της εκμετάλλευσης

Από το Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης έχει υπολογιστεί ότι η ετήσια παραγωγή λιγνίτη για το 2020 στην περιοχή Δυτικό Χωρέμι και προς το χωριό Τριπόταμο, είναι $2.181.000 \text{ bm}^3$. Θεωρήθηκε ότι η ετήσια παραγωγή λιγνίτη για την περιοχή σχεδίασης επέκτασης της εκμετάλλευσης είναι $2.000.000 \text{ bm}^3$. Οπότε για την πρώτη εκσκαφή που παρουσιάζεται στην Εικόνα 47 ισχύει ότι :



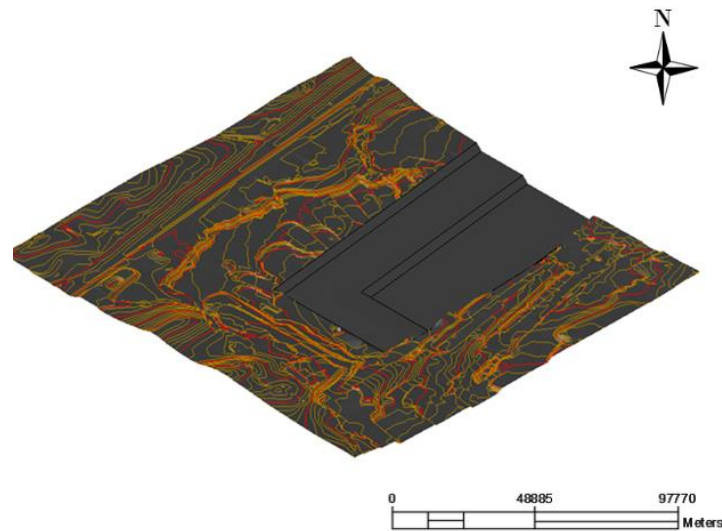
Εικόνα 47: Σχεδιάγραμμα υπολογισμού της πρώτης εκσκαφής με 229,2m άνοιγμα πλάτους της εκσκαφής (V_{288}) στα 288m και όπου x το βήμα προχώρησης.

- $V_{288} = 229,2 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times x = 4.584 \text{ m}^2 \times x$
- $V_{308} = x \times (229,2 \text{ m} + 163,8 \text{ m}) \times 20 \text{ m} \Rightarrow V_{308} = 7860 \text{ m}^2 \times x$
- $V_{\text{TOTAL}} = \text{Ετήσια παραγωγή}$

$$\Rightarrow 12.444 \text{ m}^2 \times x = 2.000.000 \text{ m}^3/\text{year} \Rightarrow x \cong 161 \text{ m/year}$$

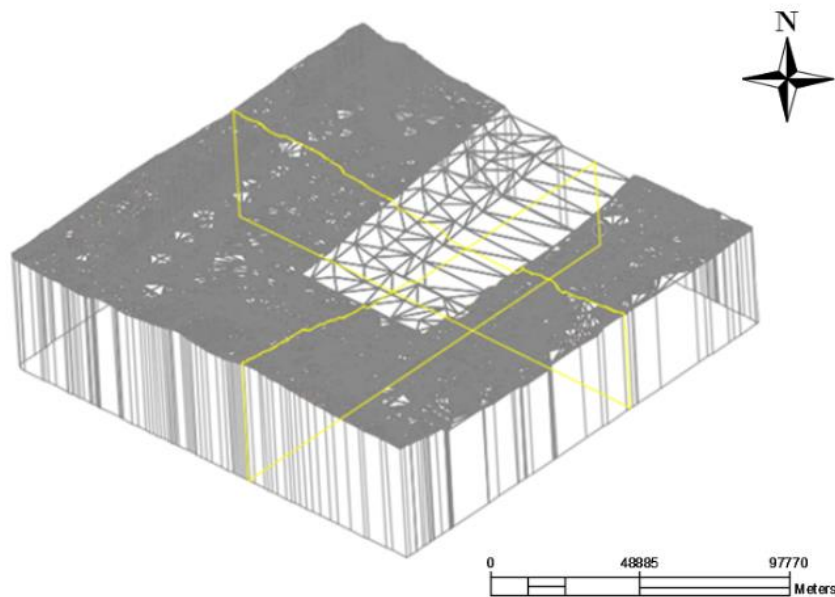
4.5 Σχεδιασμός & εξέλιξη της εκμετάλλευσης για τα πρώτα 2 έτη

Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία του υπολογισμού της ετήσιας προχώρησης της εκμετάλλευσης, σειρά είχε ο σχεδιασμός και η εξέλιξη της. Η πρώτη εκσκαφή απεικονίζεται σε τρισδιάστατη όψη Νότου-Βορρά στην παρακάτω Εικόνα 48.



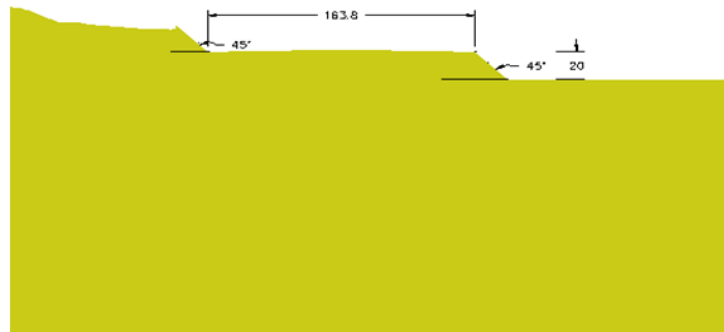
Εικόνα 48: Τρισδιάστατη όψη της πρώτης εκσκαφής για το πρώτο έτος.

Στην συνέχεια, στην Εικόνα 49 που ακολουθεί, απεικονίζεται το στερεό με τις κάθετες τομές Βορρά-Νότου και Δύση-Ανατολή. Οι κάθετες τομές διακρίνονται από το περίγραμμα της κίτρινης γραμμής.



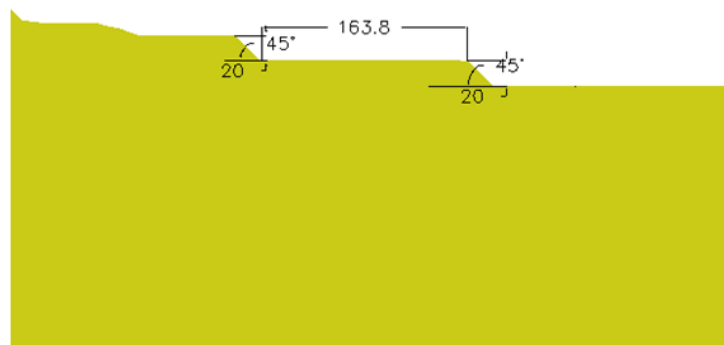
Εικόνα 49: Κάθετες τομές προς τις βαθμίδες

Στην Εικόνα **50** απεικονίζεται η κάθετη τομή Βορρά- Νότου με τις αντίστοιχες διαστάσεις της. Η γωνία κλίσης πρανούς της εκμετάλλευσης είναι 45° , το πλάτος της βαθμίδας είναι 163,8m και το ύψος της βαθμίδας 20m.



