

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ



ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΝΔΙΑΜΕΣΩΝ ΑΓΟΝΩΝ
ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΔΟΦΟΡΩΝ ΕΚΣΚΑΦΕΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ



ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ Κ. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΑΛΕΤΑΚΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΑΓΙΟΥΤΑΝΤΗΣ ΖΑΧΑΡΙΑΣ

ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΣΤΕΙΑΚΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

ΧΑΝΙΑ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ, 2012

Η έγκριση της μεταπτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμών του συγγραφέα.

(Νόμος 5343/1932, άρθρο 202)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εστιάζεται στην μελέτη της επίδρασης των γεωμετρικών και φυσικομηχανικών χαρακτηριστικών, των λιγνιτικών και αγόνων στρωμάτων στην απόδοση καδοφόρων εκσκαφών. Βασικό στόχο αποτελεί ο εντοπισμός των παραγόντων αυτών και η σύνδεση τους με την απόδοση του εξορυκτικού εξοπλισμού, βασιζομένου σε στοιχεία πυρήνων γεωτρήσεων του ορυχείου Μαυροπηγής στο Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας (Λ.Κ.Δ.Μ) της Δ.Ε.Η Α.Ε το οποίο λειτουργεί κοντά στην πόλη της Πτολεμαΐδας.

Η σημαντικότητα του θέματος έγκειται στο γεγονός της εξέτασης των διαφόρων χαρακτηριστικών καθώς και της επιρροής των στην απόδοση των ΚΕ, οδηγούμενοι στην ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας αξιολόγησης των λιγνιτικών κοιτασμάτων που μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην ορθολογικότερη εκμετάλλευση τους, αλλά και στην βέλτιστη επιλογή και λειτουργία του εξορυκτικού εξοπλισμού, μειώνοντας το κόστος εκμετάλλευσης.

Η εξορυξιμότητα των πετρωμάτων, επηρεάζεται άμεσα τόσο από τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του προς εξόρυξη υλικού, όσο και από χαρακτηριστικά που συνδέονται με την γεωμετρία των πακέτων εκσκαφής. Αντιπροσωπευτικά μεγέθη της πρώτης κατηγορίας αποτελούν η αντοχή σε μοναξονική θλίψη, η αντίσταση στην κοπή, η συγκολλητικότητα των υλικών κ.α ενώ της δεύτερης το ύψος των στρωμάτων εκσκαφής.

Η αναπτυχθείσα μεθοδολογία βασίζεται στην αξιολόγηση των λιγνιτικών κοιτασμάτων, δηλαδή την διαδικασία ενοποίησης των γεωλογικών στρωμάτων σε τεχνικά απολήψιμα τμήματα λιγνίτη και άγονα στρώματα (στείρα στρώματα εκμετάλλευσης) βάσει συγκεκριμένων κανόνων. Αναπτύχθηκε ένα έμπειρο σύστημα το οποίο εκτιμά την εξορυξιμότητα των λιγνιτικών κοιτασμάτων με καδοφόρο εκσκαφέα (ΚΕ) κατά την φάση της αξιολόγησης των κοιτασμάτων. Το σύστημα αυτό σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να εκτιμάται για κάθε στρώμα ξεχωριστά η εξορυξιμότητα του με ΚΕ και η επίδραση του πάχους τους στην απόδοση του ΚΕ.

Η υλοποίηση της μεθοδολογίας αυτής έλαβε χώρα μέσω της ανάπτυξης κατάλληλου λογισμικού, το οποίο δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να εκτιμά ποιοτικά την εξορυξιμότητα των στρωμάτων των λιγνιτικών γεωτρήσεων με βάση τα πετρογραφικά τους χαρακτηριστικά, καθώς και την αναμενόμενη απόδοση του καδοφόρου εκσκαφέα. Η διαδικασία εκτίμησης των μεγεθών αυτών είναι αυτοματοποιημένη, περιορίζοντας σημαντικά την ανάγκη παρέμβασης από τον χρήστη.

Η μεθοδολογία αυτή εκτίμησης της εξορυξιμότητας των λιγνιτικών και αγόνων στρωμάτων με ΚΕ καθώς και της αναμενόμενης απόδοσης του ΚΕ εφαρμόστηκε στο λιγνιτικό κοίτασμα της Μαυροπηγής. Οι εκτιμηθείσες τιμές της

εξορυξιμότητας και της αναμενόμενης απόδοσης του ΚΕ απεικονίστηκαν χωρικά ως ισοεπιφάνειες με χρήση του λογισμικού Voxler.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία με τίτλο «Επίδραση των γεωμετρικών και φυσικο-μηχανικών χαρακτηριστικών των λιγνιτικών και αγόνων στρωμάτων στην απόδοση καδοφόρων εκσκαφών» αποτελεί την μεταπτυχιακή μου διατριβή στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Γεωτεχνολογία και περιβάλλον» του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η εκπόνηση και συγγραφή έγινε υπό την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Γαλετάκη Μιχαήλ τον οποίο και ευχαριστώ θερμά.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Ρούμπο Χρήστο, Δρ. Μεταλλειολόγο Μηχανικό, Τομεάρχη Μεταλλευτικών Μελετών της Δ.Ε.Η. Α.Ε., για την παραχώρηση των στοιχείων των γεωτρήσεων καθώς και για τη συνεχή και πολύτιμη βοήθεια του καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας, καθώς και τους καθηγητές κ. Ζαχαρία Αγιουτάντη και κ.Στειακάκη Εμμανουήλ για την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον προπτυχιακό φοιτητή του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων Κρητικό Αλέξανδρο, για τη σημαντική βοήθεια του στην υλοποίηση του κώδικα προγραμματισμού του λογισμικού εκτίμησης της εξορυξιμότητας των λιγνιτικών και αγόνων στρωμάτων με βάση τα στοιχεία των γεωτρήσεων.

Τέλος, καθώς με την εργασία αυτή, ολοκληρώνονται και οι σπουδές μου ως μεταπτυχιακού φοιτητή θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, που με υποστήριξε σε όλες μου τις αποφάσεις με κάθε τρόπο όλα αυτά τα χρόνια.

Παπαδόπουλος Κ. Στυλιανός

Σεπτέμβριος 2012

Περιεχόμενα

Περίληψη	iii
Πρόλογος	v
Κατάλογος σχημάτων	viii
Κατάλογος πινάκων	x
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Γενικά	1
1.2 Διάρθρωση της εργασίας.....	2
2.1 Εξορυξιμότητα των πετρωμάτων.....	4
2.2 Επίδραση φυσικομηχανικών και γεωμετρικών χαρακτηριστικών στην απόδοση καδοφόρου εκσκαφέα	4
Κεφάλαιο 2 Εξορυξιμότητα πετρωμάτων με καδοφόρο εκσκαφέα – κριτήρια εξορυξιμότητας.....	4
2.1 Εξορυξιμότητα των πετρωμάτων.....	4
2.2 Επίδραση φυσικομηχανικών και γεωμετρικών χαρακτηριστικών στην απόδοση καδοφόρου εκσκαφέα	4
2.2.1 Φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά του προς εξόρυξη και εξορυγμένου πετρώματος.....	5
2.2.2 Ύψος πακέτου υλικών (H).....	8
2.3 Κριτήρια εξορυξιμότητας πετρωμάτων που εξορρύσσονται με καδοφόρους εκσκαφείς.....	11
Κεφάλαιο 3 Αξιολόγηση πολυστρωματικών λιγνιτικών κοιτασμάτων	16
3.1 Μεθοδολογία αξιολόγησης λιγνιτικών κοιτασμάτων	16
3.1.1 Κανόνες αξιολόγησης λιγνιτικών στρωμάτων	16
3.1.2 Βήματα αλγορίθμου αξιολόγησης στοιχείων γεωτρήσεων.....	17
3.1.3 Υπολογισμός των ποιοτικών και γεωμετρικών χαρακτηριστικών του απολήψιμου λιγνίτη	18
3.2 Επίδραση των παραμέτρων αξιολόγησης στον καθορισμό του απολήψιμου λιγνίτη	20

Κεφάλαιο 4 Ανάπτυξη της μεθοδολογίας εκτίμησης εξορυξιμότητας	23
4.1 Περιγραφή του κοιτάσματος και του λειτουργόντος ορυχείου	23
4.1.1 Γενικά.....	23
4.1.2 Γεωλογία κοιτάσματος	26
4.1.3 Τεκτονική του κοιτάσματος.....	27
4.2 Κωδικοποίηση – καταγραφή των γεωτρήσεων και στατιστική ανάλυση	28
4.2.1 Κωδικοποίηση – καταγραφή των στοιχείων των γεωτρήσεων	28
4.2.2 Στατιστική ανάλυση.....	30
4.3 Ανάπτυξη του έμπειρου συστήματος.....	33
4.3.1 Δημιουργία πινάκων εκτίμησης της ευκολίας εξόρυξης με καδοφόρο εκσκαφέα.....	35
4.3.2 Ανάπτυξη έμπειρου συστήματος	44
4.3.3 Εκτίμηση ευκολίας εξόρυξης και απόδοσης καδοφόρου εκσκαφέα	45
4.4 Εφαρμογή της μεθοδολογίας	45
4.5 Περιγραφή λογισμικού εκτίμησης εξορυξιμότητας	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Απεικόνιση των παραμέτρων εξορυξιμότητας	59
5.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση της εξορυξιμότητας	59
5.2 Απεικόνιση της αναμενόμενης απόδοσης του ΚΕ	61
Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα - προτάσεις.....	67
Βιβλιογραφία	69

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 1.1: Εγχώρια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας – Διασυνδεδεμένο σύστημα (ΔΕΣΜΗΕ 2010).....	1
Σχήμα 2.1: Συσκευή μέτρησης αντίστασης κοπής του οίκου Ο&Κ.....	7
Σχήμα 2.2: Γεωμετρική απεικόνιση καδοτροχού και εξορυσσόμενου πακέτου (Κολοβός, 2000).....	9
Σχήμα 2.3: Μεταβολή της επιτεύξιμης απόδοσης των μηχανημάτων τύπου Krupp Schrs 600_21/3.3 συναρτήσει του ύψους πακέτου.Συσχέτιση με την επιτευχθείσα μέση, ανώτερη και κατώτερη ωριαία απόδοση στη 15ετία 1984-1998 (Κολοβός,2004).....	10
Σχήμα 2.4: Μεταβολή της επιτεύξιμης απόδοσης των μηχανημάτων τύπου Krupp Schrs 350_21/2.5 συναρτήσει του ύψους πακέτου.Συσχέτιση με την επιτευχθείσα μέση, ανώτερη και κατώτερη ωριαία απόδοση στη 15ετία 1984-1998 (Κολοβός,2004).....	10
Σχήμα 2.5: Διάγραμμα του κριτηρίου εξορυξιμότητας Coleman.....	14
Σχήμα 3.1: Διαδικασία ενοποίησης λιγνιτικών και αγόνων στρωμάτων σε απολήψιμα τμήματα (Γαλετάκης, κ.α. 2009).....	20
Σχήμα 3.2: Αόδοση καδοφόρου εκσκαφέα (επιτυγχανόμενη ωριαία παραγωγή σε σχέση με την ονομαστική) κατά την εκλεκτική εξόρυξη λεπτών στρωμάτων, ως συνάρτηση του λόγου του πάχους των προς την ακτίνα του καδοτροχού (Γαλετάκης 1996).....	20
Σχήμα 4.1: Υφιστάμενη κατάσταση και γενικό σχέδιο ανάπτυξης Ορυχείου Μαυροπηγής (Ρούμπος, 2009).	24
Σχήμα 4.2: Στρωματογραφική στήλη Ορυχείου Κύριου Πεδίου (Ρούμπος,2009) 27	
Σχήμα 4.3: Τυπική καταγραφή πρωτογενών στοιχείων λιγνιτικής γεώτρησης. ...	30
Σχήμα 4.4: Κυκλικό διάγραμμα ποσοστιαίας σύνθεσης των υλικών με βάση την συχνότητα εμφάνισης τους.....	32
Σχήμα 4.5: Κυκλικό διαγράμμα ποσοστιαίας σύνθεσης των άλλων υλικών με βάση την συχνότητα εμφάνισης τους.....	33
Σχήμα 4.6: Στάδια υλοποίησης έμπειρου συστήματος.	34
Σχήμα 4.7: Πετρογραφικά χαρακτηριστικά των στρωμάτων της γεώτρησης 18452292.....	47
Σχήμα 4.8:Εφαρμογή μεθοδολογίας εκτίμησης της εξορυξιμότητας και της απόδοσης καδοφόρου εκσκαφέα (OB=Υπερκείμενα, CO= Εξορυσσόμενο μπλοκ λιγνίτη, PT=Εξορυσσόμενο μπλοκ αγόνων. Οι συμβολισμοί για την αρχική γεώτρηση δίνονται στον Πίνακα 4.2).....	47

Σχήμα 4.9: Αρχικό περιβάλλον λογισμικού.	49
Σχήμα 4.10: Επιλογή εμφάνισης λειτουργιών.	50
Σχήμα 4.11: Παράθυρο μενού λογισμικού.	50
Σχήμα 4.12: Παράθυρο πληροφοριών προτύπου.	51
Σχήμα 4.13: Παράθυρο οδηγιών χρήσης εισαγωγής δεδομένων.	51
Σχήμα 4.14: Παράθυρο λειτουργιών λογισμικού (η ακτίνα καδοτροχού σε εκατοστά).	52
Σχήμα 4.15 Φύλλα εργασίας της αναπτυχθείσας εφαρμογής.	52
Σχήμα 4.16: Πίνακες κατηγοριοποίησης των κωδικοποιημένων υλικών ως προς την συγκολλητικότητα και την αντίσταση κοπής τους.	53
Σχήμα 4.17: Πλήρης καταγραφή στοιχείων γεώτρησης από την περιοχή του Ορυχείου Μαυροπηγής.....	55
Σχήμα 4.18: Κουμπί εισαγωγής δεδομένων.	56
Σχήμα 4.19: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων αρχικής γεώτρησης.	56
Σχήμα 4.20: Πλήρης εφαρμογή λογισμικού σε γεώτρηση του ορυχείου Μαυροπηγής.	58
Σχήμα 5.1: Απεικόνιση γεωτρήσεων του λιγνιτικού κοιτάσματος της Μαυροπηγής. Τα στρώματα των αξιολογημένων γεωτρήσεων αποδίδονται (χρωματική κλίμακα) ως προς την εξορυξιμότητα τους.....	60
Σχήμα 5.2: Απεικόνιση της εξορυξιμότητας των σχηματισμών του λιγνιτικού κοιτάσματος Μαυροπηγής. Οι συμπαγείς περίκλειστες ισοεπιφάνειες (isosurfaces) δείχνουν τις περιοχές όπου υπάρχουν σχηματισμοί μη εξορύξιμοι με καδοφόρο εκσκαφέα.....	60
Σχήμα 5.3: Απεικόνιση της αναμενόμενης απόδοσης ΚΕ (επίδραση πάχους). Η χρωματική κλίμακα εκφράζει την απόδοση ως ποσοστό % της μέγιστης θεωρητικά επιτεύξιμης.....	62
Σχήμα 5.4: Απεικόνιση της αναμενόμενης απόδοσης του ΚΕ λαμβάνοντας υπόψη τόσο τη φύση του εξορυσσόμενου υλικού όσο και το πάχος του εκσκαπτόμενου στρώματος. Η χρωματική κλίμακα εκφράζει την απόδοση ως ποσοστό % της μέγιστης θεωρητικά επιτεύξιμης	62
Σχήμα 5.5: Κάτοψη απεικόνισης κοιτάσματος (οριζόντια τομή) ως προς την τελική απόδοση ΚΕ σε υψόμετρο 700m.	65
Σχήμα 5.6: Κάτοψη απεικόνισης κοιτάσματος (οριζόντια τομή) ως προς την τελική απόδοση ΚΕ σε υψόμετρο 600m.	65
Σχήμα 5.7: Κάτοψη απεικόνισης κοιτάσματος (οριζόντια τομή) ως προς την τελική απόδοση ΚΕ σε υψόμετρο 550m.	66

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 2.1: Συσχέτιση αντίστασης κοπής και επιτεύξιμης απόδοσης σύμφωνα με τον O&K (WADE ET AL, 1987) .	11
Πίνακας 2.2: Εκτίμηση εξορυξιμότητας σύμφωνα με την αντίσταση κοπής (WADE ET AL, 1987).	13
Πίνακας 2.3: Εκτίμηση εξορυξιμότητας βάσει της ονομαστικής αντίστασης εκσκαφής (WADE ET AL, 1987).....	14
Πίνακας 4.1: Πάγιος εξοπλισμός Κύριου Πεδίου.	25
Πίνακας 4.2: Κωδικοποίηση των πετρωγραφικών χαρακτηριστικών των πυρήνων των γεωτρήσεων.	29
Πίνακας 4.3: Ποσοστό εμφάνισης των συνήθων στρωμάτων των γεωτρήσεων...	36
Πίνακας 4.4: Ποσοστό εμφάνισης των λιγότερα απαντωμένων (άλλα υλικά).....	37
Πίνακας 4.5: Εξορυξιμότητα των λιγνιτικών στρωμάτων με βάση τα φυσικομηχανικά τους χαρακτηριστικά (προτεινόμενη ποιοτική πενταβάθμια κλίμακα).....	35
Πίνακας 4.6: Εξορυξιμότητα των μαργαικών στρωμάτων με βάση τα φυσικομηχανικά τους χαρακτηριστικά (προτεινόμενη ποιοτική πενταβάθμια κλίμακα).....	38
Πίνακας 4.7: Εξορυξιμότητα των αργιλικών στρωμάτων με βάση τα φυσικομηχανικά τους χαρακτηριστικά (προτεινόμενη ποιοτική πενταβάθμια κλίμακα).....	38
Πίνακας 4.8: Εξορυξιμότητα των αμμούχων στρωμάτων με βάση τα φυσικομηχανικά τους χαρακτηριστικά (προτεινόμενη ποιοτική πενταβάθμια κλίμακα).....	39
Πίνακας 4.9: Εκτίμηση της αντίστασης κοπής του λιγνίτη βάσει του ιστού, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.	39
Πίνακας 4.10: Εκτίμηση της αντίστασης κοπής της μάργας βάσει του ιστού, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.	39
Πίνακας 4.11: Εκτίμηση της αντίστασης κοπής της αργίλου βάσει του ιστού, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.	39
Πίνακας 4.12: Εκτίμηση της αντίστασης κοπής της άμμου βάσει του ιστού, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.	39
Πίνακας 4.13: Εκτίμηση της συγκολλητικότητας του λιγνίτη βάσει της δευτερεύουσας σύστασης, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.....	40
Πίνακας 4.14: Εκτίμηση της συγκολλητικότητας της μάργας βάσει της δευτερεύουσας σύστασης, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.....	41
Πίνακας 4.15: Εκτίμηση της συγκολλητικότητας της αργίλου βάσει της δευτερεύουσας σύστασης, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.....	42
Πίνακας 4.16: Εκτίμηση της συγκολλητικότητας της άμμου βάσει της δευτερεύουσας σύστασης, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.....	43

Πίνακας 5.1:Αναμενόμενη απόδοση σύμφωνα με την κλίμακα εξορυξιμότητας των υλικών.....	63
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η σημασία του λιγνίτη στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας είναι αδιαμφισβήτητα καθοριστική, ώστε σήμερα να μην είναι δυνατόν να διανοηθεί κανείς την ενεργειακή μας ανάπτυξη, χωρίς να περιλάβει στον σχεδιασμό τον λιγνίτη και μάλιστα, σε ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά σε σχέση με τις άλλες πηγές ενέργειας (**Σχήμα 1.1**).



Σχήμα 1.1: Εγχώρια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας– Διασυνδεδεμένο Σύστημα (ΔΕΣΜΗΕ 2010).

Οι δυσκολίες που αναφέρονται όμως κατά τη διαδικασία υπολογισμού των αποθεμάτων και της ποιότητας πολυστρωματικών κοιτασμάτων, που πρόκειται να εκμεταλλευθούν με υπαίθρια συνεχή μέθοδο εκμετάλλευσης (καδοφόροι εκσκαφέις-ταινιοδρόμοι-αποθέτες), προέρχονται τόσο από τη φύση του κοιτάσματος (εναλλασσόμενα στρώματα λιγνιτών με ενδιάμεσα στείρα και ανθρακομιγή, ποικίλλου πάχους και λιθολογικής σύστασης), όσο και την ειδική μέθοδο εκλεκτικής εξόρυξης που εφαρμόζεται. Πιο συγκεκριμένα, τα ιδιαίτερα γεωμετρικά και φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά τόσο των λιγνιτικών όσο και των αγόνων στρωμάτων διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην απόδοση των καδοφόρων εκσκαφών. Η αναγκαιότητα ορθολογικής αξιοποίησης των λιγνιτικών κοιτασμάτων επιβάλλει τον προσδιορισμό της επίδρασης των παραπάνω χαρακτηριστικών με στόχο την εκτίμηση της απόδοσης του εξοπλισμού κατά την εξορυκτική δραστηριότητα.

Οι παραπάνω λόγοι οδήγησαν στην ανάπτυξη μιας ειδικής μεθοδολογίας αξιολόγησης των πολυστρωματικών λιγνιτικών κοιτασμάτων που βασίζεται κυρίως στα στοιχεία που προκύπτουν κατά την έρευνα του κοιτάσματος με δειγματοληπτικές γεωτρήσεις και

έχει σαν στόχο τον καθορισμό των απολήψιμων τμημάτων του κοιτάσματος. Στόχος της παρούσης μεταπτυχιακής εργασίας λοιπόν είναι η δημιουργία ενός λογισμικού εκτίμησης της ευκολίας εξόρυξης των επιμέρους στρωμάτων των λιγνιτικών κοιτασμάτων μέσω του αρχικού αλλά και αξιολογημένου αρχείου γεωτρήσεων, καθώς επίσης και ο προσδιορισμός της ποσοστιαίας απόδοσης ΚΕ. Οι δειγματοληπτικές γεωτρήσεις που ελήφθησαν για την ανάπτυξη του λογισμικού αυτού, προέρχονται από το Ορυχείο Μαυροπηγής του Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας (Λ.Κ.Δ.Μ) της Δ.Ε.Η Α.Ε.

Η σημαντικότητα του θέματος έγκειται στο γεγονός της δημιουργίας ενός εξορυκτικού «πλάνου» του κοιτάσματος πριν την έναρξη της εκμετάλλευσης, μέσω της εύκολης αλλά και σύντομης εκτίμησης των παραπάνω παραμέτρων. Πρωτεύοντα ρόλο διαδραματίζει επίσης και ο υπολογισμός των απολήψιμων τμημάτων σε συνδυασμό με την ποιότητα των πολυστρωματικών λιγνιτικών κοιτασμάτων που λαμβάνει υπόψη του τις παραμέτρους εκμετάλλευσης και τις προδιαγραφές αντίστοιχης ποιότητας για τον εξορυσσόμενο λιγνίτη. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ορθολογικότερη εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων, συμβάλλοντας στην βέλτιστη επιλογή και λειτουργία του εξορυκτικού εξοπλισμού και μειώνοντας σημαντικά το κόστος εκμετάλλευσης.

1.2 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο **πρώτο κεφάλαιο** γίνεται η παρουσίαση του θέματος και αναφέρεται συνοπτικά η σπουδαιότητα του λιγνίτη όπως και οι δυσκολίες που παρατηρούνται στην αξιολόγηση των λιγνιτικών κοιτασμάτων. Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζεται σύντομα η σημασία της εξορυξιμότητας των πετρωμάτων και αναλύονται τα φυσικομηχανικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των στρωμάτων των λιγνιτικών κοιτασμάτων, τα οποία επηρεάζουν την απόδοση του καδοφόρου εκσκαφέα. Χαρακτηριστικά μεγέθη είναι η σκληρότητα των πετρωμάτων, η αντίσταση στην κοπή, η συγκολλητικότητα, το ύψος του πακέτου υλικών κ.α. Στο ίδιο κεφάλαιο επίσης αναφέρονται τα κριτήρια, βάσει των οποίων εκτιμάται η εξορυξιμότητα των πετρωμάτων, και συσχετίζονται με τις γεωτεχνικές και γεωλογικές παραμέτρους τους.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** αρχικά αναπτύσσεται η μεθοδολογία της αξιολόγησης των λιγνιτικών κοιτασμάτων. Παρουσιάζονται οι κανόνες πάνω στους οποίους βασίζεται η παραπάνω μεθοδολογία, η διαδικασία με την οποία πραγματοποιείται, ο τρόπος υπολογισμού των ποιοτικών και γεωμετρικών χαρακτηριστικών του απολήψιμου λιγνίτη και τέλος η επίδραση των παραμέτρων αξιολόγησης στον καθορισμό του απολήψιμου λιγνίτη. Επίσης στο κεφάλαιο αυτό αναφέρεται το θέμα που επιλύει η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία, το οποίο αφορά την προσθήκη διαδικασίας εκτίμησης της εξορυξιμότητας των στρωμάτων των γεωτρήσεων.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** γίνεται η περιγραφή του ορυχείου στο οποίο αναφέρεται η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή και γίνεται εκτενής ανάλυση της μεθόδου εργασίας που ακολουθήθηκε. Επίσης παρουσιάζεται το λογισμικό εκτίμησης της εξορυξιμότητας, η οποία δημιουργήθηκε στα πλαίσια της εργασίας αυτής. Στο **πέμπτο κεφάλαιο** γίνεται η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων της, στις λιγνιτικές γεωτρήσεις του ορυχείου.

Τέλος, στο **έκτο κεφάλαιο** αναφέρονται τα συμπεράσματα και οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΞΟΡΥΞΙΜΟΤΗΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΚΑΔΟΦΟΡΟ ΕΚΣΚΑΦΕΑ – ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΞΟΡΥΞΙΜΟΤΗΤΑΣ

2.1 ΕΞΟΡΥΞΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα πετρώματα, λόγω των διαφορετικών τρόπων που σχηματίστηκαν, της διαφορετικής ορυκτολογικής του σύστασης και των διαφορετικών μεταγεννητικών επιδράσεων που έχουν υποστεί, παρουσιάζουν διαφορές στις μηχανικές και φυσικές τους ιδιότητες. Η διαφοροποίηση αυτή καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τη συμπεριφορά τους κατά την εκσκαφή τους και επηρεάζει μια σημαντική παράμετρο της εκμετάλλευσης τους, την εξορυξιμότητα. Ως εξορυξιμότητα ενός πετρώματος ορίζεται η δυσκολία που παρουσιάζει το πέτρωμα στην εξόρυξη του και εξαρτάται τόσο από τα φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά του όσο και από τον εξοπλισμό και την μέθοδο εκσκαφής που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα ένα πέτρωμα που χαρακτηρίζεται ως «δύσκολο» όταν εξορύσσεται με χειρωνακτικό τρόπο, μπορεί να χαρακτηρίζεται ως «μαλακό» όταν η εξόρυξη του αναφέρεται σε μηχανικό μέσο, αφού μπορεί να εξορύσσεται εύκολα με αυτό. Συνεπώς, η εξορυξιμότητα των πετρωμάτων θα πρέπει να αναφέρεται σε ένα συγκεκριμένο μηχανικό μέσο εξόρυξης αλλά και σε μέθοδο εκσκαφής (Παναγιώτου, 1989).

2.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΔΟΦΟΡΟΥ ΕΚΣΚΑΦΕΑ

Σε εκμεταλλεύσεις λιγνιτικών κοιτασμάτων που διενεργούνται με χρήση καδοφόρων εκσκαφών (ΚΕ) η εξορυξιμότητα των πετρωμάτων επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την απόδοση των ΚΕ και κατά συνέπεια τον ρυθμό παραγωγής αγόνων υλικών και λιγνίτη. Επειδή η απόδοση των ΚΕ εξαρτάται τόσο από την εξορυξιμότητα των υλικών όσο και από το πάχος των εξορυσσόμενων στρωμάτων (ύψος πακέτου εκσκαφής) μπορεί να ειπωθεί ότι η απόδοση του εξοπλισμού είναι γενικά συνάρτηση τόσο των φυσικομηχανικών όσο και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των εξορυσσόμενων πετρωμάτων.

2.2.1 ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΡΟΣ ΕΞΟΡΥΞΗ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΞΟΡΥΓΜΕΝΟΥ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ

Ως ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες εξόρυξης των πετρωμάτων ορίζονται τα φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά του, τα οποία περιλαμβάνουν ορισμένες φυσικές και μηχανικές του ιδιότητες. Ειδικότερα, σε ότι αφορά την εξόρυξη, οι ιδιότητες της μάζας του πετρώματος είναι καθοριστικής σημασίας. Έτσι, ένα πέτρωμα με υψηλές τιμές μηχανικής αντοχής αλλά έντονα κατακερματισμένο, εξορύσσεται σχετικά εύκολα με μηχανικά μέσα, σε αντίθεση με ένα άλλο το οποίο έχει μικρότερες τιμές αντοχής, πλην όμως είναι συμπαγές.

Σύμφωνα με βιβλιογραφικά δεδομένα (Μυλωνάκη, 2006) την εξόρυξη του πετρώματος με μηχανικά μέσα επηρεάζουν οι παρακάτω ιδιότητες (παράμετροι) του πετρώματος:

1. Η αντοχή σε μοναξονική θλίψη, όπως προκύπτει από την κλασική δοκιμή μέτρηση φορτίου θραύσης δοκιμίων ή με την δοκιμή σημειακής φόρτισης, μέσω του Δείκτη Σημειακής Φόρτισης (I_s , $I_s(50)$), (ISRM, 1985 Richards, 1979 - Stimpson et al, 1979). Ο δείκτης I_s ή η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη, που προκύπτει με βάση τον I_s , χρησιμοποιείται ευρύτατα για την εκτίμηση της εξορυξιμότητας και την ταξινόμηση των πετρωμάτων, μαζί με άλλα χαρακτηριστικά τους.

2. Η αντοχή σε εφελκυσμό. Οι Evans et al, 1973 και Roxborough, 1973 συνδέουν άμεσα την δύναμη κοπής, που πρέπει να αναπτύξουν κοπτικά εργαλεία τύπου σφήνας και κωνικής σφήνας για την εξόρυξη ψαθυρών πετρωμάτων, με την αντοχή των τελευταίων σε εφελκυσμό.

3. Η αντοχή σε διάτμηση. Η διατμητική αντοχή αποτέλεσε την βάση για την διατύπωση θεωριών αστοχίας των πετρωμάτων, όπως των θεωριών Coulomb, Mohr και της τροποποιημένης θεωρίας του Griffith (Τσουτρέλης, 1985). Επιπλέον, έχει χρησιμοποιηθεί ως η βασική παράμετρος για την διατύπωση των θεωριών κοπής των Merchant (Merchant, 1944 - Evans et al, 1973) και Nishimatsu, 1972.

