

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

Ανάλυση συνδυασμένης λειτουργίας καδοφόρου εκσκαφέα και ντιζελοκί-
νητου εξοπλισμού στο ορυχείο του Νοτίου Πεδίου

Διπλωματική εργασία

Ιωάννης Θ. Χωροπανίτης

Εξεταστική επιτροπή

Ζαχαρίας Αγιουτάντης, Καθηγητής (επιβλέπων)

Κωνσταντίνος Καβουρίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Διονύσιος Χριστόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Χανιά

Μάρτιος, 2006

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μία προσέγγιση στην παρακολούθηση των συνθηκών λειτουργίας του βαρύ ντιζελοκίνητου εξοπλισμού και τη συνεργασία του με τον πάγιο εξοπλισμό για την αντιμετώπιση της εξόρυξης και διακίνησης των σκληρών σχηματισμών στο ορυχείο του Νοτίου Πεδίου στη λιγνιτοφόρο λεκάνη της Πτολεμαΐδας.

Αρχικά περιγράφεται ο ντιζελοκίνητος εξοπλισμός του τομέα διακίνησης σκληρών σχηματισμών και παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τη διαθεσιμότητα, την παραγωγή και την κατανάλωση καυσίμων του παραπάνω εξοπλισμού. Έπειτα παρουσιάζεται το σύστημα εξόρυξης – φόρτωσης – μεταφοράς – απόθεσης των σκληρών υλικών από υδραυλικό εκσκαφέα μετωπικού κάδου και χωματουργικά αυτοκίνητα. Ακολουθεί η ανάλυση των χαρακτηριστικών των παραπάνω μονάδων και παρουσιάζεται η λειτουργική ανάλυση του παραπάνω συστήματος μέσα από χρονομετρήσεις. Αντίστοιχα παρουσιάζεται και η μεταλλευτική δραστηριότητα με την παράθεση στοιχείων σχετικά με τους χρόνους κύκλου εργασίας. Η εστίαση γίνεται στο νέο ντιζελοκίνητο εξοπλισμό δηλαδή στα χωματουργικά οχήματα Euclid – Hitachi EH 3500 192 ton και στον υδραυλικό εκσκαφέα μετωπικού κάδου Terex O&K RH 170. Ακολουθεί στατιστική ανάλυση των επιμέρους χρόνων εργασίας των οχημάτων καθώς και εντοπισμός των δυσκολότερων διαδρομών κατά το στάδιο της μεταφοράς. Στη συνέχεια αναλύεται ποιοτικά ο συνδυασμός του παραπάνω εξοπλισμού με τον πάγιο εξοπλισμό του ορυχείου, ανάλογα με τις γεωλογικές εμφανίσεις των σκληρών και μαλακών σχηματισμών.

Πρόλογος

Η διπλωματική εργασία αφορά τη συνδυασμένη λειτουργία του πάγιου εξοπλισμού με το ντιζελοκίνητο εξοπλισμό για την αντιμετώπιση της εξόρυξης των υπερκείμενων σχηματισμών στο ορυχείο του Νοτίου Πεδίου. Η εργασία βασίσθηκε σε στοιχεία και πληροφορίες που προέρχονται από τους αντίστοιχους τομείς του ορυχείου.

Η επιτυχής ολοκλήρωση της εργασίας οφείλεται στην αποτελεσματική συνεργασία μου με το Καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Αγιουτάντη Ζαχαρία τον οποίο ευχαριστώ θερμά για την πολύτιμη βοήθειά του.

Επίσης ήθελα να ευχαριστήσω τον Τομεάρχη του Τομέα Διακίνησης Σκληρών Σχηματισμών κ. Μποζίνη Στέργιο καθώς και τον κ. Τριανταφύλλου Μιλτιάδη, Μηχανικό του τομέα για τη συνεργασία τους και τη βοήθειά τους κατά την περίοδο που παρευρισκόμουν στο ορυχείο για τη συλλογή των πληροφοριών και μετρήσεων που έπρεπε να πραγματοποιήσω για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Τέλος ευχαριστώ θερμά την οικογένεια μου και την κ. Αντωνιάδου Βαλεντίνη για τη συμπαράστασή τους κατά τη διάρκεια ολοκλήρωσης της διπλωματικής μου εργασίας.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	ii
Πρόλογος.....	iii
1. Εισαγωγή.....	1
2. Γενικά στοιχεία για το λιγνιτικό κέντρο δυτικής Μακεδονίας.....	4
2.1 Η εκμετάλλευση του λιγνίτη στη λεκάνη Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου.....	4
2.2 Σύντομη περιγραφή των μεθόδων εκμετάλλευσης.....	6
2.2.1 Μέθοδος συνεχούς λειτουργίας (Γερμανική μέθοδος).....	6
2.2.2 Μέθοδος ασυνεχούς λειτουργίας (Αμερικάνικη μέθοδος).....	7
2.3 Γενική παρουσίαση του ορυχείου του Νότιου πεδίου.....	8
3. Γεωλογία της λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδας.....	11
3.1 Κοιτασματολογικά στοιχεία.....	11
3.1.1 Γεωλογική περιγραφή της λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδας–Αμυνταίου..	12
3.1.2 Γεωλογική περιγραφή των υπερκείμενων σκληρών σχηματισμών του ορυχείου του Νότιου Πεδίου.....	15
3.2 Συνέπειες των σκληρών υπερκείμενων σχηματισμών στην εκμετάλλευση του Νότιου Πεδίου.....	20
4. Ορυχείο Νοτίου Πεδίου.....	22
4.1 Ιστορικά.....	22
4.2 Εξοπλισμός του ορυχείου Νοτίου Πεδίου.....	23
4.2.1 Πάγιος εξοπλισμός.....	23
4.2.2 Συμβατικός ντιζελοκίνητος εξοπλισμός.....	27
4.3 Στοιχεία εκσκαφών και παραγωγής ανά τομή για τα έτη 2003–2004.....	44
4.4 Στοιχεία για την κατανάλωση καυσίμων του παραγωγικού ντιζελοκίνητου εξοπλισμού.....	59
5. Χρόνοι λειτουργίας.....	68
5.1 Εισαγωγή.....	68
5.2 Διαθεσιμότητα.....	68
5.3 Χρόνος κύκλου εργασίας.....	71
5.4 Χωματουργικά αυτοκίνητα.....	72
5.4.1 Θεωρητικό και πραγματικό φορτίο.....	73
5.4.2 Βελτίωση της απόδοσης του χωματουργικού αυτοκινήτου.....	74

5.5 Χρόνος κύκλου εργασίας χωματουργικού αυτοκινήτου.....	75
5.5.1 Στάθμευση και φόρτωση χωματουργικού αυτοκινήτου.....	76
5.5.2 Χρόνος μετακίνησης.....	77
5.5.3 Χρόνος για ελιγμό και εκκένωση του κάδου χωματουργικού αυτοκινήτου...77	
5.5.4 Χρόνος αναμονής.....	77
5.5.5 Χρόνοι καθυστερήσεων.....	78
5.5.6 Συνολικός χρόνος κύκλου εργασίας χωματουργικού αυτοκινήτου.....	79
5.6 Υδραυλικό πτύο μετωπικού κάδου.....	79
5.7 Χρόνος κύκλου εργασίας και παραγωγή υδραυλικού πτύου μετωπικού κάδου...81	
5.7.1 Χρόνος κύκλου εργασία υδραυλικού πτύου μετωπικού κάδου.....	81
5.7.2 Παραγωγή υδραυλικού πτύου μετωπικού κάδου.....	82
6. Λειτουργική ανάλυση συστήματος υδραυλικού πτύου μετωπικού κάδου – χωμα- τουργικών αυτοκινήτων.....	86
6.1 Χρονομετρήσεις συστήματος υδραυλικού πτύου μετωπικού κάδου- χωματουργικού αυτοκινήτου.....	86
6.2 Στατιστική ανάλυση χρόνων λειτουργίας του χωματουργικού οχήματος Hitachi 192 ton.....	97
6.2.1 Χρόνοι αναμονής.....	98
6.2.2 Χρόνοι σταματημένου οχήματος με πληρωμένο κάδο.....	102
6.2.3 Χρόνοι εκκένωσης.....	106
6.2.4 Χρόνοι φόρτωσης.....	110
6.2.5 Χρόνοι μετακίνησης χωματουργικού οχήματος με πληρωμένο κάδο.....	114
6.2.6 Χρόνοι μετακίνησης οχήματος με κενό κάδο.....	118
7. Συνδυασμένη λειτουργία του πάγιου και του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού για την εξόρυξη των σκληρών σχηματισμών.....	122
7.1 Γενικά.....	122
7.2 Τρόποι αντιμετώπισης των σκληρών σχηματισμών συναρτήσει των εναλλαγών τους με τους μαλακούς σχηματισμούς.....	124
7.2.1 Εμφάνιση σκληρών σχηματισμών μεγάλου μεγέθους ανάμεσα σε μαλακούς σχηματισμούς.....	124
7.2.2 Απότομη μετάβαση από μαλακούς σε σκληρούς σχηματισμούς.....	126
7.2.3 Σκληροί σχηματισμοί ανάμεσα σε μαλακούς.....	127
7.2.4 Σκληροί σχηματισμοί σε μορφή φακών.....	128
7.2.5 Μαλακοί σχηματισμοί πάνω σε σκληρούς σχηματισμούς μικρής έκτασης...130	

7.2.6 Μαλακοί σχηματισμοί πάνω σε σκληρούς μεγάλης έκτασης.....	131
7.2.7 Έντονη εναλλαγή στρώσεων σκληρών και μαλακών σχηματισμών.....	132
8. Συμπεράσματα και προτάσεις.....	136
8.1 Συμπεράσματα.....	136
8.2 Προτάσεις.....	138
Βιβλιογραφία και αναφορές.....	140
Παράρτημα.....	143

1. Εισαγωγή

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η προσέγγιση στην παρακολούθηση και καταγραφή των συνθηκών λειτουργίας του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού και η συνεργασία του με τον πάγιο εξοπλισμό για την αντιμετώπιση των σκληρών σχηματισμών στις υπερκείμενες τομές του ορυχείου του Νοτίου Πεδίου.

Το Νότιο Πεδίο είναι το μεγαλύτερο λιγνιτοφόρο πεδίο πανελλαδικά και καλύπτει το μισό περίπου των συνολικών αποθεμάτων της λεκάνης Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου.

Οι διαρκώς αυξανόμενες απαιτήσεις για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθιστούν απαραίτητη την αύξηση παραγωγής λιγνίτη. Αυτό προϋποθέτει αύξηση των ρυθμών διακίνησης των υπερκείμενων μαζών. Στο Νότιο Πεδίο συναντώνται δυσκολίες στην επίτευξη αυτού του στόχου λόγω της ύπαρξης σκληρών σχηματισμών στις υπερκείμενες τομές. Οι σχηματισμοί αυτοί δημιουργούν πρόβλημα στην εξόρυξη διότι δεν είναι εύκολη η εκσκαφή τους από τον πάγιο εξοπλισμό. Επιπλέον, οι σκληροί σχηματισμοί κατανέμονται ακανόνιστα στις τομές με αποτέλεσμα το πρόβλημα να γίνεται πιο έντονο και για τη λύση του να χρειάζεται ειδικός συνδυασμός των εξοπλισμών.