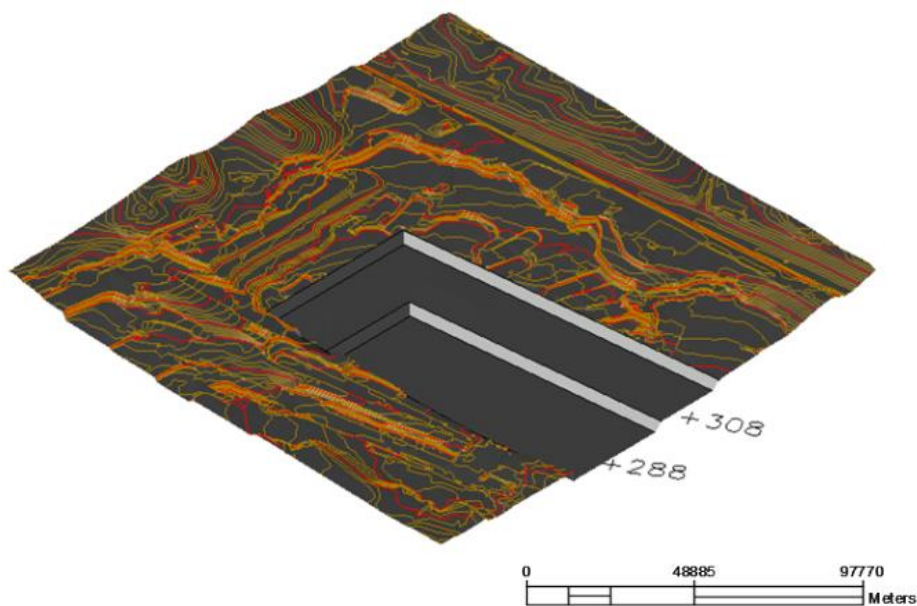
Εικόνα 50: Κάθετη τομή Βορρά – Νότου

Error! Reference source not found.Εικόνα **51**, απεικονίζεται η κάθετη τομή Δύση-Ανατολή καθώς και οι διαστάσεις της. Τα ύψη των βαθμίδων είναι στα 20m, το πλάτος της βαθμίδας στα 163,8m και η γωνία της κλίσης εκμετάλλευσης του πρανούς στις 45° .



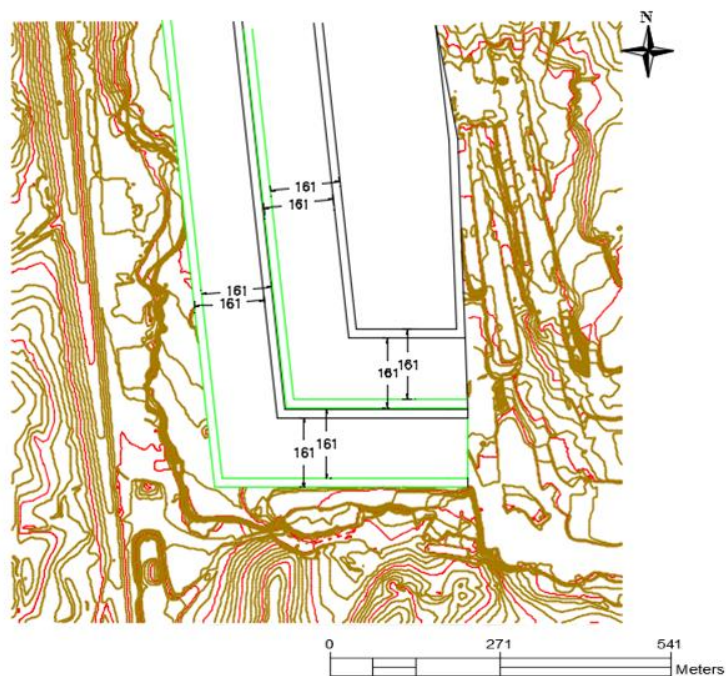
Εικόνα 51: Κάθετη τομή Δύση – Ανατολή

Για το πρώτο έτος η εκσκαφή παρουσιάζεται σε τρισδιάστατη όψη στην Εικόνα **52**. Διακρίνεται η πρώτη εκσκαφή στα +288m απόλυτο υψόμετρο, και η πρώτη βαθμίδα της εκμετάλλευσης στα 308m με ύψος βαθμίδας 20m. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζονται οι δευτερεύουσες ισοϋψείς και με κόκκινο οι κύριες.



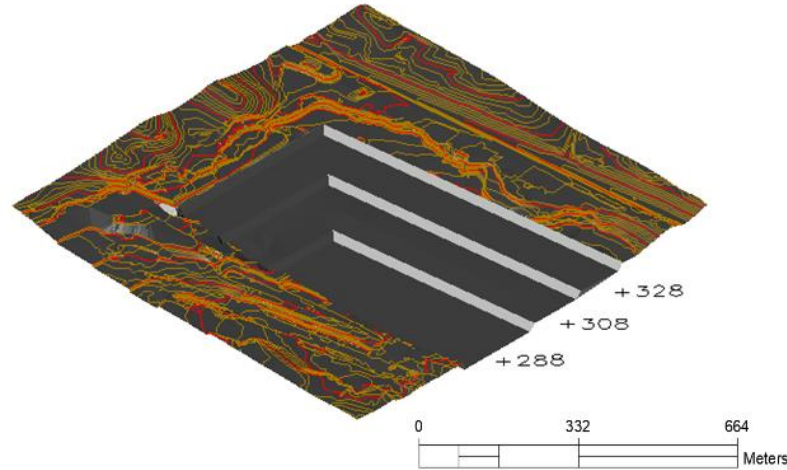
Εικόνα 52: Τρισδιάστατη όψη εκμετάλλευσης για το 1^ο έτος.

Για το επόμενο έτος η εκσκαφή, μετά τον υπολογισμό του βήματος προχώρησης, απεικονίζεται στην Εικόνα 53. Η ετήσια προχώρηση, όπου υπολογίστηκε παραπάνω 161m, απεικονίζεται με τις πράσινες γραμμές, όπου αποτελούν τις νέες βαθμίδες του 2^{ου} έτους της εκμετάλλευσης.



Εικόνα 53: Κάτοψη εκμετάλλευσης για το 2^ο έτος, όπου απεικονίζεται το βήμα προχώρησης.

Έπειτα στην Εικόνα **54** που ακολουθεί, απεικονίζεται σε τρισδιάστατη όψη, η φάση της εκμετάλλευσης στο 2^ο έτος της. Παρατηρείται η επιπλέον μία βαθμίδα, στα +328m απόλυτο υψόμετρο η οποία αναπτύσσεται σύμφωνα με την διεύθυνση της εκμετάλλευσης, προς Νότο.



Εικόνα 54: Τρισδιάστατη όψη της εκμετάλλευσης για το 2^ο έτος.

4.6 Σχέση αποκάλυψης στις επιφανειακές εκμεταλλεύσεις

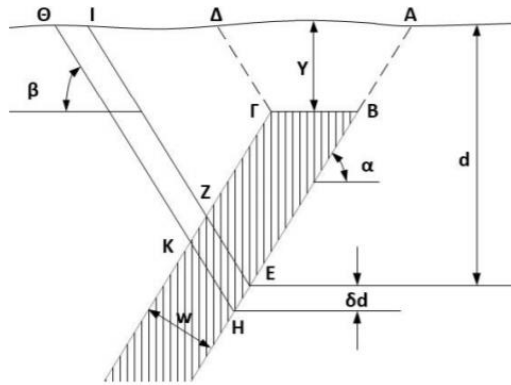
Σχέση αποκάλυψης (stripping ratio) ή σχέση εκμετάλλευσης (mining ratio) **R** ορίζεται ως ο όγκος ή το βάρος των αγόνων υλικών που πρέπει να εξορυχθούν, μεταφερθούν, αποτεθούν προκειμένου να παραχθεί μια μονάδας όγκου ή βάρους χρήσιμου ορυκτού ή μεταλλεύματος. (Γαλετάκης, 2019)

$$R = \frac{\text{όγκος ή μάζα διακινούμενων αγόνων}}{\text{όγκος ή μάζα απολαμβανόμενου χρήσιμου ορυκτού ή μεταλλεύματος}}$$

Μέση σχέση αποκάλυψης (overall stripping ratio): Η σχέση αποκάλυψης για το σύνολο του ορυχείου, από την έναρξη του έως τη δεδομένη στιγμή στην οποία αναφέρεται η σχέση αποκάλυψης. Η σχέση αυτή μπορεί να αναφέρεται επίσης σε τμήμα (τομέα) του ορυχείου (συνεπώς σε αντίστοιχο τμήμα του κοιτάσματος) ή και σε ολόκληρο το ορυχείο.