4. Η σκληρότητα των πετρωμάτων έχει χρησιμοποιηθεί από μεγάλο αριθμό ερευνητών για την εκτίμηση της εξορυξιμότητας των καθώς και της φθοράς των κοπτικών εργαλείων. Έχει επικρατήσει στα πετρώματα να προσδιορίζεται η σκληρότητα διείσδυσης και η σκληρότητα ανάκρουσης κατά Shore και κατά Schmidt. Με την βοήθεια της σκληρότητας κατά Shore, που προσδιορίζεται με το ομώνυμο σκληρόμετρο, υπολογίζεται ο "Συντελεστής Πλαστικότητας" από την σχέση (Brown, 1981 – McFeat Smith, 1977):

$$K = [(H_2 - H_1) * H_2] * 100 \quad (\%) \quad (1)$$

όπου :

K = συντελεστής πλαστικότητας, %

H_2 = τελική τιμή σκληρότητας ύστερα από 20 ανακρούσεις

H1 = τιμή σκληρότητας ύστερα από μία ανάκρουση

Με βάση, εξ άλλου, τον συντελεστή πλαστικότητας τα πετρώματα διακρίνονται σε πλαστικά (μεγάλες τιμές K) και ψαθυρά (μικρές τιμές K). Τα πλαστικά πετρώματα παραμορφώνονται περισσότερο από τα ψαθυρά κάτω από την επίδραση της ίδιας τάσης. Πολλά μαλακά πετρώματα, όπως είναι ο άνθρακας, και ο μη συνεκτικός ψαμμίτης, παρουσιάζουν πολύ χαμηλές τιμές συντελεστή πλαστικότητας, καθόσον είναι εξαιρετικά ψαθυρά. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ψαθυρότητα / πλαστικότητα των πετρωμάτων και η σκληρότητα των πετρωμάτων, όπως προκύπτουν από την δοκιμή κατά Shore, είναι δύο τελείως διαφορετικές ιδιότητες.

5. Η τριβή μεταξύ πετρώματος και μετάλλων. Κατά προσέγγιση ο συντελεστής τριβής πετρώματος / χάλυβα υπολογίζεται με την βοήθεια του συντελεστή εσωτερικής τριβής του πετρώματος, που προκύπτει από την δοκιμή διάτμησης, σύμφωνα με την σχέση (Aleksseeva et al, 1986):

$$\begin{aligned} \mu' &= 0.75 \mu & [2] \\ \text{ή} \quad \tan \phi' &= 0.75 \tan \phi & [3] \end{aligned}$$

όπου :

$\mu', \phi' =$ συντελεστής και γωνία τριβής πετρώματος / χάλυβα αντίστοιχα
 $\mu, \phi =$ συντελεστής και γωνία εσωτερικής τριβής του πετρώματος αντίστοιχα

6. Η αντίσταση στην κοπή. Η αντίσταση κοπής των πετρωμάτων εκφράζει την δύναμη που πρέπει να αναπτύξει η κοπτική ακμή εργαλείου, προκειμένου να αστοχήσει το πέτρωμα κατά την εκσκαφή του.

Ως ειδική αντίσταση κοπής ή εκσκαφής ορίζεται η ανηγμένη αντίσταση κοπής στην μονάδα μήκους της κοπτικής ακμής του εργαλείου (kg/cm) ή στην μονάδα επιφανείας του αποκοπτόμενου τμήματος του πετρώματος (kg/cm^2) ή στην μονάδα όγκου του αποκοπτόμενου τμήματος (kg/cm^3). Οι τιμές της ειδικής αντίστασης εκσκαφής των πετρωμάτων είναι προφανές ότι, ανεξαρτήτως του τρόπου εκφράσεως, κυμαίνονται εντός ευρέων ορίων, καθόσον αυτή εξαρτάται από την μορφή του κοπτικού εργαλείου, τον τρόπο με τον οποίο επιβάλλεται η δύναμη κοπής και τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του πετρώματος. Ο προσδιορισμός της ειδικής αντίστασης εκσκαφής επιτυγχάνεται με την βοήθεια κατάλληλων διατάξεων στο εργαστήριο ή επί τόπου.

Για τον υπολογισμό της αντίστασης κοπής των πετρωμάτων, όταν εξορύσσονται με ΚΕ, ο οίκος O&K σχεδίασε την φορητή συσκευή του **Σχήματος 2.1**, με την οποία επιτυγχάνεται η θραύση πρισματικών ή κυλινδρικών δοκιμών κατά την διείσδυση μιας τυποποιημένης σφήνας, της οποίας οι διαστάσεις φαίνονται στο **Σχήμα 2.1**. Η συσκευή αποτελεί εξέλιξη παρόμοιας εργαστηριακής διάταξης, που επινόησε ο L. Rasper, στην οποία αντί της τυποποιημένης σφήνας, η θραύση του δοκιμίου επιτυγχάνεται από έναν κοπτικό οδόντα κάδου ΚΕ (Rasper et al, 1961). Από τις δοκιμές με την συσκευή αυτή

(μέθοδος O&K) υπολογίζεται η ειδική αντίσταση κοπής του πετρώματος σύμφωνα με τις σχέσεις (Orenstein & Koppel, 1985):

$$K_l = F/L_b \text{ (Kg/cm)} \quad [4]$$

$$K_l' = F/L \text{ (Kg/cm)} \quad [5]$$

$$K_a = F/A \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \quad [6]$$

όπου:

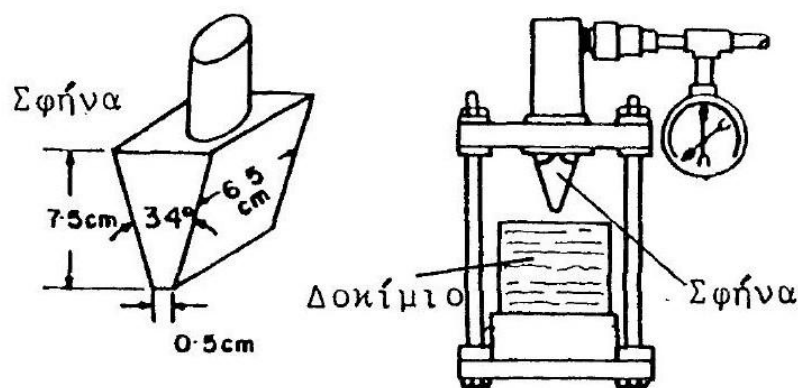
F= φορτίο κατά την θραύση, Kp

L_b= μήκος ακμής σφήνας, cm

L= μήκος γραμμής θραύσης, cm

A= επιφάνεια θραύσης, cm²

K_l, K_l', K_a = ειδική αντίσταση κοπής Kg/cm, Kg/cm, Kg/cm².



Σχήμα 1.1: Συσκευή μέτρησης αντίστασης κοπής του οίκου O&K (Μυλωνάκη, 2006).

Οι Wade et al, 1987 παρουσιάζουν μια σειρά από ενδιαφέρουσες σχέσεις, που συνδέουν την ειδική αντίσταση κοπής, που προκύπτει με την μέθοδο O&K, με άλλα χαρακτηριστικά του πετρώματος, ύστερα από δοκιμές που πραγματοποίησαν στο Ορυχείο Highvale, Alberta, Καναδάς:

$$K_a = 0.445 \sigma_c^{0.75} \text{ (kg / cm}^2\text{)} \quad [7]$$

$$K_a = 0.11 + 0.89 I_s(50) \text{ (kg / cm}^2\text{)} \quad [8]$$

$$K_l = 117.3 K_a - 5.42 \text{ (kg / cm)} \quad [9]$$

όπου :

σ_c = αντοχή σε μοναξονική θλίψη, kg / cm²

$I_s(50)$ = δείκτης σημειακής φόρτισης για ισοδύναμη διάμετρο $D_e=50$ mm, kg/cm²

7. Τα συστήματα ασυνεχειών της μάζας του πετρώματος. Η πλέον σημαντική διαφορά, μεταξύ της μάζας πετρώματος και του αντίστοιχου άρρηκτου πετρώματος, είναι ως γνωστόν η παρουσία στην πρώτη ασυνεχειών, που διαφοροποιούν τις μηχανικές ιδιότητες του.

Σε ότι αφορά τα χαρακτηριστικά του εξορυγμένου πετρώματος, που επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος εξόρυξης - φόρτωσης - αποκόμισης, στο οποίο εντάσσεται και ο ΚΕ, τα πλέον σημαντικά είναι (Μυλωνάκη, 2006):

1. Ο συντελεστής επιπλήσματος, που ορίζεται ως ο λόγος του βάρους της μονάδας όγκου του συμπαγούς (in situ) πετρώματος προς το βάρος της μονάδας όγκου του χαλαρού – εξορυγμένου πετρώματος. Ο συντελεστής επιπλήσματος προσδιορίζει τον όγκο του πετρώματος που γεμίζει τον κάδο του καδοτροχού κατά την εκσκαφή.

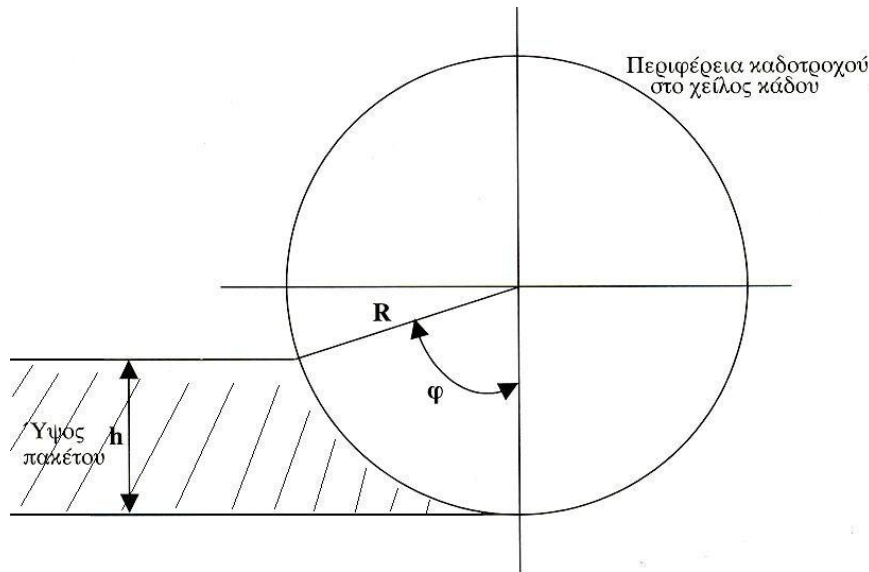
2. Το μέγεθος των παραγομένων τεμαχίων. Το μέγεθος των τεμαχίων του εξορυγμένου πετρώματος εξαρτάται από τις διαστάσεις της εντομής, τα συστήματα των ασυνεχειών της μάζας του πετρώματος, την ταχύτητα κοπής και από την παρουσία ή όχι προκοπτήρων στον καδοτροχό. Το σχήμα και το μέγεθος των τεμαχίων επηρεάζει άμεσα τον βαθμό πλήρωσης των κάδων, ενώ μεγάλα και αιχμηρά τεμάχια δημιουργούν σοβαρά προβλήματα στο σύστημα εκκένωσης του καδοτροχού και στις μεταφορικές ταινίες του ΚΕ.

3. Η τάση συγκόλλησης στις μεταλλικές επιφάνειες. Πετρώματα γαιώδους μορφής, ορισμένες άργιλοι και μάργες, έχουν την τάση να προσκολλώνται στις μεταλλικές επιφάνειες των κάδων, μειώνοντας την ωφέλιμη χωρητικότητα τους, και στις άλλες επιφάνειες του καδοτροχού και των μεταφορικών ταινιών. Η τάση συγκόλλησης εξαρτάται από την φύση του πετρώματος και το ποσοστό της υγρασίας του.

2.2.2 ΥΨΟΣ ΠΑΚΕΤΟΥ ΥΛΙΚΩΝ (H)

Τρεις σημαντικές παράμετροι του μετώπου εκσκαφής επηρεάζουν την απόδοση ενός καδοφόρου εκσκαφέα: η γωνία κλίσης, το ύψος και το πλάτος του πακέτου. Και τα τρία αυτά στοιχεία είναι αλληλένδετα, με αποτέλεσμα, μια αλλαγή στο ένα από αυτά να απαιτεί ρύθμιση και των άλλων δύο. Για μία δεδομένη εκσκαφή, τα μεγέθη που θα καθοριστούν αρχικά είναι η γωνία κλίσης του υλικού και το ύψος του πακέτου.

Στο **Σχήμα 2.2** δίνεται η διάταξη της εκσκαφής με καδοτροχό για ύψος πακέτου μικρότερο του 50% της διαμέτρου του καδοτροχού.



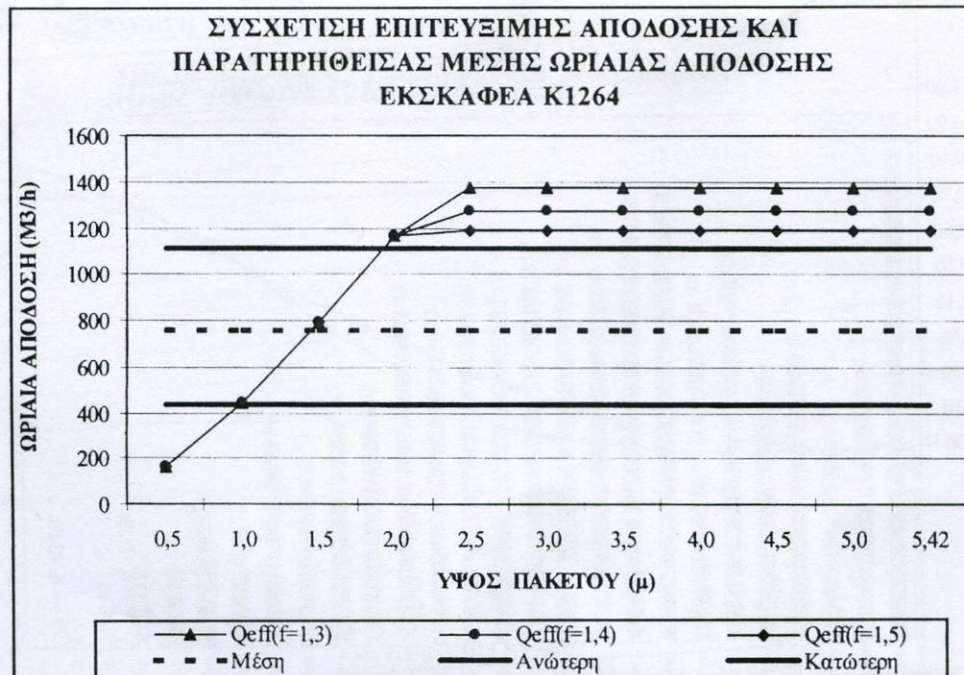
Σχήμα 2.2: Γεωμετρική απεικόνιση καδοτροχού και εξορυσσόμενου πακέτου (Κολοβός, 2000).

Για δεδομένη ακτίνα καδοτροχού ($R=D/2$, μετρημένη στο χείλος του κάδου), η γωνία ϕ μπορεί να υπολογιστεί ως εξής (Κολοβός, 2000):

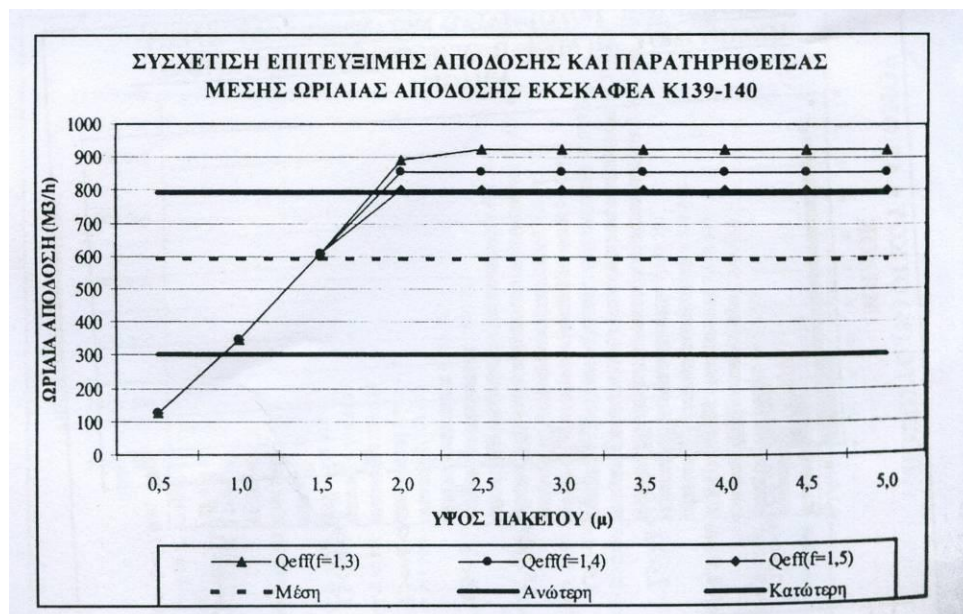
$$\phi = \arccos \frac{R-h}{R} \quad [10]$$

Το ύψος του πακέτου κοπής είναι ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας που επιδρά αποφασιστικά στην απόδοση του εκσκαφέα. Για κάθε εκσκαφέα υπάρχει ένα ελάχιστο ύψος κοπής κάτω από το οποίο είναι αδύνατο να πληρωθούν οι κάδοι ακόμη και αν χρησιμοποιηθεί το μέγιστο επιτρεπτό βάθος κοπής και η μεγαλύτερη επιτρεπτή ταχύτητα περιφοράς του βραχίονα καδοτροχού (Ladanyi & Sumegi, 2006). Το ύψος του πακέτου κοπής εξαρτάται από τη διάμετρο του καδοτροχού, λαμβάνει δε τιμές από 0.35 μέχρι 0.65 της διαμέτρου του καδοτροχού. Συνηθίζεται στην πράξη να εκλέγεται ύψος πακέτου τουλάχιστο το μισό της διαμέτρου του καδοτροχού. Έτσι π.χ για καδοτροχό διαμέτρου 12 μέτρων πρέπει να εκλέγεται ύψος πακέτου 6 μέτρων εφόσον βέβαια οι συνθήκες του συγκεκριμένου κάθε φορά μετώπου εκσκαφής το επιτρέπουν (Dey and Ghose, 2008).

Στα **Σχήματα 2.3** και **2.4** παρατίθενται διαγράμματα για δυο διαφορετικού τύπου καδοφόρους εκσκαφείς που δείχνουν τη σχέση απόδοσης και ύψους πακέτου, για τη χρονική περίοδο 1984-1998 στο Βόρειο Πεδίο (τμήμα του Ορυχείου Κύριου Πεδίου). Δίνεται επίσης το εύρος των τιμών της επιτευχθείσας μέσης ωριαίας απόδοσης της 15ετίας αυτής (μέσος αριθμητικός των μηνιαίων αποδόσεων, ανώτερη – κατώτερη τιμή). Η επιτεύξιμη απόδοση του κάθε μηχανήματος υπολογίζεται για τρεις διαφορετικές τιμές του συντελεστή επιπλήσματος f (χρησιμοποιείται για τη μετατροπή του όγκου «συμπαγούς» πετρώματος σε χαλαρό) (Κολοβός, 2004).



Σχήμα 2.3: Μεταβολή της επιτεύξιμης απόδοσης των μηχανημάτων τύπου Krupp SchRs 600_21/3.3 συναρτήσει του ύψους πακέτου. Συσχέτιση με την επιτευχθείσα μέση, ανώτερη και κατώτερη ωριαία απόδοση στη 15ετία 1984-1998 (Κολοβός, 2004).



Σχήμα 2.4: Μεταβολή της επιτεύξιμης απόδοσης των μηχανημάτων τύπου Krupp SchRs 350_21/2.5 συναρτήσει του ύψους πακέτου. Συσχέτιση με την επιτευχθείσα μέση, ανώτερη και κατώτερη ωριαία απόδοση στη 15ετία 1984-1998 (Κολοβός, 2004).

2.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΞΟΡΥΞΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΕΞΟΡΥΣΣΟΝΤΑΙ ΜΕ ΚΑΔΟΦΟΡΟΥΣ ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ

Ο βέλτιστος τρόπος προσδιορισμού της εξορυξιμότητας των πετρωμάτων θα λάμβανε χώρα μέσω της πραγματοποίησης δοκιμαστικής εξόρυξης σε αντιπροσωπευτικό τμήμα της προς εξόρυξη μάζας του πετρώματος, με τον τύπο του μηχανήματος που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί και με την μέθοδο με την οποία πρόκειται να γίνει η εξόρυξη. Επειδή όμως στις περισσότερες των περιπτώσεων η διαδικασία αυτή είναι ανέφικτη, έχει επικρατήσει η εξορυξιμότητα των πετρωμάτων να εκτιμάται με την βοήθεια διαφόρων κριτηρίων, που συσχετίζουν γεωλογικές και γεωτεχνικές παραμέτρους του προς εξόρυξη πετρώματος.

Με σκοπό την εκτίμηση λοιπόν της εξορυξιμότητας των πετρωμάτων που εξορύσσονται με καδοφόρο εκσκαφέα, αρκετοί ερευνητές προτείνουν κριτήρια - σχέσεις, που συνδέουν, ποιοτικά, ορισμένες γεωτεχνικές παραμέτρους του προς εξόρυξη πετρώματος με την επίδοση του καδοφόρου εκσκαφέα. Η αντίσταση στην κοπή που παρουσιάζει το πέτρωμα, όπως προσδιορίζεται πειραματικά με δοκιμές, έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα για την εκτίμηση της εξορυξιμότητας των πετρωμάτων (Παναγιώτου, 1989).

Ο Himmel (1963), πραγματοποιώντας επί τόπου δοκιμές μεγάλης κλίμακας υπολόγισε την Ειδική Αντίσταση Εκσκαφής (EAE) διαφόρων πετρωμάτων, που απαντώνται σε λιγνιτωρυχεία της Δυτικής Γερμανίας και κατέταξε αυτά σε τρεις κατηγορίες συναρτήσει της EAE, που την εξέφρασε σε Kg/cm της κοπτικής ακμής του κάδου :

1. Χαλαρά εδάφη, άμμοι, χαλίκια EAE: < 20 Kg/cm
2. Άργιλοι, αργιλούχες μάργες, πηλοί EAE: 20-40 Kg/cm
3. Συμπαγή εδάφη, μάργες EAE: 50-60 Kg/cm

Η Εταιρεία Orenstein & Koppel (O&K) συνδέει την αντίσταση κοπής, που προκύπτει από την ομώνυμη δοκιμή σφήνας (Orenstein & Koppel), με την επιτεύξιμη απόδοση του καδοφόρου εκσκαφέα. Για τον καδοφόρο εκσκαφέα τύπου SchRs 1800/2.5 x 25, που είναι εγκατεστημένος στο λιγνιτωρυχείο Goonyella της Αυστραλίας, η O&K δίνει την σχέση μεταξύ της αντίστασης κοπής (Ka) και της απόδοσης του ΚΕ, όπως φαίνεται στον **Πίνακα 2.1** (O'Regan et al, 1987):

Πίνακας 2.1 : Συσχέτιση αντίστασης κοπής και επιτεύξιμης απόδοσης σύμφωνα με την O&K (Wade et al.1987).

Αντίσταση Κοπής (N/cm ²)	Επιτεύξιμη απόδοση (m ³ /h)
<30	1500
31-45	1000
46-50	750
51-60	500
>60	Χαλάρωση με εκρηκτικές ύλες
Χαλαρωμένο πέτρωμα	200 ton/h

Οι Saunders et al, 1981 αναφέρουν την χρησιμοποίηση της αντίστασης κοπής K_a της δοκιμής O&K, για την εκτίμηση της εξορυξιμότητας πετρωμάτων που εξορύσσονται με καδοφόρο εκσκαφέα, πραγματοποιώντας δοκιμές σε πυρήνες δειγματοληπτικών γεωτρήσεων. Οι ίδιοι ερευνητές κατατάσσουν τα πετρώματα σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την αντίσταση κοπής:

1. Χαμηλής αντίστασης εκσκαφής $K_a = 0-30 \text{ N/cm}^2$
2. Μέσης αντίστασης εκσκαφής $K_a = 30-45 \text{ N/cm}^2$
3. Υψηλής αντίστασης εκσκαφής $K_a = 45-60 \text{ N/cm}^2$

Προκειμένου να αξιολογήσουν την αντίσταση εκσκαφής εκτεταμένης μάζας πετρώματος κάνουν χρήση του "σταθμικού μέσου όρου αντίστασης κοπής", πραγματοποιώντας γεωτρήσεις σε κανονικό κάνναβο και μετρώντας την αντίσταση κοπής σε πυρήνες από διάφορα βάθη. Ο σταθμικός μέσος όρος αντίστασης κοπής ορίζεται από την σχέση:

$$K_a = \frac{\sum_{i=1}^n K_{a,i} d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} \quad [11]$$

όπου:

K_a = σταθμικός μέσος όρος αντίστασης κοπής, N/cm^2

$(K_a)_i$ = μέσος όρος αντίστασης κοπής πυρήνα που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένα στρώματα της γεώτρησης i , N/cm^2

d_i = πάχος των αντίστοιχων στρωμάτων γεώτρησης i , m

n = αριθμός των διαστημάτων που αντιστοιχούν στην γεώτρηση

Με βάση τον σταθμικό μέσο όρο αντίστασης κοπής κατασκευάζονται στην συνέχεια ισοεπιφάνειες που παρουσιάζουν την ίδια αντίσταση κοπής σε όλη την έκταση της μάζας του πετρώματος, που πρόκειται να εξορυχθεί.

Οι Wade et al, (1987) συγκέντρωσαν και παρουσιάζουν διάφορα κριτήρια εξορυξιμότητας, που αναπτύχθηκαν κατά καιρούς από διάφορους ερευνητές για να

εκτιμηθεί η εξορυξιμότητα των πετρωμάτων με καδοφόρο εκσκαφέα και τα οποία αναφέρονται παρακάτω:

1. Κριτήριο CANMET

Το κριτήριο αυτό αναπτύχθηκε για να εκτιμήσει την εξορυξιμότητα διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών και κάνει χρήση της αντίστασης κοπής (K_a), που προκύπτει από την δοκιμή της O&K. Η εκτίμηση της εξορυξιμότητας γίνεται με βάση τον **Πίνακα 2.2**:

Πίνακας 2.2: Εκτίμηση εξορυξιμότητας σύμφωνα με την αντίσταση κοπής (Wade et al, 1987).

Αντίσταση Κοπής, K_a (MPa)	Εξορυξιμότητα
<1	Εξορύσσεται
1-2.4	Εξορύσσεται δύσκολα
>2.4	Δεν εξορύσσεται

2. Κριτήριο Coleman

Αναπτύχθηκε αρχικά για την εκτίμηση της εξορυξιμότητας σχηματισμών που απαντώνται σε ανθρακωρυχεία. Λαμβάνει υπόψη δύο παραμέτρους, τον δείκτη της απόστασης μεταξύ των ασυνεχειών (m /ασυνέχεια) και την αντοχή σε μονοαξονική θλίψη (MPa). Η εκτίμηση της εξορυξιμότητας πραγματοποιείται με βάση το σχετικό διάγραμμα, που δίνεται στο **Σχήμα 2.5**. Το διάγραμμα χωρίζεται σε πέντε ζώνες και η εξορυξιμότητα του πετρώματος εκτιμάται ανάλογα με την θέση του στο διάγραμμα, όπως παρακάτω:

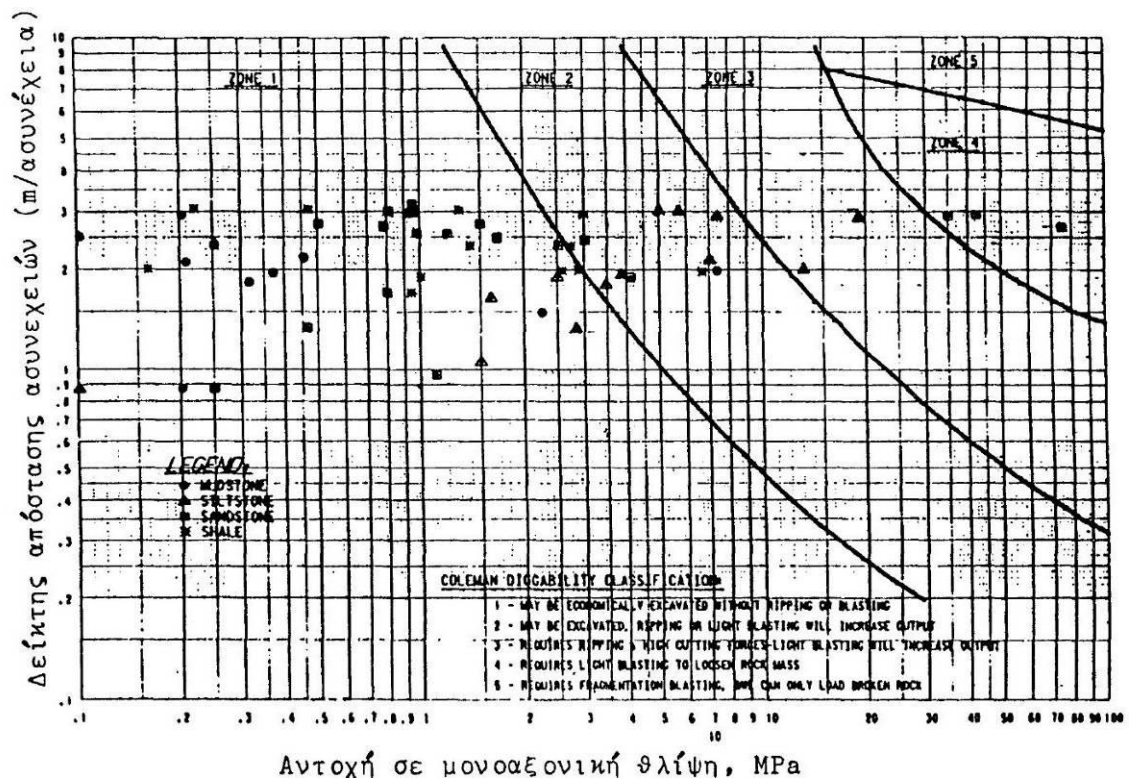
Ζώνη 1 : Μπορεί να εξορυχθεί με ΚΕ οικονομικά χωρίς αναμόχλευση (ripping) ή ανατίναξη.

Ζώνη 2 : Μπορεί να εξορυχθεί. Αναμόχλευση ή ελαφρά ανατίναξη αυξάνει την απόδοση του ΚΕ.

Ζώνη 3 : Απαιτεί αναμόχλευση και ισχυρή δύναμη εκσκαφής. Ελαφρά ανατίναξη αυξάνει την απόδοση του ΚΕ.

Ζώνη 4 : Απαιτείται ελαφρά ανατίναξη για την χαλάρωση της μάζας του πετρώματος.

Ζώνη 5 : Απαιτείται ισχυρή ανατίναξη. Ο ΚΕ μπορεί μόνο να φορτώσει το θραυσμένο πέτρωμα.



Σχήμα 2.5: Διάγραμμα του κριτηρίου εξορυξιμότητας Coleman
(Wade et al, 1987).