Για την αντιμετώπιση των σκληρών υλικών χρησιμοποιείται μεγάλου μεγέθους ντιζελοκίνητος εξοπλισμός ασυνεχούς λειτουργίας, ενώ πολλές φορές απαιτείται προχαλάρωση των σχηματισμών αυτών με τη βοήθεια εκρηκτικών υλών, με στόχο την αποδοτικότερη λειτουργία του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού. Ο εξοπλισμός αυτός επιλέγεται βάσει των φυσικών ιδιοτήτων των πετρωμάτων όπως είναι η σκληρότητα, η συνεκτικότητα κλπ. Όπως αναφέρθηκε ο εξοπλισμός αυτός λειτουργεί ασυνεχώς και η αποδοτικότητά του σε σχέση με τον πάγιο εξοπλισμό είναι μειωμένη, ενώ έχει υψηλότερο λειτουργικό κόστος.

Σε κάθε εκμετάλλευση και ειδικότερα στην εκμετάλλευση του λιγνίτη η παραγωγή προγραμματίζεται με σκοπό τη μείωση του κόστους εκμετάλλευσης με ταυτόχρονη αύξηση της παραγωγικότητας.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται με συνοπτικό τρόπο στις παραγράφους που ακολουθούν.

Αρχικά παρουσιάζονται κάποια γενικά στοιχεία σχετικά με την εκμετάλλευση του λιγνίτη στη λεκάνη Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου όπου περιλαμβάνεται και μία σύντομη περιγραφή της συνεχούς και ασυνεχούς μεθόδου εκμετάλλευσης. Έπειτα, ακο-

λουθεί η παρουσίαση των κοιτασματολογικών στοιχείων της λεκάνης με εστίαση στη γεωλογική περιγραφή των υπερκείμενων σκληρών σχηματισμών του Νοτίου Πεδίου.

Ακολουθεί γενική περιγραφή του συγκεκριμένου ορυχείου, παρουσιάζεται ο πάγιος εξοπλισμός και ο συμβατικός ντιζελοκίνητος εξοπλισμός μέσα από τη χρήση πινάκων και φωτογραφικού υλικού. Επίσης, για κάθε ντιζελοκίνητο μηχάνημα που ανήκει στη δικαιοδοσία του Τομέα Διακίνησης Σκληρών Σχηματισμών γίνεται παρουσίαση της διαθεσιμότητάς του, των ωρών λειτουργίας του και της παραγωγικότητάς του για κάθε έτος από το έτος ένταξής του μέχρι το 2004. Ακόμα, παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τις εκσκαφές ανά τομή για τα έτη 2003, 2004 και 2005. Στο ίδιο εδάφιο περιλαμβάνεται και η κατανάλωση καυσίμων του εξοπλισμού καθώς και οι υπολογισμοί των λίτρων καυσίμου για κάθε διακινούμενη μονάδα υλικού για κάθε τύπο χωματουργικού οχήματος.

Ακολουθεί η λειτουργική ανάλυση του συστήματος υδραυλικού πτύου μετωπικού κάδου και χωματουργικών αυτοκινήτων. Αρχικά αναλύεται ο χρόνος κύκλου εργασίας, περιγράφονται τα χωματουργικά οχήματα με παράθεση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων τους καθώς και στοιχείων που βελτιώνουν την απόδοσή τους. Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή των δυνατοτήτων του υδραυλικού πτύου μετωπικού κάδου με εστίαση στο υδραυλικό πτύο Terex O&K RH 170 που διαθέτει το ορυχείο. Έπειτα, παρουσιάζονται οι χρονομετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν τον Ιούλιο με Αύγουστο του 2005 για το σύστημα υδραυλικού πτύου μετωπικού κάδου - χωματουργικά οχήματα. Μέσω των χρονομετρήσεων για τα χωματουργικά οχήματα Hitachi 192 ton και Unit-rig 136 ton, υπολογίστηκε ο αριθμός των αυτοκινήτων που μπορεί να εξυπηρετήσει το συγκεκριμένο υδραυλικό πτύο μετωπικού κάδου.

Έπειτα παρατίθενται οι χρονομετρήσεις που αφορούν μόνο τα οχήματα Hitachi οι οποίες έχουν σαν στόχο τη δημιουργία διαγραμμάτων χρόνου – απόστασης ώστε να εντοπιστούν τα δύσκολα τμήματα της διαδρομής από το χώρο φόρτωσης προς το χώρο της απόθεσης και αντίστροφα. Στο τέλος της ενότητας γίνεται στατιστική ανάλυση των επιμέρους χρόνων λειτουργίας του χωματουργικού οχήματος Hitachi 192 ton. Οι συγκεκριμένες μετρήσεις συλλέχθηκαν σε ηλεκτρονική μορφή από το ειδικό καταγραφικό σύστημα κάθε οχήματος. Οι παραπάνω μετρήσεις αφορούν τη λειτουργία του οχήματος από την ημερομηνία ένταξής του στην παραγωγή μέχρι και τον Ιούλιο του 2005. Στόχος ήταν η επεξεργασία τους για τη δημιουργία ιστογραμμάτων, διαγραμμάτων συχνοτήτων και προσαρμογή αυτών σε κάποιες κατανομές ανάλογα με τις παραμέτρους που μπορούν να επηρεάσουν τους επιμέρους χρόνους.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η συνδυασμένη λειτουργία του πάγιου εξοπλισμού με το ντιζελοκίνητο εξοπλισμό. Σκοπός είναι η καταγραφή των διαφόρων συνδυασμών που γίνονται για την αντιμετώπιση των υπερκείμενων σχηματισμών ανάλογα με το πώς εμφανίζονται αυτοί στο υπέδαφος. Για την καλύτερη παρουσίαση δημιουργήθηκαν κάποια ποιοτικά σχήματα που εμφανίζουν τους τρόπους αντιμετώπισης και τη συνεργασία των δυο εξοπλισμών με στόχο τη μεγαλύτερη παραγωγικότητα.

Τέλος, δίνονται συμπεράσματα σχετικά με τη λειτουργία του εξοπλισμού και τη διακίνηση των υπερκείμενων σχηματισμών στο ορυχείο του Νοτίου Πεδίου.

Η λεκάνη της περιοχής Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου καταλαμβάνει έκταση 155 km² και αποτελεί τμήμα της μεγάλης τεκτονικής τάφρου η οποία εκτείνεται από την περιοχή του Μοναστηρίου της ΠΓΔΜ μέχρι και την Ελασσόνα. Αυτό το λεκανοπέδιο περιορίζεται από την οροσειρά του Βερμίου ανατολικά, από την οροσειρά του Ασκίου νότια, από τα βουνά της Κλεισούρας δυτικά και από τις λίμνες Χειμαδίτιδα, Πετρών και Βεγορίτιδα βόρεια.

Τα βέβαια γεωλογικά αποθέματα της περιοχής, ξεπερνούν τους 4 δις τόνους λιγνίτη. Με τα σημερινά οικονομικά και τεχνολογικά δεδομένα, εκμεταλλεύσιμα είναι τα 1,9 δις που επαρκούν για την τροφοδοσία των εγκατεστημένων μονάδων για τα επόμενα 50 χρόνια.

Ο λιγνίτης που εξορύσσεται στις υπαίθριες εκμεταλλεύσεις της Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου χρησιμοποιείται ως καύσιμη ύλη στους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς (ΑΗΣ) της περιοχής από τους οποίους παράγεται το 65% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σήμερα στη χώρα μας (deī, 2006).

Ένα μικρό ποσοστό του λιγνίτη χρησιμοποιείται για την παραγωγή λιγνιτοπλίνθων (μπρικέτες) και ξηρού λιγνίτη.

Το Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας (ΛΚΔΜ) αποτελείται από τέσσερα μεγάλα υπαίθρια ορυχεία που είναι επανδρωμένα με καδοφόρους εκσκαφείς, ταινιόδρομους και αποθέτες. Τα τελευταία χρόνια λειτουργεί και το ορυχείο της Μελίτης στην περιοχή της Φλώρινας το οποίο τροφοδοτεί με λιγνίτη τον αντίστοιχο ΑΗΣ. Τα τέσσερα μεγάλα λιγνιτωρυχεία είναι:

- Κύριο Πεδίο
- Καρδιάς
- Νότιο Πεδίο
- Αμυνταίου

Εκτός από τον πάγιο εξοπλισμό τα ορυχεία είναι επανδρωμένα και με ντιζελοκίνητο εξοπλισμό που και αυτός συμμετέχει στον κύκλο της παραγωγικής διαδικασίας που είναι η εξόρυξη, η μεταφορά και η απόθεση των υλικών.

Ο πάγιος εξοπλισμός του λιγνιτικού κέντρου δυτικής Μακεδονίας παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Πάγιος εξοπλισμός ΛΚΔΜ (ΔΕΗ, 2005α).

Είδος εξοπλισμού	Αριθμός	Δυναμικότητα
Καδοφόροι εκσκαφείς	44	$900-11000 \cdot 10^3 \text{ (m}^3/\text{h)}$
Αποθέτες	16	$4000-11000 \cdot 10^3 \text{ (m}^3/\text{h)}$
Ταινιοχήματα	6	
Σπαστήρες	2	$1000 \text{ m}^3 \text{ στ./h}$
Εγκατεστημένο μήκος ταινιόδρομων	210 km	1000-2400 mm

Ο αριθμός των ντιζελοκίνητων μηχανημάτων (τσάπες, υδραυλικός εκσκαφέας μετωπικού κάδου, φορτωτές, προωθητές, ισοπεδωτές, χωματουργικά αυτοκίνητα, οχήματα μεταφοράς, βυτιοφόρα, γεωτρύπανα, διατρητικά φορεία κα.) ανέρχεται περίπου στα 1000.

2.2 Σύντομη περιγραφή των μεθόδων εκμετάλλευσης

2.2.1 Μέθοδος συνεχούς λειτουργίας (Γερμανική μέθοδος)

Η μέθοδος που εφαρμόζεται για την εκμετάλλευση των λιγνιτωρυχείων είναι η συνεχής μέθοδος λειτουργίας, δηλαδή η επιφανειακή εκμετάλλευση με ορθές βαθμίδες ή αλλιώς Γερμανική μέθοδος. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στη συνεχή εκσκαφή, μεταφορά και απόθεση των υλικών.

Ο κύριος εξοπλισμός είναι οι καδοφόροι εκσκαφείς (Κ/Ε), οι ταινιόδρομοι (Τ/Δ) μεταφοράς και οι αποθέτες. Ο καδοφόρος εκσκαφέας είναι ένας ηλεκτροκίνητος εκσκαφέας μεγάλου μεγέθους και δυναμικότητας και έχει τη δυνατότητα εκλεκτικής κοπής – εξόρυξης των υλικών. Αυτό βοηθάει πάρα πολύ την εξόρυξη του λιγνίτη γιατί στα κοιτάσματα του λιγνίτη εμφανίζονται εναλλαγές λιγνίτη και στείρου υλικού (μορφή ζέβρας). Το κυριότερο μειονέκτημά του είναι ότι δεν μπορεί να εξορύξει σχηματισμούς με μεγάλη αντοχή δηλαδή σκληρούς σχηματισμούς. Τα υλικά που εξορύσσονται μέσω συστημάτων ταινιόδρομων μεταφέρονται στην τομοταινία.