(Γαλετάκης, 2019)

Για παράδειγμα στην Εικόνα 55 που ακολουθεί παρατηρείται ότι για να εξορυχθεί το μέταλλευμα που απαρτίζεται από το BEZΓ πρέπει να γίνει εκσκαφή ολόκληρου του όγκου (ABEZΙΔΑ), των άγονων και του μεταλλεύματος. Οπότε για βρεθεί η μέση σχέση αποκάλυψης θα γίνει χρήση του παρακάτω τύπου:

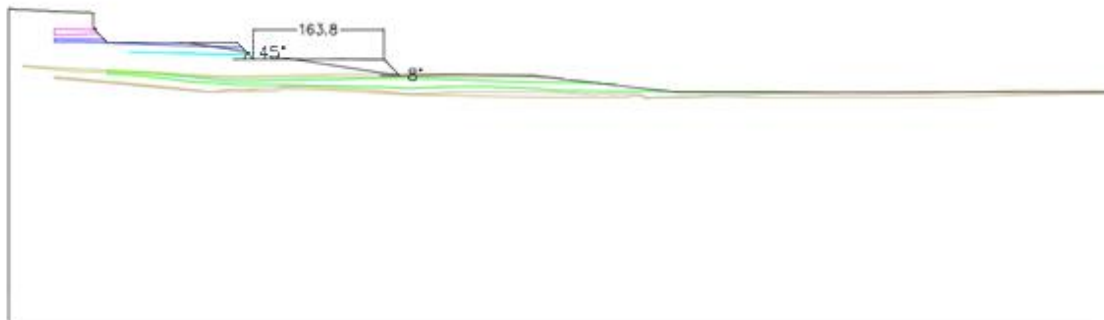


Εικόνα 55: Σχέση αποκάλυψης στις επιφανειακές εκμεταλλεύσεις (Σχεδιασμός Υπαίθριων Εκμεταλλεύσεων, Εξαδάκτυλος, Γ.).

$$SRo = \frac{\text{Όγκος ολόκληρης της εκσκαφής (μέταλλευμα και άγονα)} - \text{Όγκος του μεταλλεύματος που εξορύσσεται}}{\text{Όγκος του μεταλλεύματος που εξορύσσεται}} \quad (4.1)$$

$$SRo = \frac{VABEZΙΔΑ - VBEZΓ}{VBEZΓ}$$

Στην παρακάτω Εικόνα 56 απεικονίζεται η κάθετη τομή στην τελική φάση η οποία είναι η ίδια με αυτή που απεικονίζεται στην Εικόνα 43. Από την παρακάτω εικόνα, μπορούν να διακριθούν τα λιγνιτικά στρώματα τα οποία ξεχωρίζουν λόγω των διαφορετικών χρωμάτων τους. Επίσης απεικονίζονται το πλάτος της βαθμίδας καθώς και η γωνία της κλίσης πρανούς της εκμετάλλευσης.



Εικόνα 56: Κάθετη τομή Βορρά - Νότου

Με χρήση του τύπου (4.1) και βρίσκοντας το εμβαδόν για κάθε έναν λιγνιτικό ορίζοντα μπορεί να υπολογιστεί η σχέση αποκάλυψης (SR):

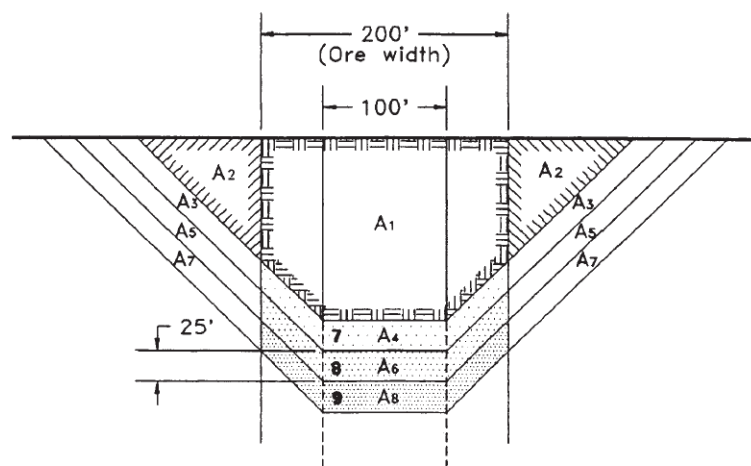
$$\Rightarrow E_{\text{ολικό (κοίτασμα + άγωνα)}} = 11280,35 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow E_{\text{κοιτάσματος}} = 1091,752 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow E_{\text{αγόνων}} = E_{\text{ολικό}} - E_{\text{κοιτάσματος}} = 11280,35 \text{ m}^2 - 1091,752 \text{ m}^2 = 10188,59 \text{ m}^2$$

$$SR = \frac{E_{\text{αγόνων}}}{E_{\text{κοιτάσματος}}} = \frac{10188,59 \text{ m}^2}{1091,752 \text{ m}^2} = 9,3$$

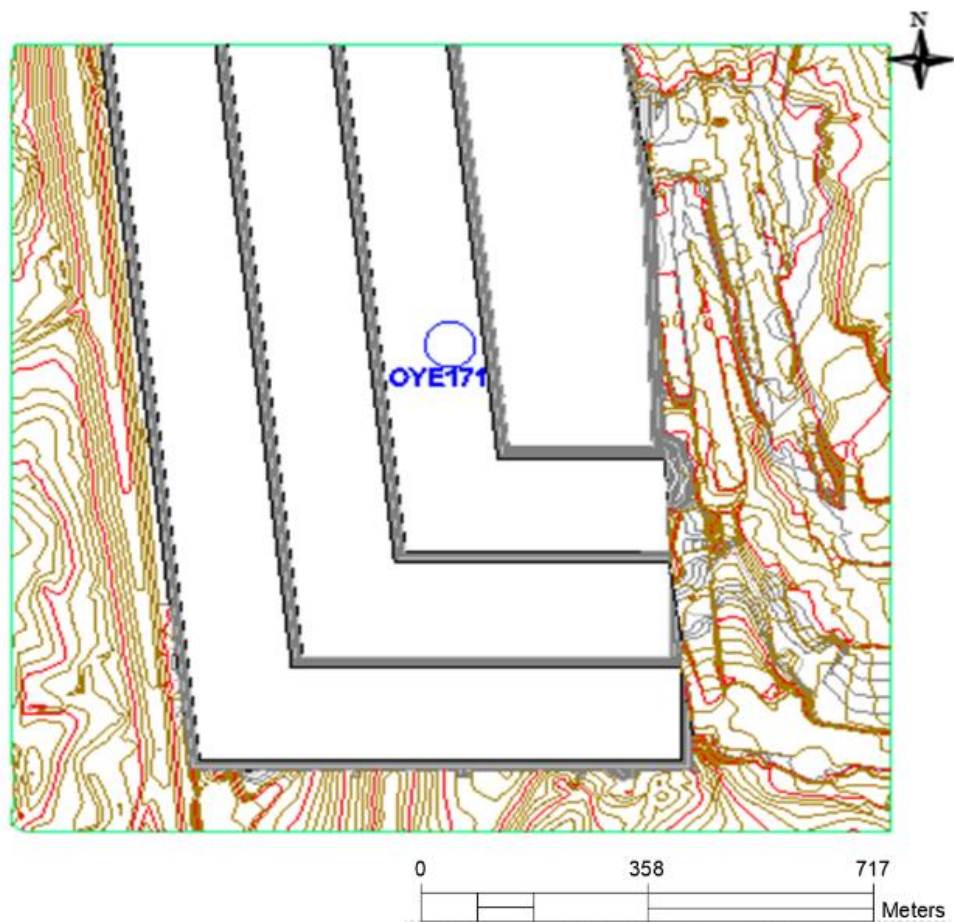
Από την παρακάτω Εικόνα 57 παρατηρείται ότι όσο το βάθος των μεταλλευμάτων μεγαλώνει, τόσο πιο πολύ αυξάνει η ποσότητα των αγόνων υλικών που πρέπει να εξορυχθεί για να αποκαλυφθεί το κοίτασμα.