3. Κριτήριο Kozlowski

Αναπτύχθηκε για την εκτίμηση της εξορυξιμότητας με καδοφόρο εκσκαφέα που εξορύσσουν άνθρακα. Λαμβάνει ως παραμέτρους την ονομαστική αντίσταση εκσκαφής, το ποσοστό αργίλου και την υγρασία. Η ονομαστική αντίσταση εκσκαφής μετρίεται επί τόπου με την βοήθεια καδοφόρου εκσκαφέα. Το κριτήριο περιγράφεται από τον **Πίνακα 2.3**:

Πίνακας 2.3: Εκτίμηση της εξορυξιμότητας βάσει της ονομαστικής αντίστασης εκσκαφής
(Wade et al, 1987).

Ονομαστική αντίσταση εκσκαφής (kPa)	Εξορυξιμότητα
<360	Εξορύσσεται
360-900	Εξορύσσεται δύσκολα
>900	Εξορύσσεται με ειδικό εξοπλισμό

4. Κριτήριο Krzanowski

Συνδυάζει την αντίσταση κοπής, K_a και τον δείκτη σημειακής φόρτισης $I_s(50)$ του πετρώματος :

$K_a < 900 \text{ kPa}$ και $I_s(50) < 0.70 \text{ MPa}$ Εξορύσσεται
 $K_a > 900 \text{ kPa}$ και $I_s(50) > 0.70 \text{ MPa}$ Εξορύσσεται δύσκολα

5. Κριτήριο Strzodka

Αξιολογεί την εξορυξιμότητα με την βοήθεια του συντελεστή του Protodyakonov, f_p , που ορίζεται ως το 1/10 της αντοχής σε μοναξονική θλίψη του πετρώματος (MPa):

$f_p < 1.5$ Εξορύσσεται
 $1.5 < f_p < 2.0$ Εξορύσσεται δύσκολα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΛΥΣΤΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ

3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ

3.1.1 ΚΑΝΟΝΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Η αξιολόγηση λιγνιτικών γεωτρήσεων είναι μια διαδικασία ομαδοποίησης των στρωμάτων τους σε τεχνικά απολήψιμα τμήματα λιγνίτη και ενδιαμέσων στειρών, που βασίζεται σε συγκεκριμένους κανόνες που προέκυψαν ως αποτέλεσμα των περιορισμών που θέτει η μέθοδος εκμετάλλευσης, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού, οι απαιτήσεις χρήσης και οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί.

Για τα λιγνιτικά κοιτάσματα που εκμεταλλεύονται με την υπαίθρια συνεχή μέθοδο, θεσπίστηκαν και ακολουθούνται κατά την αξιολόγηση οι παρακάτω κανόνες (Αναστασόπουλος και Κούκουζας, 1972):

- Απολήψιμο λιγνιτικό στρώμα χαρακτηρίζεται εκείνο που έχει πάχος μεγαλύτερο του ελάχιστου πάχους εκλεκτικής εξόρυξης (συνήθως 50cm για υπαίθρια εκμετάλλευση με καδοφόρους εκσκαφείς) και τέφρα επί ξηρού μικρότερη της ανώτερης επιτρεπόμενης (συνήθως 50%).
- Στείρα ενδιάμεση ένστρωση με πάχος μεγαλύτερο του ορίου εκλεκτικής εξόρυξης (συνήθως 20cm για υπαίθρια εκμετάλλευση με καδοφόρους εκσκαφείς) και με τέφρα επί ξηρού μεγαλύτερη του 70% απομακρύνεται σαν άγονο.
- Εάν μεταξύ δύο ενστρώσεων ενός απολήψιμου στρώματος λιγνίτη, με τέφρα επί ξηρού μικρότερη του ανώτατου επιτρεπτού ορίου (συνήθως 50%) υπάρχει ένστρωση που μακροσκοπικά χαρακτηρίζεται σαν λιγνίτης ενώ η χημική ανάλυση έχει δώσει τέφρα επί ξηρού μεγαλύτερη του ορίου (50%) και κατώτερη του 55% (πολύ ισχυρά αργιλούχος λιγνίτης), η ένστρωση αυτή συνυπολογίζεται με την υπερκείμενη και υποκείμενη ένστρωση, με την προϋπόθεση ότι η μέση τέφρα επί ξηρού της στοιβάδας που θα σχηματισθεί κατά αυτόν τον τρόπο θα είναι ανώτερη ή ίση του ανώτερου επιτρεπτού ορίου. Εάν είναι μεγαλύτερη του τότε η ενδιάμεση ένστρωση του πολύ ισχυρά αργιλούχου λιγνίτη δεν συνυπολογίζεται και αξιολογείται σαν στείρο υλικό.

- Στείρα ενδιάμεση ένστρωση με πάχος 0.20-0.25m που χαρακτηρίζεται σαν ανθρακομιγής μέχρι πολύ ανθρακομιγής, με λεπτές λιγνιτικές ενστρώσεις συνολικού πάχους τουλάχιστον 25% του πάχους της, συνυπολογίζεται στο απολήψιμο απόθεμα και λαμβάνεται με τα υπερκείμενα και τα υποκείμενα στρώματα. Στην περίπτωση αυτή η τέφρα επί ξηρού την ενδιάμεσης στείρας ένστρωσης υπολογίζεται ως 100%, όταν φυσικά δεν υπάρχει ιδιαίτερη χημική ανάλυση.
- Στις παραπάνω δύο περιπτώσεις θα πρέπει οπωσδήποτε η μέση σταθμική τέφρα επί ξηρού της στοιβάδας να μην υπερβαίνει το όριο της τέφρας του απολήψιμου λιγνίτη. Σε αντίθετη περίπτωση η ενδιάμεση ένστρωση απορρίπτεται.
- Εάν υπάρχουν δύο εκμεταλλεύσιμα στρώματα που μεταξύ τους παρεμβάλλεται στείρα ένστρωση με πάχος 0.10-0.20m, τα εκμεταλλεύσιμα στρώματα και η στείρα ένστρωση θα αποτελούν εκμεταλλεύσιμη στοιβάδα εάν η μέση τέφρα επί ξηρού δεν υπερβαίνει το προκαθορισμένο ανώτατο όριο της τέφρας για να χαρακτηριστεί σαν εκμεταλλεύσιμο λιγνιτικό στρώμα. Σε αντίθεση περίπτωση τα δύο εκμεταλλεύσιμα στρώματα αξιολογούνται ξεχωριστά.
- Από το πραγματικό πάχος κάθε απολήψιμης στοιβάδας ή μεμονωμένου απολήψιμου στρώματος αφαιρούνται ορισμένα εκατοστά (συνήθως 10cm) από την οροφή και το δάπεδο, που υπολογίζονται στα ενδιάμεσα στρώματα. Το πραγματικό πάχος της στοιβάδας είναι αυτό που μένει μετά την αφαίρεση. Η αφαίρεση αυτή αντιπροσωπεύει τις απώλειες κατά την εκμετάλλευση που απαιτούνται για τον πλήρη καθορισμό ενός απολήψιμου στρώματος.
- Σε κάθε εκμεταλλεύσιμο τμήμα προστίθεται ένα στείρο στρώμα καθορισμένου πάχους (από 5 έως 20cm ανάλογα με τον τύπο του εξορυκτικού εξοπλισμού) που αντιστοιχεί στη ρύπανση εκμετάλλευσης.

3.1.2 ΒΗΜΑΤΑ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Τα βήματα που περιλαμβάνει ο αλγόριθμος αξιολόγησης των πρωτογενών στοιχείων των γεωτρήσεων είναι τα ακόλουθα (Αναστασόπουλος και Κούκουζας, 1972) :

- Εξετάζει τα στρώματα της υπό αξιολόγησης γεώτρησης μέχρι να εντοπίσει στείρο στρώμα που ικανοποιεί τις προϋποθέσεις εκλεκτικής απόληψης αγόνου. Στην συνέχεια ενοποιεί προσωρινά τα στρώματα που προηγούνται του εκλεκτικά απολήψιμου αγόνου δημιουργώντας ένα μπλοκ και αφού αφαιρέσει για λόγους απωλειών εκμετάλλευσης, από την οροφή και το δάπεδο του το αντίστοιχο πάχος, προχωρά στον υπολογισμό των μέσων σταθμικών τιμών της υγρασίας, τέφρας και κατωτέρας θερμογόνου δύναμης του.

- Αν το πάχος του μπλοκ που προκύπτει και η μέση σταθμική τέφρα του ικανοποιεί τις προϋποθέσεις του απολήψιμου μπλοκ λιγνίτη, χαρακτηρίζεται λιγνιτικό στρώμα του αποδίδονται οι μέσες τιμές υγρασίας, τέφρας, ΚΘΔ και η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρις εξάντλησης των στρωμάτων της συγκεκριμένης γεώτρησης.

- Αν όμως ο σταθμικός μέσος όρος της τέφρας του παραπάνω μπλοκ και το συνολικό του πάχος δεν ικανοποιούν τις προϋποθέσεις του εκλεκτικά απολήψιμου λιγνιτικού στρώματος, αφαιρείται το τελευταίο λιγνιτικό στρώμα του μπλοκ και επαναλαμβάνεται η διαδικασία υπολογισμών μέσων τιμών και αφαιρέσεων στρωμάτων, έως ότου βρεθεί κάποιο τμήμα του μπλοκ που ικανοποιεί τις προδιαγραφές του απολήψιμου στρώματος λιγνίτη.

- Το τμήμα αυτό το χαρακτηρίζει λιγνίτη και συνεχίζεται η ίδια διαδικασία με όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των στρωμάτων που απομένουν μέχρις εξάντλησης του μπλοκ.

- Στην περίπτωση που μετά από συνεχείς αφαιρέσεις στρωμάτων κανένας συνδυασμός δεν δίνει τεχνικά απολήψιμο λιγνίτη, αξιολογείται το πρώτο στρώμα του μπλοκ και μετά τον χαρακτηρισμό του σε λιγνίτη ή στείρο, συνεχίζει την διαδικασία με τα υπόλοιπα στρώματα μέχρις εξάντλησης του μπλοκ.

Ο αλγόριθμος αξιολόγησης εξετάζει και εξαντλεί όλους τους δυνατούς συνδυασμούς μεταξύ των στρωμάτων ενός μπλοκ. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τα επόμενα μπλοκ που αποκόπτονται από εκλεκτικά απολήψιμα άγωνα στρώματα μέχρις εξάντλησης της εξεταζόμενης γεώτρησης. Μετά το πέρας της αξιολόγησης, τα υπερκείμενα και τα αξιολογημένα μπλοκ λιγνίτη και στείρων ενδιαμέσων συνθέτουν την στήλη της αξιολογημένης γεώτρησης. Λόγω της πληθώρας των απαιτούμενων υπολογισμών, που με χειρονακτική διαδικασία είναι σχεδόν αδύνατο να γίνουν, ο αλγόριθμος υλοποιείται με την ανάπτυξη κατάλληλου λογισμικού (METAL).

3.1.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΑΠΟΛΗΨΙΜΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

Κατά τη διαδικασία της αξιολόγησης εξετάζονται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί μεταξύ των στρωμάτων και τελικά δημιουργείται για κάθε γεώτρηση μια νέα συνθετική γεώτρηση που απαρτίζεται από τα τμήματα του απολήψιμου λιγνίτη και των απολήψιμων αγόνων υλικών (**Σχήμα 3.1**). Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του απολήψιμου λιγνίτη υπολογίζονται ως ο σταθμικός μέσος όρος των n ($i=1,2, \dots, n$) αντίστοιχων επιμέρους λιγνιτικών και αγόνων ή και ανθρακομιγών στρωμάτων που απαρτίζουν το συγκεκριμένο τμήμα του απολήψιμου λιγνίτη. Στους υπολογισμούς αυτούς λαμβάνονται επίσης υπόψη τα φαινόμενα απωλειών και ρύπανσης κατά την εξόρυξη. Οι υπολογισμοί για τις κύριες παραμέτρους ποιότητας του απολήψιμου λιγνίτη, την υγρασία επί φυσικού (W_E), την

τέφρα επί ξηρού (AWF_{ε}), και την κατώτερη θερμογόνο δύναμη ($K\Theta\Delta_{\varepsilon}$) δίνονται στις σχέσεις 12 έως 14 (Γαλετάκης και Παπανικολάου, 2004) :

$$W_{\varepsilon} = \frac{(d_1 - d_0) * W_1 * \rho_1 + \sum_{i=2}^{n-1} d_i * W_i * \rho_i + (d_n - d_0) * W_n * \rho_n + d_{\sigma} * W_{\sigma} * \rho_{\sigma}}{\sum_{i=1}^n d_i * \rho_i * d_0 * (\rho_1 + \rho_n) + d_{\sigma} * \rho_{\sigma}} \quad (12)$$

$$AWF_{\varepsilon} = \frac{(d_1 - d_0) * AWF_1 * \rho_1 + \sum_{i=2}^{n-1} d_i * AWF_i * \rho_i + (d_n - d_0) * AWF_n * \rho_n + d_{\sigma} * AWF_{\sigma} * \rho_{\sigma}}{\sum_{i=1}^n d_i * \rho_i * d_0 * (\rho_1 + \rho_n) + d_{\sigma} * \rho_{\sigma}} \quad (13)$$

$$K\Theta\Delta_{\varepsilon} = \frac{(d_1 - d_0) * K\Theta\Delta_1 * \rho_1 + \sum_{i=2}^{n-1} d_i * K\Theta\Delta_i * \rho_i + (d_n - d_0) * K\Theta\Delta_n * \rho_n + d_{\sigma} * K\Theta\Delta_{\sigma} * \rho_{\sigma}}{\sum_{i=1}^n d_i * \rho_i * d_0 * (\rho_1 + \rho_n) + d_{\sigma} * \rho_{\sigma}} \quad (14)$$

όπου:

W_i = Υγρασία επί φυσικού % του γεωλογικού στρώματος i , που συμμετέχει στον σχηματισμό του τμήματος του απολήψιμου λιγνίτη

AWF_i = Τέφρα επί ξηρού % του γεωλογικού στρώματος i , που συμμετέχει στον σχηματισμό του τμήματος του απολήψιμου λιγνίτη

$K\Theta\Delta_i$ = Κατώτερη θερμογόνο δύναμη σε cal/g του γεωλογικού στρώματος i , που συμμετέχει στον σχηματισμό του τμήματος του απολήψιμου λιγνίτη

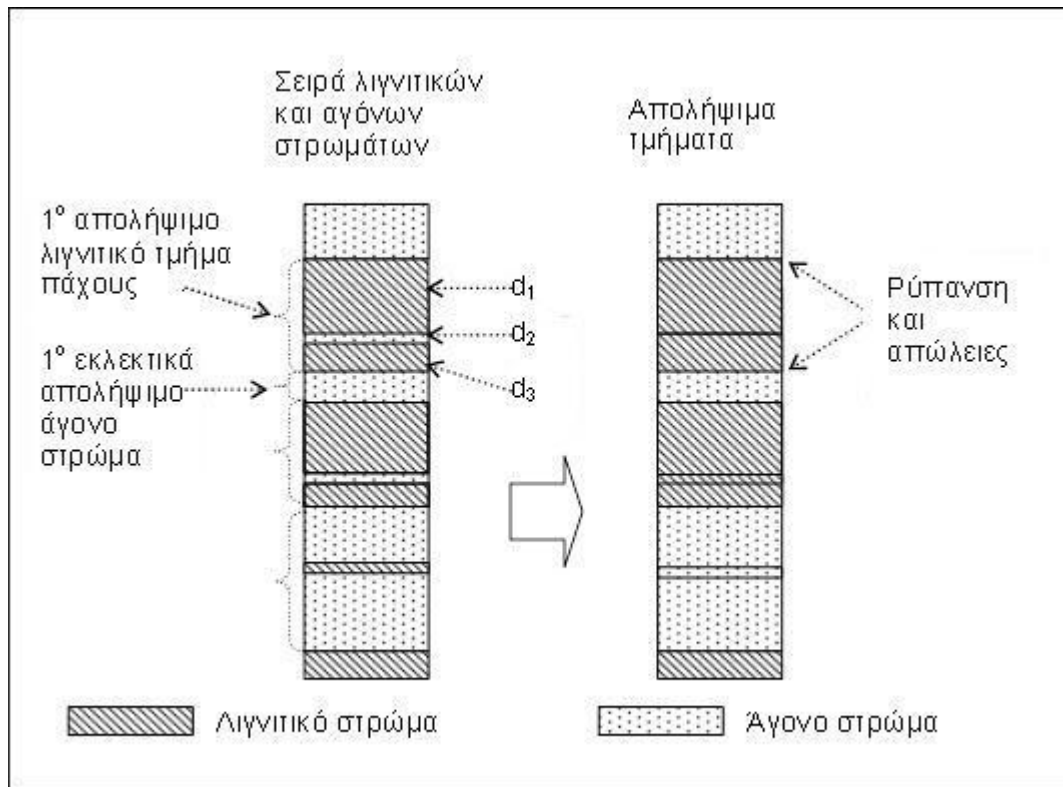
d_i = Πάχος του στρώματος i της γεώτρησης (cm)

d_0 = Αφαιρούμενο πάχος από κάθε απολήψιμη στιβάδα (από πρώτο και τελευταίο στρώμα) λόγω απωλειών εκμετάλλευσης (cm)

d_{σ} = Πάχος ρυπαντικού στρώματος (cm)

ρ_i = Πυκνότητα του στρώματος i (g/cm³)

ρ_{σ} = Πυκνότητα ρυπαντικού στρώματος (g/cm³)



Σχήμα 3.1: Διαδικασία ενοποίησης λιγνιτικών και αγόνων στρωμάτων σε απολήψιμα τμήματα (Γαλετάκης, κ.α. 2009).

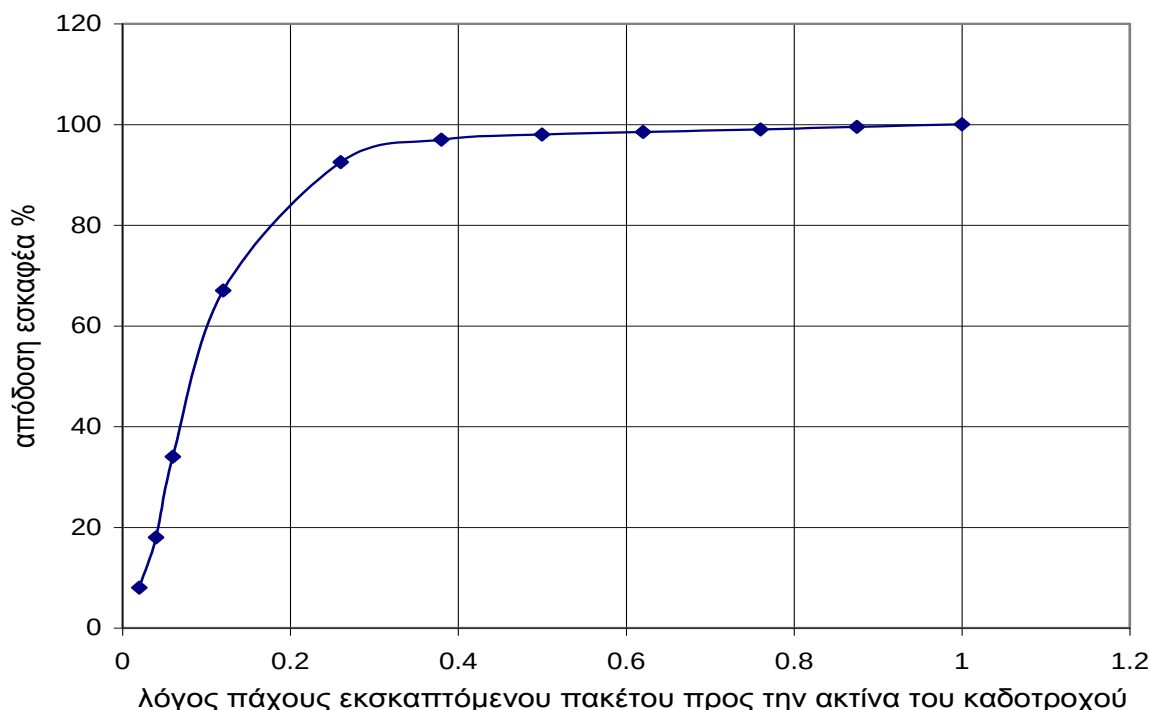
3.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΤΟΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ ΑΠΟΛΗΨΙΜΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

Οι παράμετροι της αξιολόγησης οι οποίες καθορίζουν τη σύνθεση των εκμεταλλεύσιμων τμημάτων του απολήψιμου κοιτάσματος είναι το ελάχιστο πάχος εκλεκτικής απόληψης λιγνιτικού στρώματος ($d_{l,min}$), το ελάχιστο πάχος εκλεκτικής απόληψης ενδιάμεσου στείρου στρώματος ($d_{s,min}$), οι ποιοτικοί περιορισμοί του εξορυσσόμενου λιγνίτη (μέγιστη επιτρεπόμενη τέφρα AWF_{max} και ελάχιστη θερμογόνο δύναμη) και το ποσοστό ρύπανσης και απωλειών εκμετάλλευσης. Ο αριθμός, το πάχος αλλά και η ποιότητα των διαμορφούμενων απολήψιμων λιγνιτικών τμημάτων επηρεάζονται καθοριστικά από τις παραπάνω παραμέτρους.

Η μεταβολή των μεγεθών αυτών συνεπάγεται αυτόματα και μεταβολή των γεωμετρικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών του απολήψιμου κοιτάσματος. Υψηλές τιμές επιτρεπόμενης τέφρας συνεπάγεται μείωση της ποιότητας του απολήψιμου λιγνίτη καθώς συμμετέχουν περισσότερα τμήματα αγόνων και ανθρακομιγών ενστρώσεων στα απολήψιμα λιγνιτικά τμήματα.

Μικρές τιμές των ελαχίστων παχών εκλεκτικής εξόρυξης λιγνιτικών και αγόνων στρωμάτων οδηγούν σε μεγάλο αριθμό στρωμάτων απολήψιμου λιγνίτη μικρού πάχους, περιορίζοντας τη συνεξόρυξη του λιγνίτη και των ενδιαμέσων αγόνων, ενώ αντιθέτως μεγάλες τιμές των μεγεθών αυτών έχουν ως αποτέλεσμα μικρό αριθμό απολήψιμων στρωμάτων λιγνίτη μεγάλου πάχους, με μεγάλη όμως συμμετοχή των ενδιαμέσων αγόνων στρωμάτων. Οι διαφορετικοί αυτοί συνδυασμοί των παραμέτρων εκλεκτικής εξόρυξης επιδρούν και στην ποιότητα του απολήψιμου λιγνίτη. Πιο συγκεκριμένα, με επιλογή συνδυασμών μικρών τιμών $d_{λ,min}$, $d_{σ,min}$, AWF_{max} που ευνοούν την εκλεκτική εξόρυξη στρωμάτων μικρού σχετικά πάχους, εξασφαλίζεται μικρό ποσοστό αγόνων ενστρώσεων στο τμήμα του απολήψιμου λιγνίτη, αλλά προκύπτει μεγάλος αριθμός απολήψιμων λιγνιτικών τμημάτων μικρού πάχους. Μολονότι η περίπτωση αυτή εξασφαλίζει περιορισμένη συνεξόρυξη ενδιαμέσων στείρων στρωμάτων, εντούτοις είναι δυσμενής από άποψη εκμετάλλευσης, αφού οδηγεί σε μειωμένη απόδοση του εξοπλισμού λόγω του μικρού πάχους των στρωμάτων (**Σχήμα 3.2**) και επιπλέον παρουσιάζεται αυξημένη ρύπανση και απώλεια εκμετάλλευσης λόγω της συχνής εναλλαγής κατά την εξόρυξη από λιγνιτικά σε άγονα στρώματα. Αντίθετα, συνδυασμοί μεγαλύτερων τιμών $d_{λ,min}$, $d_{σ,min}$, AWF_{max} που δίνουν μικρό αριθμό λιγνιτικών στρωμάτων μεγάλου πάχους, είναι μεν ευνοϊκοί από πλευράς ρύπανσης-απωλειών εκμετάλλευσης και απόδοσης του εξοπλισμού εξόρυξης, αλλά οδηγούν σε υψηλό ποσοστό συμμετοχής στείρων ενστρώσεων στα διαμορφούμενα εκμεταλλεύσιμα τμήματα, που έχει ως συνέπεια την υποβάθμιση της ποιότητας του παραγόμενου λιγνίτη.

Η ρύπανση και οι απώλειες της εκμετάλλευσης από την άλλη εκτιμώνται με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού εξόρυξης και συμβαίνουν κατά τις εναλλαγές των πακέτων εκσκαφής, από τα απολήψιμα λιγνιτικά τμήματα στα αντίστοιχα άγονα (διεπιφάνειες λιγνίτη-αγόνων στρωμάτων). Με τον όρο απώλεια εννοείται η μείωση της ανάκτησης του λιγνίτη λόγω συνεξόρυξης λιγνιτικών ενστρώσεων με στείρα υλικά και απόρριψής τους. Με τον όρο ρύπανση εννοείται η πρόσμιξη του λιγνίτη με άγονα υλικά. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της ρύπανσης της εκμετάλλευσης τόσο υποδεέστερη είναι και η ποιότητα του απολήψιμου λιγνίτη καθώς αυξάνεται το ποσοστό προσμίξεων του με άγονα υλικά. Ομοίως, αύξηση του ποσοστού απωλειών εκμετάλλευσης, οδηγεί σε μείωση της ποιότητας του απολήψιμου λιγνίτη.



Σχήμα 3.2: Απόδοση καδοφόρου εκσκαφέα (επιτυγχανόμενη ωριαία παραγωγή σε σχέση με την ονομαστική) κατά την εκλεκτική εξόρυξη λεπτών στρωμάτων, ως συνάρτηση του λόγου του πάχους των προς την ακτίνα του καδοτροχού (Γαλετάκης 1996).

Η μεθοδολογία αξιολόγησης πολυστρωματικών λιγνιτικών κοιτασμάτων λοιπόν έχει την δυνατότητα γρήγορης και αξιόπιστης αξιολόγησης των στρωμάτων με την χρήση λογισμικού που έχει αναπτυχθεί με στόχο την επεξεργασία μεγάλου όγκου πληροφοριών σε μικρό χρονικό διάστημα και με μεγάλη υπολογιστική ακρίβεια. Με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται αποδοτική και οικονομική αξιοποίηση του εκάστοτε κοιτάσματος, υψηλή απόδοση του εξορυκτικού μηχανισμού αλλά και ποιότητα εξορυσσόμενου λιγνίτη εντός των επιθυμητών ορίων. Παρ'όλα αυτά στην μεθοδολογία αυτή δεν περιλαμβάνεται η εκτίμηση της εξορυξιμότητας των στρωμάτων των γεωτρήσεων. Αυτό το θέμα έρχεται να επιλύσει η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία μέσω της ανάπτυξης ενός έμπειρου συστήματος, το οποίο θα καταλήγει στην ευκολία εξόρυξης των στρωμάτων μέσω των αναλυτικών περιγραφών των πυρήνων των γεωτρήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΞΟΡΥΞΙΜΟΤΗΤΑΣ

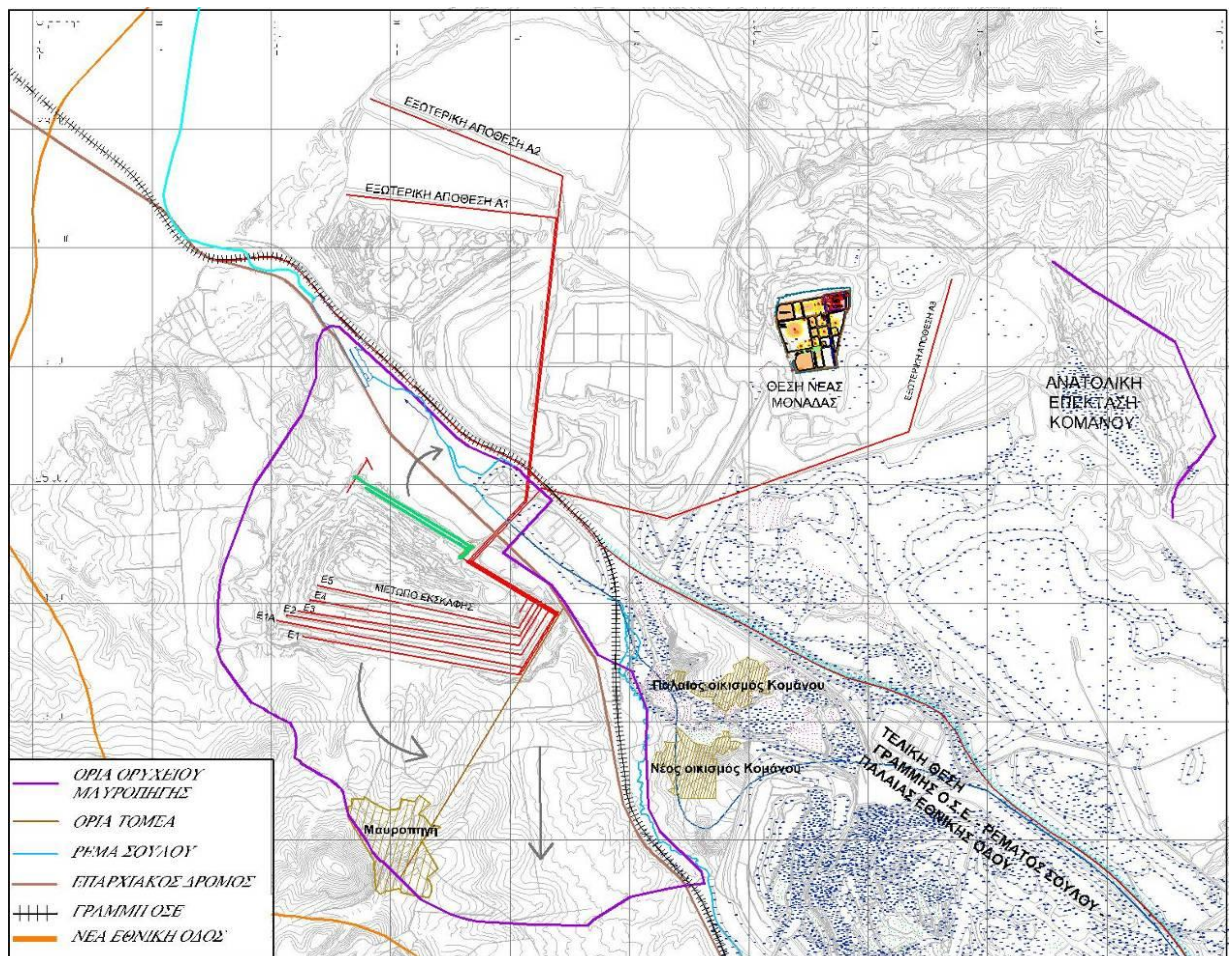
4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΝΤΟΣ ΟΡΥΧΕΙΟΥ

4.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το Ορυχείο Κυρίου Πεδίου (Ο.Κ.Π) της Δ.Ε.Η Α.Ε. ξεκίνησε τη λειτουργία του το 1952 με τη διάνοιξη του Κύριου Πεδίου. Διαχρονικά και μέχρι τις ημέρες μας προχώρησε στο Βόρειο Πεδίο, στο Πεδίο Κομάνου και στο Πεδίο Μαυροπηγής. Το λιγνιτωρυχείο Μαυροπηγής αντικατέστησε τα ορυχεία Βόρειου Πεδίου και Πεδίου Κομάνου. Η αρχική διάνοιξη του ορυχείου έλαβε χώρα στις αρχές του 2001 με συμβατικό εξοπλισμό, ενώ στα μέσα του 2003 (Ιούνιος) έγινε η πρώτη ένταξη καδοφόρου εκσκαφέα.