Τομοταινία ονομάζεται ο ταινιόδρομος ο οποίος βρίσκεται τοποθετημένος στο δάπεδο λειτουργίας του καδοφόρου και είναι παράλληλος με το μέτωπο εκσκαφής. Ο ταινιόδρομος αυτός είναι μεταθετός, έτσι ώστε να εξυπηρετείται η στροφική λειτουργία του ορυχείου. Δηλαδή όταν χρειάζεται, μετατίθεται στροφικά ώστε να μπορεί να συνεχιστεί η λειτουργία του εκσκαφέα. Η φόρτωση των υλικών από τον εκσκαφέα στην τομοταινία γίνεται μέσω του ταινιοχήματος. Από εκεί και πέρα τα υλικά οδηγούνται

στους συνδετήριους ταινιόδρομους οι οποίοι έχουν σταθερές και μεταθετές κεφαλές ώστε να τους δίνεται η δυνατότητα απόρριψης του υλικού σε περισσότερους από ένα ταινιόδρομο. Από τους συνδετήριους ταινιόδρομους ο λιγνίτης οδηγείται προς τις αυλές των ΑΗΣ ή προς τα bunkers που είναι χώροι αποθήκευσης μέσα στο χώρο του ορυχείου, ενώ τα υπερκείμενα και τα ενδιάμεσα στείρα υλικά κατευθύνονται προς τους αποθέτες στους χώρους απόθεσης οι οποίοι βρίσκονται εντός του ορυχείου (εσωτερική απόθεση) ή εκτός του ορυχείου (εξωτερική απόθεση).

Οι αποθέτες έχουν τη δυνατότητα απόθεσης των υλικών σε επίπεδα χαμηλότερα από το δάπεδο λειτουργίας τους και τότε προκύπτει η χαμηλή απόθεση ή σε υψηλότερα επίπεδα που τότε προκύπτει η υψηλή απόθεση.

Οι μονάδες του εξοπλισμού που περιγράφηκαν παραπάνω (καδοφόροι εκσκαφείς, ταινιόδρομοι, αποθέτες) αποτελούν τον πάγιο εξοπλισμό κάθε λιγνιτωρυχείου και είναι λειτουργικά συνδεδεμένες μεταξύ τους έτσι ώστε η διακοπή της λειτουργίας μίας μονάδας να προκαλεί τη διακοπή λειτουργίας όλου του κλάδου στον οποίο συμμετέχει (Καβουρίδης, 1990).

Ο έλεγχος και ο συντονισμός όλων των κλάδων και των μονάδων του λιγνιτωρυχείου γίνεται από τον πύργο ελέγχου με τη βοήθεια διαγραμματικού πίνακα ελέγχου και ασύρματης επικοινωνίας με όλες τις μονάδες.

Σημαντικό ρόλο στη σωστή λειτουργία του πάγιου εξοπλισμού παίζει και ο ντιζελοκίνητος εξοπλισμός όπως φορτωτές, μπουλντόζες, ισοπεδωτές και άλλα. Μερικές από τις λειτουργίες του είναι η διαμόρφωση δαπέδων, η διαμόρφωση αποθέσεων, ο καθαρισμός αποθέσεων κ.α.

Η μέθοδος συνεχούς λειτουργίας έχει τη δυνατότητα μεγάλης διακίνησης υλικών λόγω του μεγάλου μεγέθους του εξοπλισμού και έχει επίσης τη δυνατότητα της εκλεκτικής κοπής. Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου απαιτεί σχεδόν οριζόντια ανάπτυξη των προς εξόρυξη στρωμάτων αλλά και χαμηλή αντοχή των εξορυσσόμενων υλικών. Σε περίπτωση εμφανίσεων σκληρών σχηματισμών όπως για παράδειγμα στο Νότιο Πεδίο, υπάρχει συνδυασμένη λειτουργία των καδοφόρων εκσκαφών και βαρέου τύπου ντιζελοκίνητου εξοπλισμού.

2.2.2 Μέθοδος ασυνεχούς λειτουργίας (Αμερικάνικη μέθοδος)

Στην ασυνεχή μέθοδο χρησιμοποιούνται συστήματα εκσκαφής – φόρτωσης - μεταφοράς μονού κάδου όπως είναι υδραυλικός εκσκαφέας μετωπικού κάδου (shovel), εκσκαφέας συρόμενου κάδου (dragline), φορτωτές και χωματουργικά αυτοκίνητα. Ε-

φόσον το επιτρέπει η συνεκτικότητα των πετρωμάτων η εξόρυξη γίνεται απευθείας από τους ντιζελοκίνητους εκσκαφείς, διαφορετικά προηγείται προχαλάρωση ή και εξόρυξη με τη χρήση εκρηκτικών υλών. Η εξόρυξη και φόρτωση σκληρών σχηματισμών με την μορφή μεγάλων κομματιών γίνεται με υδραυλικούς εκσκαφείς μετωπικού κάδου. Η μεταφορά και απόθεση αυτών των υλικών γίνεται με ελαστικοφόρα χωματουργικά αυτοκίνητα οπίσθιας εκκένωσης ή εκκένωσης από τον πυθμένα.

Η μέθοδος αυτή είναι πολύ διαδεδομένη στις υπαίθριες μεταλλευτικές και λατομικές εκμεταλλεύσεις γιατί ένα από τα πιο βασικά της πλεονεκτήματα είναι η εξαιρετική ευελιξία που παρουσιάζει. Για να υπάρξει μία επιτυχής εγκατάσταση μιας τέτοιας μεθόδου σε μία εκμετάλλευση πρέπει να μελετηθούν και να αναλυθούν στην φάση του σχεδιασμού δυο βασικοί παράγοντες:

- η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού,
- ο σωστός επιχειρησιακός σχεδιασμός του συστήματος.

Πολλοί σχηματισμοί μέσα στα ορυχεία του Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν με τους καδοφόρους εκσκαφείς λόγω της υψηλής σκληρότητας που έχουν. Αυτοί οι σχηματισμοί αντιμετωπίζονται με βαρέα ντιζελοκίνητα μηχανήματα. Έτσι, μέσα στα ορυχεία παρατηρείται ότι κάποιοι σχηματισμοί αντιμετωπίζονται με την ασυνεχή μέθοδο λειτουργίας. Γι' αυτούς τους σχηματισμούς γίνεται επιλογή κατάλληλου εξοπλισμού και εφαρμόζεται το σωστότερο επιχειρησιακό σχέδιο ώστε ο παραπάνω εξοπλισμός να οδηγηθεί σε υψηλά παραγωγικά μεγέθη. Ένα παράδειγμα τέτοιου ορυχείου είναι το Νότιο Πεδίο το οποίο είναι εξοπλισμένο με βαρέα ντιζελοκίνητα μηχανήματα. Επίσης, το συγκεκριμένο ορυχείο απαρτίζεται και από έναν ειδικό τομέα, τον τομέα διακίνησης σκληρών σχηματισμών (ΤΔΣΣ) όπου έχει στη δικαιοδοσία του όλο το βαρύ ντιζελοκίνητο εξοπλισμό του ορυχείου.

2.3 Γενική παρουσίαση του ορυχείου του Νότιου πεδίου

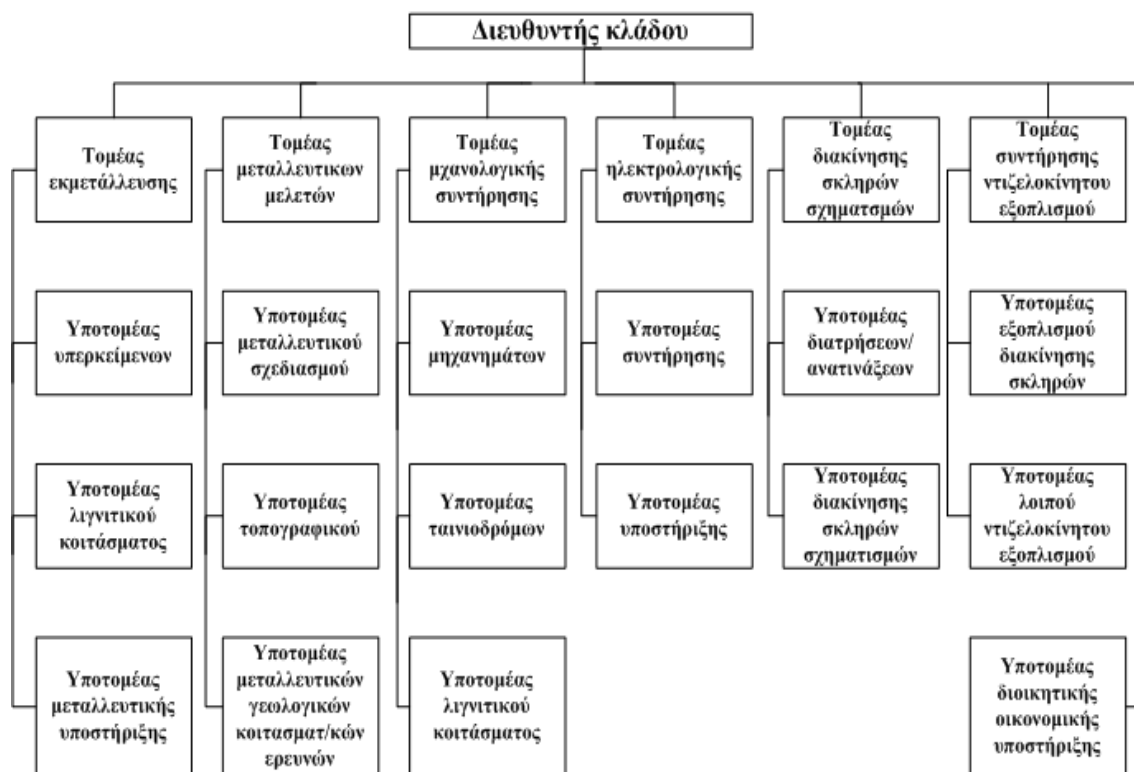
Η διάνοιξη του Νότιου Πεδίου άρχισε τον Αύγουστο του 1979 και ολοκληρώθηκε το 1988. Για τη διάνοιξη και λειτουργία του ορυχείου χρησιμοποιήθηκε αρχικά η ίδια μέθοδος εκμετάλλευσης όπως και στα ορυχεία του Κύριου Πεδίου και Καρδιάς, η γνωστή σαν Γερμανική μέθοδος επιφανειακής εκμετάλλευσης. Η μέθοδος περιλάμβανε τη χρήση γιγαντιαίων καδοφόρων εκσκαφών με απόδοση 2000-4500 m³ στ./h για την εκσκαφή υλικών με τη μορφή διαδοχικών ορθών βαθμίδων (τομών) από τη φυσική επιφάνεια του εδάφους μέχρι τον πυθμένα του κοιτάσματος. Τα άγονα υλικά μεταφέρο-

νται μέσω των ταινιόδρομων προς το χώρο απόθεσης, ο δε λιγνίτης προς τον ΑΗΣ του Αγίου Δημητρίου.

Κατά τα δυο πρώτα χρόνια λειτουργίας του ορυχείου εμφανίστηκαν προβλήματα στις δυο πρώτες τομές των υπερκείμενων αγόνων υλικών λόγω της εμφάνισης σκληρών σχηματισμών, των οποίων η εκσκαφή ήταν αδύνατη με τους καδοφόρους εκσκαφείς γιατί η αντίσταση κοπής των σκληρών σχηματισμών ήταν κατά πολύ μεγαλύτερη από τη δυνατότητα κοπής των καδοφόρων. Έτσι, μέχρι το 1990 λόγω της αναποτελεσματικής αντιμετώπισης των σκληρών σχηματισμών υπερκείμενων υπήρξε καθυστέρηση στην ανάπτυξη του ορυχείου.