Εικόνα 57: Τομή για τον υπολογισμό της σχέσης αποκάλυψης.

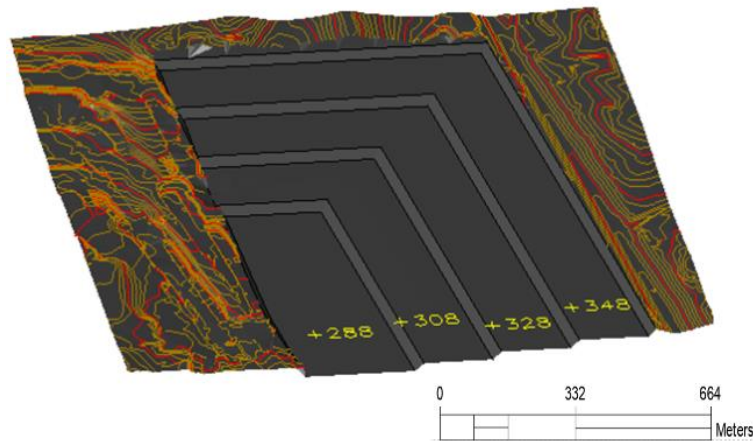
4.7 Σχεδιασμός της εκμετάλλευσης σε ενδιάμεση φάση

Η ενδιάμεση φάση της εκμετάλλευσης ορίζεται χρονικά έπειτα από 4 χρόνια. Η εκμετάλλευση αρχίζει από υψόμετρο $+366m$ όπου είναι και το φρύδι της ανώτερης βαθμίδας και το πόδι της κατώτερης έχει υψόμετρο $+288m$. Η εκμετάλλευση σταματάει σε αυτό το υψόμετρο λόγω περιορισμού του χώρου και της ευστάθειας των πρανών. Ο καδοφόρος εκσκαφέας 17 με χαμηλή εκσκαφή θα πραγματοποιήσει το κατώτερο δάπεδο (Εικόνα 58) καθώς ο Κ. Ε. 12 δουλεύει σε πιο υψηλές βαθμίδες. Οι βαθμίδες θα έχουν ύψος $20m$ εκτός από την ανώτερη που έχει ύψος $18m$. Αυτό έγινε λόγω του ότι επειδή το συνολικό ύψος της εκμετάλλευσης είναι $78m$, να υπάρχουν ίσες και ομοιόμορφες βαθμίδες στο ορυχείο. Η γενική κλίση της εκμετάλλευσης είναι $1:7.3$, έπειτα από έκθεση εμπειρογνωμοσύνης, ενώ η γωνία του πρανούς της πλευράς εκμετάλλευσης ή αλλιώς της βαθμίδας είναι 45° , λόγω Κ. Μ. Λ. Ε.



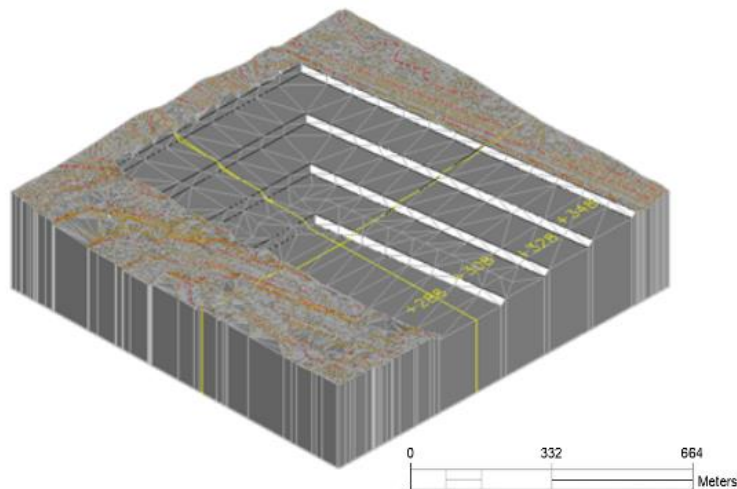
Εικόνα 58: Κάτοψη της εκμετάλλευσης σε μία ενδιάμεση φάση εργασίας

Στην Εικόνα **59** που ακολουθεί απεικονίζεται σε τρισδιάστατη όψη η επιφάνεια, στην ενδιάμεση φάση της εκμετάλλευσης, με άποψη από Βορρά προς Νότο. Παρατηρούνται οι τέσσερις βαθμίδες της εκμετάλλευσης με τα αντίστοιχα υψόμετρα όπου η κατώτερη είναι στα +288m, η επόμενη στα +308m, η ακόλουθη στα +328m και η τελευταία στα +348m. Επίσης να επισημανθεί πως η διεύθυνση της εκμετάλλευσης είναι προς Νότο.



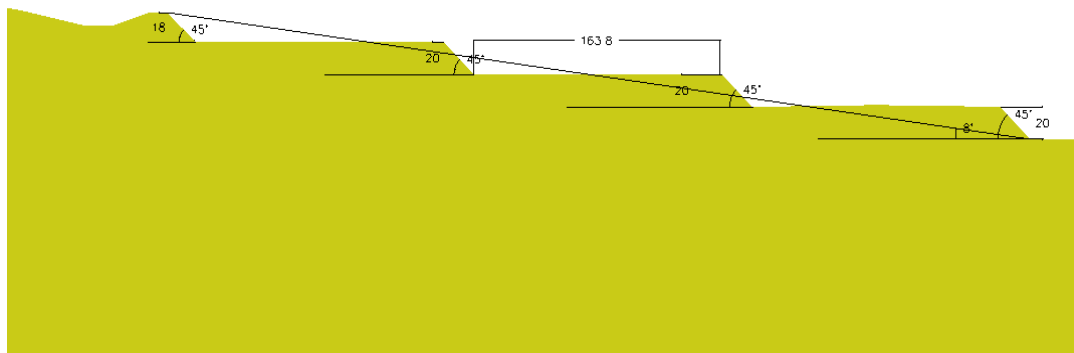
Εικόνα 59: Τρισδιάστατη όψη εκμετάλλευσης από Βορρά προς Νότο.

Ωστόσο στην Εικόνα **60**, απεικονίζεται σε τρισδιάστατη όψη το στερεό της ενδιάμεσης φάσης της εκμετάλλευσης, της προηγούμενης εικόνας. Ουσιαστικά από την εικόνα που ακολουθεί μπορεί να γίνει καλύτερα αντιληπτή η τελική φάση της εκμετάλλευσης. Επίσης παρουσιάζονται οι κάθετες τομές Δύση-Ανατολή και Βορρά-Νότου που πραγματοποιήθηκαν προς τις βαθμίδες. Οι τομές μπορούν να διακριθούν από το κίτρινο περίγραμμα τους. Παρατηρείται ότι είναι κάθετες μεταξύ τους αλλά και προς τις τελικές βαθμίδες της εκμετάλλευσης. Επίσης με την βοήθεια των τομών μπορούν να γίνουν ευδιάκριτες οι διαστάσεις όλων των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της εκμετάλλευσης.