Το ορυχείο αυτό, που περιλαμβάνει τις εκμεταλλεύσεις των κοιτασμάτων Βορείου Πεδίου, Κομάνου και Μαυροπηγής, έχει ετήσια παραγωγή λιγνίτη 6-8 εκ. τόν. και καλύπτει τις ανάγκες του ΑΗΣ Πτολεμαΐδας και του Βιομηχανικού Συγκροτήματος της τέως ΛΙΠΤΟΛ, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 663 MW.

Στο **Σχήμα 4.1** παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση (03/2009) και το γενικό σχέδιο ανάπτυξης του Ορυχείου Μαυροπηγής κατά τα επόμενα χρόνια.



Σχήμα 4.1: Υφιστάμενη κατάσταση και γενικό σχέδιο ανάπτυξης Ορυχείου Μαυροπηγής (Ρούμπος, 2009).

Όπως φαίνεται στο **Σχήμα 4.1**, στις αρχές του έτους 2009 η ανάπτυξη του ορυχείου περιλαμβάνει:

- Δύο (2) τομές υπερκειμένων (1^η και 2^η Τομή Υ/Κ), στις οποίες βρίσκονται σε λειτουργία δύο (2) καδοφόροι εκσκαφείς (Ε1 & Ε1Α).
- Τέσσερις (4) τομές λιγνίτη (1^η, 2^η, 3^η & 4^η Λιγνιτική Τομή), στις οποίες βρίσκονται σε λειτουργία, αντίστοιχα, τέσσερις (4) καδοφόροι εκσκαφείς (Ε2, Ε3, Ε4 & Ε5), ενώ κατά την πλήρη ανάπτυξη του ορυχείου προβλέπεται η εγκατάσταση δυο (2) επιπλέον εκσκαφών.

Στην παρούσα κατάσταση, στο ορυχείο Μαυροπηγής τα άγωνα εξορύσσονται με καδοφόρους εκσκαφείς, που στη συνέχεια τροφοδοτούν μέσω ταινιοδρόμων τους τρεις αποθέτες, που βρίσκονται:

- Δύο (2) αποθέτες στην περιοχή του εξοφλημένου Ορυχείου Βόρειου Τομέα.
- Ένας (1) αποθέτης στο εξοφλημένο Ορυχείο Κομάνου

Σημειώνεται ότι εκτός των αποθετών, διενεργείται με συμβατικό εξοπλισμό αφενός εξωτερική απόθεση στην περιοχή Προαστίου, και αφετέρου εσωτερική απόθεση στο ορυχείο Μαυροπηγής, εκεί όπου έχει αποκαλυφθεί το πέρασ του κοιτάσματος.

Το Ορυχείο Μαυροπηγής εκτιμάται ότι θα προσβάλλει τον οικισμό Μαυροπηγής περί το έτος 2018 και η λειτουργία του θα διαρκέσει έως το έτος 2039.

Πίνακας 4.1: Πάγιος εξοπλισμός Κύριου Πεδίου.

ΤΥΠΟΣ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ (m_x^3/h)	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΔΟΥ (m_x^3)	ΑΡΙΘΜΟΣ
ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ				
SchRs 600 / 3,3 x 21	THYSSENKRUPP	2.232	0,450	2
SchRs 500 / 2,5 x 21	THYSSENKRUPP	1.810	0,433	1
SchRs 350 / 5 x 21	THYSSENKRUPP	1.801	0,420	2
SRs 1800 / 3 x 21	B/W	2.090	0,660	1
C700	THYSSENKRUPP	2.667	0,700	1
ΑΠΟΘΕΤΕΣ				
A2Rs B 4500-60	KOTHEN	4.200		1
ZPG 700	STOJEXPOR			1
ARs B 4000-60	LAUCHHAMMER	4.500		1
ΤΑΙΝΙΟΔΡΟΜΟΙ (Τ/Δ)				
33,6 km Τ/Δ πλάτους: 1,2 – 1,6 – 1,8 m				

Επίσης, σε μικρή κλίμακα και για λόγους εκλεκτικής απόληψης του λιγνίτη, στο ορυχείο λειτουργούν δύο καδοφόροι εκσκαφείς (C700), μη διασυνδεδεμένοι με αποθέτες, το προϊόν εξόρυξης των οποίων φορτώνεται, μεταφέρεται και αποτίθεται με συμβατικό εξοπλισμό (μικτή εκμετάλλευση).

4.1.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ

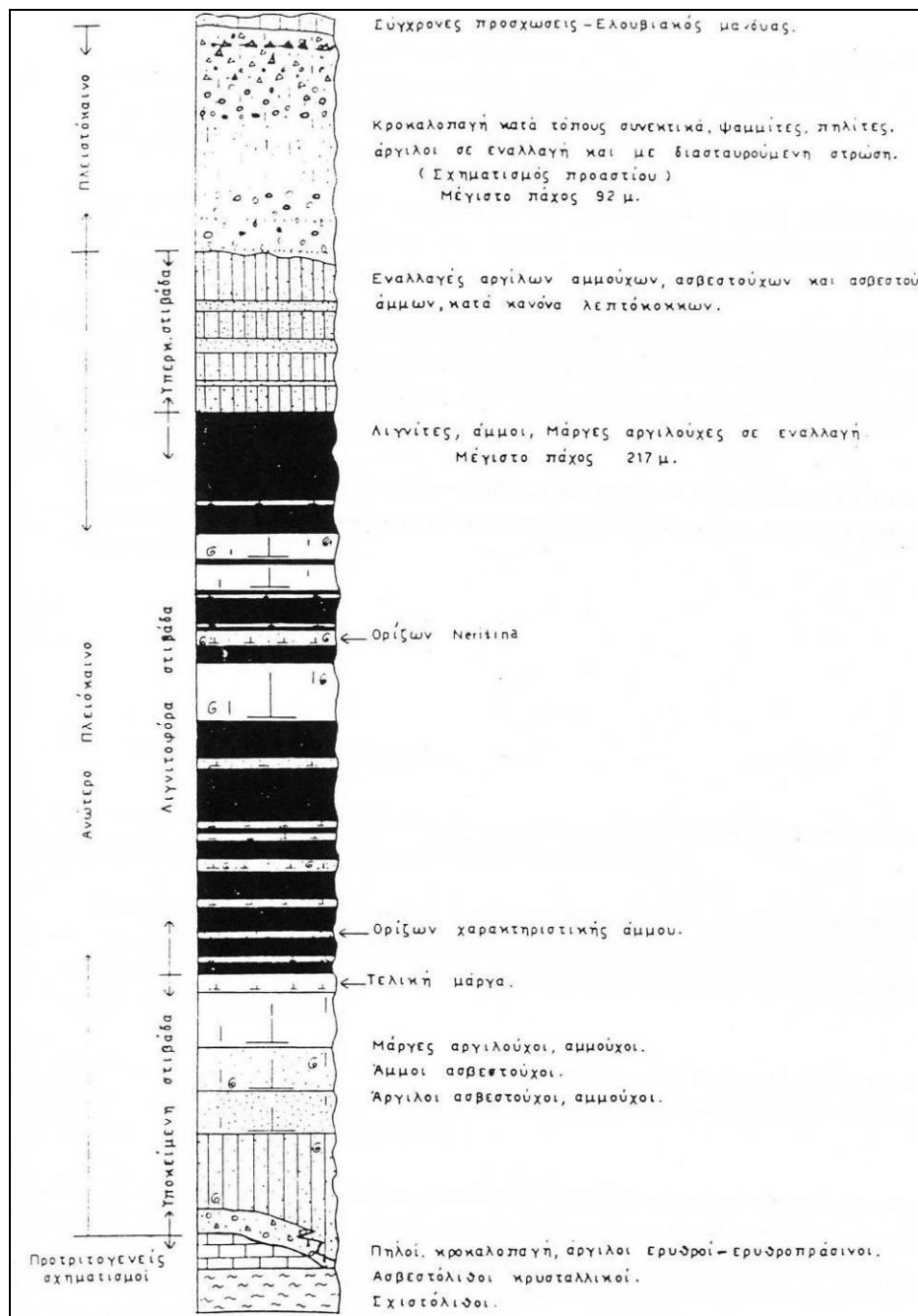
Το ορυχείο καλύπτει έκταση περίπου 11 km². Κατά την ΒΔ-ΝΑ κατεύθυνση, αυτό εκτείνεται 5 km περίπου από τον ΑΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑΣ προς το χωριό Κομάνου και κατά την ΒΑ-ΝΔ κατεύθυνση από τα ορυχεία Κυρίου Πεδίου και Κομάνου προς τα κράσπεδα της λεκάνης όπου ο ασβεστόλιθος εμφανίζεται σχεδόν στην επιφάνεια. Το πεδίο περιλαμβάνει επίσης το Βιομηχανικό Συγκρότημα και μέρος της περιοχής του ΑΗΣ Πτολεμαΐδας. Το ΒΔ όριο του ορυχείου οριοθετείται από μια κύρια μετάπτωση με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ η οποία χωρίζει το κοιτάσμα από εκείνο του Προαστείου. Νοτιοδυτικά του Ορυχείου και εκτός αυτού, σε απόσταση ασφαλείας, βρίσκεται το χωριό Μαυροπηγή.

Η περιοχή αποτελεί τμήμα της ευρύτερης λεκάνης Πτολεμαΐδας που γεωτεκτονικά παρουσιάζει χαρακτηριστικά της Πελαγονικής ζώνης και δημιουργήθηκε κατά τη φάση των διαρρήξεων που ακολούθησε τα τελευταία στάδια των αλπικών πτυχώσεων.

Η στρωματογραφία διαφοροποιείται σημαντικά στο πεδίο Μαυροπηγής. Μετά από μια ζώνη πολύ μικρού πάχους λιγνίτη στο νότιο τμήμα του κοιτάσματος, το πάχος των λιγνιτικών στρωμάτων αυξάνεται προς Βορρά όπου κυμαίνεται μεταξύ 50 m και 150 m. Στα σύνορα με το Πεδίο Προαστείου, το πάχος του λιγνιτικού κοιτάσματος κυμαίνεται μεταξύ 200 m και 250 m. Αύξηση του πάχους της λιγνιτοφόρου στιβάδας παρατηρείται και από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Οι μεταβολές αυτές του πάχους οφείλονται στις ανωμαλίες του υποβάθρου και στην ιζηματογενή τεκτονική, ενώ ιδιαίτερο ρόλο έπαιξε και η διάβρωση η οποία έχει αφαιρέσει μεγάλο μέρος της λιγνιτοφόρου στιβάδας. Το πάχος υπερκειμένων κυμαίνεται μεταξύ 10 και 50 m.

Το πάχος και ο αριθμός των λιγνιτικών στρωμάτων κυμαίνεται ευρύτατα από θέση σε θέση και γενικά ακολουθεί τις μεταβολές του πάχους της λιγνιτοφόρου στιβάδας. Το ίδιο συμβαίνει και με τις ενδιάμεσες στείρες ενστρώσεις οι οποίες κυρίως συνίστανται από χουμώδεις μάργες γκριζοπράσινες, ασβεστούχους, αμμούχους αργίλους, λεπτόκοκκες άμμους μεταξύ των οποίων απαντάται και ο ορίζοντας της χαρακτηριστικής άμμου και κιτρινότεφρες μάργες οι οποίες περιέχουν κατά θέσεις λεπτές φακοειδείς ενστρώσεις μαργαϊκού ασβεστολίθου.

Χαρακτηριστικό της λιγνιτοφόρου σειράς είναι και η παρουσία πολλών απολιθωμάτων, τόσο στα ενδιάμεσα στείρα όσο και στον λιγνίτη.



Σχήμα 4.2: Στρωματογραφική στήλη Ορυχείου Κύριου Πεδίου (Ρούμπος, 2009).

4.1.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ

Η τεκτονική που επικρατεί στη λεκάνη Πτολεμαΐδας είναι εκείνη των μεταπτώσεων και τα κύρια γενεσιουργά ρήγματα της λεκάνης έχουν διεύθυνση ΒΔ - ΝΑ. Άλλα μεγάλα ρήγματα, κάθετα σχεδόν προς αυτά έχουν χωρίσει την λεκάνη σε διάφορες υπολεκάνες και εξάρματα, ενώ δεν λείπουν δευτερεύοντα ρήγματα τοπικού χαρακτήρα και διαφόρων

διευθύνσεων, τα οποία έχουν συντελέσει στον διαμελισμό των τμημάτων της λεκάνης σε επιμέρους τεμάχια. Οι παραπάνω μεταπτώσεις από την δημιουργία της λεκάνης μέχρι σήμερα, δεν έδρασαν μόνο μια φορά, αλλά επαναδραστηριοποιήθηκαν σε διαδοχικές περιόδους και επέδρασαν επί των ιζημάτων που εν τω μεταξύ είχαν αποθεθεί (Ρούμπος, 2009).

Η περιοχή είναι αρκετά διαρρηγμένη ιδιαίτερα στο βόρειο τμήμα της. Μια κύρια μετάπτωση με διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ που το άλμα της φτάνει και τα 200 m, χωρίζει το κοίτασμα από εκείνο του Προαστείου, ενώ παράλληλα κλιμακωτά ρήγματα, σχεδόν κάθετα προς αυτή, βυθίζουν τους σχηματισμούς της λιγνιτοφόρου στιβάδας από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Κύριο χαρακτηριστικό σχεδόν όλων των ρηγμάτων είναι ότι το άλμα τους δεν παραμένει σταθερό καθ' όλο το μήκος τους. Η διαφοροποίηση αυτή του άλματος των ρηγμάτων οφείλεται εφ' ενός μεν στην πλαστικότητα των ιζημάτων και στην διαφορετική κάμψη που υπέστησαν αυτά κατά την μετακίνηση των τεμαχίων, αφετέρου δε στην διάτμηση πολλών ρηγμάτων, ιδίως παλαιότερων, από άλλα νεώτερης ηλικίας ρήγματα (Ρούμπος, 2009).

Οι προαναφερθείσες τεκτονικές διαταραχές έχουν προκαλέσει, κατά τόπους, κλίση στα νεογενή ιζήματα, καθώς και πτύχωση αυτών ιδιαίτερα κοντά στα ρήγματα.

Η κατά τόπους κλίση των νεογενών λιγνιτοφόρων ιζημάτων είναι σχετικά μικρή και δεν υπερβαίνει τις 3°. Γενικά τα στρώματα κλίνουν προς τα δυτικά.

4.2 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ – ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

4.2.1 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ – ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Τα αναλυτικά στοιχεία των γεωτρήσεων του ορυχείου Μαυροπηγής καταγράφηκαν σε αρχείο και κωδικοποιήθηκαν με στόχο την εύκολη και γρήγορη επεξεργασία και τροποποίηση τους εφόσον κρινόταν αναγκαίο. Με αυτόν τον τρόπο μειώθηκε σημαντικά το μέγεθος των δημιουργούμενων αρχείων και καθίσταται ευκολότερη πλέον η προβολή και αναζήτηση των δεδομένων. Η κωδικοποίηση των στοιχείων των στρωμάτων των γεωτρήσεων αφορά χαρακτηριστικά όπως το είδος του πετρώματος, τη δευτερεύουσα σύσταση και τον ιστό του πετρώματος, τις προσμίξεις που μπορεί να περιέχει κ.α. Στον **Πίνακα 4.2** αναφέρονται οι συμβάσεις που ακολουθήθηκαν για την κωδικοποίηση (Καραμαλίκης, 1992).

Τα κυριότερα είδη πετρωμάτων που συναντήθηκαν είναι ο λιγνίτης (CO), η μάργα (MR), η άργιλος (AL) και η άμμος (SN). Χαρακτηριστικές δευτερεύουσες συστάσεις που απαντήθηκαν είναι η αργιλούχα (T), η αμμούχα (S), η ανθρακούχα (C), η ασβεστούχα (K),

οι ενστρώσεις ψαμμίτη (Z) κ.α. Τέλος, οι πιο συνήθεις ιστοί που χαρακτηρίζουν τα υλικά των στρωμάτων είναι ο ασύνδετος (Α), ο συμπαγής (C), ο σκληρός (H), ο ημίσκληρος (Y) κ.α

Πίνακας 4.2: Κωδικοποίηση των πετρογραφικών χαρακτηριστικών των πυρήνων των γεωτρήσεων.

ΕΙΔΟΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ (MM)	ΧΡΩΜΑ (C)	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ ΣΥ- ΣΤΑΣΗ (S)	ΙΣΤΟΣ (T)	ΠΡΟΣΜΙΞΕΙΣ (P)
AG=ΑΡΓ. ΓΚΥΤΤΙΑ	B=ΜΠΛΕ	A=ΚΕΡΑΤΟΛΙΘΙΚΟ	A=ΑΣΥΝΔΕΤΟ	A=ΑΠΟΛΙΘΩΜΑΤΑ
AL=ΑΡΓΙΛΟΣ	G=ΠΡΑΣΙΝΟ	B=ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΙΚΟ	B=ΛΑΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕ	B=ΟΣΤΑ
BC=ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΕΣ	I=ΜΠΕΖ	C=ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ	NO	C=ΣΥΓΚΡΙΣΜΑΤΑ
CO=ΛΙΓΝΙΤΗΣ	M=ΜΑΥΡΟ	D=ΠΟΛΥΜΕΙΚΤΟ	C=ΣΥΜΠΑΓΕΣ	D=ΘΡΑΥΣΜΑΤΑ
CP=ΤΥΡΦΗ	O=ΚΑΣΤΑΝΟ	E=ΓΝΕΥΣΙΑΚΟ	D=ΣΤΙΦΡΟ	E=OPERCULUM
DA=ΓΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ	R=ΚΟΚΚΙΝΟ	F=ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ	E=ΓΑΙΩΔΕΣ	F=ΟΞΕΙΔ. ΣΙΔΗΡΟΥ
GC=ΨΗΦΙΔΟΠΑΓΕΣ	T=ΤΕΦΡΟ	G=ΧΑΛΙΚΟΜΙΓΕΣ	F=ΕΥΘΡΑΥΣΤΟ	G=ΓΑΣΤΕΡΟΠΟΔΑ
GR=ΧΑΛΙΚΙΑ	V=ΒΙΟΛΕΤΙ	H=ΧΟΥΜΩΔΕΣ	G=ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΟ	J=ΟΞΕΙΔΙΑ Mn
KC=ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΕΣ	W=ΛΕΥΚΟ	I=ΤΕΛΙΚΗ	H=ΣΚΛΗΡΟ	K=ΑΣΒΕΣΤ.ΣΥΓΚΡΙ.
KR=ΚΕΡΑΤΟΛΙΘΟΣ	Y=ΚΙΤΡΙΝΟ	J=ΕΝ/ΣΕΙΣ ΜΑΡΓΑΣ	I=ΤΑΙΝΙΩΔΕΣ	L=ΦΥΛΛΑ
LD=ΠΗΛΙΤΗΣ		K=ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ	K=ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ	M=ΜΑΛΑΚΙΑ
LG=ΑΣΒ. ΓΚΥΤΤΙΑ	ΕΝΤΑΣΗ ΧΡΩ-	L=ΚΡΟΚΑΛΕΣ	L=ΦΥΛΛΩΔΕΣ	N=ΝΕΡΙΤΙΝΑ
LH=ΛΙΜΝΙΑΙΑ ΚΡΗΤΙΣ	ΜΑΤΟΣ (I)	M=ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑΚΟ	M=ΜΑΛΑΚΟ	O=ΟΣΤΡΑΚΩΔΗ
LO=ΠΗΛΟΣ		N=ΛΕΠΤΕΣ ΣΚΛΗΡΕΣ	N=ΑΣΤΡΩΤΟ	P=ΕΛΑΣΜΑΤΟΒΡΑΓ.
LK=ΑΣΒΕΣΤ. ΙΛΥΣ	1=ΑΝΟΙΚΤΟ	ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ	P=ΠΛΑΣΤΙΚΟ	R=ΡΙΖΕΣ
LS=ΑΠΩΛΕΙΑ	5=ΕΝΤΟΝΟ	O=ΜΑΓΜΑΤΙΚΟ ΟΞΙ-	R=ΠΟΡΩΔΕΣ	S=ΠΡΟΙΟΝΤΑ
MA=ΜΑΡΓ. ΑΣΒΕΣΤ.	9=ΣΚΟΥΡΟ	NO	S=ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΕΣ	KAYΣ.ΓΙΑΝΘΡΑΚΑ
MG=ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΣ		P=ΠΛΟΥΤΩΝΕΙΟ	T=ΤΕΛΕΙΟΣΤΡΩΜ/Δ	T=ΚΑΡΠΟΙ-ΣΠΟΡΟΙ
MR=ΜΑΡΓΑ	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ	Q=ΕΝ/ΣΕΙΣ ΠΗΛΙΤΗ	ΕΣ	V=ΦΥΤΙΚΑ ΛΕΙΨΑΝΑ
PA=ΠΑΛΑΙΟΕΔΑΦΟΣ	(E)	R=ΨΗΦΙΔΟΜΙΓΕΣ	X=ΧΥΛΩΔΕΣ	W=ΒΙΒΙΑΝΙΤΗΣ
SB=ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ		S=ΑΜΜΟΥΧΟ	Y=ΗΜΙΣΚΛΗΡΟ	U=FUSINITE
SD=ΨΑΜΜΙΤΗΣ	=ΕΩΣ	T=ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ	Z=ΧΑΛΑΡΟ	Y=ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗΣ
SH=ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	/=ΜΑΖΙ	V=ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟ		Z=ΞΥΛΩΔΗ ΤΕΜΑΧΙΑ
SI=ΙΛΥΣ		U=ΙΛΥΟΥΧΟ		
SL=ΙΛΥΟΛΙΘΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (N)	X=ΧΑΛΑΖΙΑΚΟ		
SN=ΑΜΜΟΣ		Z=ΕΝ/ΣΕΙΣ ΨΑΜΜΙΤΗ		
SO=ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ	1=ΠΟΛΥ ΛΙΓΟ			
TB=ΤΡΟΧΜΑΛΕΣ	3=ΛΙΓΟ			
TR=ΤΡΑΒΕΡΤΙΝΗΣ	5=ΜΕΤΡΙΑ			
QZ=ΧΑΛΑΖΙΤΗΣ	7=ΠΟΛΥ			
ZY=ΞΥΛΙΤΗΣ	9=ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ			

4.2.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Με το πέρας της καταγραφής και κωδικοποίησης των γεωτρήσεων ακολούθησε ο προσδιορισμός των υλικών των στρωμάτων που έχουν καταγραφεί στις γεωτρήσεις και πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση αυτών. Μια τυπική μορφή γεώτρησης παρουσιάζεται στην **Σχήμα 4.3**. Τα πιο συχνά απαντώμενα υλικά με βάση τον κωδικό MM (είδος πετρώματος) είναι ο λιγνίτης, η άργιλος, η μάργα και η άμμος. Τα υπόλοιπα που συναντώνται σπανιότερα είναι ο ψαμμίτης, ο σχιστόλιθος, κ.α. Στους **Πίνακες 4.3** και **4.4** που ακολουθούν καταγράφεται ο αριθμός των στρωμάτων καθώς και το ποσοστό των υλικών επί του συνόλου των γεωτρήσεων, τόσο για τα κύρια όσο και για τα δευτερεύοντα υλικά. Επίσης, στα **Σχήματα 4.4** και **4.5** απεικονίζεται η ποσοστιαία σύσταση των υλικών με βάση τη συχνότητα εμφάνισης τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι ελήφθησαν υπόψη μόνο οι γεωτρήσεις με πλήρη περιγραφή των στρωμάτων τους (υλικό, ιστός, δευτερεύουσα σύσταση κ.α.).

MENU - HOLES														
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ														
ΟΝΟΜΑ :	173/200	ΣΥΝΤ. Χ :	-15729	ΣΥΝΤ. Υ :	22107	ΣΥΝΤ. Ζ :	675.40							
ΚΩΔΙΚΟΣ :	15722210	ΓΕΩΛΟΓΟΣ :				ΑΡΧΗ :	151074	ΠΕΡΑΣ :	221074					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΘΟΣ ΟΡΟΦ.	ΒΑΘΟΣ ΔΑΠΕΔ. ΜΜ	SO	I	C	E	S	N	S	S	K	P	P	T
15722210	0	40	SO											
	40	300	KC									A	Z	
	300	1150	AL											
	1150	2700	AL											
	2700	3320	AL									G	Z	
	3320	3465	CO									C		
	3465	4100	MR											
	4100	4180	CO									C		
	4180	4400	MR											
	4400	4480	CO									C		
	4480	4850	MR											
	4850	4900	CO									C		
	4900	5100	MR											
	5100	5125	CO									C		
	5125	5140	MR											
	5140	5160	CO									C		
	5160	5200	MR											
	5200	5300	LS											
	5300	5415	MR											
	5415	5490	CO									C		
	5490	5680	MR											
	5680	5750	CO									C		
	5750	6015	MR											
	6015	6075	CO									C		
	6075	6300	MR											
	6300	6380	CO									C		
	6380	8115	MR											
	8115	8200	CO									C		
	8200	8215	MR											
	8215	8270	CO									C		
	8270	8340	MR											
	8340	8485	CO									C		
	8485	8935	MR											
	8935	8990	CO									C		
	8990	9500	MR											
	9500	9700	CO									C		
	9700	9800	LS											
	9800	10100	MR											
	10100	10125	CO									C		
	10125	10200	MR											
	10200	10255	CO									C		
	10255	10300	MR											
	10300	10400	CO									C		
	10400	10500	LS											
	10500	10750	CO									C		
	10750	11070	MR											
Σελίδα Πάνω/Κάτω : PgUp/PgDn Τέλος Προβολής : Esc														

Σχήμα 4.3: Τυπική καταγραφή πρωτογενών στοιχείων λιγνιτικής γεώτρησης.

Πίνακας 4.3: Ποσοστό εμφάνισης των συνήθων στρωμάτων των γεωτρήσεων.

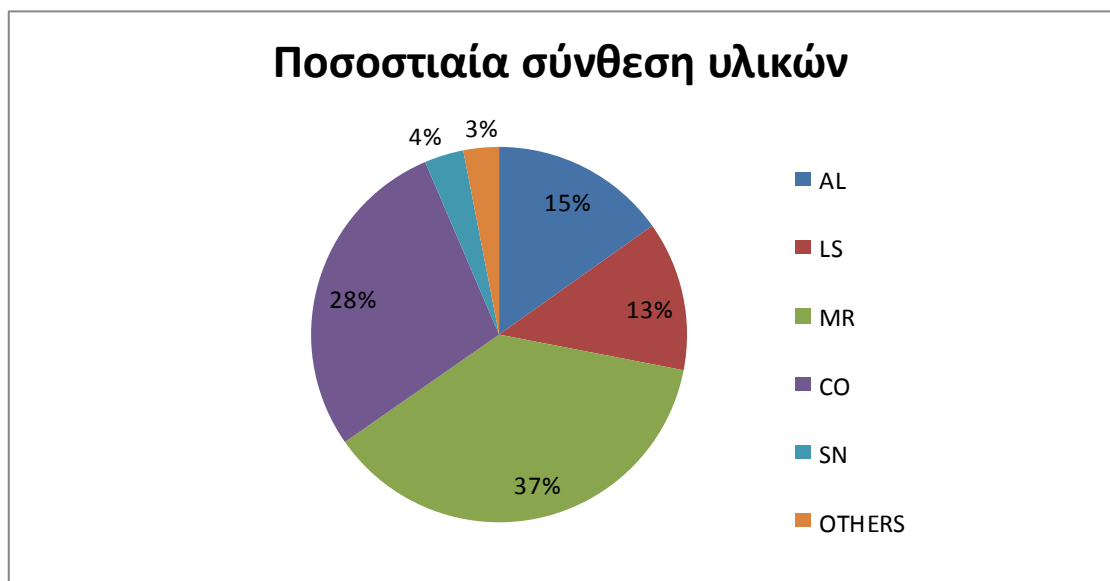
ΥΛΙΚΟ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ % ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ
Άργιλος (AL)	3269	15.1
Άμμος (SN)	728	3.3
Μάργα (MR)	8035	37.2
Λιγνίτης (CO)	6095	28.2
Άλλα υλικά	659	3
Απώλειες (LS)*	2778	12.8
ΣΥΝΟΛΟ	21564	100

*Απώλειες πυρήνων γεωτρήσεων

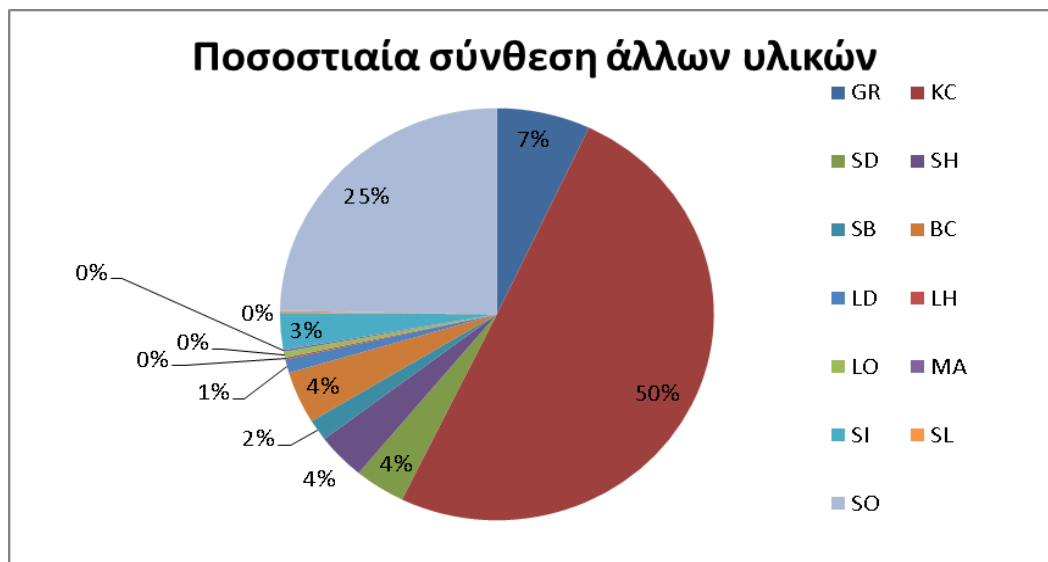
Πίνακας 4.4: Ποσοστό εμφάνισης των λιγότερα απαντώμενων στρωμάτων (άλλα υλικά).

ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ			
ΥΛΙΚΟ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	% ΤΗΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ «ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ»	% ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ ΤΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ
Κροκαλοπαγές (KC)	331	50,227	1,534
Φυτική γη (SO)	163	24,734	0,755
Χαλίκια (GR)	46	6,980	0,213
Λατυποπαγές (BC)	27	4,097	0,0512
Ψαμμίτης (SD)	25	3,793	0,115

Σχιστόλιθος (SH)	24	3,641	0,111
Ιλύς (SI)	19	2,883	0,0886
Αποθέσεις (SB)	11	1,669	0,0514
Πηλίτης (LD)	7	1,062	0,0326
Πηλός (LO)	3	0,455	0,0132
Λιμνιαία Κρήτης (LH)	1	0,151	0,0116
Μαργ. Ασβεστ. (MA)	1	0,151	0,0116
Ιλυόλιθος (SL)	1	0,151	0,0116
ΣΥΝΟΛΟ	659		3



Σχήμα 4.4: Κυκλικό διάγραμμα ποσοστιαίας σύνθεσης των υλικών με βάση τη συχνότητα εμφάνισής τους.



Σχήμα 4.5: Κυκλικό διάγραμμα ποσοστιαίας σύνθεσης των άλλων υλικών με βάση τη συχνότητα εμφάνισής τους.

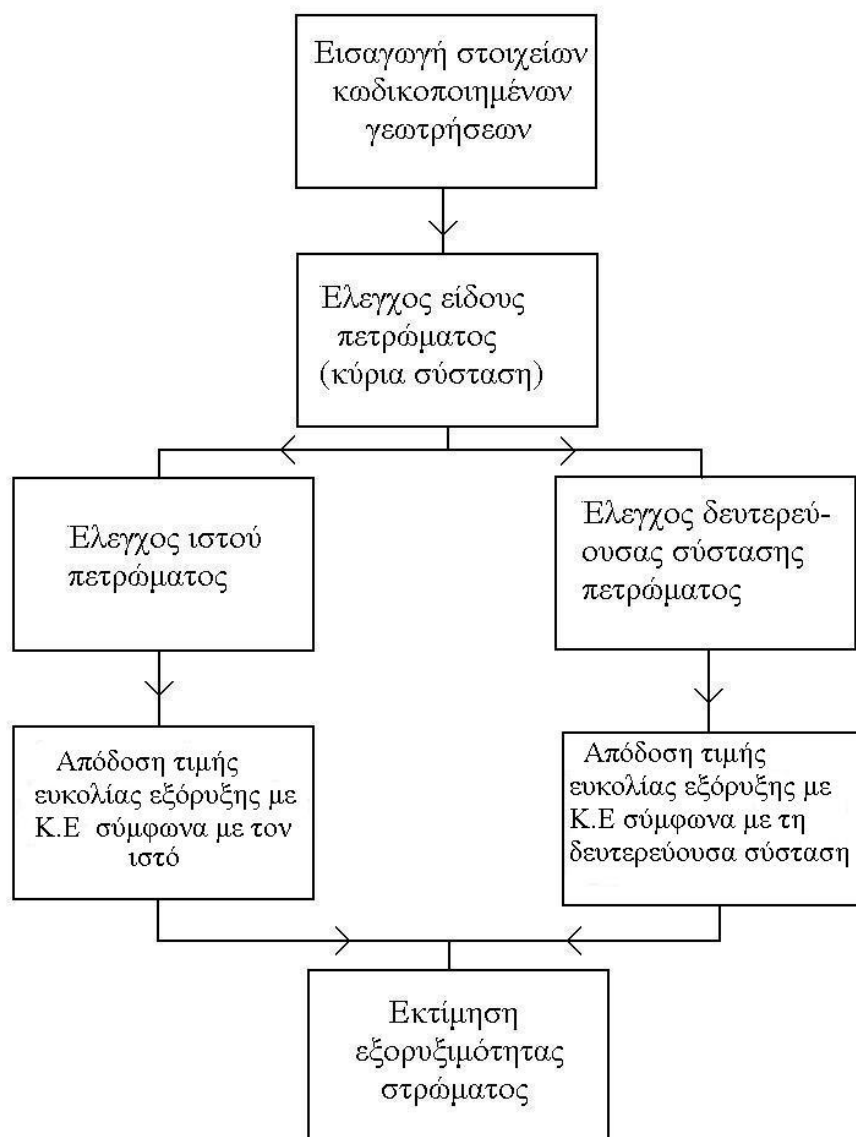
4.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΕΜΠΕΙΡΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αναπτύσσεται ένα έμπειρο σύστημα το οποίο εκτιμά την εξορυξιμότητα των λιγνιτικών κοιτασμάτων με καδοφόρο εκσκαφέα κατά την φάση της αξιολόγησης των κοιτασμάτων. Το σύστημα αυτό σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να υπολογίζεται για κάθε στρώμα ξεχωριστά η εξορυξιμότητα του με ΚΕ και η επίδραση του πάχους τους στην απόδοση του ΚΕ. Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε μαζί με την υπάρχουσα ήδη εμπειρική γνώση των μηχανικών εκμετάλλευσης αποτελεί τη βάση για την ανάπτυξη ενός έμπειρου συστήματος που πραγματοποιεί με ταχύτητα και αξιοπιστία τον υπολογισμό της εξορυξιμότητας κάθε στρώματος του λιγνιτικού κοιτάσματος.

Η εξορυξιμότητα αναφέρεται στον βαθμό ευκολίας – δυσκολίας που παρουσιάζει ένα πέτρωμα στην εξόρυξη. Ως απόδοση του ΚΕ ορίζεται η ποσότητα του πετρώματος που εξορύσσει στην μονάδα του χρόνου, και εκφράζεται σε κυβικά μέτρα χαλαρού (εξορυγμένου) πετρώματος ανά ώρα ή κυβικά μέτρα συμπαγούς (στην φυσική του θέση) πετρώματος ανά ώρα εκσκαφής ή σε τόνους εξορυγμένου πετρώματος ανά ώρα. Συνεπώς η σχέση των μεγεθών αυτών είναι άμεση, καθώς αύξηση της ευκολίας εξόρυξης του πετρώματος, συνεπάγεται και αύξηση της απόδοσης του ΚΕ καθώς εξορύσσονται μεγαλύτερες ποσότητες πετρώματος στην μονάδα του χρόνου.

Το έμπειρο αυτό σύστημα χρησιμοποιώντας τα στοιχεία των πυρήνων των γεωτρήσεων, που αποτελούν τις παραμέτρους εισόδου, υπολογίζει την εξορυξιμότητα του κάθε στρώματος με ΚΕ. Πιο συγκεκριμένα μετά την εισαγωγή των κωδικοποιημένων στοιχείων των γεωτρήσεων ελέγχεται το είδος του πετρώματος (κύρια σύσταση) και στην συνέχεια ο ιστός και η δευτερεύουσα σύσταση του. Η επιλογή των παραμέτρων αυτών κρίθηκε ως η πιο κατάλληλη, αφενός μεν γιατί έχουν καταγραφεί σε όλους τους πυρήνες

των γεωτρήσεων, αφετέρου δε έχει διαπιστωθεί ότι η κύρια πετρογραφική τους σύσταση (MM) και η δευτερεύουσα (S) καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τα φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά του. Ανάλογα με τον ιστό και την δευτερεύουσα σύσταση που παρατηρείται, αποδίδονται τιμές αντίστασης κοπής και συγκολλητικότητας αντίστοιχα, που αντιπροσωπεύουν την ευκολία εξόρυξης με Κ.Ε, εκφρασμένες σε πενταβάθμια κλίμακα. Η ένταξη αυτή πραγματοποιείται βάσει πινάκων (όπως δίνονται αναλυτικά στο 4.3.1) που έχουν προκύψει από επαφές και συζητήσεις με μηχανικούς εκμετάλλευσης. Η τελική πλέον εξορυξιμότητα των στρωμάτων εκτιμάται ποιοτικά με βάση τα δυο παραπάνω μεγέθη (μέσος όρος των τιμών από την πενταβάθμια κλίμακα). Στο **Σχήμα 4.6** παρουσιάζονται σχηματικά τα βήματα για την υλοποίηση του ΕΣ.



Σχήμα 4.6: Στάδια υλοποίησης έμπειρου συστήματος.

4.3.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΙΝΑΚΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΥΚΟΛΙΑΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΜΕ ΚΑΔΟΦΟΡΟ ΕΚΣΚΑΦΕΑ

Για τις ανάγκες δημιουργίας του Έμπειρου Συστήματος καταγράφηκαν τα μεγέθη των συνήθων υλικών, βάσει των οποίων θα πραγματοποιηθεί η ένταξη του κάθε στρώματος των γεωτρήσεων στην αντίστοιχη βαθμίδα της ποιοτικής κλίμακας που θα εκφράζει την ευκολία εξόρυξης. Τα μεγέθη αυτά, οι τιμές των οποίων ορίσθηκαν μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης (Στειακάκης, 2003) είναι η αντοχή σε μοναξονική θλίψη, η αντίσταση κοπής και ο δείκτης πλαστικότητας PI (%) (βασικό κριτήριο για την συγκολλητικότητα των υλικών). Για την εκτίμηση λοιπόν της εξορυξιμότητας δημιουργήθηκε μια πενταβάθμια ποιοτική κλίμακα και ορίσθηκαν τα εύρη τιμών των παραπάνω χαρακτηριστικών τα οποία θα υπάγονται σε κάθε βαθμίδα της. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η αντίσταση κοπής υπολογίστηκε βάσει της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη σύμφωνα με τον τύπο $K_a = 0.445 \sigma_c^{0.75}$ (Wade, 1987). Εξάιρεση αποτελεί η άμμος για την οποία δεν υπάρχουν αριθμητικά δεδομένα των χαρακτηριστικών αυτών λόγων των ιδιοτήτων της. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι οι παρακάτω **Πίνακες 4.5** έως **4.8** είναι συγκεντρωτικοί. Αυτό σημαίνει ότι εάν ένα στρώμα υπάγεται σε κάποια κλίμακα βάση ενός χαρακτηριστικού του, δεν βρίσκεται στην ίδια κλίμακα και για τα υπόλοιπα. Για παράδειγμα ένα στρώμα λιγνίτη το οποίο παρουσιάζει αντίσταση κοπής της τάξης των 10 kN/cm^2 και υπάγεται στην πρώτη βαθμίδα της κλίμακας, δεν παρουσιάζει πολύ μικρή συγκολλητικότητα που χαρακτηρίζει την βαθμίδα αυτή.

Πίνακας 4.5: Εξορυξιμότητα των λιγνιτικών στρωμάτων με βάση τα φυσικομηχανικά τους χαρακτηριστικά (προτεινόμενη ποιοτική πενταβάθμια κλίμακα).

ΛΙΓΝΙΤΗΣ					
ΚΛΙΜΑΚΑ	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ (kN/m^2)	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ (kN/cm^2)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ PI (%)	ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΟΥ ΒΑΣΕΙ PI	ΕΥΚΟΛΙΑ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΜΕ Κ.Ε
1	0-120	0-16	5-8	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΑ
2	120-240	16-27	8-11	ΜΙΚΡΗ	ΕΥΚΟΛΑ
3	240-360	27-36	11-14	ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
4	360-480	36-45	14-17	ΜΕΓΑΛΗ	ΔΥΣΚΟΛΑ
5	480-600	45-54	17-30	ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ	ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΑ Ή ΑΔΥΝΑΤΟΝ

Πίνακας 4.6: Εξορυξιμότητα των μαργαϊκών στρωμάτων με βάση τα φυσικομηχανικά τους χαρακτηριστικά (προτεινόμενη ποιοτική πενταβάθμια κλίμακα).

ΜΑΡΓΑ					
ΚΛΙΜΑΚΑ	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ (kN/m²)	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ (kN/cm²)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΡΙ(%)	ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΟΥ ΒΑΣΕΙ ΡΙ	ΕΥΚΟΛΙΑ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΜΕ Κ.Ε
1	500-660	50-60	7 - 10.5	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΑ
2	660-820	60-70	10.5 - 14	ΜΙΚΡΗ	ΕΥΚΟΛΑ
3	820-980	70-80	14 - 17.5	ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
4	980-1140	80-90	17.5 - 21	ΜΕΓΑΛΗ	ΔΥΣΚΟΛΑ
5	1140-1300	90-100	21 - 25	ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ	ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΑ Ή ΑΔΥΝΑΤΟΝ

Πίνακας 4.7: Εξορυξιμότητα των αργιλικών στρωμάτων με βάση τα φυσικομηχανικά τους χαρακτηριστικά (προτεινόμενη ποιοτική πενταβάθμια κλίμακα).

ΑΡΓΙΛΟΣ					
ΚΛΙΜΑΚΑ	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ (kN/m²)	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ (kN/cm²)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΡΙ(%)	ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΟΥ ΒΑΣΕΙ ΡΙ	ΕΥΚΟΛΙΑ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΜΕ Κ.Ε
1	0-250	0-28	10-18	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΑ
2	250-500	28-47	18-26	ΜΙΚΡΗ	ΕΥΚΟΛΑ
3	500-750	47-64	26-34	ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
4	750-1000	64-79	34-42	ΜΕΓΑΛΗ	ΔΥΣΚΟΛΑ
5	1000-1250	79-94	42-50	ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ	ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΑ Ή ΑΔΥΝΑΤΟΝ

Πίνακας 4.8: Εξορυξιμότητα των αμμούχων στρωμάτων με βάση τα φυσικομηχανικά τους χαρακτηριστικά (προτεινόμενη ποιοτική πενταβάθμια κλίμακα).

ΑΜΜΟΣ					
ΚΛΙΜΑΚΑ	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ (kN/m²)	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ (kN/cm²)	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΡΙ(%)	ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΟΥ ΒΑΣΕΙ ΡΙ	ΕΥΚΟΛΙΑ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΜΕ Κ.Ε
1	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΑ
2	ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ	ΕΥΚΟΛΑ
3	ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΤΡΙΑ
4	ΜΕΓΑΛΗ	ΜΕΓΑΛΗ	ΜΕΓΑΛΗ	ΜΕΓΑΛΗ	ΔΥΣΚΟΛΑ
5	ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ	ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ	ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ	ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ	ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΑ Ή ΑΔΥΝΑΤΟΝ

Ως κύρια χαρακτηριστικά επιλέχθηκαν η αντίσταση κοπής και η συγκολλητικότητα του κάθε στρώματος, βάσει των οποίων εκτιμάται η εξορυξιμότητα τους. Για το λόγο αυτόν καταγράφηκαν οι δευτερεύουσες συστάσεις και οι ιστοί των πετρωμάτων, που απαντώνται στις λιγνιτικές γεωτρήσεις για κάθε υλικό μέσω των κωδικοποιημένων στοιχείων των γεωτρήσεων (**Πίνακας 4.2**). Βάσει της δευτερεύουσας σύστασης εκτιμήθηκε η συγκολλητικότητα του υλικού, ενώ βάσει του ιστού η αντίσταση κοπής του. Σε ορισμένες περιπτώσεις εξετάστηκε η επίδραση και του ιστού στην συγκολλητικότητα καθώς και της δευτερεύουσας σύστασης στην αντίσταση κοπής. Δεδομένων των παραπάνω στοιχείων σε συνδυασμό με τα πορίσματα και τις επαφές με τους ιθύνοντες του τομέα εκμετάλλευσης δημιουργήθηκαν οι **Πίνακες 4.5** έως **4.8**, οι οποίοι αποτελούν και το βασικό τμήμα της εμπειρικής γνώσης που θα ενσωματώσει η μεθοδολογία εκτίμησης της εξορυξιμότητας.

Στους **Πίνακες 4.9** έως **4.16** παρουσιάζονται οι συνδυασμοί των χαρακτηριστικών που απαντήθηκαν στο συγκεκριμένο ορυχείο, σύμφωνα με τους οποίους δημιουργήθηκαν στην συνέχεια και οι κανόνες του έμπειρου συστήματος για την δημιουργία του λογισμικού.

Πίνακας 4.9: Εκτίμηση της αντίστασης κοπής και συγκολλητικότητας του λιγνίτη βάσει του ιστού, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.

ΥΛΙΚΟ	ΙΣΤΟΣ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ	ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΟ, ΧΑΛΑΡΟ	1	2
	ΜΑΛΑΚΟ, ΑΣΥΝΔΕΤΟ	1	2
	ΕΥΘΡΑΥΣΤΟ	1	2
	ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΟ ΗΜΙΣΚΛΗΡΟ	2	3
	ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΟ ΣΚΛΗΡΟ	2	3
	ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΟ ΤΕΛΕΙΟΣΤΡΩΜ/ΔΕΣ	2	3
	ΗΜΙΣΚΛΗΡΟ	3	3
	ΗΜΙΣΚΛΗΡΟ ΕΩΣ ΣΚΛΗΡΟ	4	3
	ΣΚΛΗΡΟ, ΣΥΜΠΑΓΕΣ	4	3

Πίνακας 4.10: Εκτίμηση της αντίστασης κοπής και συγκολλητικότητας της μάργας βάσει του ιστού, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.

ΥΛΙΚΟ	ΙΣΤΟΣ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ	ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΜΑΡΓΑ	ΑΣΥΝΔΕΤΟ, ΧΑΛΑΡΟ	1	3
	ΕΥΘΡΑΥΣΤΟ, ΜΑΛΑΚΟ	1	3
	ΗΜΙΣΚΛΗΡΟ	3	3
	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	3	4
	ΗΜΙΣΚΛΗΡΟ ΕΩΣ ΣΚΛΗΡΟ	4	3
	ΣΚΛΗΡΟ	4	3
	ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΕΣ ΣΥΜΠΑΓΕΣ	4	3
	ΣΥΜΠΑΓΕΣ	4	3

Πίνακας 4.11: Εκτίμηση της αντίστασης κοπής και συγκολλητικότητας της αργίλου βάσει του ιστού, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.

ΥΛΙΚΟ	ΙΣΤΟΣ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ	ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΑΡΓΙΛΟΣ	ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΟ, ΑΣΥΝΔΕΤΟ	1	4
	ΕΥΘΡΑΥΣΤΟ, ΧΑΛΑΡΟ	1	4
	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	3	5
	ΣΤΙΦΡΟ	3	4
	ΗΜΙΣΚΛΗΡΟ	3	4
	ΗΜΙΣΚΛΗΡΟ ΕΩΣ ΣΚΛΗΡΟ	3	4
	ΣΚΛΗΡΟ	4	4
	ΣΥΜΠΑΓΕΣ	5	4

Πίνακας 4.12: Εκτίμηση της αντίστασης κοπής και συγκολλητικότητας της άμμου βάσει του ιστού, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.

ΥΛΙΚΟ	ΙΣΤΟΣ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ	ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΑΜΜΟΣ	ΑΣΥΝΔΕΤΟ	1	1
	ΜΑΛΑΚΟ	1	1
	ΕΥΘΡΑΥΣΤΟ	1	1
	ΧΑΛΑΡΟ	1	1
	ΗΜΙΣΚΛΗΡΟ	2	1
	ΣΚΛΗΡΟ	3	1
	ΣΥΜΠΑΓΕΣ	3	1

Πίνακας 4.13: Εκτίμηση της συγκολλητικότητας και αντίστασης κοπής του λιγνίτη βάσει της δευτερεύουσας σύστασης, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.

ΥΛΙΚΟ	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ ΣΥΣΤΑΣΗ	ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ
ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΧΟΥΜΩΔΕΣ, ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΡΓΑΣ	1	3
	ΑΜΜΟΥΧΟ	1	2
	ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑΚΟ	2	2
	ΑΜΜΟΥΧΟ ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΡΓΑΣ	2	3
	ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ	2	2
	ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ ΧΟΥΜΩΔΕΣ	2	2
	ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΡΓΑΣ	2	3
	ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ	2	2
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ	3	2
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ ΑΜΜΟΥΧΟ	3	2
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ ΧΟΥΜΩΔΕΣ	3	2
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑΚΟ	3	2
	ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ	3	2
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΕΣ ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΡΓΑΣ	3	2

Πίνακας 4.14: Εκτίμηση της συγκολλητικότητας και αντίστασης κοπής της μάργας βάσει της δευτερεύουσας σύστασης, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.

ΥΛΙΚΟ	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ ΣΥΣΤΑΣΗ	ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ
ΜΑΡΓΑ	ΚΡΟΚΑΛΕΣ,ΧΑΛΙΚΟΜΙΓΕΙΣ, ΧΟΥΜΩΔΕΣ	1	2
	ΑΜΜΟΥΧΟ	2	2
	ΑΜΜΟΥΧΟ ΚΕΡΑΤΟΛΙΘΙΚΟ	2	3
	ΑΜΜΟΥΧΟ ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ	2	3
	ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ	2	2
	ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ ΧΟΥΜΩΔΕΣ	2	2
	ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ ΑΜΜΟΥΧΟ	2	2
	ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ	2	3
	ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ ΧΟΥΜΩΔΕΣ	2	2
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ	3	3
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ ΧΟΥΜΩΔΕΣ	3	2
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ ΑΜΜΟΥΧΟ	3	3
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΕΣ ΕΝ/ΣΕΙΣ ΨΑΜΜΙΤΗ	3	4
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ	3	3

Πίνακας 4.15: Εκτίμηση της συγκολλητικότητας και αντίστασης κοπής της αργίλου βάσει της δευτερεύουσας σύστασης, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.

ΥΛΙΚΟ	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ ΣΥΣΤΑΣΗ	ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ
ΑΡΓΙΛΟΣ	ΧΑΛΙΚΟΜΙΓΕΙΣ ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΠΗΛΙΤΗ, ΜΑΡΓΑΣ	2	3
	ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑΚΟ	2	2
	ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑΚΟ ΧΟΥΜΩΔΕΣ	2	2
	ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ	2	2
	ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΡΓΑΣ	2	2
	ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ	2	2
	ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ	2	2
	ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ ΚΡΟΚΑΛΕΣ	2	2
	ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ ΧΑΛΙΚΟΜΙΓΕΣ	2	2
	ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΡΓΑΣ	2	3
	ΑΜΜΟΥΧΟ	3	2
	ΑΜΜΟΥΧΟ ΧΑΛΙΚΟΜΙΓΕΣ	3	2
	ΑΜΜΟΥΧΟ ΧΟΥΜΩΔΕΣ	3	2
	ΑΜΜΟΥΧΕΣ ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΡΓΑΣ	3	3
	ΑΜΜΟΥΧΟ ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑΚΟ	3	2
	ΑΜΜΟΥΧΟ ΙΛΥΟΥΧΟ	3	2
	ΑΜΜΟΥΧΟ ΨΗΦΙΔΟΜΙΓΕΣ	3	3
	ΑΜΜΟΥΧΟ ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΨΑΜΜΙΤΗ	3	3
	ΑΜΜΟΥΧΟ ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ	3	2
	ΑΜΜΟΥΧΟ ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ	3	2
	ΕΝ/ΣΕΙΣ ΜΑΡΓΑΣ	3	3
	ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΨΑΜΜΙΤΗ	3	3
	ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ ΑΜΜΟΥΧΟ	3	2

Πίνακας 4.16: Εκτίμηση της συγκολλητικότητας και αντίστασης κοπής της άμμου βάσει της δευτερεύουσας σύστασης, σύμφωνα με την πενταβάθμια κλίμακα.

ΥΛΙΚΟ	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ ΣΥΣΤΑΣΗ	ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ
ΑΜΜΟΣ	ΧΑΛΙΚΟΜΙΓΕΣ	1	1
	ΧΑΛΙΚΟΜΙΓΕΣ ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΨΑΜΜΙΤΗ, ΜΑΡΓΑΣ	1	2
	ΧΑΛΙΚΟΜΙΓΕΣ ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ	1	1
	ΙΛΥΟΥΧΟ, ΧΑΛΑΖΙΑΚΟ, ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑΚΟ	1	2
	ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑΚΟ ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΜΑΡΓΑΣ	2	2
	ΕΝ/ΣΕΙΣ ΜΑΡΓΑΣ	2	2
	ΕΝ/ΣΕΙΣ ΨΑΜΜΙΤΗ	2	3
	ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ	2	1
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ ΚΡΟΚΑΛΕΣ	2	1
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑΚΟ	2	1
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ ΧΑΛΑΖΙΑΚΟ	2	1
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ ΙΛΥΟΥΧΟ	2	1
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ	2	1
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ	2	1
	ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ	2	1
	ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ	3	1

4.3.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΜΠΕΙΡΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Τα βασικά τμήματα του προτεινόμενου έμπειρου συστήματος είναι: η Βάση Γνώσεων, ο Μηχανισμός Εξαγωγής Συμπερασμάτων, και το Υποσύστημα Επαφής με τον χρήστη. Το αρχικό στάδιο ανάπτυξης του συστήματος περιλαμβάνει την συλλογή και οργάνωση των δεδομένων και γνώσεων που απαιτούνται υπό μορφή γεγονότων και κανόνων. Στη συνέχεια δημιουργείται η Βάση Γνώσεων όπου αποθηκεύονται τα γεγονότα (facts) και οι κανόνες (rules) του έμπειρου συστήματος του συγκεκριμένου προβλήματος. Τα γεγονότα αξίζει να αναφερθεί ότι αποτελούν πληροφορίες ευρέως γνωστές και αποδεκτές από ειδικούς του αντίστοιχου αντικειμένου. Οι κανόνες αντιθέτως αποτελούν τον προσωπικό τρόπο σκέψης και κρίσης του εκάστοτε εμπειρογνώμονα. Οι κανόνες δημιουργούνται με χρήση των λογικών τελεστών σύζευξης (AND), διάζευξης (OR) και άρνησης (NOT) σε συνδυασμό με τον υποθετικό σύνδεσμο (IF). Ο Μηχανισμός Εξαγωγής Συμπερασμάτων πρέπει να είναι ανεξάρτητος από τα δεδομένα και τις ειδικές γνώσεις. (Γαλετάκης κ.α, 2004).

Για την ανάπτυξη του προτεινόμενου έμπειρου συστήματος ελήφθησαν υπόψη τα διαθέσιμα κωδικοποιημένα στοιχεία περιγραφής των πυρήνων των γεωτρήσεων. Τα στοιχεία περιγραφής των πυρήνων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως γεγονότα για εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την εξορυξιμότητα των στρωμάτων, όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι τα ακόλουθα: ο βασικός πετρογραφικός χαρακτηρισμός (MM), η δευτερεύουσα σύσταση (S) και ο ιστός (T). Τα γεγονότα λοιπόν με χρήση των λογικών τελεστών και τον υποθετικό σύνδεσμο κατέληξαν στα συμπεράσματα που αφορούν την συγκολλητικότητα και την αντίσταση κοπής των στρωμάτων, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο τους κανόνες του ΕΣ.

Τυπικές μορφές των κανόνων του έμπειρου συστήματος που αναπτύχθηκε σχετικά με την εκτίμηση των παραμέτρων που σχετίζονται με την εξορυξιμότητα των στρωμάτων δίνονται παρακάτω:

IF MM="CO" AND S="S" THEN ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ=1 (1)

IF MM="CO" AND T="A" THEN ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ=1 (2)

IF (MM="CO" AND S="S" AND T="A") THEN (ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ=1 AND ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΟΠΗΣ=1) (3)

Ο πρώτος κανόνας αποδίδει συγκολλητικότητα=1 (πολύ μικρή συγκολλητικότητα, πολύ μεγάλη ευκολία εξόρυξης) για ένα λιγνιτικό σχηματισμό (MM="CO") με αμμούχα δευτερεύουσα σύσταση (S="S"). Ο δεύτερος κανόνας αποδίδει αντίσταση κοπής=1 (πολύ μεγάλη ευκολία εξόρυξης) για ένα λιγνιτικό σχηματισμό (MM="CO") με ασύνδετο ιστό (T="A"). Τέλος, σε συνδυασμό των δύο πρώτων κανόνων, ο τρίτος κανόνας αποδίδει συγκολλητικότητα=1 και αντίσταση κοπής=1 για ένα λιγνιτικό σχηματισμό (MM="CO") με αμμούχα δευτερεύουσα σύσταση (S="S") και ασύνδετο ιστό (T="A").

4.3.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΥΚΟΛΙΑΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΔΟΦΟΡΟΥ ΕΚΣΚΑΦΕΑ

Το τελικό στάδιο της μεθοδολογίας περιλαμβάνει την απόδοση τιμών εξορυξιμότητας του κάθε στρώματος, καθώς επίσης και την εκτίμηση της απόδοσης του καδοφόρου εκσκαφέα εκφρασμένη ως ποσοστό της θεωρητικά επιτεύξιμης. Το πρόγραμμα (έμπειρο σύστημα) εκτιμά τα παραπάνω μεγέθη μέσω του αρχικού αλλά και αξιολογημένου αρχείου των γεωτρήσεων. Αρχικά εκτιμάται η αντίσταση κοπής και η συγκολλητικότητα των στρωμάτων της αρχικής γεώτρησης. Στην συνέχεια, και εφόσον έχει αξιολογηθεί η γεώτρηση με χρήση κατάλληλου λογισμικού (METAL) μέσω του προσδιορισμού των παραμέτρων αξιολόγησης που ορίζονται από τον ατμοηλεκτρικό σταθμό, εκτιμάται η ευκολία εξόρυξης. Πιο συγκεκριμένα, για την νέα πλέον ενοποιημένη γεώτρηση το πρόγραμμα εντοπίζει τα στρώματα της αρχικής που περιλαμβάνονται σε κάθε ένα της αξιολογημένης. Για κάθε στρώμα λοιπόν εκτιμάται η συγκολλητικότητα και η αντίσταση κοπής του (με αριθμητικό μέσο όρο των μεγεθών των αντίστοιχων στρωμάτων της αρχικής) και ορίζεται τέλος η ευκολία εξόρυξης του στρώματος με καδοφόρο εκσκαφέα με μέσο όρο αυτήν την φορά της συγκολλητικότητας και της αντίστασης κοπής του στρώματος της αξιολογημένης γεώτρησης. Πρέπει να σημειωθεί ότι στα στρώματα τα οποία υπάγονται στις κλίμακες 4 και 5 (δύσκολα έως αδύνατον εξορύξιμα) της αντίστασης κοπής της αρχικής γεώτρησης, πραγματοποιήθηκε ένας επιπλέον έλεγχος. Εάν το ύψος του πακέτου υπερβαίνει τα 20 cm, τότε στο αντίστοιχο κελί εμφανίζεται το μήνυμα «μη εξορύξιμο» καθώς για τέτοια στρώματα απαιτείται συνήθως προχαλάρωση πριν την εξόρυξη με ΚΕ. Επίσης υπολογίζεται η ποσοστιαία απόδοση του καδοφόρου εκσκαφέα βάσει του ύψους του κάθε πακέτου και της ακτίνας του καδοτροχού του μηχανήματος σύμφωνα με το **Σχήμα 3.2 (υποκεφάλαιο 3.2)**.

4.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Η μεθοδολογία εκτίμησης της εξορυξιμότητας των λιγνιτικών κοιτασμάτων και η υλοποίηση της μέσω της φόρμας εφαρμόστηκε όπως προαναφέρθηκε στο αρχείο πυρήνων γεωτρήσεων που προέρχονται από το ορυχείο Μαυροπηγής. Στο **Σχήμα 4.8** παρουσιάζεται η γραφική απεικόνιση της σε μια γεώτρηση του ορυχείου.