Οι δύσκολες γεωλογικές συνθήκες του ορυχείου όπως είναι ο έντονος τεκτονισμός, τα υπόγεια νερά, οι σκληροί σχηματισμοί και το μεγάλο βάθος και η αντίστοιχη ποικιλία εξοπλισμού και μεθόδων εκμετάλλευσης (συνδυασμός συνεχούς και ασυνεχούς λειτουργίας για τη διακίνηση του σκληρού υπερκείμενου) καθιστούν το Νότιο Πεδίο μοναδικό στα παγκόσμια μεταλλευτικά χρονικά επιφανειακών εκμεταλλεύσεων. Για την καλύτερη αντιμετώπιση των σκληρών σχηματισμών συστάθηκε ένας ξεχωριστός τομέας μέσα στο Νότιο Πεδίο ο Τομέας Διακίνησης Σκληρών Σχηματισμών (ΤΔΣΣ).

Ο Τομέας Διακίνησης Σκληρών Σχηματισμών συστήθηκε το Μάρτιο του 1991 ενόψει της άφιξης μεγάλης δυναμικότητας ντιζελοκίνητου εξοπλισμού. Ο ΤΔΣΣ στελεχώνεται από τον τομεάρχη, δύο υποτομεάρχες, δέκα εργοδηγούς - επιστάτες και έχει συνολική δύναμη προσωπικού 241 άτομα. Το συνολικό απασχολούμενο προσωπικό του ορυχείου ανέρχεται περίπου στα 1450 άτομα. Στο Σχήμα 2.2 παρουσιάζεται το οργανόγραμμα του Νοτίου Πεδίου στο οποίο φαίνεται η οργάνωσή του σε τομείς.



Σχήμα 2.2: Οργανόγραμμα ορυχείου Νοτίου Πεδίου (ΔΕΗ, 2005β).

3. Γεωλογία της λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδας

3.1 Κοιτασματολογικά στοιχεία

Ο λιγνίτης της λεκάνης της Πτολεμαΐδας σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης περιόδου που διήρκησε 10 εκατομμύρια χρόνια περίπου και τελείωσε πριν από ένα εκατομμύριο χρόνια.

Η περιοχή μεταξύ Μοναστηρίου, Φλώρινας, Πτολεμαΐδας, Κοζάνης και Σερβίων καλύπτονταν την εποχή εκείνη από αβαθείς λίμνες και έλη. Οι κλιματολογικές συνθήκες ευνόησαν τη μεγάλη βλάστηση φυτών σε διάφορες θέσεις της λεκάνης. Τα φυτά αυτά συγκεντρώθηκαν με διάφορες διαδικασίες σε μεγάλες ποσότητες στον πυθμένα των λιμνών.

Η βλάστηση αυτή στη συνέχεια καλύφθηκε από γαιώδη υλικά. Έτσι, οι οργανική ύλη της βλάστησης βρέθηκε υπό πίεση και με την επίδραση διαφόρων μικροοργανισμών μετατράπηκε σε στρώματα λιγνίτη. Αυτό επαναλήφθηκε πολλές φορές και τέλος πάνω από τα νεότερα στρώματα λιγνίτη επικάθισαν άλλα γαιώδη υλικά τα υπερκείμενα. Επίσης, μεταξύ των στρωμάτων λιγνίτη σχηματίστηκαν και στρώματα άγονων υλικών γι' αυτό και σήμερα υπάρχουν οι εναλλαγές λιγνίτη και στειρών υλικών.

Σήμερα γενικά γίνεται αποδεκτό ότι οι ορυκτοί άνθρακες ή γαιάνθρακες αποτελούν μια ειδική περίπτωση ιζηματογενών αποθέσεων, που σχηματίζονται από υπολείμματα φυτικών οργανισμών, τα οποία έχουν υποστεί αλλοίωση υπό την επίδραση διαγένεσης ή μεταμόρφωσης. Τα διάφορα είδη γαιανθράκων που εξορύσσονται μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται και ο λιγνίτης είναι αποτέλεσμα διαφορετικών βαθμών τροποποίησης του αρχικού υλικού.

Οι γεωλογικές διαδικασίες, που στις προηγούμενες γεωλογικές ηλικίες παρήγαγαν τα μεγάλα στρώματα γαιανθράκων που σήμερα βρίσκονται σε εκμετάλλευση, λειτουργούν ακόμα και διαμορφώνουν κοιτάσματα, που είναι η βάση νέων γαιανθράκων. Ο σχηματισμός γαιανθράκων αντιπροσωπεύει το τελικό αποτέλεσμα του συνδυασμού της επίδρασης οργανισμών, της διάβρωσης, της απόθεσης ιζημάτων και των μετακινήσεων του γήινου φλοιού.

Για το σχηματισμό των γαιανθράκων πρέπει να υπάρξουν κάποιες ευνοϊκές συνθήκες οι οποίες επικράτησαν σε ευνοϊκές περιοχές. Έτσι, υπάρχουν περιοχές στο επίπεδο ή κοντά στο επίπεδο της θάλασσας, στο οποίο θα μπορούσε να αναπτυχθεί άφθονη βλάστηση. Ένας σημαντικός παράγοντας είναι η περιορισμένη απορροή έτσι ώστε να δημιουργούνται βαλτώδεις συνθήκες. Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει και η

αργή καθίζηση του πυθμένα έτσι ώστε να μπορούν να συσσωρευτούν παχιές εναποθέσεις τύρφης. Τέλος, λόγω της ικανοποιητικής απορροής διατηρήθηκαν συνθήκες ρηχού και γλυκού νερού. Οι ανθρακοφόρες γεωλογικές περίοδοι ακολούθησαν μετά από περιόδους κατά τις οποίες ρηχές θάλασσες κάλυψαν εκτεταμένες περιοχές ηπειρωτικών εκτάσεων. Η απόσυρση αυτών των θαλασσών άφησε μεγάλες εκτάσεις των υποκειμένων εδαφών με περιορισμένη απορροή, εξαιρετες συνθήκες για την ανάπτυξη ελών (Κολοβός, 2004).

3.1.1 Γεωλογική περιγραφή της λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου

Η λιγνιτοφόρος λεκάνη της Πτολεμαΐδας αποτελεί τμήμα της μεγάλης τεκτονικής τάφρου που εκτείνεται από το Μοναστήρι Σερβίας βόρεια μέχρι και την Ελασσόνα.

Γεωτεκτονικά, η περιοχή της λεκάνης δηλαδή τα περιθώρια και το υπόβαθρο ανήκουν στην πελαγονική ζώνη και είναι πιθανόν ένα τμήμα των ανατολικών περιθωρίων της λεκάνης να ανήκει στη ζώνη του Αξίου. Στη γεωλογική κατασκευή των περιθωρίων και του υποβάθρου της λεκάνης συμμετέχουν τα πετρώματα της κρυσταλλοσχιστώδους πελαγονικής μάζας και το επικείμενο μεσοζωϊκό επικάλλυμα.

Τα ιζήματα της τάφρου, που υπέρκεινται σε ασυμφωνία με τα προηγούμενα, αποτελούνται από στρώματα του νεογενούς (πλειόκαινου) που με τη σειρά τους αποτελούν τη βάση και το κύριο μέρος της στρωματογραφικής σειράς που βρίσκεται μέσα στην τάφρο, και από τα στρώματα του τεταρτογενούς, που από άποψη ηλικίας βρίσκονται μεταξύ πλειστοκαίνου και ολοκαίνου και που υπέρκεινται των προηγούμενων νεογενών σε ασυμφωνία.

Από τα πετρώματα της πελαγονικής μάζας εμφανίζονται αυτά του λιθανθρακοπερμίου αλλά και παλιότερα κρυσταλλοσχιστώδη στα δυτικά περιθώρια της λεκάνης και πιθανά μέσα στο υπόβαθρο της νεογενούς λεκάνης. Τα πρώτα αποτελούνται από διάφορους τύπους σχιστόλιθων, σκοτεινόχρωμων ψαμμιτών (γρσουβάκων), ασβεστόλιθων, χαλαζιακών κροκαλοπαγών και ερυθρών ή πράσινων ψαμμιτών ενώ τα κρυσταλλοσχιστώδη αποτελούνται από κρυσταλλικούς σχιστόλιθους, γνεύσιους και μερικές φορές υπάρχει και εμφάνιση οφειολίθων.

Η στρωματογραφική σειρά του μεσοζωϊκού επικαλύμματος που υπέρκειται των προηγούμενων στρωμάτων της πελαγονικής (σε ασυμφωνία) περιλαμβάνει πετρώματα τριαδικοϊουρασικής και ανωκρητιδικής ηλικίας. Η τριαδικοϊουρασική σειρά αποτελείται από την ασβεστολιθική μάζα της βάσεως και το σύστημα σχιστοκερατολίθων με οφιόλιθους στη συνέχεια. Η ανωκρητιδική σειρά περιλαμβάνει το βασικό κροκαλοπα-

γές με διαφόρους τύπους ασβεστόλιθων και το σύστημα και των φλυσχοειδών πετρωμάτων που συνιστάται από κροκαλοπαγή πετρώματα, ψαμμίτες και λεπτοπλακώδεις μέχρι σχιστώδεις ασβεστόλιθους. Μεταξύ των δυο προηγούμενων μεσοζωϊκών σειρών παρεμβάλλονται τοπικά βωξιτικού τύπου λατεριτικά σιδηρομεταλλεύματα όπως επίσης υπάρχει και εμφάνιση βωξίτη (Αναστασόπουλος-Κούκουζας, 1972).

Προς το τέλος της τριτογενούς περιόδου σχηματίστηκε η μεγάλη τεκτονική τάφρος σαν αποτέλεσμα διαρρήξεων βορειοδυτικής – νοτιοανατολικής διεύθυνσης. Έτσι, σχηματίστηκαν μικρότερα βυθίσματα τα οποία αποτελούν τις λιγνιτοφόρες λεκάνες Φλώρινας – Αμυνταίου – Πτολεμαΐδας και Κοζάνης – Σερβίων. Με τις ηπειρογενετικές κινήσεις του Τεταρτογενούς οι λεκάνες αυτές κατακερματίστηκαν και έτσι η λεκάνη της Πτολεμαΐδας χωρίστηκε σε μικρότερα βυθίσματα όπως Πτολεμαΐδας – Έλους, Σαργικιόλ και άλλα. Επίσης είχαμε και την εμφάνιση ρηξιγενών εξαρμάτων όπως του Αγίου Χριστόφορου και Κομάνου.

Τα ιζήματα της τεκτονικής τάφρου που αφορούν το νότιο τμήμα της λιγνιτοφόρου λεκάνης της Πτολεμαΐδας ανήκουν στους νεογενείς (πλειοκαινικούς) λιγνιτοφόρους και σε εκείνους του τεταρτογενούς (πλειστοκαίνου και ολοκαίνου).

Οι νεογενείς αποθέσεις περιλαμβάνουν την ανώτερη σειρά που υπέρκειται της λιγνιτοφόρας, τη λιγνιτοφόρα και την κατώτερη σειρά που υπόκειται της λιγνιτοφόρας (Αναστασόπουλος-Κούκουζας, 1972).

Η ανώτερη σειρά περιλαμβάνει τα παρακάτω τριτογενή ιζήματα:

- α) Την ανώτερη στοιβάδα των κιτρινόφαιων κλαστικών ιζημάτων που αποτελούνται από εναλλασσόμενες ενστρώσεις άμμων, αργίλων, αμμούχων μαργών, χαλαρών κροκαλοπαγών και φακοειδών ψαμμιτών, ψηφιδοπαγών και μαργαϊκών ασβεστόλιθων.
- β) Τη στοιβάδα των πρασινότεφρων αργιλομαργαϊκών ιζημάτων που αποτελούνται από αμμούχους αργίλους και ιλυομιγείς μάργες. Το μέγιστο πάχος ολόκληρης της σειράς φτάνει τα 100m περίπου.