Εικόνα 60: Τρισδιάστατη όψη στερεού ενδιάμεσης φάσης εργασίας.

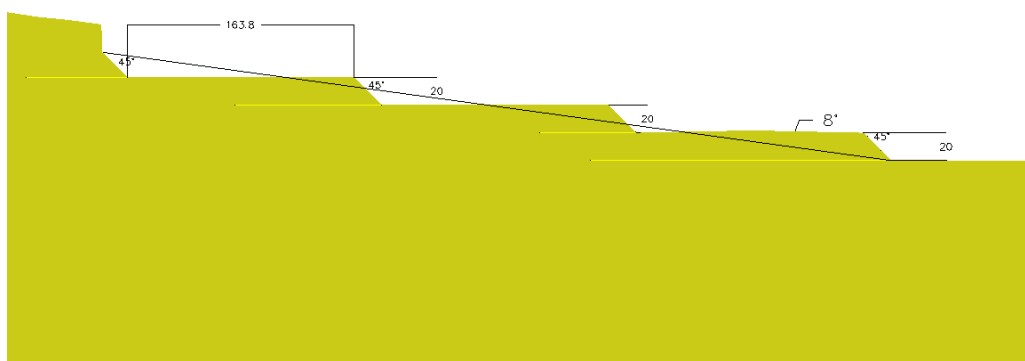
Στην Εικόνα **61** απεικονίζεται η κάθετη τομή Δύση- Ανατολή. Από την εικόνα που ακολουθεί μπορούν να διακριθούν οι τέσσερις βαθμίδες της εκμετάλλευσης καθώς και οι αντίστοιχες διαστάσεις τους. Το ύψος της κάθε βαθμίδας παρατηρείται ότι είναι στα 20m εκτός από την ανώτερη βαθμίδα που είναι στα 18m. Η γενική κλίση της εκμετάλλευσης είναι στις 8° καθώς και η κλίση κάθε πλευράς πρανούς της εκμετάλλευσης στις 45°. Τέλος, το πλάτος της κάθε βαθμίδας είναι 163,8m.



Εικόνα 61: Κάθετη τομή Δύση – Ανατολή

Έπειτα στην Εικόνα **62** που ακολουθεί απεικονίζεται η άλλη κάθετη τομή Βορρά-Νότου. Όπως και στην παραπάνω εικόνα έτσι και σε αυτή την τομή παρουσιάζονται οι διαστάσεις της.

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της τομής όπως παρατηρείται είναι το ύψος της κάθε βαθμίδας να είναι 20m, καθώς και το πλάτος της 163,8m. Επίσης η γενική κλίση της εκμετάλλευσης είναι στις 8° όπως και η κλίση της κάθε πλευράς τους πρανούς της εκμετάλλευσης να είναι στις 45°.



Εικόνα 62: Κάθετη τομή Βορρά - Νότου

4.8 Υπολογισμός αποθεμάτων και συνολικής σχέσης αποκάλυψης

4.8.1 Υπολογισμός αποθεμάτων

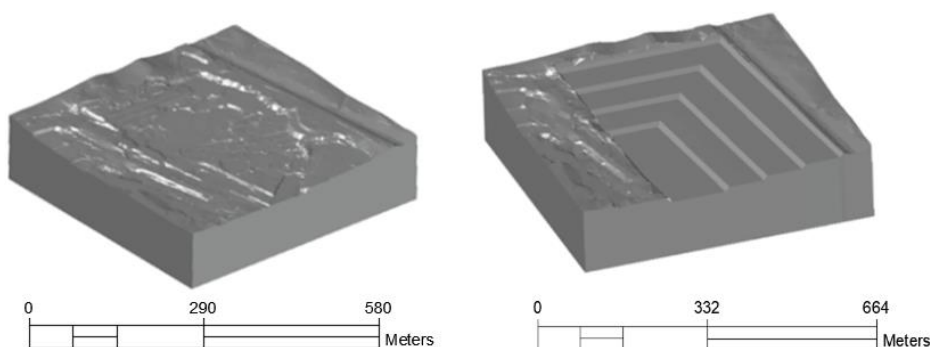
Μετά το πέρας της διαδικασίας του σχεδιασμού της επέκτασης της εκμετάλλευσης, σειρά έχει η διαδικασία της ογκομέτρησης των αποθεμάτων στην αρχική φάση αλλά και στην ενδιάμεση φάση μέχρι την οποία σχεδιάστηκε η εκμετάλλευση. Θεωρείται ότι ο σχεδιασμός έγινε μέχρι μια ενδιάμεση φάση όσο και η ογκομέτρηση και όχι μέχρι την εξόφληση της περιοχής. Αυτό θεωρήθηκε λόγω του ότι η εκμετάλλευση συνεχίζεται προς Νότο και οι βαθμίδες και τα δάπεδα που παρέμειναν μέχρι αυτό το σημείο θα εξορυχθούν από την Λιγνιτική Μεγαλόπολης Α.Ε.

Ο όγκος των εκσκαφών υπολογίστηκε από ογκομετρήσεις των στερεών που απεικονίζονται στην Εικόνα 63 που ακολουθεί και βρέθηκε ίσος με :

$$\text{Όγκος εκσκαφών (m}^3\text{)} = \text{Όγκος του αρχικού στερεού} - \text{Όγκος του τελικού στερεού}$$

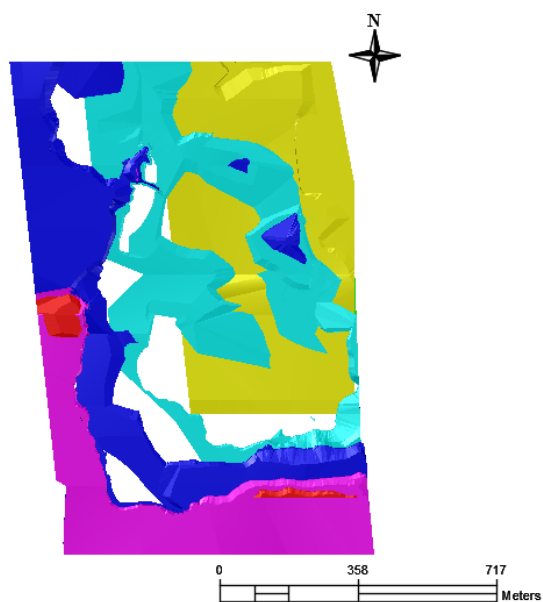
$$\Rightarrow \text{Όγκος εκσκαφών} = 646.991.402 \text{ m}^3 - 630.078.742 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow \text{Όγκος εκσκαφών} = 16.912.660 \text{ m}^3$$



Εικόνα 63: Τρισδιάστατη όψη με τα στερεά στην αρχική και τελική φάση της εκμετάλλευσης.

Στη συνέχεια έγινε εκτίμηση του όγκου του λιγνίτη και των αγόνων. Τα λιγνιτικά αποθέματα ογκομετρήθηκαν ξεχωριστά ανά ορίζοντα, απεικονίζονται στην Εικόνα 64 και παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα. Κάθε χρώμα υποδηλώνει και έναν λιγνιτικό ορίζοντα.



Εικόνα 64: Κάτοψη λιγνιτικών αποθεμάτων ανά στρώμα (με διαφορετικό χρώμα).