Για τις ανάγκες της απεικόνισης επιλέχθηκε η γεώτρηση με κωδικό 18452292 και συντεταγμένες $x=-18450$, $y=22920$ και $z=635$. Στο **Σχήμα 4.8 (1)** παρατηρούνται οι εναλλαγές στρωμάτων που καταγράφηκαν στην αρχική γεώτρηση (λιγνίτης, μάργα, άργιλος κ.α). Η γεώτρηση στην συνέχεια αξιολογήθηκε μέσω του λογισμικού Metal και την ενοποιημένη πλέον γεώτρηση συνθέτουν τα υπερκείμενα (OB) και τα αξιολογημένα στρώματα λιγνίτη(CO) και στείρων ενδιαμέσων υλικών (PT). Ως απολήψιμο λιγνιτικό στρώμα χαρακτηρίστηκε εκείνο που έχει πάχος μεγαλύτερο των 50cm και τέφρα επί ξηρού μικρότερη του 50%. Το πάχος εκλεκτικής εξόρυξης των στείρων υλικών ορίσθηκε

στα 20cm, ενώ τα πάχη των απωλειών και της ρύπανσης της εκμετάλλευσης στα 10cm. Στο **Σχήμα 4.8 (1)** και **(2)** παρατηρούμε την γραφική απεικόνιση της αρχικής και της αξιολογημένης γεώτρησης, καθώς και την αντιστοιχία στρωμάτων μεταξύ αυτών.

Με το αρχικό και αξιολογημένο πλέον αρχείο της γεώτρησης εκτιμήθηκε η ευκολία εξόρυξης του κάθε στρώματος της αξιολογημένης, με βάση την ποιοτική κλίμακα που έχει ορισθεί (**Σχήμα 4.8 (3)**). Τέλος, εκτιμήθηκε η αναμενόμενη ποσοστιαία απόδοση του καδοφόρου εκσκαφέα, η οποία βασίζεται στην επίδραση του πάχους των στρωμάτων. Για την εκτίμηση αυτή ορίσαμε ακτίνα κάδου 4m (**Σχήμα 4.8 (4)**).

Από το **Σχήμα 4.8 (3)** παρατηρείται ότι το πρώτο στρώμα των υπερκειμένων παρουσιάζει μέτρια τιμή εξορυξιμότητας (βαθμίδα 3), το τελευταίο στρώμα θα εξορυχθεί δύσκολα (βαθμίδα 4) ενώ όλα τα ενδιάμεσα τους στρώματα θα εξορυχθούν εύκολα (βαθμίδα 2).

Μέσω της απεικόνισης αυτής διαπιστώθηκε μείωση του βαθμού ευκολίας εξόρυξης στα στρώματα με μεγάλο ποσοστό αργίλου. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο αλλά και τελευταίο στρώμα τα οποία αποτελούνται κυρίως από αργιλικά υλικά (βαθμίδα 3 (εξορύσσεται μέτρια) και 4 (εξορύσσεται δύσκολα)) παρουσιάζουν μειωμένη ευκολία σε σχέση με τα ενδιάμεσα στρώματα (βαθμίδα 2 (εξορύσσεται εύκολα)) στα οποία περιέχουν ελάχιστα ποσοστά αργίλου.

Επίσης παρατηρήθηκε μεγάλη ευκολία εξόρυξης στα ενδιάμεσα στρώματα, καθώς όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.7 που παρουσιάζει τα πετρογραφικά χαρακτηριστικά τους, τα στρώματα στην πλειοψηφία τους αποτελούνται από δευτερεύουσες συστάσεις π.χ χουμώδες, που μειώνουν την συγκολλητικότητα των υλικών αυξάνοντας την ευκολία εξόρυξης.

Στο **Σχήμα 4.8(4)** παρατηρείται η απόδοση του εξορυκτικού εξοπλισμού που αναμένεται να επιτευχθεί στο κάθε στρώμα της γεώτρησης. Διαπιστώνεται ότι η απόδοση του εξοπλισμού στα περισσότερα στρώματα θα φτάσει στο 100%, ενώ μόνο σε δυο από αυτά θα είναι μειωμένη. Αυτό οφείλεται στο μικρό τους ύψος που έχει σαν αποτέλεσμα την μειωμένη πλήρωση των κάδων με υλικό.

Συμπεραίνεται επίσης ότι το τελευταίο στρώμα παρουσιάζει την μικρότερη απόδοση Κ.Ε σε σχέση με τα υπόλοιπα, καθώς χαρακτηρίζεται ως δύσκολα εξορύξιμο (βαθμίδα=4) και έχει μικρό πάχος.

Συγκρίνοντας λοιπόν τις στήλες 3 και 4 του σχήματος 4.8 παρατηρείται αύξηση της απόδοσης Κ.Ε. καθώς αυξάνεται ο βαθμός ευκολίας εξόρυξης.

MENU - HOLES														
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ														
ΟΝΟΜΑ : ΜΑΚ-058			ΣΥΝΤ. Χ : -18450			ΣΥΝΤ. Υ : 22920			ΣΥΝΤ. Ζ : 635.00					
ΚΩΔΙΚΟΣ : 18452292			ΓΕΩΛΟΓΟΣ : ΤΣΑΚΙΡΗΣ			ΑΡΧΗ : 90801			ΠΕΡΑΣ : 170801					
ΚΩΔΙΚΟΣ	ΒΑΘΟΣ ΟΡΟΦ.	ΒΑΘΟΣ ΔΑΠΕΔ	ΜΜ	Ι	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε	Ε
ΥΓΡ. ΦΥΣ.	ΤΕΦΡΑ ΦΥΣ.	ΤΕΦΡΑ +CO2	ΚΩΔ.											
18452292	0	500	AL											
	500	600	AL											
	600	620	MR											
	620	750	CO											
	750	800	LS											
	800	850	AL	9	T									
	850	950	MR	9	T									
	950	1000	MR											
	1000	1100	LS											
	1100	1180	MR	9	T	-	T							
	1180	1250	AL	9	T									
	1250	1300	MR	9	T									
	1300	1350	AL	9	T									
	1350	1430	CO											
	1430	1480	MR	9	T									
	1480	1550	CO											
	1550	1650	LS											
	1650	1800	MR	9	T									
	1800	1850	MR	9	T	-	T							
	1850	1900	CO											
	1900	1950	MR	9	T	-	T							
	1950	1990	AL	9	T									
	1990	2040	AL	9	T									

Σχήμα 4.7: Πετρογραφικά χαρακτηριστικά των στρωμάτων της γεώτρησης 18452292.

Αρχική γεώτρηση	Αξιολογημένη γεώτρηση	Ευκολία εξόρυξης με ΚΕ	Απόδοση ΚΕ(%)
AL	OB	3	100
AL	CO	2	83.7
MR	PT	2	100
CO	CO	2	100
LS			
AL			
MR			
MR			
LS			
MR			
AL			
MR			
AL			
CO			
MR			
CO			
LS			
MR	PT	2	100
MR			
CO			
MR			
AL			
AL	CO	4	62.9

Σχήμα 4.8: Εφαρμογή μεθοδολογίας εκτίμησης της εξορυξιμότητας και της απόδοσης καδοφόρου εκσκαφέα (OB=Υπερκείμενα, CO= Εξορυσσόμενο μπλοκ λιγνίτη, PT=Εξορυσσόμενο μπλοκ αγόνων. Οι συμβολισμοί για την αρχική γεώτρηση δίνονται στον Πίνακα 4.2).

4.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΞΟΥΞΙΜΟΤΗΤΑΣ

Η υλοποίηση της μεθοδολογίας έλαβε χώρα στο περιβάλλον του λογισμικού excel 2010 (έκδοση για λειτουργικό Windows XP ή 7) και γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic. Η διαδικασία εκτίμησης της εξορυξιμότητας και της απόδοσης του ΚΕ μέσω του λογισμικού είναι αυτοματοποιημένη, περιορίζοντας έτσι σημαντικά την ανάγκη επέμβασης από τον χρήστη. Στην συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά η λειτουργία της.

Το περιβάλλον του λογισμικού στο οποίο λαμβάνει χώρα η μεθοδολογία, παρουσιάζεται στο **Σχήμα 4.9**. Για καλύτερη κατανόηση έχουν τοποθετηθεί δυο ενδεικτικές γεωτρήσεις (αρχική και αξιολογημένη) στις αντίστοιχες θέσεις.

	A	B	C	D	V	W	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
1	Εμφάνιση Λειτουργιών	Αρχική Γεώτρηση						Αξιολογημένη Γεώτρηση			Αντίσταση Κοπής	Συγκολλητικότητα	Απόδοση Εκσκαφέα	Ευκολία Εξόρυξης
2	Εισαγωγή Δεδομένων		MM	Αντίσταση Κοπής	Συγκολλητικότητα			Οροφή	Δάπεδο	Χαρακτηρισμός				
3	19122412	0	40	SO				0	1520	OB				
4	19122412	40	300	AL				1520	1590	CO				
5	19122412	300	450	AL				1590	1670	PT				
6	19122412	450	630	AL				1670	1770	CO				
7	19122412	630	825	MR				1770	1795	PT				
8	19122412	825	1080	SN				1795	1955	CO				
9	19122412	1080	1295	MR				1955	1985	PT				
10	19122412	1295	1315	AL				1985	2235	CO				
11	19122412	1315	1350	MR				2235	2345	PT				
12	19122412	1350	1355	AL				2345	2420	CO				
13	19122412	1355	1435	MR				2420	2500	PT				
14	19122412	1435	1445	MR				2500	2550	CO				
15	19122412	1445	1465	CO				2550	2640	PT				
16	19122412	1465	1520	MR				2640	2710	CO				
17	19122412	1520	1590	CO				2710	2735	PT				
18	19122412	1590	1670	MR				2735	2840	CO				
19	19122412	1670	1680	CO				2840	2870	PT				
20	19122412	1680	1710	CO				2870	3095	CO				
21	19122412	1710	1730	MR				3095	3150	PT				
22	19122412	1730	1770	CO				3150	3410	CO				
23	19122412	1770	1795	AL				3410	3460	PT				
24	19122412	1795	1865	CO				3460	3540	CO				
25	19122412	1865	1955	CO				3540	3575	PT				
26	19122412	1955	1985	MR				3575	3630	CO				
27	19122412	1985	2045	CO				3630	3785	PT				
28	19122412	2045	2060	AL				3785	3840	CO				
29	19122412	2060	2110	CO				3840	3905	PT				
30	19122412	2110	2115	MR				3905	3965	CO				
31	19122412	2115	2135	CO				3965	4030	PT				
32	19122412	2135	2195	CO				4030	4135	CO				
33	19122412	2195	2205	MR				4135	4205	PT				
34	19122412	2205	2215	AL				4205	4265	CO				
35	19122412	2215	2235	CO				4265	4305	PT				
36	19122412	2235	2300	MR				4305	4515	CO				
37	19122412	2300	2345	MR				4515	4565	PT				
38	19122412	2345	2372	CO				4565	4660	CO				

Σχήμα 4.9: Αρχικό περιβάλλον λογισμικού.

Επιλέγοντας το μενού «Εμφάνιση Λειτουργιών» (Σχήμα 4.10) παρουσιάζεται το κύριο μενού της φόρμας με τις λειτουργίες που μπορεί να υλοποιήσει (Σχήμα 4.11). Στις «Πληροφορίες Προτύπου» αναφέρονται ενδεικτικά στοιχεία της φόρμας και τα άτομα τα οποία συνεργάστηκαν για την υλοποίηση της (Σχήμα 4.12).

	A	B	C	D	
1	Εμφάνιση Λειτουργιών				Αρχική Γε
2	Εισαγωγή Δεδομένων			MM	Αντίστ
3	19122412	0	40	SO	
4	19122412	40	300	AL	
5	19122412	300	450	AL	
6	19122412	450	630	AL	
7	19122412	630	825	MR	
8	19122412	825	1080	SN	

Σχήμα 4.10: Επιλογή εμφάνισης λειτουργιών.



Πολυτεχνείο Κρήτης

Πρότυπο Υπολογισμών

Πρότυπη φόρμα υπολογισμού ευκολίας εξόρυξης λιγνιτικών γεωτρήσεων και ποσοστιαίας απόδοσης καδοφόρου εκσκαφέα.

Οδηγίες χρήσης και περεταίρω λεπτομέρειες στις Πληροφορίες Προτύπου.

των:

Παπαδόπουλος Στυλιανός
Κρητικός Αλέξανδρος (προγραμματισμός)

Διαθέσιμοι Υπολογισμοί

☐ Ευκολία Εξόρυξης

☐ Απόδοση Εκσκαφέα

Υπολογισμός

Αρχικοποίηση

Ακτίνα Καδοτροχού

Τρέχουσα: 400

Αλλαγή

Στήλες Δεδομένων

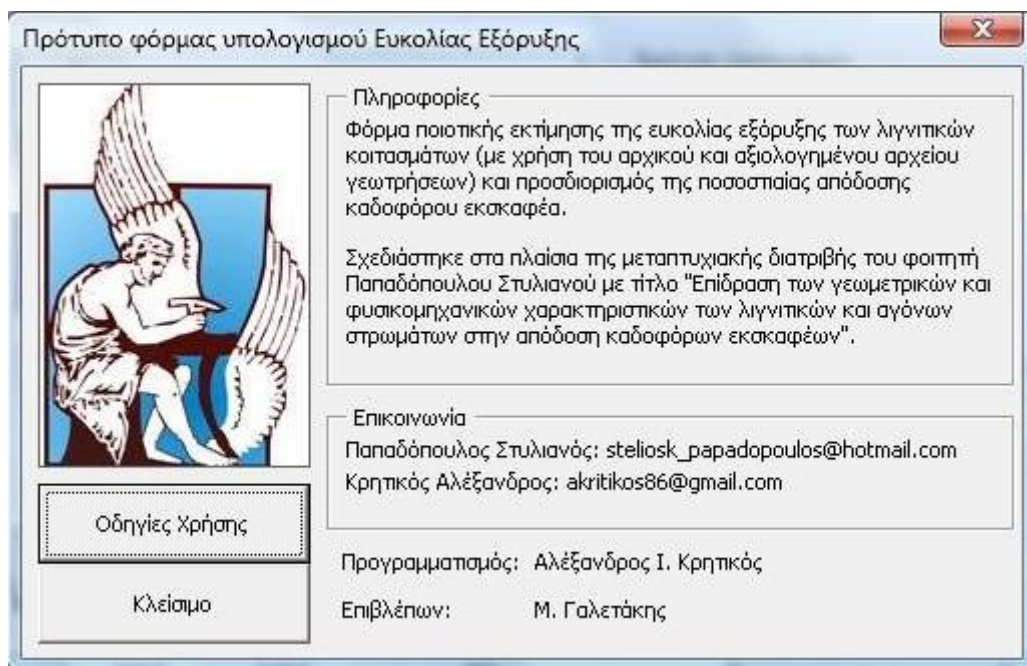
☒ Απόκρυψη

☐ Εμφάνιση

Πληροφορίες Προτύπου

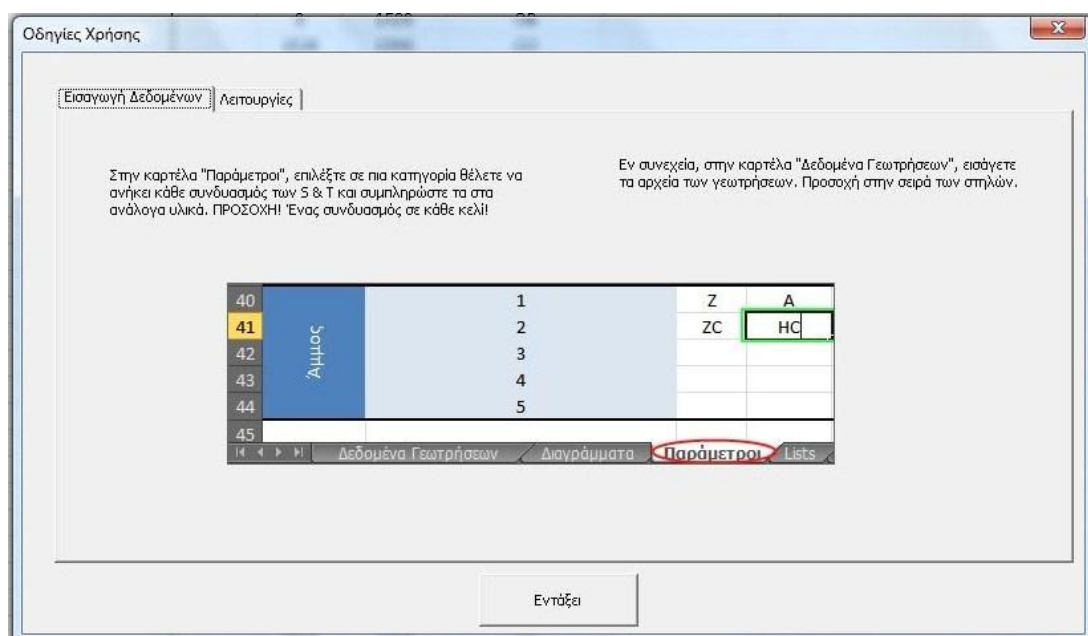
Έξοδος Λειτουργιών

Σχήμα 4.11: Παράθυρο μενού λογισμικού.

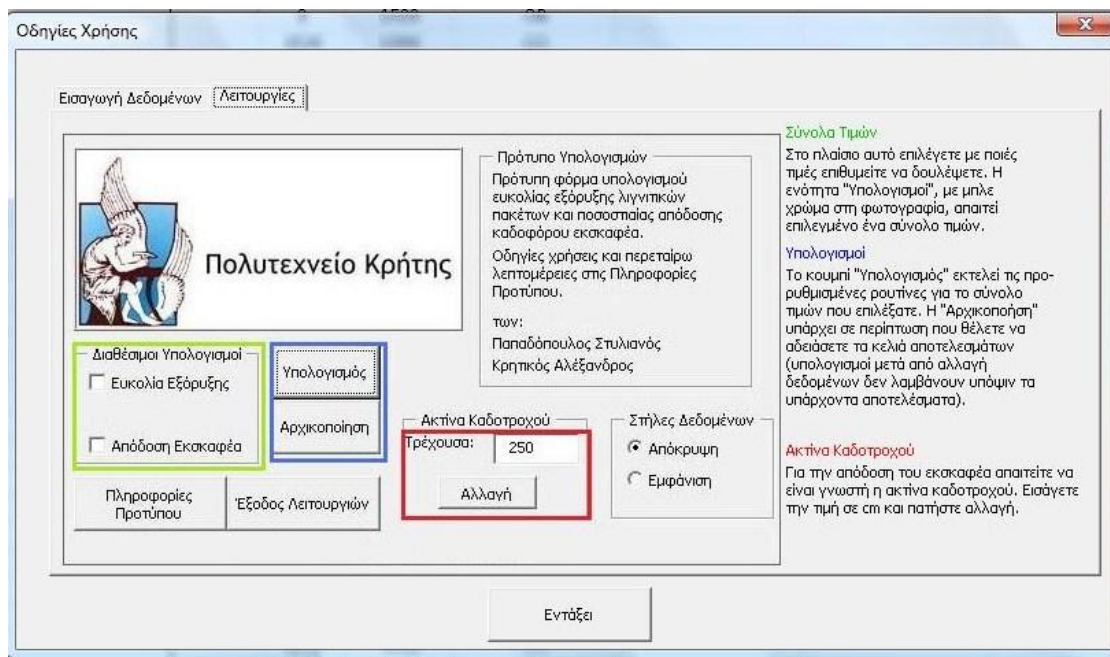


Σχήμα 4.12: Παράθυρο πληροφοριών προτύπου.

Επιλέγοντας τις «Οδηγίες Χρήσης» ο χρήστης μεταβαίνει σε μία καρτέλα η οποία παρουσιάζει δύο επιλογές. Η πρώτη (**Σχήμα 4.13**) σχετίζεται με την εισαγωγή δεδομένων και η δεύτερη (**Σχήμα 4.14**) με τον τρόπο λειτουργίας του αρχικού μενού, για διευκόλυνση του χρήστη και αποφυγή σφαλμάτων.



Σχήμα 4.13: Παράθυρο οδηγιών χρήσης εισαγωγής δεδομένων.



Σχήμα 4.14: Παράθυρο λειτουργιών λογισμικού (η ακτίνα καδοτροχού σε εκατοστά).

Στο φύλλο εργασίας «Παράμετροι» (Σχήμα 4.16) καταγράφονται τα κωδικοποιημένα χαρακτηριστικά του ιστού και της δευτερεύουσας σύστασης στις αντίστοιχες κατηγορίες πάνω στις οποίες βασίζεται η μεθοδολογία εκτίμησης της αντίστασης κοπής και της συγκολλητικότητας, που απαιτούνται για την τελική εκτίμηση της ευκολίας εξόρυξης. Αλλαγές στα κελιά του φύλλου συνεπάγονται αυτόματα και αλλαγές στα τελικά αποτελέσματα.

3122412	2110	2115	MR	4
3122412	2115	2135	CO	4
3122412	2135	2195	CO	4
3122412	2195	2205	MR	3
3122412	2205	2215	AL	5
3122412	2215	2235	CO	4
3122412	2235	2300	MR	3
3122412	2300	2345	MR	3
3122412	2345	2372	CO	4

Σχήμα 4.15: Φύλλα εργασίας της αναπτυχθείσας εφαρμογής.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	Συγκολλητικότητα																							
2	Υλικό	Κατηγορία	Τιμές																					
3	Μάρμα	1	G	GZ	GK	L	LG	LK	H	Z	N	SH	SG	SJ	SA	SN	SI	TI	I	ZG	KG	GL	KL	HS
4		2	HJ	J	S	SK	TS	C	CH	CS	K	KH	KN	JH	KS	ST	HC	SC	HK	CC	JJ	Q	O	
5		3	T	TH	TJ	TC	CT	HT	JT	TZ														
6		4																						
7		5																						
8	Άργιλος	1	S	H																				
9		2	G	GL	GQ	GJ	LJ	HT	M	MH	NJ	SF	C	CH	CJ	CK	K	KG	KJ	KQ	JC	CC	L	Q
10		3	LQ	J	SG	SL	SH	SJ	SO	SM	SU	SB	SR	SN	SZ	SQ	SK	SC	SI	TS	KL	KZ	KS	JS
11		4	TK	KT																				
12		5	T																					
13	Λιγνίτης	1	H	S	I	F																		
14		2	HJ	J	M	SE	SJ	C	CH	CJ	K	JH	ES	JS	HC	JC	JJ	N	NJ					
15		3	T	TH	TM	TJ	TS	CT	JT	HT	MT	ST	TC	TT										
16		4																						
17		5																						
18	Άμμος	1	G	GL	GZ	GN	GJ	GR	GK	L	LJ	F	M	MR	XR	Z	N	S	SK	TX	GG	X	U	LG
19		2	GT	MJ	J	TL	TR	TM	TF	TU	TZ	TI	TC	TK	C	K	TG	JM	LT	RT	FT	UT	ZT	IT
20		3	T																					
21		4																						
22		5																						
23	Αντίσταση Κοπής																							
24	Υλικό	Κατηγορία	Τιμές																					
25	Μάρμα	1	A	ZA	F	AZ	M																	
26		2	Z	ZM	MZ																			
27		3	ZC	Y	CZ	P																		
28		4	MC	YC	HC	SC	C	CS	CM	CY	CH													
29		5	H																					
30	Άργιλος	1	A	AZ	Z	F	ZA	G																
31		2	CG	GC																				
32		3	ZC	MC	P	DM	Y	YC	CZ	CD	CM	MD	DC	CY										
33		4	H	HC	CH																			
34		5	C																					
35	Λιγνίτης	1	G	GZ	A	AZ	F	Z	M	ZG	ZA													
36		2	GX	GT	GY	GH	GC	XG	TG	YG	HG	CG												
37		3	XC	FC	ZC	MC	Y	H	CM	CK	CF	CZ												
38		4	YC	HC	C	CY	CH																	

Σχήμα 4.16: Πίνακες κατηγοριοποίησης των κωδικοποιημένων υλικών ως προς την συγκολλητικότητα και την αντίσταση κοπής τους.

Για την λειτουργία του λογισμικού θα πρέπει αρχικά να εισαχθούν τα δεδομένα. Όπως προαναφέρθηκε απαιτούνται η αρχική γεώτρηση αλλά και η αξιολογημένη, όπως αυτή έχει προκύψει από το λογισμικό Metal. Η εισαγωγή πραγματοποιείται με χειρωνακτικό τρόπο στις αντίστοιχες στήλες. Σε περίπτωση εσφαλμένης εισαγωγής το λογισμικό δεν δύναται να προβεί στους απαραίτητους υπολογισμούς. Η αρχική γεώτρηση καταχωρείται στις στήλες A έως U με την σειρά των χαρακτηριστικών της όπως φαίνονται στο **Σχήμα 4.17**. Αρχικά καταγράφεται ο κωδικός της γεώτρησης, στην συνέχεια η οροφή και το δάπεδο του κάθε στρώματος, το είδος του πετρώματος (MM) κ.ο.κ. Η κωδικοποίηση τόσο των «κεφαλίδων» κάθε στήλης (I,C,E κ.α) όσο και των χαρακτηριστικών των γεωτρήσεων στην συνέχεια γίνεται βάση του **Πίνακα 4.2**. Αξίζει να αναφερθεί ότι για λόγους εξοικονόμησης χώρου και διευκόλυνσης του χρήστη, οι στήλες E έως U μπορούν να εμφανίζονται και να αποκρύπτονται από την αρχική φόρμα, μέσω της αντίστοιχης επιλογής στο μενού και πιο συγκεκριμένα στο πεδίο «στήλες δεδομένων» (**Σχήμα 4.11**, καφέ πεδίο). Επίσης, η μορφή κωδικοποίησης αλλά και η σειρά των στηλών (χαρακτηριστικών) αποτελούν την πρότυπη μορφή ανάλυσης των πυρήνων των γεωτρήσεων, και για τον λόγο αυτό ακολουθείται και στην φόρμα αυτή προς αποφυγή λαθών και απώλειας χρόνου, παρά το γεγονός πως δεν συνυπολογίζονται όλες στο τελικό αποτέλεσμα.

Η αξιολογημένη γεώτρηση καταχωρείται στις στήλες Z, AA και AB που αντιστοιχούν στην οροφή, το δάπεδο και τον χαρακτηρισμό του κάθε στρώματος (υπερκείμενα (OB), λιγνίτης (CO), άγονα (PT)) αντίστοιχα.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	Εμφάνιση Λειτουργιών	Αρχική Γεώτρηση																			
2	Εισαγωγή Δεδομένων		MM	I	C	E	C	S	N	S	S	K	P	P	P	T	T	YGR	TEF	TEFC	
3	19122412	0	40	SO	9	R		T													
4	19122412	40	300	AL		T										C					
5	19122412	300	450	AL		R	-	T	G		K					C					
6	19122412	450	630	AL		R	-	T	J							C					
7	19122412	630	825	MR		T			G		K					C					
8	19122412	825	1080	SN					G							A					
9	19122412	1080	1295	MR		T			G		K					C					
10	19122412	1295	1315	AL		M			C		J					Z	C	53,4		35,0	
11	19122412	1315	1350	MR		T															
12	19122412	1350	1355	AL		M			C							C	Z				
13	19122412	1355	1435	MR		T	/	W					A			C	Z				
14	19122412	1435	1445	MR		R							A			C	Z				
15	19122412	1445	1465	CO		O			T							C		60,0		13,5	
16	19122412	1465	1520	MR		T							A			C	Z				
17	19122412	1520	1590	CO		O	/	M	T							C	Y	56,4		25,4	
18	19122412	1590	1670	MR		T	/	W					A			C	Z				
19	19122412	1670	1680	CO		O										C	H	55,0		30,0	
20	19122412	1680	1710	CO		O	/	M	T		S					C	Y	55,0		30,0	
21	19122412	1710	1730	MR		M			T		C		A			Z		54,9		30,2	
22	19122412	1730	1770	CO		O			T		J					C	H	58,2		19,6	
23	19122412	1770	1795	AL		M			C		S	C				C					
24	19122412	1795	1865	CO		O			J		T					C		57,6		21,3	
25	19122412	1865	1955	CO		O	/	M	T		S					C	Y	58,1		19,9	
26	19122412	1955	1985	MR		T	/	M	C				A			C	Z				
27	19122412	1985	2045	CO		O			T							C	H	59,4		15,5	
28	19122412	2045	2060	AL		M			C				C	Z							
29	19122412	2060	2110	CO		O			T							C	H	57,0		23,4	
30	19122412	2110	2115	MR		T							A			C					
31	19122412	2115	2135	CO		O			T							C	H	60,5		11,9	
32	19122412	2135	2195	CO		O			T							C	Y	59,1		16,7	
33	19122412	2195	2205	MR		T							A			C	Z				
34	19122412	2205	2215	AL		M			J		C	S	A			C					
35	19122412	2215	2235	CO		O			T							C	H	56,9		23,8	
36	19122412	2235	2300	MR		W	/	G								C	Z				
37	19122412	2300	2345	MR		T							A			C	Z				
38	19122412	2345	2372	CO		O			T		S					C	H	56,5		24,9	

Σχήμα 4.17: Πλήρης καταγραφή στοιχείων γεώτρησης από την περιοχή του ορυχείου της Μαυροπηγής.

Ένας δεύτερος τρόπος εισαγωγής της αρχικής μόνο γεώτρησης μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της επιλογής «Εισαγωγή δεδομένων» (Σχήμα 4.18). Για να επιτευχθεί αυτό ο χρήστης αρχικά ορίζει την τοποθεσία του φακέλου μέσα στον οποίο βρίσκεται το αρχείο με τις γεωτρήσεις στο πεδίο «Φάκελος Αρχείων» (Σχήμα 4.19). Στην συνέχεια επιλέγοντας τον τύπο του (.xls, .csv κτλ), εμφανίζονται όλα τα διαθέσιμα αρχεία που υπάρχουν στον φάκελο, στο πεδίο «Διαθέσιμα Αρχεία». Εφόσον επιλεγεί το κατάλληλο, καταγράφονται οι διαθέσιμες γεωτρήσεις και ο χρήστης είναι πλέον σε θέση να εισάγει αυτήν που επιθυμεί. Πατώντας την «Εισαγωγή Δεδομένων» ολοκληρώνεται η διαδικασία.

Εμφάνιση Λειτουργιών		Αρχική Γ		
1				
2		Εισαγωγή Δεδομένων	MM	Αντί
3	19122412	0	40	SO
4	19122412	40	300	AL
5	19122412	300	450	AL
6	19122412	450	630	AL
7	19122412	630	825	MR

Σχήμα 4.18: Κουμπί εισαγωγής δεδομένων.

Στην φόρμα αυτή μπορείτε να επιλέξετε από ποιά αρχείο επιθυμείτε να φορτώσετε τα δεδομένα της προς αξιολόγηση γεώτρησης.

Προσοχή! Τα δεδομένα πρέπει να βρίσκονται στο πρώτο φύλλο εργασίας και να ακολουθούν τη υπάρχουσα δομή της καρτέλας "Δεδομένα Γεωτρήσεων" όσον αφορά τις στήλες! Σε αντίθετη περίπτωση τα αποτελέσματα των υπολογισμών δεν θα αντιστοιχούν σε πραγματικές συνθήκες.