Η λιγνιτοφόρος σειρά περιλαμβάνει τις παρακάτω στιβάδες:

- α) Την ανώτερη λιγνιτοφόρο στοιβάδα που αποτελείται από εννέα μέχρι δέκα στρώματα λιγνίτη πάχους κυμαινόμενου μεταξύ μερικών εκατοστών του μέτρου και δυο μέτρων και από ένα μέχρι τρία λεπτά στρώματα ξυλίτη στην οροφή της στοιβάδας, που μεταξύ τους παρεμβάλλονται στείρες ενστρώσεις αργίλων, μαργών και λιμναίας κρητίδας. Το μέγιστο συνολικό πάχος των λιγνιτικών στρωμάτων είναι 10 m και της στοιβάδας 40 m περίπου.

- β) Την ενδιάμεση σειρά στείρων ιζημάτων, που αποτελείται κύρια από ασθενείς αμμούχες μάργες, με σπάνιες ενστρώσεις αργίλων και συχνές ενστρώσεις λιμναίας κρητίδας όπως επίσης και με ελάχιστα λεπτότατα στρώματα λιγνίτη πάχους 0.02 μέχρι 0.03 m. Το μέγιστο πάχος της στοιβάδας αυτής φτάνει περίπου τα 14 m.
- γ) Την κατώτερη λιγνιτοφόρο στοιβάδα, που αποτελείται κυρίως από εναλλασσόμενα στρώματα λιγνίτη, μαργών και αργιλικών με μεταβλητό πάχος και από δυο ενστρώσεις, χαρακτηριστικής άμμου της πρώτης και λιμναίας κρητίδας με το χαρακτηριστικό απολίθωμα *Nevitina* της δεύτερης, που χρησιμοποιήθηκαν ως χαρακτηριστική ορίζοντες για τη διαπίστωση και τον εντοπισμό τεκτονικών στοιχείων (μεταπτώσεων) του κοιτάσματος. Το μέγιστο συνολικό πάχος των λιγνιτικών στρωμάτων, στη στοιβάδα αυτή, φτάνει τα 55 m. Το μέγιστο πάχος ολόκληρης της στοιβάδας φτάνει τα 80m (Αναστασόπουλος-Κούκουζας, 1972).

Η κατώτερη σειρά αποτελείται, στους νεότερους ορίζοντες, από τεφρές αργιλούχες μάργες, τοπικά αμμούχες, με φακοειδείς διαστρώσεις μαργαϊκού ασβεστόλιθου, συνολικού πάχους 90 m. Στους κατώτερους ορίζοντες εμφανίζονται αμμώδεις άργιλους με μαργαϊκές ενστρώσεις που έχουν πάχος 110 m. Η ηλικία των τριτογενών ιζημάτων που αναφέρθηκαν προηγουμένως τοποθετείται στο ανώτερο πλειόκαινο.

Οι τεταρτογενείς αποθέσεις οι οποίες επικαλύπτουν όλα τα νεογενή ιζήματα, περιλαμβάνουν:

- α) Σχηματισμούς δилουβιακούς που αποτελούνται από σύστημα εναλλασσόμενων κροκαλοπαγών, ψαμμιτών και κόκκινων αργίλων, από τα κροκαλοπαγή προαστίου, που όλα έχουν προέλευση από ποταμούς και χειμάρρους, όπως επίσης και από κώνους λατυποκροκαλοπαγούς υλικού που μεταφέρθηκε με τους χειμάρρους από τα κράσπεδα των περιθωρίων της λεκάνης και αποτέθηκε μέσα στη λεκάνη με μορφή ριπιδοειδών σχηματισμών. Οι επιφανειακοί ορίζοντες των λατυποκροκαλοπαγών αυτών στα νοτιοανατολικά τμήματα της λεκάνης αποτελούνται από ασβεστολιθικό υλικό και σχηματίζουν ένα συμπαγές και σκληρό επικάλυμμα.
- β) Σχηματισμούς αλλουβιακούς που περιλαμβάνουν τις ποταμοχειμαρρώδεις νεώτερες και πρόσφατες αποθέσεις, τα αποσαθρωμένα των προηγούμενων πετρωμάτων, τα πλευρικά κορήματα και τα πρόσφατα εξωγενή ιζήματα της περιοχής Σαριγκιόλ (Αναστασόπουλος-Κούκουζας, 1972).

Τα ρήγματα που επικρατούν στην περιοχή είναι βορειοδυτικής – νοτιοανατολικής διεύθυνσης και βορειοανατολικής – νοτιοδυτικής διεύθυνσης.

Τα πρώτα θεωρούνται κρασπεδικά ρήγματα τα οποία δημιούργησαν την αρχική τεκτονική τάφρο. Στα δεύτερα οφείλεται ο κατατεμαχισμός εγκάρσια προς τη γενική διεύθυνση της τάφρου και η διαμόρφωση της σημερινής εικόνας της λεκάνης της Πτολεμαΐδας σε υπολεκάνες και εξάρματα. Από τις προηγούμενες διευθύνσεις παρατηρούνται μικρές παρεκλίσεις, δηλαδή BBD-NNΑ και BBA-NNΔ. Τέλος, ρήγματα νεώτερης ηλικίας με διευθύνσεις B-N και A-Δ μέχρι ABA-ΔNΔ, παρατηρούνται τόσο μέσα στη λεκάνη όσο και στα περιθώρια αυτής. Τα ρήγματα αυτά έχουν συμβάλει στη διαμόρφωση της σημερινής μορφής του λιγνιτικού κοιτάσματος κυρίως στον νοτιοανατολικό τομέα της λεκάνης.

Ως αποτέλεσμα των τεκτονικών διαταραχών τα λιγνιτικά στρώματα και τα περιβάλλοντα ιζήματα εμφανίζουν ελαφρά πτύχωση και τοπικά ελαφρά κλίση ($3-5^{\circ}$) προς τα νοτιοδυτικά, ενώ τις περισσότερες φορές είναι σχεδόν οριζόντια. Στις ίδιες διαταραχές οφείλονται και οι διαβρώσεις στα νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα που παρατηρήθηκαν.

Στα πετρώματα των περιθωρίων επικρατεί ρηξιγενής τεκτονική με ρήγματα των παραπάνω διευθύνσεων.

Σημαντικά τεκτονικά γεγονότα της περιοχής είναι η επίκλιση της θάλασσας του Κενομανίου και η παρουσία των τεκτονικών λεπίων στα νοτιοανατολικά περιθώρια της λεκάνης (Αναστασόπουλος-Κούκουζας, 1972).

3.1.2 Γεωλογική περιγραφή των υπερκείμενων σκληρών σχηματισμών του ορυχείου του Νότιου Πεδίου

Τα υπερκείμενα της λιγνιτοφόρου στοιβάδας του Νότιου Πεδίου ανήκουν στο τριτογενές και στο τεταρτογενές.

Στο τριτογενές (νεογενές), που ανήκει και η λιγνιτοφόρος σειρά, περιλαμβάνονται δυο διακεκριμένες από άποψη χρώματος και υλικού σειρές ιζημάτων:

- α) σειρά πρασινότεφων ποταμολιμναίων ιζημάτων,
- β) σειρά κιτρινόφαιων λιμναίων ιζημάτων.

Στο τεταρτογενές περιλαμβάνονται η σειρά ερυθρόφαιων αργίλων και κροκαλοπαγών, τα κροκαλοπαγή του προαστίου και οι νεώτερες αποθέσεις. Είναι χειμαρολιμναίες και ποτάμιες αποθέσεις των προϊόντων της διάβρωσης μετά την εκδήλωση κατακόρυφων ανοδικών και καθοδικών κινήσεων σε διάφορα τμήματα της λεκάνης στις αρχές του κατώτερου πλειστόκαινου. Με μικρότερο πάχος βρίσκονται νότια της Χαραυγής και προς τη γέφυρα Σουλού δηλαδή στο βορειοανατολικό και βορειοδυτικό

τμήμα του κοιτάσματος, ενώ στο νότιο τμήμα φτάνει τα 130 m και πλέον. Η διαφορά του πάχους οφείλεται αφενός μεν στις μεταπτώσεις που υπήρχαν πριν από τις αποθέσεις και αφετέρου στη μικρή κλίση των στρωμάτων που φτάνει μέχρι τις 3°. Ακολουθεί η περιγραφή των σειρών των ιζημάτων.

α) Σειρά πρασινότεφων αργιλομαργαϊκών αποθέσεων:

Επικείται σε ασυμφωνία στα λιγνιτικά στρώματα. Σε ορισμένα σημεία συναντώνται λιγνιτικά στρώματα μικρού πάχους μέσα στη σειρά αυτή. Αποτελείται από εναλλαγές αργίλων πολύ αμμούχων, ασβεστούχων και ιλυομιγών – αργιλλούχων μαργών. Συχνά συναντάται άμμος με φύλλα μαρμαρυγίας. Το πάχος της κυμαίνεται από λίγα μέχρι 52 m. Σκληροί σχηματισμοί συναντώνται μόνο κατά θέσεις στο ορυχείο.

β) Σειρά κιτρινόφαιων αμμωδών αποθέσεων:

Βρίσκεται σε ασυμφωνία πάνω στην προηγούμενη σειρά. Αποτελείται κυρίως από μαργαϊκές και μαρμαρυγιούχες άμμους. Υπάρχουν επίσης σε μικρότερο ποσοστό ενστρώσεις αργίλων και αμμούχων μαργών με συγκρίματα ασβεστίου. Κατά θέσεις εντοπίζονται χάλικες και ενστρώσεις χαλαρών κροκαλοπαγών (μικρές στρογγυλές κροκάλες). Χαρακτηριστική είναι εδώ η εμφάνιση σιδηροξειδίων. Τέλος, υπάρχουν ακόμη φακοειδείς ενστρώσεις σκληρών πετρωμάτων όπως ψαμμίτες, ψηφίτοπαγή, μικροκροκαλοπαγή και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, το πάχος των οποίων και ο αριθμός μειώνεται προς τα βορειοδυτικά του κοιτάσματος και αυξάνει προς το κέντρο του κοιτάσματος. Το μέγιστο πάχος της σειράς αυτής φτάνει τα 50 m.

Η απόθεση της σειράς αυτής βρίσκεται σε άλλη φάση από την προηγούμενη, δηλαδή μετά από την περίοδο διάβρωσης και αποκομιδής, και συμπίπτει με φάση μείωσης του βάθους λόγω πρόσχωσης. Είναι ιζήματα ποταμολιμναίας προέλευσης με συχνές πλευρικές και κατακόρυφες μεταβάσεις.

γ) Σειρά ερυθρόφαιων αργίλων και κροκαλοπαγών:

Βρίσκεται σε γωνιώδη ασυμφωνία με την προηγούμενη σειρά, πράγμα που γίνεται αντιληπτό από το σύνολο των γεωτρήσεων και όχι από μεμονωμένες γεωτρήσεις. Αποτελείται από εναλλαγές ερυθροχρόων, αμμωδών και συχνά ασβεστούχων αργίλων με κροκάλες και χαλαρά κροκαλοπαγή με συνδετική ύλη αργιλοψαμμιτικής προέλευσης. Οι κροκάλες είναι στρογγυλεμένες με ασβεστολιθική σύσταση και παρουσιάζονται σε διάφορα μεγέθη (Κολοβός, 1991).