Λιγνιτικός ορίζοντας	Εξορυσσόμενα λιγνιτικά αποθέματα από την ενδιάμεση φάση της εκμετάλλευσης (m ³)
Ia	819.395
Ib	1.982.719
Ic	1.825.616
IIa	828.879
IIb	1.777.204
IIIa	764.615
IIIb	23.185
IIIc	0
Συνολικά	8.021.614

Πίνακας 3: Πίνακας αποθεμάτων

Να σημειωθεί ότι κατά την διάρκεια της μελέτης για τον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης δεν έχουν ληφθεί υπόψη οι απώλειες της εκμετάλλευσης και ρύπανσης για τον υπολογισμό των αποθεμάτων.

Τα χρόνια του ορυχείου για την ενδιάμεση φάση της εκμετάλλευσης βρέθηκαν μετά από τον παρακάτω υπολογισμό:

$$n = \frac{\text{Λιγνιτικά αποθέματα}}{\text{Ετήσια παραγωγή}} = \frac{8.021.614 \text{ m}^3}{2.000.000 \text{ m}^3/\text{year}} \Rightarrow n = 4 \text{ years}$$

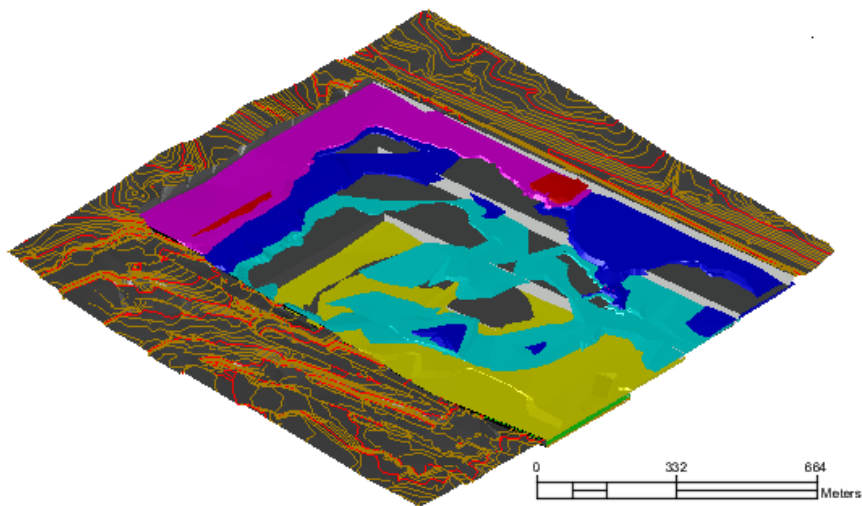
Οπότε εάν από τον συνολικό όγκο των εκσκαφών αφαιρεθούν τα λιγνιτικά αποθέματα θα προκύψουν τα άγονα, άρα:

$$\text{Άγονα} = \text{Όγκος εκσκαφών} - \text{Εξορυσσόμενα λιγνιτικά αποθέματα}$$

$$\Rightarrow 16.912.660 \text{ m}^3 - 8.021.614 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow \text{Άγονα} = 8.891.046 \text{ m}^3$$

Στην Εικόνα **65** που ακολουθεί απεικονίζεται η τοπογραφία με τα εξορυσσόμενα λιγνιτικά αποθέματα που παρουσιάστηκαν στον Πίνακας **3**.



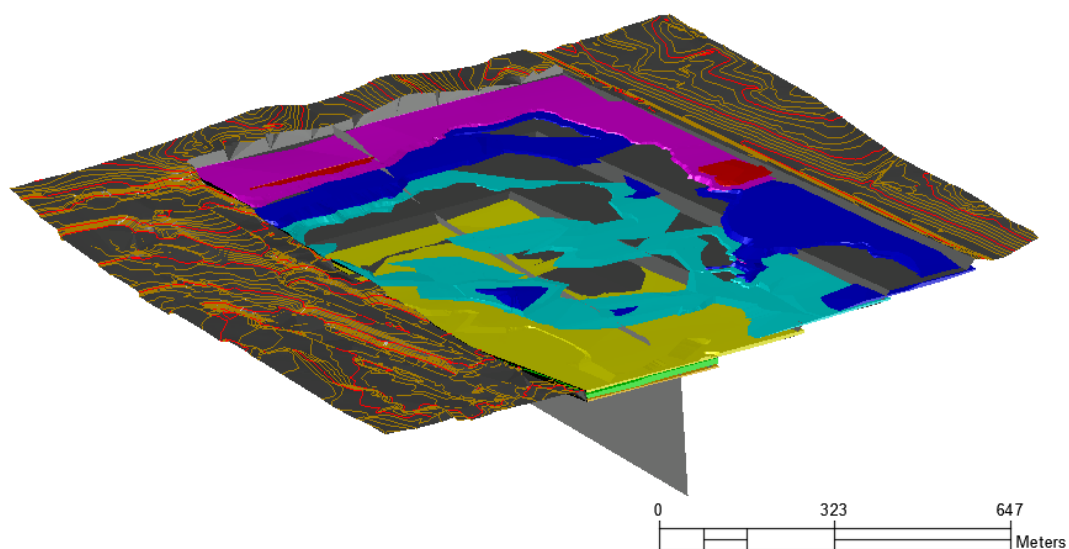
Εικόνα 65: Τρισδιάστατη όψη με την τελική επιφάνεια και τα εξορυσσόμενα λιγνιτικά αποθέματα.

Εν συνεχεία στην Εικόνα **66**, παρουσιάζονται σε τρισδιάστατη πλάγια όψη τα λιγνιτικά αποθέματα. Το κάθε ένα χρώμα αντιπροσωπεύει και έναν λιγνιτικό ορίζοντα αντίστοιχα.



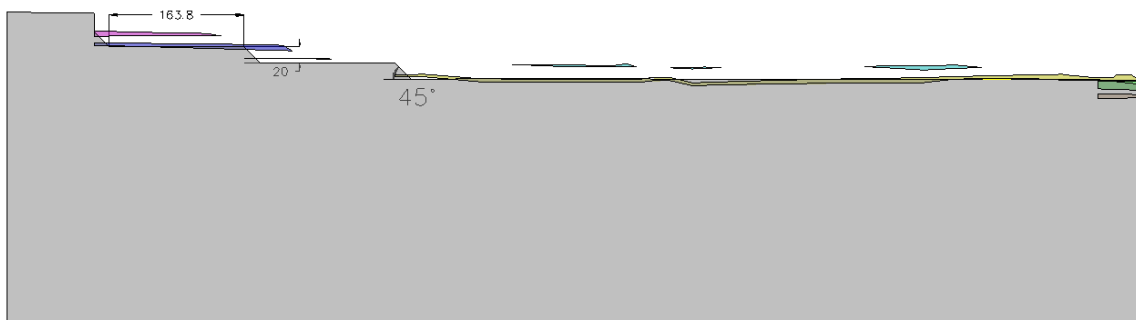
Εικόνα 66: Πλάγια όψη λιγνιτικών αποθεμάτων.

Στη συνέχεια στην Εικόνα **67** απεικονίζεται σε τρισδιάστη όψη η κάθετη τομή Βορρά-Νότου στην τελική μορφή της εκμετάλλευσης. Επίσης διακρίνονται τα λιγνιτικά αποθέματα και η εκσκαφή στην τελική της μορφή.