Φάκελος Αρχείων: C:\Users\Stelios\Desktop Τύπος Αρχείων: *.xls

Διαθέσιμα Αρχεία: Βιβλίο1.xls Διαθέσιμες Γεωτρήσεις: 18342255

Εισαγωγή Δεδομένων

Ακύρωση

Σχήμα 4.19: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων αρχικής γεώτρησης.

Εφόσον έχουν εισαχθεί οι γεωτρήσεις, προχωράμε στον υπολογισμό της εξορυξιμότητας και της ποσοστιαίας απόδοσης του καδοφόρου εκσκαφέα. Για τον υπολογισμό της ευκολίας εξόρυξης επιλέγουμε την αντίστοιχη επιλογή στο πεδίο «Διαθέσιμοι Υπολογισμοί» (**Σχήμα 4.11**, πράσινο πεδίο) του αρχικού μενού και επιλέγοντας «Υπολογισμός» (**Σχήμα 4.11**, μπλε πεδίο). Με αυτόν τον τρόπο συμπληρώνονται οι στήλες της αντίστασης κοπής και συγκολλητικότητας τόσο της αρχικής όσο και της αξιολογημένης γεώτρησης (στήλες V,W, AC,AD) όπως επίσης και η στήλη AF που αντιστοιχεί και στην τελική ευκολία εξόρυξης.

Για τον υπολογισμό της απόδοσης του καδοφόρου εκσκαφέα, εκφρασμένη ως ποσοστό της θεωρητικά επιτεύξιμης, απαιτείται να είναι γνωστή η ακτίνα του καδοτροχού. Αυτή εισάγεται στο πεδίο «Ακτίνα Καδοτροχού» (**Σχήμα 4.11**, κόκκινο πεδίο) σε εκατοστά, και έπειτα επιλέγοντας «Αλλαγή». Στην συνέχεια επιλέγοντας την «Απόδοση Εκσκαφέα» (**Σχήμα 4.11**, πράσινο πεδίο) συμπληρώνεται η στήλη AE με την αναμενόμενη απόδοση του ΚΕ σύμφωνα με την ακτίνα που έχουμε δώσει.

Για την απαλοιφή των αποτελεσμάτων, σε περίπτωση λάθους ή αλλαγής γεώτρησης, επιλέγεται το κουμπί «Αρχικοποίηση» (**Σχήμα 4.11**, μπλε πεδίο).

Στο **Σχήμα 4.20** παρουσιάζεται ο υπολογισμός της ευκολίας εξόρυξης και της απόδοσης καδοφόρου εκσκαφέα, ακτίνας 4m, των στρωμάτων της γεώτρησης 19122412 του ορυχείου Μαυροπηγής.

	A	B	C	D	V	W	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
1	Εμφάνιση Λειτουργιών	Αρχική Γεώτρηση						Αξιολογημένη Γεώτρηση			Αντίσταση Κοπής	Συγκολλητικότητα	Απόδοση Εκσκαφέα	Ευκολία Εξόρυξης
2	Εισαγωγή Δεδομένων		MM	Αντίσταση Κοπής	Συγκολλητικότητα			Οροφή	Δάπεδο	Χαρακτηρισμός			Για ακτίνα: 400 cm	
3	19122412	0	40	SO	1	1		0	1520	OB	3	2	100,00%	3
4	19122412	40	300	AL	5	5		1520	1590	CO	4	3	50,36%	4
5	19122412	300	450	AL	5	2		1590	1670	PT	3	3	56,80%	3
6	19122412	450	630	AL	5	3		1670	1770	CO	4	3	68,75%	3
7	19122412	630	825	MR	4	1		1770	1795	PT	5	3	18,65%	Μή Εξορύξιμο!
8	19122412	825	1080	SN	1	1		1795	1955	CO	4	3	94,40%	4
9	19122412	1080	1295	MR	4	1		1955	1985	PT	3	2	22,33%	3
10	19122412	1295	1315	AL	3	2		1985	2235	CO	4	3	100,00%	3
11	19122412	1315	1350	MR	3	3		2235	2345	PT	3	3	74,18%	3
12	19122412	1350	1355	AL	3	2		2345	2420	CO	4	3	53,61%	4
13	19122412	1355	1435	MR	3	3		2420	2500	PT	3	3	56,80%	3
14	19122412	1435	1445	MR	3	3		2500	2550	CO	4	3	36,72%	4
15	19122412	1445	1465	CO	4	3		2550	2640	PT	3	3	62,94%	3
16	19122412	1465	1520	MR	3	3		2640	2710	CO	3	3	50,36%	3
17	19122412	1520	1590	CO	4	3		2710	2735	PT	4	3	18,65%	4
18	19122412	1590	1670	MR	3	3		2735	2840	CO	4	3	71,51%	3
19	19122412	1670	1680	CO	4	3		2840	2870	PT	4	3	22,33%	3
20	19122412	1680	1710	CO	4	3		2870	3095	CO	4	3	100,00%	4
21	19122412	1710	1730	MR	2	3		3095	3150	PT	3	2	40,21%	2
22	19122412	1730	1770	CO	4	3		3150	3410	CO	4	3	100,00%	3
23	19122412	1770	1795	AL	5	3		3410	3460	PT	3	3	36,72%	3
24	19122412	1795	1865	CO	4	3		3460	3540	CO	4	3	56,80%	4
25	19122412	1865	1955	CO	4	3		3540	3575	PT	2	2	25,98%	2
26	19122412	1955	1985	MR	3	2		3575	3630	CO	4	3	40,21%	4
27	19122412	1985	2045	CO	4	3		3630	3785	PT	3	2	92,98%	2
28	19122412	2045	2060	AL	5	2		3785	3840	CO	4	3	40,21%	4
29	19122412	2060	2110	CO	4	3		3840	3905	PT	2	2	47,03%	2
30	19122412	2110	2115	MR	4	3		3905	3965	CO	4	3	43,65%	3
31	19122412	2115	2135	CO	4	3		3965	4030	PT	3	2	47,03%	3
32	19122412	2135	2195	CO	4	3		4030	4135	CO	4	3	71,51%	4
33	19122412	2195	2205	MR	3	3		4135	4205	PT	4	3	50,36%	3
34	19122412	2205	2215	AL	5	2		4205	4265	CO	4	3	43,65%	4
35	19122412	2215	2235	CO	4	3		4265	4305	PT	2	2	29,60%	2
36	19122412	2235	2300	MR	3	3		4305	4515	CO	4	3	100,00%	3
37	19122412	2300	2345	MR	3	3		4515	4565	PT	2	2	36,72%	2
38	19122412	2345	2372	CO	4	3		4565	4660	CO	4	3	65,89%	4

Σχήμα 4.20: Πλήρης εφαρμογή λογισμικού σε γεώτρηση του ορυχείου Μαυροπηγής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΞΟΡΥΞΙΜΟΤΗΤΑΣ

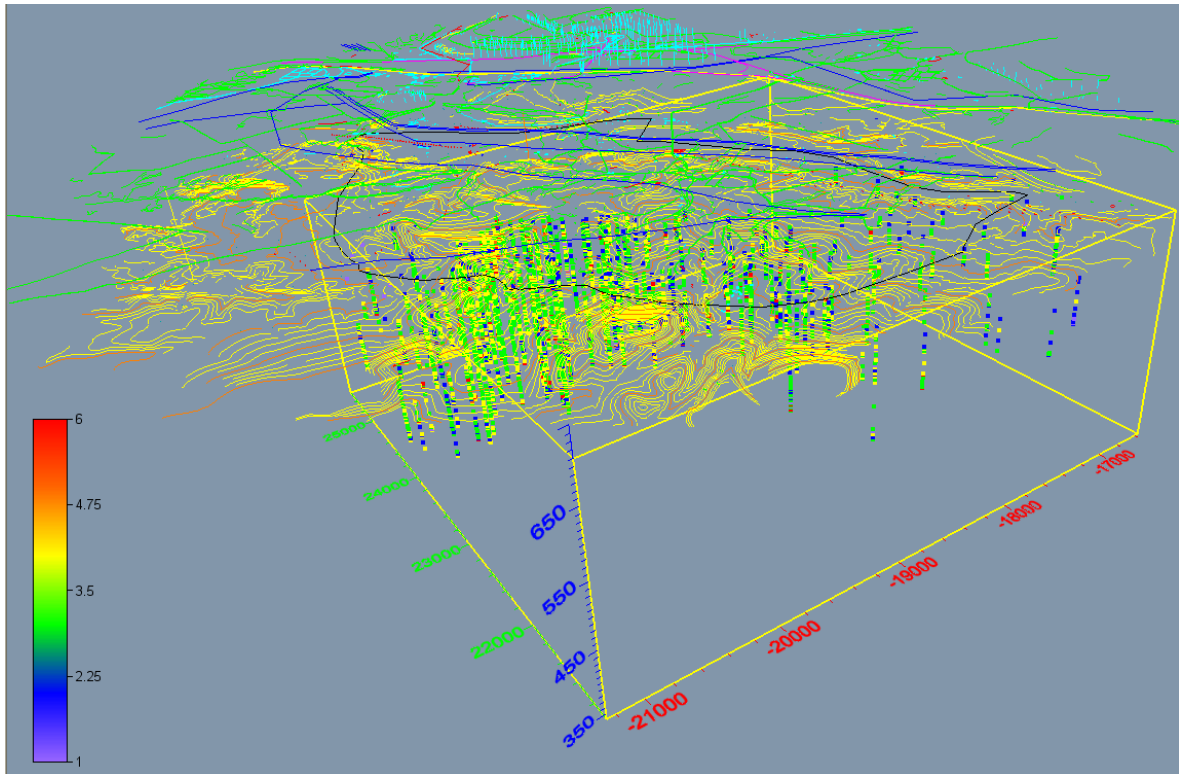
5.1 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΕΞΟΡΥΞΙΜΟΤΗΤΑΣ

Η απεικόνιση του κοιτάσματος, ως προς την ευκολία εξόρυξης των στρωμάτων με βάση τα πετρογραφικά χαρακτηριστικά των υλικών, παρουσιάζεται στο **Σχήμα 5.1**. Η τρισδιάστατη αυτή απεικόνιση καθώς και οι απαιτούμενοι υπολογισμοί (χωρική παρεμβολή) έγιναν με την χρήση του λογισμικού Voxler. Απεικονίστηκαν οι γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε όλη την έκταση του κοιτάσματος καθώς και η χωρική κατανομή των τιμών της εξορυξιμότητας για τους σχηματισμούς του κοιτάσματος της Μαυροπηγής. Οι τιμές της εξορυξιμότητας αποδόθηκαν με χρωματική κλίμακα, ενώ η τρισδιάστατη απεικόνιση υλοποιήθηκε μέσω της κατασκευής του τρισδιάστατου στερεού. Για την καλύτερη κατανόηση της μεταβολής της εξορυξιμότητας σχεδιάστηκαν επίσης τομές και ισοεπιφάνειες σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις (παράλληλα και κάθετα στον άξονα ανάπτυξης του κοιτάσματος). Οι τομές και οι ισοεπιφάνειες έχουν την δυνατότητα μέσω του λογισμικού Voxler να μετακινούνται (παράλληλη μετατόπιση και στροφή) διαδραστικά, παρέχοντας έτσι την δυνατότητα λεπτομερούς παρατήρησης του απεικονιζόμενου κοιτάσματος.

Ο τοπογραφικός χάρτης και οι θέσεις των γεωτρήσεων του κοιτάσματος Μαυροπηγής δίνονται στο **Σχήμα 5.1**, ενώ η απεικόνιση της εξορυξιμότητας σε μορφή πολλαπλών τομών φαίνεται στο **Σχήμα 5.2**.

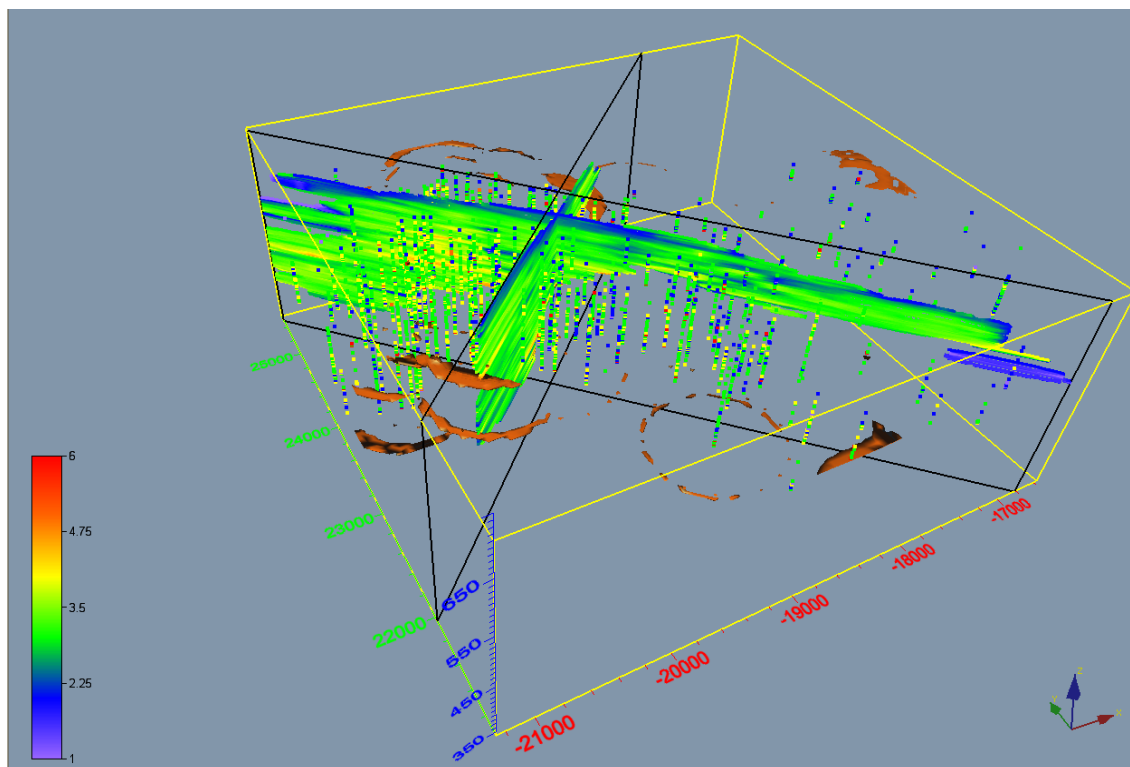
Από την απεικόνιση του κοιτάσματος, παρατηρήθηκε ότι η μεγάλη πλειοψηφία των σχηματισμών χαρακτηρίζονται ως εύκολοι ή σχετικά εύκολοι στην εξόρυξη τους με ΚΕ (βαθμίδες 1-3 της κλίμακας εξορυξιμότητας). Αναλυτικότερα, σε υψόμετρο πάνω από τα 670m (υπερκείμενα) παρουσιάζονται στρώματα με μεγάλη ευκολία εξόρυξης (μπλε χρώμα). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι απαρτίζονται κυρίως από χαλαρούς χαλικομιγείς σχηματισμούς (σύγχρονες αποθέσεις) που εμφανίζουν μικρή αντίσταση κοπής και μικρή σχετικά συγκολλητικότητα. Στο υπόλοιπο κοίτασμα ο βαθμός ευκολίας είναι μέτριος, με λίγα στρώματα σχετικά δύσκολα εξορύξιμα (κίτρινο χρώμα) να παρεμβάλλονται κατά τόπους, εντός της λιγνιτικής στοιβάδας και της στοιβάδας των ενδιάμεσων αγόνων. Η δυσκολία εξόρυξης των σχηματισμών αυτών οφείλεται είτε στις σχετικά υψηλές τιμές αντίστασης κοπής (όπως οι συνεκτικές μάργες με λεπτές φακοειδείς ενστρώσεις

μαργαϊκού ασβεστολίθου) ή της συγκολλητικότητας των υλικών (άργιλος) ή και σε συνδυασμό αυτών (εναλλασσόμενες λεπτές ενστρώσεις μαργών – αργίλων.



Σχήμα 5.1: Απεικόνιση των γεωτρήσεων του λιγνιτικού κοιτάσματος της Μαυροπηγής. Τα στρώματα των αξιολογημένων γεωτρήσεων αποδίδονται (χρωματική κλίμακα) ως προς την εξορυξιμότητά τους.

Οι σχηματισμοί που δεν μπορούν να εξορυχθούν με ΚΕ (έχουν μεγάλη αντίσταση κοπής και πάχος $> 20\text{cm}$) επισημαίνονται στο Σχήμα 5.2 με τη μορφή περικλειστων ισοεπιφανειών (isosurfaces). Οι σχηματισμοί αυτοί εντοπίζονται στα περιθώρια του κοιτάσματος. Από την μελέτη των αναλυτικών τομών των γεωτρήσεων στις περιοχές αυτές προέκυψε ότι πρόκειται για τους ασβεστολίθους του υποβάθρου.



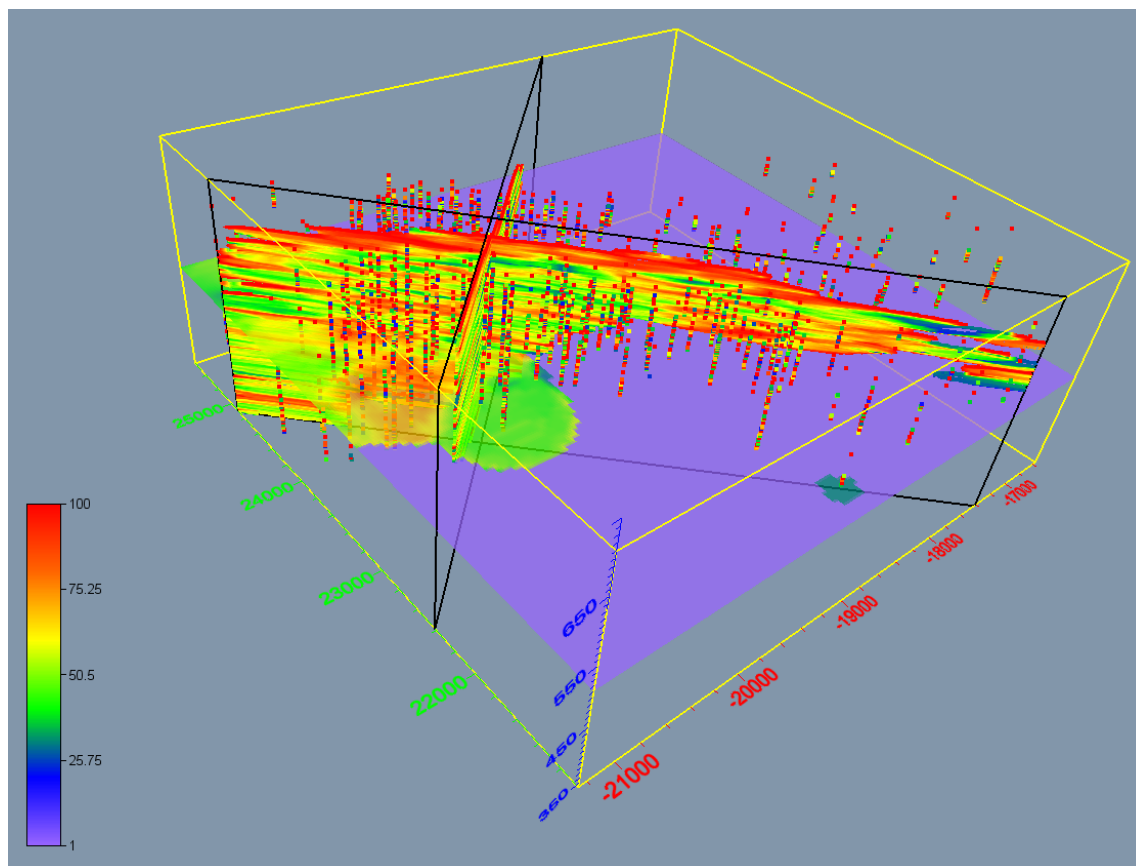
Σχήμα 5.2: απεικόνιση της εξορυξιμότητας των σχηματισμών του λιγνιτικού κοιτάσματος Μαυροπηγής. Οι συμπαγείς περικλειστές ισοεπιφάνειες (isosurfaces) δείχνουν τις περιοχές όπου υπάρχουν σχηματισμοί μη εξορύξιμοι με καδοφόρο εκσκαφέα.

5.2 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΚΕ

Η απόδοση των ΚΕ εξαρτάται, όπως προαναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, τόσο από το είδος του υλικού (φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά) όσο και από το πάχος των στρωμάτων (γεωμετρικά χαρακτηριστικά) που εξορύσσει. Για τον λόγο αυτόν αρχικά, εκτιμήθηκε η απόδοση του ΚΕ με βάση το πάχος του εξορυσσόμενου σχηματισμού και εκφράστηκε ως ποσοστό % της μέγιστης θεωρητικά επιτεύξιμης απόδοσης. Η απεικόνιση της απόδοσης του ΚΕ με βάση το πάχος του εκσκαπτόμενου στρώματος παρουσιάζεται στο **Σχήμα 5.3**. Οι ισοεπιφάνειες σε αυτήν την περίπτωση αποδίδονται βάσει της ποσοστιαίας κλίμακας της απόδοσης και παίρνουν τιμές από 1% έως 100%.

Μέσω της απεικόνισης αυτής παρατηρήθηκε ότι κατά μέσο όρο η απόδοση του ΚΕ στα στρώματα του ορυχείου κυμαίνεται σε ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά της τάξης του 75%-100%. Πιο συγκεκριμένα στα στρώματα σε υψόμετρο κάτω από 550m παρατηρούνται αποδόσεις από 40%-70% καθώς μειώνονται τα ύψη των πακέτων. Σε υψόμετρο 550m έως 700m παρουσιάζονται αυξημένες τιμές απόδοσης ΚΕ, με μεγάλα τμήματα του ορυχείου να χαρακτηρίζονται από στρώματα απόδοσης 60% και άλλα 100%. Τέλος, σε υψόμετρο

πάνω από τα 700m η απόδοση του ΚΕ προσεγγίζει τα 100% για όλα σχεδόν τα στρώματα καθώς υπάρχουν μεγαλύτερου πάχους στρώματα.



Σχήμα 5.3: Απεικόνιση της αναμενόμενης απόδοσης ΚΕ (επίδραση πάχους). Η χρωματική κλίμακα εκφράζει την απόδοση ως ποσοστό % της μέγιστης θεωρητικά επιτεύξιμης.

Στη συνέχεια υπολογίστηκε η απόδοση του ΚΕ λαμβάνοντας υπόψη τα φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά του υλικού. Για την εκτίμηση της αναμενόμενης επίδρασης της φύσης των υλικών στην απόδοση καταρτίστηκε ο πίνακας αντιστοίχισης Εξορυξιμότητα-Απόδοση ΚΕ που δίνεται στον **Πίνακα 5.1**. Η αντιστοίχιση βασίστηκε στην υπάρχουσα εμπειρική γνώση των μηχανικούς εκμετάλλευσης των λιγνιτωρυχείων της ΔΕΗ.

Τέλος η απόδοση του ΚΕ, υπολογίστηκε ως το γινόμενο των επιμέρους αποδόσεων, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση τόσο της φύσης των υλικών όσο και του πάχους των εκσκαπόμενων στρωμάτων. Στα **Σχήματα 5.4** έως **5.7** απεικονίστηκε η αναμενόμενη απόδοση του ΚΕ για το κοίτασμα, τόσο μέσω σύνθετων τομών, όσο και σε κάτοψη (τομή) για τρία υψόμετρα (550m, 600m και 650μ). Παρατηρείται γενικότερα μια μείωση της απόδοσης του ΚΕ όσο αυξάνεται το βάθος του κοιτάσματος. Πιο συγκεκριμένα σε

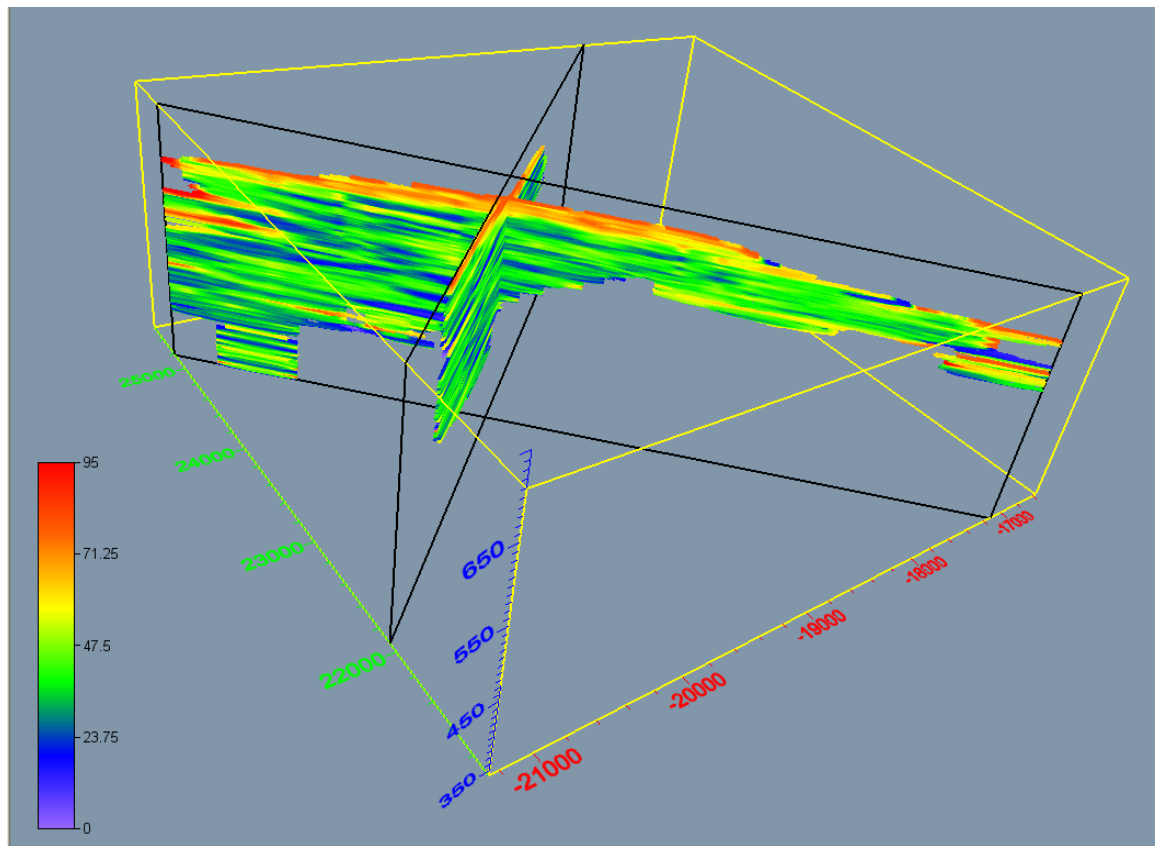
υψόμετρα μεγαλύτερα των 700m (επιφανειακά στρώματα) η απόδοση του εξορυκτικού εξοπλισμού είναι της τάξης του 70-85%. Αυτό οφείλεται όπως αναφέρθηκε και στις προηγούμενες απεικονίσεις, στα μεγάλη ύψη πακέτων αλλά και στην μικρή συγκολλητικότητα και συνοχή των υλικών που τα καθιστούν εύκολα στην εξόρυξη με ΚΕ.

Πίνακας 5.1: Αναμενόμενη απόδοση ΚΕ σύμφωνα με την κλίμακα εξορυξιμότητας των υλικών.

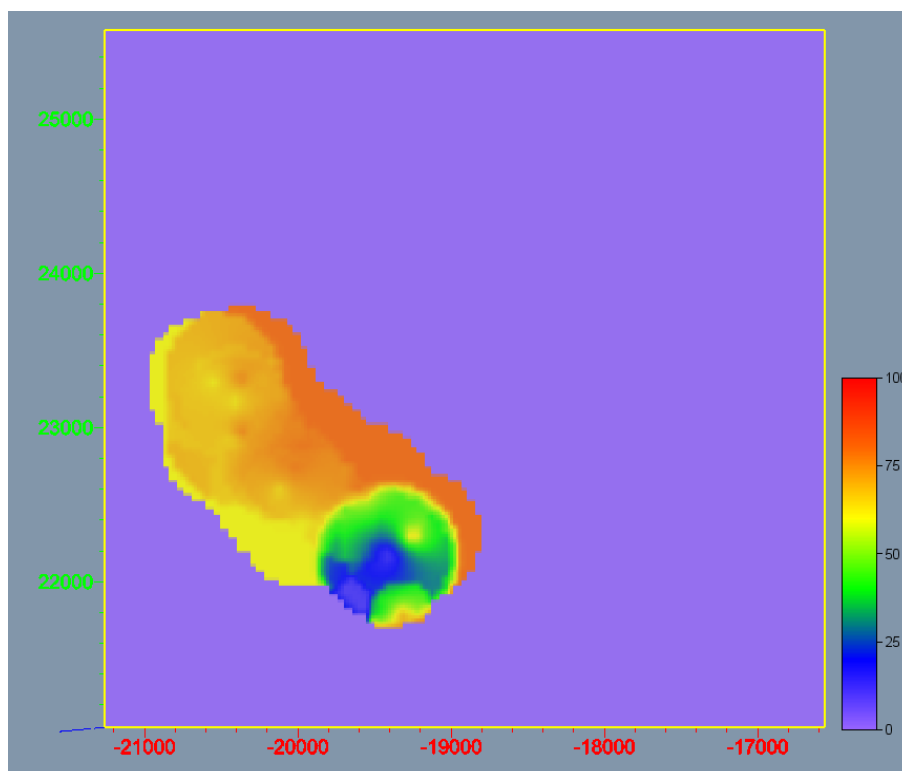
Κλίμακα	Απόδοση ΚΕ % μέγιστης θεωρητικά επιτεύξιμης Εύρος (μέση τιμή)
1	90-100 (95)
2	70-90 (80)
3	50-70 (60)
4	30-50 (40)
5	0-30 (15)

Από τα 700m έως τα 550m η διαφοροποίηση της απόδοσης είναι μεγάλη, καθώς μειώνεται σημαντικά με τη αύξηση του βάθους. Πιο συγκεκριμένα μέχρι τα 600m παρατηρείται μείωση των περιοχών του κοιτάσματος με υψηλή απόδοση (75%-80%) και αύξηση αυτών με μέτρια απόδοση (50%). Από τα 600m έως τα 550m σημειώνεται περαιτέρω μείωση καθώς η απόδοση του ΚΕ λαμβάνει μεσαίες τιμές (40%-50%) σχεδόν σε όλη την έκταση του κοιτάσματος, με την εμφάνιση περιοχών με μικρή απόδοση (20%-25%) όσο αυξάνεται το βάθος.