Η απόθεση τους αντιστοιχεί σε φάση πρόσχωσης και περιορισμού της λίμνης. Έτσι επήλθε μια φυσική κοκκομετρική κατανομή των μεταφερόμενων υλικών με αποτέλεσμα τα πιο αδρομερή να παραμείνουν κοντά στην όχθη και τα λεπτοκλαστικά να

μεταφερθούν προς το εσωτερικό. Έτσι στο κέντρο επικρατούν αργιλοαμμούχες ενστρώσεις σε σχέση με τα κροκαλοπαγή τα οποία αυξάνουν προς τα περιθώρια.

Στην περιοχή του Νότιου Πεδίου τα ιζήματα της σειράς προέρχονται από το Βέρμιο. Έτσι το πάχος τους είναι μεγαλύτερο (60 m) προς τα περιθώρια της λεκάνης και μειώνονται προς το κέντρο (15-20 m).

Δυτικότερα οι χειμαρολιμναίες αποθέσεις μεταπίπτουν σε τυπικά λιμναία ιζήματα, όπως άργιλοι αμμούχες και μάργες αργιλοαμμούχες με πολλά ασβεστολιθικά συγκρίματα και ασβεστολιθικούς κονδύλους, οι οποίοι έχουν δημιουργήσει ορισμένα προβλήματα στην αποδοτική λειτουργία των καδοφόρων εκσκαφών.

Σαν επιστέγασμα της χειμαρολιμναίας σειράς έρχονται οι ριπιδοειδείς κώνοι χειμάρριων αποθέσεων από το Βέρμιο. Αποτελούνται από λατυποκροκαλοπαγή με μέγεθος κροκάλων που φτάνει πάνω από 30 cm και πολύ συνεκτικά λόγω της απόθεσης CaCO_3 μεταξύ τους. Προς το βάθος η συνεκτικότητα ελαττώνεται διότι τα κατερχόμενα νερά είχαν αποθέσει το CaCO_3 που περιείχαν.

- δ) Κροκαλοπαγή Προαστίου: Χειμάρριες αποθέσεις αποτελούμενες κυρίως από κροκαλοπαγή, άμμους και ψαμμίτες. Εμφανίζονται στην περιοχή του Νοτίου Πεδίου αριστερά του δρόμου Ποντοκώμης – Χαραυγής ανάμεσα στη σιδηροδρομική γραμμή και στο ρέμα Σουλού και επεκτείνεται αριστερά και δεξιά του ρέματος.

Στις σειρές των αποθέσεων παρουσιάζονται κάποια προβλήματα εξορυξιμότητας. Στη σειρά κιτρινόφαιων αμμοδών αποθέσεων όπως προαναφέρθηκε υπάρχουν πολλές λεπτές φακοειδείς ενστρώσεις σκληρών στρωμάτων όπως ψαμμίτες, ψηφίτοπαγή, κροκαλοπαγή και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι (πηλίτες). Εδώ τα προβλήματα οφείλονται αφενός στην αναλογία σκληρών και αφετέρου στην τυχαία κατανομή τους.

Στη σειρά των αργίλων και κροκαλοπαγών τα προβλήματα οφείλονται στα σκληρά κροκαλοπαγή πετρώματα τα οποία είναι συνδεδεμένα με αργιλοψαμμιτική ύλη και είναι ακατάλληλα να εκσκαφτούν με τους καδοφόρους εκσκαφείς.

Τέλος, προβλήματα εμφανίζονται και στα κροκαλοπαγή του προαστίου λόγω της φύσεως των υλικών. Επίσης προβλήματα εμφανίζονται και στα ασβεστολιθικά συνδεδεμένα κροκαλοπαγή που αποτελούν χειμάρριες αποθέσεις του Βερμίου και αποτελούν το επιστέγασμα της σειράς των ερυθρόφαιων αργίλων (Αναστασόπουλος-Κούκουζας, 1972). Ακολουθεί η περιγραφή των γεωλογικών σχηματισμών όπως εμφανίζονται στις υπερκείμενες τομές του ορυχείου.

Τομή 1α: Στην περιοχή της κεφαλής του ταινιόδρομου (Τ/Δ) που αντιστοιχεί στην τομή αυτή εμφανίζεται μικρής έκτασης γκριζοκίτρινη άργιλος με ενστρώσεις πηλίτη και

σκληρών σχηματισμών πλειστόκαινου. Προς το τέρμα του Τ/Δ τα υλικά που συναντώνται είναι καστανέρυθρη άργιλο αλλά και καστανέρυθρη άργιλο με κροκάλες. Η τομή 1α είναι η πρώτη τομή του ορυχείου και γι' αυτό το λόγο συναντάται μεγάλη ποσότητα καστανέρυθρης αργίλου που χαρακτηρίζεται ως φυτική γη.

Τομή 1β: Η τομή 1β παρουσιάζει έντονη εναλλαγή σχηματισμών προς την κεφαλή του ταινιόδρομου που αντιστοιχεί σ' αυτή την τομή. Στην αρχή του Τ/Δ παρατηρείται μία μικρή εμφάνιση καστανέρυθρης αργίλου έπειτα γκριζοκίτρινης αργίλου με ενστρώσεις πηλίτη και γκριζοπράσινης αργίλου με ενστρώσεις πηλίτη. Στα 600 m περίπου από την κεφαλή του Τ/Δ συναντάται εμφάνιση σκληρού σχηματισμού πλειστόκαινου ο οποίος συνεχίζεται μέχρι το ρήγμα. Από το ρήγμα και μετά υπάρχει συνεχής εναλλαγή γκριζοκίτρινης αργίλου, σκληρού σχηματισμού πλειστόκαινου, γκριζοπράσινης αργίλου και καστανέρυθρης αργίλου (Εικόνα 3.1). Από το ρήγμα δυο μέχρι το τέλος της τομής συνεχώς εμφανίζεται καστανέρυθρη άργιλος και σε κάποια σημεία συναντώνται και κροκάλες. Στη συγκεκριμένη τομή εμφανίζεται έντονη υδροφορία ειδικά προς το τέλος της με αποτέλεσμα τη δημιουργία λάσπης λόγω της επαφής του νερού με την άργιλο.



Εικόνα 3.1: Εναλλαγή γκριζοπράσινης αργίλου, καστανέρυθρης αργίλου και σκληρού σχηματισμού πλειστόκαινου.

Τομή 2α: Η τομή 2α παράγει αυξημένο ποσοστό σκληρών σχηματισμών. Από την αρχή της συγκεκριμένης τομής παρατηρείται η έντονη εναλλαγή σκληρών σχηματισμών πλειστόκαινου με γκριζοκίτρινη και γκριζοπράσινη άργιλο με ενστρώσεις πηλίτη. Από το ρήγμα δυο, το οποίο εμφανίζεται περίπου 1800 m από την κεφαλή του Τ/Δ και μετά,

υπάρχει καστανέρυθρη άργιλος που εναλλάσσεται με σκληρούς σχηματισμούς πλειστόκαινου. Γενικά το ρήγμα δυο είναι το σημείο όπου εμφανίζεται η απότομη αλλαγή από σκληρούς σχηματισμούς σε πολύ μαλακούς όπως είναι η καστανέρυθρη άργιλος (Εικόνα 3.2). Στην προέκταση της τομής 2α δηλαδή από το σημείο που τελειώνει ο Τ/Δ μέχρι το τέρμα της τομής εμφανίζεται έντονος τεκτονισμός με μεγαλύτερο ρήγμα το F5A και εμφανίζονται σκληροί σχηματισμοί πλειστόκαινου και γκριζοπράσινης αργίλου με ενστρώσεις πηλίτη.



Εικόνα 3.2: Ρήγμα δυο. Εναλλαγή από σκληρούς σε μαλακούς σχηματισμούς.

Τομή 2β: Στην τομή αυτή παράγεται μεγάλο ποσοστό σκληρών σχηματισμών όπως και στην προηγούμενη. Στην αρχή της τομής απαντώνται σκληροί σχηματισμοί πλειστόκαινου και έπειτα υπάρχει μία μεγάλη εμφάνιση γκριζοπράσινης αργίλου χωρίς ενστρώσεις πηλίτη μέχρι το ρήγμα το οποίο βρίσκεται περίπου 740 m από την κεφαλή του Τ/Δ. Από το ρήγμα και μετά παρατηρούνται εναλλαγές γκριζοπράσινης αργίλου, ασβεστολιθικοί κροκαλοπαγείς σχηματισμοί, αμμοχάλικα, σκληροί σχηματισμοί πλειστόκαινου και γκριζοκίτρινης αργίλου με ενστρώσεις πηλίτη. Η τομή 2β συνεχίζεται και μετά το τέρμα του αντίστοιχου Τ/Δ. Στο τμήμα αυτό, δηλαδή μέχρι το τέρμα της τομής, συναντώνται τα δυο μεγάλα ρήγματα το δυο και το F5A και παρατηρούνται εναλλαγές από σκληρούς σχηματισμούς πλειστόκαινου, γκριζοπράσινης αργίλου με πη-

λίτες και αμμοχάλικα. Στην ίδια περιοχή υπάρχουν υδροφόρα στρώματα άμμων και αμμοχάλικων που σε συνδυασμό με την υπάρχουσα τεκτονική αποδεσμεύουν μεγάλες ποσότητες νερού.

Τομή 3: Η τομή αυτή θεωρείται η πλέον σημαντική για την εξέλιξη όλου του ορυχείου, αφού είναι η τελευταία τομή των υπερκείμενων σχηματισμών και από αυτήν και πέρα ακολουθούν οι λιγνιτικές τομές. Στην τομή αυτή εμφανίζεται γκριζοκίτρινη άργιλος η οποία εναλλάσσεται με μία μικρή εμφάνιση λιγνίτη. Μετά το ρήγμα δυο εμφανίζεται πάλι γκριζοπράσινη άργιλος η οποία εναλλάσσεται με αμμοχάλικα, σκληρούς σχηματισμούς πλειστόκαινου και γκριζοπράσινη άργιλο με ενστρώσεις πηλίτη. Αυτό συμβαίνει μέχρι το ρήγμα F5A. Από το ρήγμα μέχρι και το τέρμα της τομής εμφανίζονται αμμοχάλικα και γκριζοπράσινη άργιλος.

Τα ρήγματα που αναφέρονται παραπάνω έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και βυθίζουν την περιοχή προς ΝΔ. Επίσης, οι σκληροί σχηματισμοί παρουσιάζουν μία κλίση από δυτικά προς ανατολικά και εμφανίζονται είτε στο φρύδι του πρανούς, είτε στο μέσον, είτε στο πόδι. Η ευνοϊκότερη περίπτωση είναι οι σκληροί σχηματισμοί να εμφανίζονται στο φρύδι του πρανούς παρά στο μέσον ή το πόδι.

Τα παραπάνω στοιχεία κατεγράφησαν όπως είναι αποτυπωμένα στη συνθετική γεωλογική τομή υπερκείμενου του ορυχείου του Νοτίου Πεδίου του Ιουνίου του 2005. Με τη χαρτογράφηση υπάρχει μία ολοκληρωμένη εικόνα των μετώπων των υπερκείμενων και καλύτερη αντίληψη της γεωλογίας της περιοχής. Αυτό όμως δεν εξασφαλίζει σε ικανοποιητικό βαθμό τις μεταβολές που συμβαίνουν κατά την προχώρηση του ορυχείου.