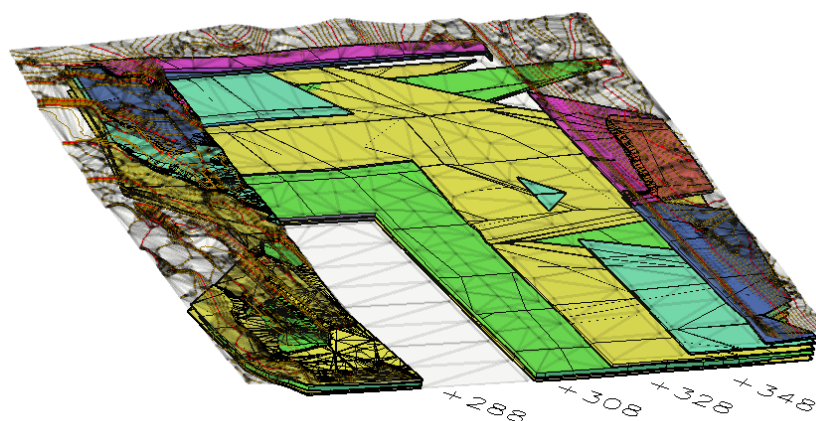
Εικόνα 67: Τρισδιάστατη όψη της τελικής φάσης, με την κάθετη τομή Β-Ν και τους λιγνιτικούς ορίζοντες

Στην Εικόνα **68**, απεικονίζεται η τομή στην τελική φάση της εκμετάλλευσης όπου διακρίνονται τα λιγνιτικά στρώματα όπως επίσης και οι διαστάσεις της εκμετάλλευσης σε αυτή την φάση.



Εικόνα 68: Κάθετη τομή Βορρά – Νότου

Εν τέλει τα ανεκμετάλλευτα λιγνιτικά στρώματα τα οποία θα παραμείνουν στην περιοχή απεικονίζονται στην παρακάτω Εικόνα **69** που ακολουθεί:



Εικόνα 69: Τρισδιάστατη όψη της επιφάνειας με τα λιγνιτικά στρώματα που θα απομείνουν, καθώς και τα απόλυτα υψόμετρα των βαθμίδων.

Συνοψίζοντας :

Όγκος εκσκαφών	16.912.660 m^3
Λιγνιτικά αποθέματα	8.021.614 m^3
Άγωνα – στείρα γεωυλικά	8.891.046 m^3

Πίνακας 4: Συγκεντρωτικός πίνακας

4.8.2 Υπολογισμός της σχέσης αποκάλυψης SR

Θεωρώντας την σχέση αποκάλυψης σταθερή για την συγκεκριμένη περιοχή του Δυτικού Χωρεμίου προκύπτει ότι:

$$SR = \frac{\text{Όγκος αγόνων που πρέπει να εξορυχθεί}}{\text{Όγκος λιγνίτη}} = \frac{8.891.046 \text{ m}^3}{8.021.614 \text{ m}^3} = 1,01$$

Κεφάλαιο 5^ο: Συμπεράσματα – προτάσεις

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός της επέκτασης υπαίθριας εκμετάλλευσης κοιτάσματος λιγνίτη, στο Δυτικό Χωρέμι περιοχή στη κεντρική Πελοπόννησο, όπου δεν έχουν ξεκινήσει ακόμα οι εργασίες εξόρυξης. Ο σχεδιασμός έγινε με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Autodesk AutoCAD Civil 3D 2018. **Τα δεδομένα για τον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης ζητήθηκαν από την Λιγνιτική Μεγαλόπολης Α. Ε.** Τα γεωτρητικά δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν, λόγω του ότι είχαν πραγματοποιηθεί πριν από αρκετά χρόνια και το φυσικό έδαφος του ορυχείου είχε αλλάξει, χρειάστηκε να γίνει μια μικρή διόρθωση.

Σε αρχική φάση, έγινε ογκομέτρηση των εκμεταλλεύσιμων λιγνιτικών αποθεμάτων και βρέθηκαν ότι ο συνολικός τους όγκος είναι $25.466.808 \text{ m}^3$. Τα λιγνιτικά αυτά αποθέματα βρίσκονται φυσικά στην περιοχή μελέτης και αποτελούν αυτά όπου θα εξορυχθούν αλλά και τα λιγνιτικά υλικά τα οποία βρίσκονται σε περιοχές όπου δεν θα πραγματοποιηθούν εκσκαφές. Πιο συγκεκριμένα στην Δυτική πλευρά της περιοχής δεν θα πραγματοποιηθούν εκσκαφές λόγω του υδρογραφικού δικτύου, καθώς και Ανατολικά λόγω του συστήματος των ταινιοδρόμων. Επίσης, Νότια λόγω περιορισμού των ορίων από τον οικισμό Τριπόταμο. Ωστόσο οι ογκομετρήσεις που έγιναν πραγματοποιήθηκαν σε μια ενδιάμεση φάση της εκμετάλλευσης δηλαδή μετά από 4 χρόνια και όχι στην φάση εξόφλησης της περιοχής του ορυχείου. Αυτό έγινε διότι η ανάπτυξη του ορυχείου συνεχίζεται προς τον Νότο.

Έπειτα, έγινε υπολογισμός του όγκου με την μέθοδο των παράλληλων τομών, με την βοήθεια του σύνθετου κανόνα του Simpson. Αυτή η διαδικασία έγινε με σκοπό να βρεθεί πόσο απόκλιση έχουν μεταξύ τους οι δύο μέθοδοι, είτε με την μέθοδο Simpson είτε με την βοήθεια του Civil 3D. Παρατηρείται ότι η διαφορά όγκου μεταξύ των δύο διαδικασιών βρέθηκε σε αρκετά μικρό ποσοστό, δηλαδή μόλις στο 0,14%. Αυτό δηλώνει κατά κάποιο τρόπο ότι οι ογκομετρήσεις

έχουν πάρα πολύ μικρή απόκλιση μετά από την εφαρμογή των δύο διαδικασιών, καθώς και ότι δεν υπάρχουν αρκετά σφάλματα ώστε να επηρεάσουν τα αποτελέσματα.

Κατόπιν, έπρεπε να υπολογιστούν οι διαστάσεις για τα πρανή, και έπειτα να πραγματοποιηθεί ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης. Υπολογίστηκε ότι το πλάτος της κάθε βαθμίδας θα είναι 164 m (στρογγυλεμένο νούμερο). Να τονιστεί ότι αυτό το πλάτος, δεν είναι πλάτος της εξόφλησης του ορυχείου αλλά το πλάτος σε μια ενδιάμεση φάση της εκμετάλλευσης που αποτελεί και αντικείμενο της παρούσας μελέτης. Έπειτα από έκθεση εμπειρογνομosύνης η οποία δόθηκε ως δεδομένο από την Λιγνιτική Μεγαλόπολης Α. Ε., λόγω μετατοπίσεων της περιοχής μελέτης από την Δυτική πλευρά, τα πρανή των εκσκαφών παραγωγής θα πρέπει να έχουν κλίση 1:7.3, όπως και σχεδιάστηκε. Εν συνεχεία, έγινε υπολογισμός και της ετήσιας προχώρησης της εκμετάλλευσης για ετήσιο ρυθμό εξόρυξης λιγνίτη 2.000.000 bm^3 , η οποία βρέθηκε ότι θα είναι 161 m/year.

Συνοψίζοντας στην περιοχή μελέτης υπολογίστηκε ότι ο όγκος των εκσκαφών θα είναι 16.912.660 bm^3 από τα οποία τα λιγνιτικά αποθέματα θα είναι 8.021.614 bm^3 και τα στείρα 8.891.046 bm^3 .