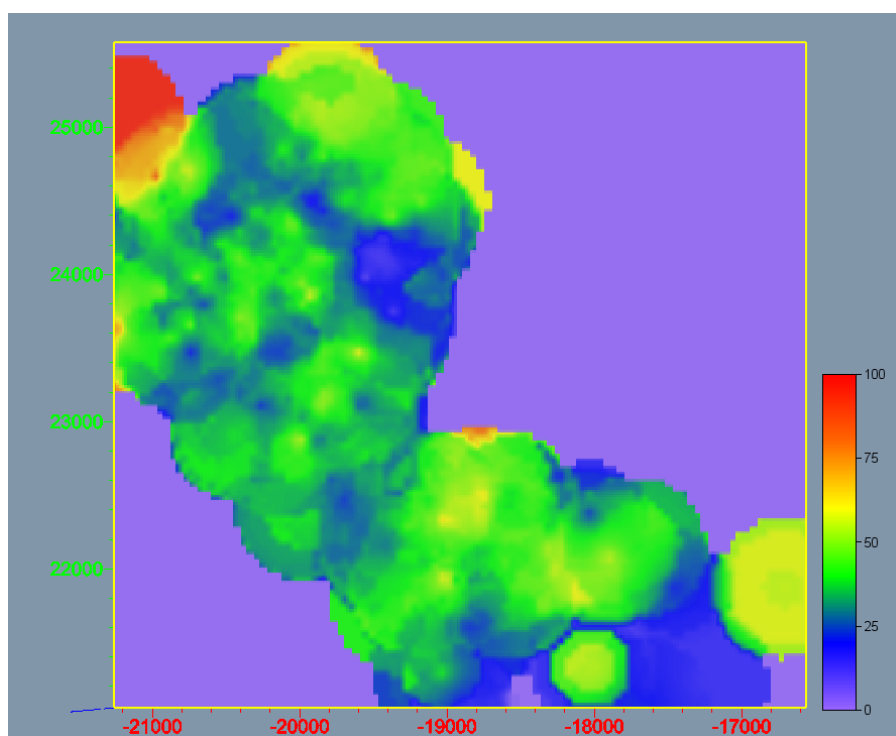
Τέλος, σε υψόμετρα κάτω από 550m η απόδοση ΚΕ μειώνεται σε σχέση με τα ανώτερα, λόγω του συνδυασμού μέτριας ευκολίας εξόρυξης και μικρών πακέτων εκσκαφής. Όπως φαίνεται και στο **Σχήμα 5.7** αυξάνονται οι μπλε περιοχές που αντιπροσωπεύουν αποδόσεις της τάξης του 20-25%.



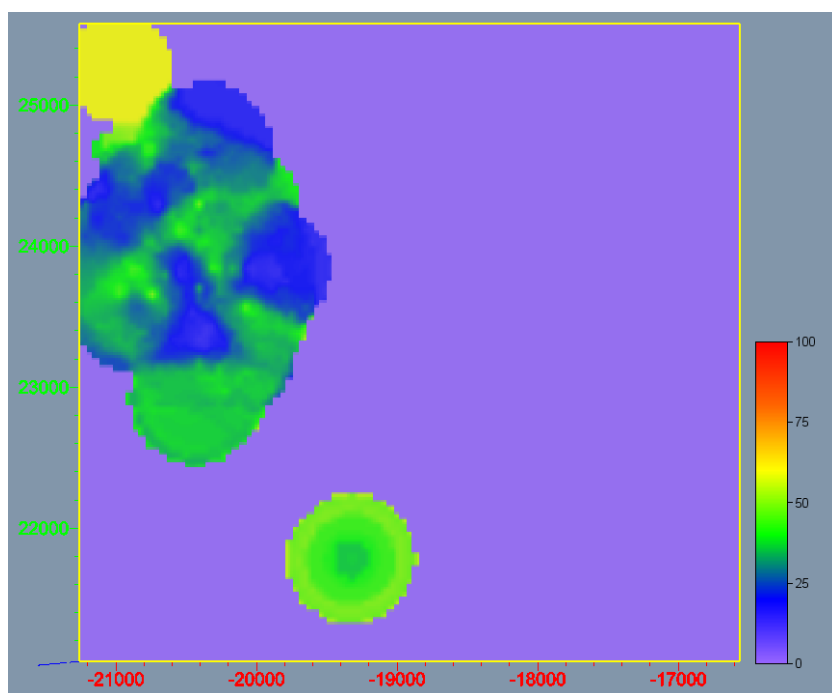
Σχήμα 5.4: Απεικόνιση της αναμενόμενης απόδοσης του ΚΕ λαμβάνοντας υπόψη τόσο τη φύση του εξορυσσόμενου υλικού όσο και το πάχος του εκσκαπτόμενου στρώματος. Η χρωματική κλίμακα εκφράζει την απόδοση ως ποσοστό % της μέγιστης θεωρητικά επιτεύξιμης.



Σχήμα 5.5: Κάτοψη απεικόνισης κοιτάσματος (οριζόντια τομή) ως προς την τελική απόδοση ΚΕ σε υψόμετρο 700m.



Σχήμα 5.6: Κάτοψη απεικόνισης κοιτάσματος (οριζόντια τομή) ως προς την τελική απόδοση ΚΕ σε υψόμετρο 600m.



Σχήμα 5.7: Κάτοψη απεικόνισης κοιτάσματος (οριζόντια τομή) ως προς την τελική απόδοση ΚΕ σε υψόμετρο 550m.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η εφαρμοζόμενη σήμερα μεθοδολογία αξιολόγησης των πολυστρωματικών λιγνιτικών κοιτασμάτων μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη διαδικασίας εκτίμησης της εξορυξιμότητας των επιμέρους στρωμάτων των γεωτρήσεων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ανάπτυξης ενός έμπειρου συστήματος το οποίο εκτιμά ποιοτικά (κατάταξη σε μία πενταβάθμια κλίμακα) την ευκολία εξόρυξης των στρωμάτων, με βάση τις υπάρχουσες αναλυτικές περιγραφές των πυρήνων των γεωτρήσεων και την υπάρχουσα εμπειρική γνώση από την εκμετάλλευση. Λαμβάνοντας υπόψη και τα πάχη των εσκαπτόμενων στρωμάτων το έμπειρο σύστημα εκτιμά επίσης ποιοτικά (ίδια κλίμακα) την αναμενόμενη απόδοση του καδοφόρου εκσκαφέα.

Το αναπτυχθέν έμπειρο σύστημα υλοποιήθηκε σε προγραμματιστικό περιβάλλον Excel και Visual Basic και η όλη διαδικασία υπολογισμών αυτοματοποιήθηκε για κάθε γεώτρηση, περιορίζοντας έτσι σημαντικά την ανάγκη επέμβασης από τον χρήστη και μειώνοντας τον απαιτούμενο χρόνο υπολογισμών.

Το έμπειρο σύστημα εφαρμόστηκε για το υπολογισμό της εξορυξιμότητας και της αναμενόμενης απόδοσης των ΚΕ για το λιγνιτικό κοίτασμα του ορυχείου της Μαυροπηγής. Η μελέτη των πυρήνων των γεωτρήσεων του ορυχείου Μαυροπηγής, που προηγήθηκε της εφαρμογής του έμπειρου συστήματος, έδειξε ότι:

- Οι σχηματισμοί που υπερτερούν, με βάση τη συχνότητα εμφάνισης τους, είναι οι μαργαϊκοί με ποσοστό 37% και ακολουθούν οι λιγνιτικοί με ποσοστό 28%, οι αργιλικοί με ποσοστό 15% και οι αμμούχοι με ποσοστό 4%. Το υπόλοιπο ποσοστό (3%) αποτελείται από άλλα υλικά όπως κροκαλοπαγή, ψαμμίτες κ.α.
- Ο αριθμός, το πάχος αλλά και η ποιότητα τόσο των λιγνιτικών όσο και των στείρων στρωμάτων κατά την εξόρυξη, καθορίζονται άμεσα από γεωμετρικά και φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά, επηρεάζοντας με αυτόν τον τρόπο και την απόδοση των καδοφόρων εκσκαφέων του κοιτάσματος.
- Ο ιστός σχετίζεται άμεσα με την αντίσταση σε κοπή. Ανάλογα με τον ιστό, το πέτρωμα παρουσιάζει διαφορετική αντίσταση. Πιο συγκεκριμένα, για σκληρούς και συμπαγείς ιστούς η αντίσταση κοπής αυξάνεται, ενώ αντίθετα σε ασύνδετους και κατακερματισμένους μειώνεται.

- Η δευτερεύουσα σύσταση σχετίζεται άμεσα με την συγκολλητικότητα του υλικού. Πετρώματα με αργιλούχα π.χ δευτερεύουσα σύσταση, αυξάνει την συγκολλητικότητα του υλικού μειώνοντας την απόδοση του μηχανήματος. Αντιθέτως, πετρώματα με λιγότερα ή και καθόλου συνεκτική δευτερεύουσα σύσταση μειώνουν την συγκολλητικότητα αυξάνοντας την απόδοση.

-

Η εφαρμογή του έμπειρου συστήματος για την εκτίμηση της εξορυξιμότητας των σχηματισμών και της απόδοσης του ΚΕ έδειξε ότι:

- Η απόδοση του εξορυκτικού εξοπλισμού στα επιφανειακά στρώματα του κοιτάσματος (υψόμετρο πάνω από 700m) είναι υψηλή και πιο συγκεκριμένα της τάξης του 70-85%. Αυτό οφείλεται στα μεγάλη ύψη πακέτων αλλά και στην μικρή συγκολλητικότητα των υλικών που αυξάνουν την ευκολία εξόρυξης.

- Σε υψόμετρα μεταξύ των 700m και 550m αναμένεται μέτρια απόδοση ΚΕ. Αυτό οφείλεται στον συνδυασμό υψηλών τιμών αντίστασης κοπής (επικράτηση συμπαγών ιστών) και συγκολλητικότητας των υλικών.

- Σε υψόμετρα κάτω από 550m η απόδοση ΚΕ εκτιμάται ότι θα μειωθεί σε σχέση με τα ανώτερα, λόγω του συνδυασμού μέτριας ευκολίας εξόρυξης και μικρού ύψους πακέτων εκσκαφής.

- Σχηματισμοί που δεν μπορούν να εξορυχθούν με ΚΕ εντοπίστηκαν στα περιθώρια του κοιτάσματος.

Με βάση τα παραπάνω είναι φανερό ότι η πλήρης αξιοποίηση όλων των στοιχείων των γεωτρήσεων στη φάση της αξιολόγησης καθώς και η ανάπτυξη διαδικασιών εξαγωγής μεταδεδομένων (όπως η εξορυξιμότητα και η απόδοση των ΚΕ) είναι ιδιαίτερα χρήσιμη και σημαντική αφού μπορεί συμβάλλει στη σωστή επιλογή και λειτουργία του εξορυκτικού εξοπλισμού και στον καλύτερο προγραμματισμό της παραγωγής.

Ως προέκταση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας προτείνεται η διερεύνηση της επίδρασης περισσότερων χαρακτηριστικών του υλικού και ενσωμάτωση τους στο λογισμικό εκτίμησης της εξορυξιμότητας. Επίσης εκτός της εξορυξιμότητας μπορούν να αναπτυχθούν διαδικασίες για εκτίμηση και άλλων παραμέτρων εκμετάλλευσης καθώς και ποιοτικών στοιχείων για τον λιγνίτη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Αναστόπουλος, Ι., Κούκουζας, Κ. (1972). Γεωλογική και κοιτασματολογική μελέτη νοτίου τμήματος λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδος, Γεωλογική και γεωφυσική μελέτη του Ινστιτούτου Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους, τόμος XIV, Νο 1, Αθήνα.
- 2) Γαλετάκης, Μ. (1996). Προσδιορισμός της ποιότητας λιγνίτη που εξορύσσεται με τη συνεχή μέθοδο εκμετάλλευσης από πολυστρωματικά κοιτάσματα (Διδακτορική διατριβή), Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 263 σελ.
- 3) Γαλετάκης, Μ., Παπανικολάου, Κ. (2004). Ανάπτυξη μεθόδου του υπολογισμού της επίδρασης των ενδιαμέσων αγόνων στρωμάτων στην ποιότητα του λιγνίτη που εξορύσσεται από πολυστρωματικά κοιτάσματα, 10^ο διεθνές συνέδριο, σελ. 274-282.
- 4) Γαλετάκης, Μ., Παυλουδάκης, Φ., και Ρούμπος, Χ. (2009). Μεθοδολογία καθορισμού του απολήψιμου λιγνίτη, κατά την εξόρυξή του με καδοφόρους εκσκαφείς, με στόχο τη βέλτιστη αξιοποίηση του κοιτάσματος, Τιμητικός τόμος στη μνήμη του Καθηγητή Κωνσταντίνου Καβουρίδη, σελ. 43-56.
- 5) Καραμαλίκης, Ν. (1992). Μοντελοποίηση λιγνιτικών κοιτασμάτων με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Ορυκτός πλούτος, 76, 39-50.
- 6) Κολοβός, Χ.Ι. (2000). Εξόρυξη του λιγνιτικού κοιτάσματος Μαυροπηγής με καδοφόρους εκσκαφείς, 3ο συνέδριο ορυκτού πλούτου, Τ.Ε.Ε., σελ. 548 -551.
- 7) Κολοβός, Χ.Ι. (2004). Λειτουργία των Καδοφόρων Εκσκαφών του Ορυχείου Βορείου Πεδίου στη 15ετία 1984-1998, Αρχείο Δ.Ε.Η.
- 8) Μυλωνάκη, Α. (2006). Διάτρηση σηράγγων: τύποι εδαφών / τύποι μηχανών, Διπλωματική εργασία, Τμήμα Φυσικών Πόρων Και Περιβάλλοντος, Χανιά, σελ. 137.
- 9) Παναγιώτου, Γ. (1989). Παράμετροι που επηρεάζουν την εξορυξιμότητα των πετρωμάτων με καδοφόρο εκσκαφέα (Διδακτορική διατριβή), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 106 σελ.
- 10) Ρούμπος, Χ. (2009), Τεχνική περιγραφή εκμετάλλευσης ορυχείων Πτολεμαΐδας, Έκθεση ΔΕΗ Α.Ε.
- 11) Στειακάκης, Μ. (2003). Συμπεριφορά ανοικτών εκσκαφών μεγάλου βάθους έρευνα γεωτεχνικών παραμέτρων και κινητικότητας εδαφών στο λιγνιτικό πεδίο Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου (Διδακτορική διατριβή), Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- 12) Τσουτρέλης, Χ. (1985). "Στοιχεία Μηχανικής των Πετρωμάτων", Μέρος 1, Αθήνα.

ΔΙΕΘΝΗΣ

- 13) Alekseeva, T.V., Artem'ev, K.A., Bromberg, A.A., Voitekhovskii, R.I., Ul'yanov, N.A. (1986). "Machines for Earthmoving Work", A.A. Balkema, Rotterdam.
- 14) Brown, E.T. ed. (1981). "Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods", Pergamon Press, Oxford'.
- 15) Dey, K. and Ghose, A. K. (2008). Predicting "cuttability" with surface miners – A rockmass classification approach, Indian School of Mines University, Dhanbad, Volome 56, Issue 5-6, pp. 85-91.
- 16) Evans, I., Pomeroy CD. (1973). "The Strength, Fracture and Workability of Coal", MRDE, NCB, Burton-on-Trent, UK.
- 17) Himmel, W. (1963). "Der Spezifische Grabwiderstand in Abhängigkeit von der Spanfläche und der Spanform bei Verschiedenen Bodenarten" Freiburger Forschungshefte, A265, pp.5-37.
- 18) Isrm (1985). "Suggested method for determining point load strength", Int Journal Rock Mech Min Sci & Geomech Abstr, Vol 22, No 2, pp.51-60.
- 19) Ladányi, G. and Sümegi, I. (2006). Some issues of the technological design of bucketwheel excavators, International Journal of Mining, Reclamation and Environment, pp. 63-72.
- 20) McFeat-Smith, I. (1977). "Rock Property Testing for the Assessment of Tunnelling Machine Performance", Tunnels & Tunnelling, March, pp.29-33.
- 21) Merchant, E. (1944). "Basic Mechanics of the Metal-Cutting Process", Journal of Applied Mechanics, Vol 11, Sept ,pp 168-175.
- 22) Nishimatsu, Y. (1972) "The Mechanics of Rock Cutting", Int Journal Reck Mech Min Sci, Vol 9, pp.261-270.
- 23) O'Regan, G., Davies, A.L., Ellery, B.I.(1987) "Correlation of Bucket Wheel Performance with Geotechnical Properties of Overburden at Goonyella Mine, Australia", Continuous Surface Mining, Trans Tech Publications, pp.381-396.
- 24) Orenstein & Koppel (1985). "Soil Testing Equipment, Operating Instructions", Ref No 834, pp. 601-12.
- 25) Rasper, L., Rittner, H. (1961). "Der Aufschluss des Braunkohlentagebaues der Neyveli Lignite Corporation und Erfahrungen mit Schaufelrädern in Hartem Abraum", Braunkohle, Heft 10, Okt. pp.390-400.
- 26) Richards D.P. (1979). "Discussion : Estimating the Cohesive Strength of Radomly Jointed Rock Masses", Mining Engineering, Nov, pp.1615-1616.
- 27) Roxborough, F.F. (1973). "Cutting Rock with Picks", The Mining Engineer, June, pp.445-455.
- 28) Saunders, B.J., Ellery, B.I. (1981) "Assessment of Ground Conditions for Pre-Stripping with Bucket Wheel Excavator", Proc. Symposium on Strip Mining - 45 m and Beyond Aus. IMM, pp.57-68.

29) Stimpson, B., Ross-Brown, D.M. (1979). "Estimating the Cohesive Strength of Randomly Jointed Rock Masses", Mining Engineering, Feb, pp.182-188.

30) Wade, N.H., Ogilvie, G.M., Krzanowski, R.M. (1987). "Assessment of BWE Diggability from Geotechnical Geological and Geophysical Parameters", Continuous Surface Mining, Trans Tech Publications, pp.375-380.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

31) www.investingreece.gov.gr

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κώδικας λογισμικού σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic

```
Sub Categorize(SVState, TVState, AState As Boolean)
Dim Material, S, T, valx1, valy1, valx2, valy2 As String
Dim crow, mat, SF, TF, line, lineS, lineE, axiol As Integer
Dim element, x, y As Variant
Dim axiols(), AxioLE() As Long
Dim AxS As Range
```

```
Application.ScreenUpdating = False
Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων").Activate
```

```
Range("Z3").Select
line = 0
Do Until Is Empty(ActiveCell)
line = line + 1
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
ReDim axiols(1 To line)
ReDim AxioLE(1 To line)
```

```
Range("D3").Select
line = 1
lineS = 1
lineE = 1
Do Until IsEmpty(ActiveCell)
```

```
crow = ActiveCell.Row
```

```
S = ActiveCell.Offset(0, 5).Value + ActiveCell.Offset(0, 7).Value
T = ActiveCell.Offset(0, 13).Value + ActiveCell.Offset(0, 14).Value
```

```
Select Case Material
Case "MR"
mat = 1
Case "AL"
mat = 2
Case "CO"
mat = 3
```

Case "SN"

mat = 4

Case Else

mat = 0

End Select

If SVState = True Or TVState = True Then

If mat > 0 Then

SF = Scat(S, mat)

TF = Tcat(T, mat)

If SVState = True Then

If SF > 0 Then

Sheet1.Cells(crow, 23) = SF

Sheet1.Cells(crow, 23).Font.ColorIndex = 1

Elseif SF = -1 Then

Sheet1.Cells(crow, 23) = S

Sheet1.Cells(crow, 23).Font.ColorIndex = 3

Else

If mat = 1 Then

Sheet1.Cells(crow, 23) = 3

Elseif mat = 2 Then

Sheet1.Cells(crow, 23) = 5

Elseif mat = 3 Then

Sheet1.Cells(crow, 23) = 3

Elseif mat = 4 Then

Sheet1.Cells(crow, 23) = 1

Else

Sheet1.Cells(crow, 23) = ""

Sheet1.Cells(crow, 23).Font.ColorIndex = 21

End If

End If

End If

If TVState = True Then

If TF > 0 Then

Sheet1.Cells(crow, 22) = TF

Sheet1.Cells(crow, 22).Font.ColorIndex = 1

Elseif TF = -1 Then

Sheet1.Cells(crow, 22) = T

```

        Sheet1.Cells(crow, 22).Font.ColorIndex = 3
    Else
        If mat = 1 Then
            Sheet1.Cells(crow, 22) = 3
        ElseIf mat = 2 Then
            Sheet1.Cells(crow, 22) = 5
        ElseIf mat = 3 Then
            Sheet1.Cells(crow, 22) = 3
        ElseIf mat = 4 Then
            Sheet1.Cells(crow, 22) = 1
        Else
            Sheet1.Cells(crow, 22) = ""
            Sheet1.Cells(crow, 22).Font.ColorIndex = 21
        End If
    End If
End If
Call Ε&Α&Ο&Ι&Θ&Ń&Ά&Β&Α&ò.Charter(mat, SF, TF)
Else
    Sheet1.Cells(crow, 22) = "1"
    Sheet1.Cells(crow, 23) = "1"
End If
End If

If AState = True Then
    Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 10) = (Sheets("δεδομένα
γεωτρήσεων").Cells(ActiveCell.Row, 3) - Sheets("δεδομενα
γεωτρήσεων").Cells(ActiveCell.Row, 2)) / Sheets("Lists").Cells(1, 11)
    x = Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 10)
    If x <= 0.5 Then
        Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 11) = 1.5 * (x / 0.5) - 0.5 * ((x / 0.5) ^ 3)
    Else
        Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 11) = 1
    End If
    Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 14) = Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row,
11)
    Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 13) = Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row,
10)
    Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(ActiveCell.Row, 24) = "=Lists!$K$" &
ActiveCell.Row
End If

```

```

    If AState = True And Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(ActiveCell.Row, 26) <>
"" Then
    Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 17) = (Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων
").Cells(ActiveCell.Row, 27) - Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(ActiveCell.Row,
26)) / Sheets("Lists").Cells(1, 11)
    y = Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 17)
    If y <= 0.5 Then
        Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 18) = 1.5 * (y / 0.5) - 0.5 * ((y / 0.5) ^ 3)
    Else
        Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 18) = 1
    End If
    Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 20) = Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row,
18)
    Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 19) = Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row,
17)
    Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(ActiveCell.Row, 31) = "=Lists!$R$" &
ActiveCell.Row
    End If
    If Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(lineE + 2, 27) = Sheets("δεδομένα
γεωτρήσεων ").Cells(ActiveCell.Row, 3) Then
        AxioLE(lineE) = ActiveCell.Row
        'Debug.Print AxioL(Line)
        'Debug.Print Line
        lineE = lineE + 1
    End If
    If Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(lineS + 2, 26) = Sheets("δεδομένα
γεωτρήσεων ι").Cells(ActiveCell.Row, 2) Then
        axioLS(lineS) = ActiveCell.Row
        'Debug.Print AxioL(Line)
        'Debug.Print Line
        lineS = lineS + 1
    End If

    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
line = 1

If SVState = True Or TVState = True Then
    For Each element In AxioLE()
        axiol = Application.Match(element, AxioLE, 0)

```

```

If element > 0 And element = AxiolE(1) Then
    If TVState = True Then
        Sheets("ΆάάήΎία Άάûðñóáû").Cells(line + 2, 29) =
Application.WorksheetFunction.Average(Range("V3:V" & element))
    End If
    If SVState = True Then
        Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 30) =
Application.WorksheetFunction.Average(Range("W3:W" & element))
    End If
    ElseIf element > 0 And element > AxiolE(1) Then
        If TVState = True Then
            If AxiolE(axiol) > axiols(axiol) Then
                If Application.WorksheetFunction.sum(Range("V" & axiols(axiol) & ":V" &
AxiolE(axiol))) > 0 Then
                    Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 29) =
Application.WorksheetFunction.Average(Range("V" & axiols(axiol) & ":V" &
AxiolE(axiol)))
                Else
                    Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 29) = 0
                End If
            Else
                If Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Range("V" & element) <> 0 Then
                    Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 29) = Sheets("ΆάάήΎία
Άάûðñóáû").Cells(element, 22)
                Else
                    Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 29) = 0
                End If
            End If
        End If
        If SVState = True Then
            If AxiolE(axiol) > axiols(axiol) Then
                If Application.WorksheetFunction.sum(Range("W" & axiols(axiol) & ":W"
& AxiolE(axiol))) > 0 Then
                    Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 30) =
Application.WorksheetFunction.Average(Range("W" & axiols(axiol) & ":W" &
AxiolE(axiol)))
                Else
                    Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 30) = 0
                End If
            Else
                End If
            End If
        End If
    End If

```



```

        If Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Range("W" & element) <> 0 Then
            Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 30) = Sheets("ΆάάϊΐΎΐά
            Άάϋδῆρῶάϋί").Cells(element, 23)
        Else
            Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 30) = 0
        End If
    End If
End If
End If
End If
    If Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 29) = 5 And
    (Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 27) - Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων
    ").Cells(line + 2, 26)) >= 20 Then
        Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 32) = "Ἰρ Ἀῖῖῖῖῖῖ!"
        Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 32).Font.ColorIndex = 3
    Else
        x = Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 29)
        y = Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 30)
        If IsNumeric(x) And IsNumeric(y) Then
            Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 32) = (x + y) / 2
        ElseIf IsNumeric(x) Then
            Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 32) = x
        ElseIf IsNumeric(y) Then
            Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 32) = y
        Else
            Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων ").Cells(line + 2, 32) = ", δεδομένα
γεωτρήσεων "
        End If
    End If
    line = line + 1
Next element
End If

If AState = True Then

    valx1 = "=Lists!$M$3:$M$" &
ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Range("M2").End(xlDown).Row
    valy1 = "=Lists!$N$3:$N$" &
ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Range("N2").End(xlDown).Row
    Sheets("διαγράμματα").Activate
    Range("M2:N2").Select

```

```

Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Sort.SortFields.Add Key:=Range( _
    "M3:M" &
ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Range("M2").End(xlDown).Row),
SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:= _
    xlSortNormal
ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Sort.SortFields.Add Key:=Range( _
    "N3:N2" &
ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Range("N2").End(xlDown).Row),
SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:= _
    xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Sort
    .SetRange Range("M2:N" &
ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Range("N2").End(xlDown).Row)
    .Header = xlYes
    .MatchCase = False
    .Orientation = xlTopToBottom
    .SortMethod = xlPinYin
    .Apply
End With
valx2 = "=Lists!$$$3:$$$" &
ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Range("S2").End(xlDown).Row
valy2 = "=Lists!$T$3:$T$" &
ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Range("T2").End(xlDown).Row
Worksheets("διαγράμματα ").Activate
Range("S2:T2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Sort.SortFields.Add Key:=Range( _
    "S3:S" & ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Range("S2").End(xlDown).Row),
SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:= _
    xlSortNormal
ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Sort.SortFields.Add Key:=Range( _
    "T3:T" & ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Range("T2").End(xlDown).Row),
SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:= _
    xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Sort

```

```

        .SetRange Range("S2:T" &
ActiveWorkbook.Worksheets("Lists").Range("T2").End(xlDown).Row)
        .Header = xlYes
        .MatchCase = False
        .Orientation = xlTopToBottom
        .SortMethod = xlPinYin
        .Apply
    End With
'Charting
    Sheets("διαγράμματα ").Activate
    Sheets("διαγράμματα ").ChartObjects("Chart 4").Activate
    ActiveChart.SeriesCollection(1).XValues = valx1
    ActiveChart.SeriesCollection(1).Values = valy1
    Sheets("διαγράμματα ").ChartObjects("Chart 5").Activate
    ActiveChart.SeriesCollection(1).XValues = valx2
    ActiveChart.SeriesCollection(1).Values = valy2
    Sheets("διαγράμματα ").Activate
    Range("D3").Select
    Sheets("διαγράμματα ").Cells(2, 24) = " διαγράμματα: " & Sheets("Lists").Cells(1,
11).Value & " cm"
    Sheets("διαγράμματα ").Cells(2, 31) = " διαγράμματα: " & Sheets("Lists").Cells(1,
11).Value & " cm"
    End If
    Application.ScreenUpdating = True
End Sub 'Main

Sub Charter(mat As Variant, SF As Variant, TF As Variant)
    Dim i, j As Integer
    If SF >= 1 And SF <= 5 Then
        Sheets("Lists").Cells(2 * mat + 1, 2 + SF).Value = Sheets("Lists").Cells(2 * mat + 1, 2
+ SF) + 1
    End If
    If TF >= 1 And TF <= 5 Then
        Sheets("Lists").Cells(2 * mat, 2 + TF).Value = Sheets("Lists").Cells(2 * mat, 2 + TF) +
1
    End If
    Sheets("Lists").Cells(2 * mat, 8).Value = Sheets("Lists").Cells(2 * mat, 8) + 1
End Sub 'Charter

Sub Reset()

```

```

Dim crow, i, j As Integer
Application.ScreenUpdating = False
Sheets("δεδομένα γεωτρήσεων").Activate
Range("D3").Select
Do Until IsEmpty(ActiveCell)
    crow = ActiveCell.Row
    Sheet1.Cells(crow, 22).Value = vbNullString
    Sheet1.Cells(crow, 23).Value = vbNullString
    Sheet1.Cells(crow, 22).Font.ColorIndex = 1
    Sheet1.Cells(crow, 23).Font.ColorIndex = 1
    Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 10) = "
    Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 11) = "
    Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 13) = "
    Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 14) = ""
    Sheets("Ãäãïÿíá Ãäùðñþóäùí").Cells(ActiveCell.Row, 24) = "
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
Range("Z3").Select
Do Until IsEmpty(ActiveCell)
    crow = ActiveCell.Row
    Sheet1.Cells(crow, 29).Value = vbNullString
    Sheet1.Cells(crow, 30).Value = vbNullString
    Sheet1.Cells(crow, 31).Value = vbNullString
    Sheet1.Cells(crow, 32).Value = vbNullString
    Sheet1.Cells(crow, 32).Font.ColorIndex = 1
    Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 17) = "
    Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 18) = "
    Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 19) = "
    Sheets("Lists").Cells(ActiveCell.Row, 20) = "
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Loop
For i = 2 To 9
    For j = 3 To 8
        Sheets("Lists").Cells(i, j).Value = 0
    Next j
Next i
Range("D3").Select
Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

Function Tcat(Tval As Variant, mat As Variant) As Variant

Dim Rng, WR As Range

If Tval = 0 Then

 Tcat = -2

Else

 Select Case mat

 Case 1

 Set WR = Sheets("παράμετροι").Range("C25:AZ29")

 Case 2

 Set WR = Sheets("παράμετροι ").Range("C30:AZ34")

 Case 3

 Set WR = Sheets("παράμετροι ").Range("C35:AZ39")

 Case 4

 Set WR = Sheets("παράμετροι ").Range("C40:AZ44")

 End Select

 If WorksheetFunction.CountIf(WR, Tval) > 0 Then

 Rng = WR.Find(What:=Tval, LookAt:=xlWhole, LookIn:=xlValues).Row

 Else

 Tcat = -1

 End If

End If

End Function 'Tcat

Function Scat(Sval As Variant, mat As Variant) As Integer

Dim Rng, WR As Range

If Sval = 0 Then

 Scat = -2

Else

 Select Case mat

 Case 1

 Set WR = Sheets(3).Range("C3:AZ7")

 Case 2

 Set WR = Sheets(3).Range("C8:AZ12")

 Case 3

 Set WR = Sheet3.Range("C13:AZ17")

```
Case 4
    Set WR = Sheet3.Range("C18:AZ22")
End Select
If WorksheetFunction.CountIf(WR, Sval) > 0 Then
    Scat = Sheet3.Cells(Rng, 2).Value
Else
    Scat = -1
End If
End If
End Function 'Scat
```