Τέλος, από τους υπολογισμούς και τις ογκομετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν παρατηρείται ότι το αποτέλεσμα της σχέσης αποκάλυψης, το οποίο βρέθηκε 1,01, (παρ. 4.8.2 Υπολογισμός της σχέσης αποκάλυψης SR) αποτελεί εφικτή λύση, “τιμή”, σε τέτοιου είδους ορυχεία και εξορύξεις.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

➤ Διεθνής βιβλιογραφία

- Diessel, C.F.K., 1992. Coal-bearing Depositional Systems. Springer, Berlin, 721.
- Doutsos, T., Koukouvelas, I.K., Xypolias, P., 2006. A new orogenic model for the External Hellenides. In: Robertson, A.H.F., Mountrakis, D. (Eds.), Tectonic Development of the Eastern Mediterranean region. Geological Society, London, Special Publications, 260: 507-520.
- Hiltermann, H. & Löttig, G. 1969: Biofazies und Palaolimnologie der pliozänen und pleistozänen Seen im Megalopolis-Becken (Peloponnes). Mitteilungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und angewandte Limnologie 17, 306–314.
- Hustrulid, William A._ Kuchta, Mark_ Martin, Randall K-Open Pit Mine Planning and Design, Two Volume Set & CD-ROM Pack, Third Edition-CRC
- Kokkalas, S. and Doutsos, T., 2004. Kinematics and strain partitioning in the southeast Hellenides (Greece). Geological Journal, v. 39, pp. 121-140
- Löhnert, E., & Nowak, H. (1965). Die Braunkohlenlagerstätte von Khoremi im Becken von Megalopolis. *Peloponnes. Geol. Jahrb*, 82, 847-868.
- Sakorafa, V., Michailidis, K., 1997. The geology and coal petrology of a Pleistocene lignite profile at Horemi mine, Megalopolis Basin, Peloponnese (southern Greece). *Int. J. Coal Geol.*, 33: 73-91.
- Taylor, G.H., Teichmóller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P., 1998. Organic Petrology: Gebruder Borntraeger, Berlin and Stuttgart, 704.
- Thomas, L., 2002. Coal Geology. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex: 384pp
- Tourloukis, V., Muttoni, G., Karkanis, P., Monesi, E., Scardia, G., Panagopoulou, E., & Harvati, K. (2018). Magnetostratigraphic and chronostratigraphic constraints on the Marathousa 1 Lower Palaeolithic site and the Middle Pleistocene deposits of the Megalopolis basin, Greece. *Quaternary International*, 497, 154-169.
- Van Vugt, N., De Bruijn, H., van Kolfshoten, M., Langereis, C.G., 2000. Magneto- and cyclostratigraphy and mammal-faunas of the Pleistocene lacustrine Megalopolis Basin, Peloponnesos, Greece, *Geol. Ultraiectina*, 69-92.

Vinken, R., 1965. Stratigraphie und Tektonik des Beckens von Megalopolis (Peloponnes, Griechenland). Geol. Jb., 83: 97-148.

Xypolias, P., Doutsos, T., 2000. Kinematics of rock flow in a crustal-scale shear zone: implication for the orogenic evolution of the southwestern Hellenides. Geological Magazine, 137: 81-96.

➤ Ελληνική βιβλιογραφία

Αγιουτάντης, Ζ. Γ., & Μερτίκας, Σ. Π. (2003). *Ένας πρακτικός οδηγός για τη συγγραφή τεχνικών κειμένων*. Χανιά.

Αναστόπουλος, Ι., 1958. *Ενδιάμεσος έκθεσις επί της μελέτης της λιγνιτοφόρου λεκάνης Μεγαλοπόλεως*. Ι.Γ.Ε.Υ., 12 σελ

Γαλετάκης, Μ. (2013). Σημειώσεις του μαθήματος 'Μεταλλευτική Έρευνα', Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.

Δρούκας, Γ. (2018). *Γεωλογική μελέτη της μεσαίας στοιβάδας του λιγνιτικού κοιτάσματος Μεγαλόπολης*, Διπλωματική Εργασία

Εξαδάκτυλος, Γ. (2019). Σημειώσεις του μαθήματος 'Σχεδιασμός Υπαίθριων Εκμεταλλεύσεων', Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.

Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), 1997. Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδος (1:50.000), Φύλλο Μεγαλόπολης.

Καββαδάς, Μ.Ι. (2017). *Έκθεση εμπειρογνωμοσύνης για τις αυξημένες μετακινήσεις περί την θέση (330.900 , 4.138.700) του δυτικού πρानούς του ορυχείου Χωρεμίου του Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης*, Κλάδος Μεταλλευτικών

Καβουρίνος Χ.Π., *Καδοφόροι εκσκαφείς και απόδοση*, Διεύθυνση Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης.

Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών.

Καραγιάννης, Ε. (2016). *Διερεύνηση της ευστάθειας πρानούς ορύγματος εκμετάλλευσης της ΔΕΗΑΕ στη Μεγαλόπολη*, Διπλωματική Εργασία.

Καστανίδης, Α. (2012). *Παλαιοπεριβάλλον απόθεσης της μεσαίας λιγνιτοφόρας στοιβάδας στο ορυχείο της Μαραθούσας στη λεκάνη της Μεγαλόπολης* (Doctoral dissertation).

Κίσκουρας, Δ., 1961. Οι λιγνίτες της Μεγαλοπόλεως. Πελοπον. Πρωτοχρ., Αθήνα, 123-130.

- Κουκουβέλας, Ι., Ξυπολιάς, Π., Σπανός, Δ., Θεοδοσίου, Χ., Καραβούλια, Χ., (2014). *Μελέτη της τεκτονικής δομής του Νοτίου περιθωρίου της λιγνιτοφόρου λεκάνης Μεγαλοπόλεως (Ορυχείο Χωρέμι)*, Πάτρα.
- Κουρέτας, Κ. (2013). *Ιζηματολογική ανάλυση – περιβάλλοντα απόθεσης τμήματος του λιγνιτικού κοιτάσματος του ορυχείου Χωρεμίου στη Μεγαλόπολη*, Διπλωματική Εργασία.
- Μανούτσογλου, Ε. (2008). Σημειώσεις του μαθήματος “Εισαγωγή στην Γεωλογία Ελλάδος”, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.
- Μαρίνου, Γ., Ι. Αναστόπουλου, *Η ΛΙΓΝΗΤΟΦΟΡΟΣ ΛΕΚΑΝΗ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΕΩΣ* Ινστιτούτο Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους (Ι.Γ.Ε.Υ.), 1957 – 1959
- Μαρίνος, Γ. , Αναστόπουλος, Ι. & Παπανικολάου. Ν. , 1959: *Η Λιγνιτοφόρος λεκάνη Μεγαλοπόλεως. Πρόδρομος μελέτη*, Ι.Γ.Ε.Υ., 1- 51.
- Μελετών, Δ/ση Κεντρικής Υποστήριξης Ορυχείων (ΔΚΥΟΡ), Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), Αθήνα.
- Μόδης, Κ., & Σταματάκη, Σ. (2015). *Εισαγωγή στη μεταλλευτική έρευνα*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Νικολόπουλος, Κ. (2010). *Η μεσαία λιγνιτοφόρα στοιβάδα στο ορυχείο Μαραθούσας της λεκάνης Μεγαλόπολης : Παλαιοπεριβάλλον απόθεσης*, Διπλωματική Εργασία.
- Παπαδόπουλος, Δ. (2005). *Διερεύνηση της ακρίβειας των μετρήσεων του on line αναλυτή που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ποιότητας του λιγνίτη στο Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης*, Διπλωματική Εργασία.
- Φουντούλης, Ι., 1994. *Νεοτεκτονική εξέλιξη της Κεντροδυτικής Πελοποννήσου*. Διδ Διατρ., Τμ, Γεωλ., Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΓΑΙΑ 7, 386 σελ.

➤ Ιστοσελίδες

- ✓ <https://nemertes.lis.upatras.gr/>
- ✓ <https://www.materials.uoc.gr/>
- ✓ <http://www.geo.auth.gr/>
- ✓ <https://www.orykta.gr/>
- ✓ <https://www.dei.gr/el>