Σε επόμενο κεφάλαιο θα αναπτυχθούν οι τρόποι με τους οποίους αντιμετωπίζονται οι παραπάνω σχηματισμοί και θα παρουσιαστεί η συνδυασμένη λειτουργία του πάγιου εξοπλισμού και του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού για την αντιμετώπιση των εναλλαγών που συμβαίνουν ανάμεσα στους σχηματισμούς.

3.2 Συνέπειες των σκληρών υπερκείμενων σχηματισμών στην εκμετάλλευση του Νότιου Πεδίου

Οι επιπτώσεις των σκληρών σχηματισμών στην εκμετάλλευση του ορυχείου του Νότιου Πεδίου ήταν ιδιαίτερα έντονες κατά την πρώτη φάση της διάνοιξης του.

Οι καδοφόροι εκσκαφείς του πάγιου εξοπλισμού, κατασκευασμένοι για την αντιμετώπιση μαλακότερων σχηματισμών, ήταν αδύνατο να φθάσουν τα λειτουργικά

τους επίπεδα τα προβλεπόμενα από τον κατασκευαστή. Η συνεχής παρουσίαση σκληρών ενστρώσεων στα μέτωπα, υποχρέωνε τους εκσκαφείς σε αναμονή λόγω της επέμβασης μεγάλων αναμοχλευτών (rippers) για την εκσκαφή (ξεσκάρωμα) και απομάκρυνση των σκληρών. Μερικές φορές έγινε η χρήση εκρηκτικών υλών για την προχάλαρωση των σκληρών ώστε να αντιμετωπιστούν από τους ίδιους τους καδοφόρους. Το αποτέλεσμα ήταν η μη σωστή αντιμετώπιση λόγω της απώλειας χρόνου και υλικών. Τα παραπάνω είχαν σαν συνέπεια την καθυστέρηση της ανάπτυξης του ορυχείου με αποτέλεσμα την υστέρηση για πολλά χρόνια του ορυχείου στην παραγωγή λιγνίτη.

Η σοβαρή αυτή και συνεχής υστέρηση στην παραγωγή είχε αρνητικές συνέπειες στο ισοζύγιο του λιγνίτη και σήμαινε την παράλληλη εξεύρεση άλλων λύσεων για την κάλυψη του κενού. Έτσι τα υπόλοιπα ορυχεία ήταν υποχρεωμένα να καλύπτουν το κενό στην παραγωγή λιγνίτη επιταχύνοντας το ρυθμό τους με όλες τις συνέπειες.

Δεδομένης της μεγάλης συμμετοχής του Νότιου Πεδίου στο λιγνιτικό ισοζύγιο του Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας που σήμερα φτάνει και το 40% μετά από έλεγχο των δεδομένων και την αξιοποίηση της διεθνούς εμπειρίας εφαρμόστηκαν τεχνικές και μέτρα για τη σωστή λειτουργία του ορυχείου για τα επόμενα χρόνια. Ο σχεδιασμός έγινε με βάση την οικονομική βιωσιμότητα όλου του συστήματος παραγωγής του ορυχείου. Ήδη σήμερα στο Νότιο Πεδίο οι καδοφόροι εκσκαφείς έχουν φτάσει στη μέγιστη παραγωγικότητα και λειτουργικότητά τους.

4. Ορυχείο Νοτίου Πεδίου

4.1 Ιστορικά

Η εκμετάλλευση του λιγνιτικού κοιτάσματος του Νοτίου Πεδίου της λεκάνης της Πτολεμαΐδας γίνεται επιφανειακά με τη μέθοδο των ορθών βαθμίδων.

Η απαιτούμενη εκλεκτική εξόρυξη του λιγνίτη που οφείλεται στη συχνή εναλλαγή στρωμάτων ενδιαμέσων, στείρων και λιγνίτη, καθώς και η ανάγκη για υψηλούς ρυθμούς παραγωγής, επέβαλαν την εφαρμογή της μεθόδου συνεχούς λειτουργίας η οποία ονομάζεται και Γερμανική μέθοδος.

Το Νότιο Πεδίο είναι το μεγαλύτερο λιγνιτοφόρο πεδίο της χώρας και καλύπτει το 1/2 των συνολικών απολήψιμων λιγνιτικών αποθεμάτων της λεκάνης Πτολεμαΐδας-Κοζάνης.

Η διάνοιξη του ορυχείου όπως αναφέρθηκε και στο πρώτο κεφάλαιο άρχισε τον Αύγουστο του 1979 με πάγιο εξοπλισμό (εξοπλισμός μεγάλου μεγέθους και μεγάλης παραγωγικής ικανότητας), με εφαρμογή της μεθόδου συνεχούς λειτουργίας. Το όλο πρόγραμμα της εκμετάλλευσης είχε παρουσιάσει σημαντικές αποκλίσεις λόγω της ύπαρξης σκληρών σχηματισμών στο υπερκείμενο.

Οι σκληροί σχηματισμοί στα υπερκείμενα στρώματα του Νοτίου Πεδίου εντοπίστηκαν για πρώτη φορά κατά την εκτέλεση της γεωτρητικής έρευνας, από το αποτέλεσμα της οποίας δημιουργήθηκε η γεωλογική και κοιτασματολογική μελέτη του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) για το Νότιο τμήμα της λιγνιτοφόρου λεκάνης της Πτολεμαΐδας. Κατά τη διάρκεια της έρευνας έγινε εντοπισμός των σκληρών σχηματισμών αλλά όχι στην πραγματική τους έκταση.

Το πρόβλημα των σκληρών σχηματισμών στα υπερκείμενα στρώματα του ορυχείου του Νοτίου Πεδίου αντιμετωπίστηκε και αντιμετωπίζεται πλέον με βαρύ ντιζελοκίνητο εξοπλισμό και με τη χρήση εκρηκτικών υλών για την προχαλάρωση των σχηματισμών. Ο ντιζελοκίνητος εξοπλισμός που εξυπηρετεί τις ανάγκες της εξόρυξης και μεταφοράς των σκληρών σχηματισμών είναι υπό τη δικαιοδοσία του Τομέα Διακίνησης Σκληρών Σχηματισμών (ΤΔΣΣ). Ο συγκεκριμένος τομέας συστάθηκε το 1991. Έτσι, η αντιμετώπιση των γεωλογικών σχηματισμών του ορυχείου γίνεται με μία συνδυασμένη εφαρμογή των μεθόδων συνεχούς και ασυνεχούς λειτουργίας. Ο ΤΔΣΣ καταβάλει μεγάλες προσπάθειες ώστε να πετύχει τη βέλτιστη λειτουργία μεταξύ του πάγιου εξοπλισμού και του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού για την διακίνηση των σκληρών σχηματισμών. Για παράδειγμα το μήνα Ιούνιο του 2005 το ορυχείο πέτυχε το ιστορικό

ρεκόρ των 10.608.000 m³ διακίνησης μαζών. Επίσης τον ίδιο μήνα υπήρξε και ρεκόρ κατανάλωσης εκρηκτικών υλών που έφτανε τους 370,732 ton (ΤΔΣΣ, 2004).

4.2 Εξοπλισμός του ορυχείου Νοτίου Πεδίου

Ο εξοπλισμός του ορυχείου χωρίζεται στον πάγιο εξοπλισμό και στον ντιζελοκίνητο εξοπλισμό. Επίσης υπάρχει και βοηθητικός ντιζελοκίνητος εξοπλισμός που εξυπηρετεί διάφορες ανάγκες του ορυχείου.

4.2.1 Πάγιος εξοπλισμός

Σήμερα στο ορυχείο του Νοτίου Πεδίου βρίσκονται σε λειτουργία πέντε τομές υπερκείμενων άγονων υλικών. Οι τομές αυτές είναι οι: 1α με έτος διάνοιξης το 1979, 1β το 1982, 2α το 1980, 2β το 1982 και 3 το 1985. Έπειτα από τις παραπάνω τομές ακολουθούν οι πέντε λιγνιτικές τομές οι οποίες είναι: η 4 το 1986, 5 το 1987, 6 το 1988, 6β το 1992 και 7 το 1996. Σε κάθε τομή χρησιμοποιείται από ένας ηλεκτροκίνητος καδοφόρος εκσκαφέας. Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε καδοφόρου εκσκαφέα (Κ/Ε). Παρατηρείται ότι οι μεγαλύτεροι Κ/Ε δηλαδή αυτοί που έχουν την μεγαλύτερη θεωρητική και πραγματική απόδοση τοποθετούνται σε τομές υπερκείμενων σχηματισμών. Για παράδειγμα ο Κ/Ε της τομής 3 έχει θεωρητική απόδοση 11.000x10³ m³. Η μέγιστη ετήσια θεωρητική δυναμικότητα του συνόλου των εκσκαφών και των υπερκείμενων και των λιγνιτικών τομών ανέρχεται σε 136.843.488.000 Fm³. Το γράμμα F μπροστά από τα m³ δηλώνει ότι το υλικό είναι μετρημένο σε m³ όπως βρίσκεται στην φυσική του θέση. Στην Εικόνα 4.1 παρουσιάζεται ένας Κ/Ε με τη μονάδα φόρτωσης και την τομοταινία.

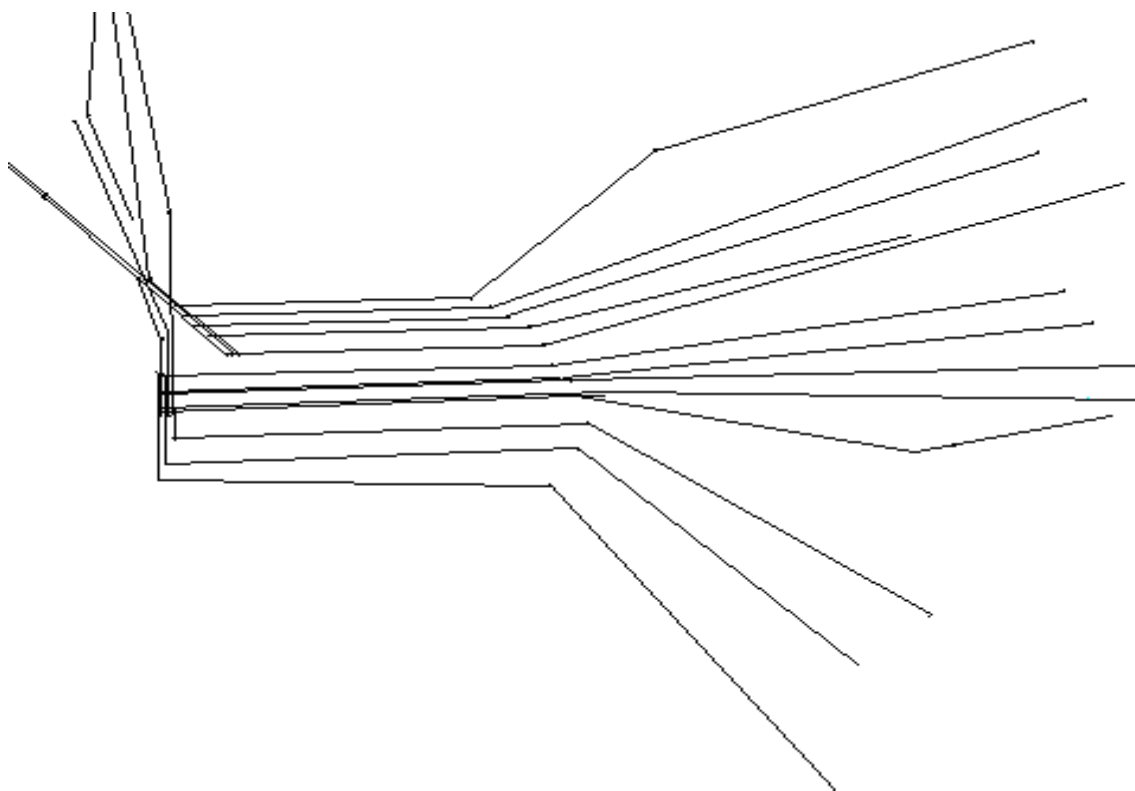
Πίνακας 4.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά καδοφόρων εκσκαφέων (ΔΕΗ, 2005γ).

ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ				
ΤΟΜΗ	ΤΥΠΟΣ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ (x 10 ³ m ³)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΥΝ/ΤΗΤΑ (x 10 ³ Fm ³)
1A	SRs 2000/5x32	TAKRAF	5.960	12.599.440
1B	SRs 2000/5x32	TAKRAF	5.960	12.599.440
2A	SchRs 1760/5x32	KRUPP	6.100	12.895.400
2B	SchRs 1760/5x32	KRUPP	6.100	12.895.400
3	SchRs 3700/25x32	KRUPP	11.000	23.465.400
Σύνολο Υπερκειμένων				74.455.080
ΛΙΓΝΙΤΗΣ				
ΤΟΜΗ	ΤΥΠΟΣ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ (x 10 ³ m ³)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΥΝ/ΤΗΤΑ (x 10 ³ Fm ³)
4	SRs 2000/5x32	TAKRAF	5.960	12.599.440
5	SRs 2000/5x32	TAKRAF	5.960	12.599.440
6	SRs 2000/6x33	TAKRAF	5.960	12.176.640
6B	SRs 2000/6x33	TAKRAF	5.960	12.176.640
7	SchRs 2300/5x32	KRUPP	6.072	12.836.208
Σύνολο κοιτάσματος				62.388.368
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ				136.843.448



Εικόνα 4.1: Καδοφόρος εκσκαφέας, μονάδα φόρτωσης, τομοταινία.

Στον πάγιο εξοπλισμό του ορυχείου εντάσσονται και οι ταινιόδρομοι (Τ/Δ). Ένας Τ/Δ αποτελείται από την κεφαλή, τον καταμήκος εξοπλισμό (ράουλα κυλίσεως, ράουλα επιστροφής, ιμάντας, κα.) και το τέρμα του Τ/Δ. Υπάρχουν δυο είδη Τ/Δ. Οι Τ/Δ οι οποίοι έχουν πλάτος ιμάντα 1800 mm και χρησιμοποιούνται συνήθως στις λιγνιτικές τομές και στο Τ/Δ για την επιστροφή της τέφρας από τον ΑΗΣ, αυτοί που το πλάτος του ιμάντα είναι 1800 mm και αυτοί με 2400 mm. Οι δυο τελευταίοι χρησιμοποιούνται στις τομές των υπερκειμένων (Καβουρίδης, 1991). Το συνολικό μήκος των Τ/Δ στο Νότιο Πεδίο είναι της τάξεως των 94,360 km, καθώς υπάρχει και ζεύγος ενσιλωτή και απολήπτη λιγνίτη στο σύστημα εφεδρικής αποθήκης του ορυχείου (bunker). Οι τομοταινίες αναπτύσσονται σε σχήμα βεντάλιας λόγω της στροφικής λειτουργίας του ορυχείου (Σχήμα 4.1). Αυτό σημαίνει ότι οι κεφαλές των Τ/Δ είναι σχετικά σε πολύ κοντινή απόσταση σε σχέση με τα τερματικά τους τα οποία έχουν μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους. Πολλές φορές κατά τη μετάθεση της τομοταινίας η κεφαλή δεν χρειάζεται να μετατεθεί αλλά μετατίθεται κάθε τρεις με τέσσερις μεταθέσεις της τομοταινίας και αυτό εξαρτάται από τις ανάγκες της εκμετάλλευσης (ΔΕΗ, 2005δ).



Σχήμα 4.1: Σχηματική αναπαράσταση των τομοταινιών και ταινιών εσωτερικών αποθέσεων (ΔΕΗ, 2005ε).

Το τελευταίο τμήμα του πάγιου εξοπλισμού ως προς τη διαδικασία της εκσκαφής – μεταφοράς – απόθεσης είναι οι αποθέτες. Στο Νότιο Πεδίο υπάρχουν έξι αποθέτες από τους οποίους οι τρεις αποθέτουν άγωνα υλικά στην εξωτερική απόθεση και οι τρεις στην εσωτερική απόθεση. Επίσης υπάρχει και ο αποθέτης της τέφρας ο οποίος αποθέτει την τέφρα που επιστρέφει από τον ΑΗΣ μετά την καύση του λιγνίτη. Στο Πίνακα 4.2 φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αποθετών.

Πίνακας 4.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά αποθετών (ΔΕΗ, 2005στ).

Αριθμός αποθετών	Τύπος αποθέτη	Κατασκευαστής	Θεωρητική απόδοση m ³ /h
3	A2Rs-B6700.60	TAKRAF	6.700
3	Ars2400/(40+70)X18	ΠΥΡΚΑΛ-MAN	11.000

4.2.2 Συμβατικός ντιζελοκίνητος εξοπλισμός

Οι αυξανόμενες και διαρκείς ανάγκες για την εξόρυξη και μεταφορά σκληρών σχηματισμών μετά την ένταξη του συνόλου του πάγιου εξοπλισμού εκσκαφών, ταινιοδρόμων και αποθετών στο υπερκείμενο αποφασίσθηκε η προμήθεια μεγάλης δυναμικότητας ντιζελοκίνητου εξοπλισμού. Ο εξοπλισμός και η χρήση εκρηκτικών, για την προχαλάρωση των σκληρών σχηματισμών, ήταν ο συνδυασμός ο οποίος έδωσε ουσιαστική λύση στην αντιμετώπιση των υπερκείμενων σκληρών σχηματισμών. Σε γενικές γραμμές ο ντιζελοκίνητος εξοπλισμός του ορυχείου και συγκεκριμένα αυτός που εντάσσεται στο ΤΔΣΣ αποτελείται από μεγάλο αριθμό χωματοουργικών αυτοκινήτων, από προωθητές ερπυστριοφόρους και ελαστιχοφόρους, από φορτωτές, από εσκαπτικά μετωπικού και ανεστραμμένου κάδου, από ισοπεδωτές, από γεωτρύπανα, από σφύρες και από οχήματα παρασκευής και γόμωσης εκρηκτικών. Όπως έχει αναφερθεί υπάρχει και βοηθητικός ντιζελοκίνητος εξοπλισμός ο οποίος συμμετέχει σε διάφορες διαδικασίες του ορυχείου. Αυτός ο εξοπλισμός αποτελείται από οδοστρωτήρες, βυτία καυσίμου, βυτία διαβροχής, τερναντόζες (ελαστιχοφόροι προθητές), οχήματα μεταφοράς και επίβλεψης προσωπικού και αεροσυμπιεστές. Στο Πίνακα 4.3 εμφανίζεται ο βασικός εξοπλισμός του ΤΔΣΣ που περιέχει τις μονάδες από κάθε μηχάνημα και την ημερομηνία ένταξης του στην παραγωγική διαδικασία του ορυχείου.

Πίνακας 4.3: Βασικός μηχανολογικός εξοπλισμός του ΤΔΣΣ (ΤΔΣΣ, 2004).

ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ		
ΤΥΠΟΣ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΕΝΤΑΞΗ
TEREX 3311E	10	7 ^{ος} - 1992
TEREX 3308E	14	12 ^{ος} - 1996
UNIT-RIG MT 3300	6	5 ^{ος} - 1997
EUCLID-HITACHI EH3500	8	1 ^{ος} -6 ^{ος} - 2004
ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ ΜΕΤΩΠΙΚΟΥ ΚΑΔΟΥ		
ΤΥΠΟΣ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΕΝΤΑΞΗ
TEREX (O&K RH 170)	2	2 ^{ος} -8 ^{ος} - 2004
DEMAG H 185 S	1	7 ^{ος} - 1997
LIEBHERR R994HD	2	3 ^{ος} - 1990
LIEBHERR R994HD	1	4 ^{ος} - 2000
P&H 2100 (ηλεκτρικό)	2	8 ^{ος} - 1989

ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ ΑΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΟΥ ΚΑΛΟΥ (ΤΣΑΠΕΣ)		
ΤΥΠΟΣ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΕΝΤΑΞΗ
LIEBHERR R984HD	1	8 ^{ος} - 1994
ΠΡΟΩΘΗΤΕΣ ΕΡΠΥΣΤΡΙΟΦΟΡΟΙ		
ΤΥΠΟΣ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΕΝΤΑΞΗ
KOMATSU D475 A-2	4	4 ^{ος} - 1991
KOMATSU D475 A-3	2	4 ^{ος} - 2001
KOMATSU D475 A-3	2	8 ^{ος} - 2003
KOMATSU D355 A-3	3	5 ^{ος} - 1993
KOMATSU D355 A-3	1	6 ^{ος} - 2004
ΙΣΟΠΕΔΩΤΕΣ		
ΤΥΠΟΣ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΕΝΤΑΞΗ
KOMATSU G/D825	2	4 ^{ος} - 1991
KOMATSU G/D825	1	4 ^{ος} - 2001
ΦΟΡΤΩΤΕΣ		
ΤΥΠΟΣ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΕΝΤΑΞΗ
MARATHON L1000	2	8 ^{ος} - 1994
ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΑ ΦΟΡΕΙΑ		
ΤΥΠΟΣ	ΤΕΜΑΧΙΑ	ΕΝΤΑΞΗ
TAMROCK C50 K 3L	6	5 ^{ος} - 1990

Εκτός από τον βασικό εξοπλισμό στον τομέα διακίνησης σκληρών σχηματισμών εντάσσεται και ένα μέρος του βοηθητικού εξοπλισμού του ορυχείου ο οποίος δεν συμμετέχει άμεσα στη διαδικασία της εξόρυξης και μεταφοράς αλλά συμμετέχει έμμεσα υποστηρίζοντας τεχνικά τον βασικό ντιζελοκίνητο εξοπλισμό. Ο εξοπλισμός αυτός παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4: Βοηθητικός εξοπλισμός ΤΔΣΣ (ΤΔΣΣ, 2004).

ΜΗΧΑΝΗΜΑ	ΤΥΠΟΣ	ΤΕΜΑΧΙΑ
ΦΟΡΤΩΤΗΣ	TEREX 90C	1
ΤΣΑΠΑ	FURUKAWA W635E	1
ΤΣΑΠΑ	KOMATSU PC240 LC-3	1
ΤΣΑΠΑ	DAEWOO SOLAR 255LC	1
ΣΦΥΡΑ	CATERPILLAR 235C	1
ΟΔΟΣΤΡΩΤΗΡΑΣ	INGRSOLL RAND	1
ΟΧΗΜΑΤΑ ΓΟΜΩΣΗΣ	SCANIA	2
ΠΡΟΩΘΗΤΗΣ (ΕΡΠΥΣΤ.)	KOMATSU D275 AX-5	1

Ο συνολικός αριθμός των μηχανημάτων του ΤΔΣΣ που εντάσσονται είτε στο βασικό είτε στον βοηθητικό εξοπλισμό ανέρχεται στα 80 ντιζελοκίνητα μηχανήματα.

Ακολουθεί μία συνοπτική και γενική περιγραφή των χωματουργικών μηχανημάτων του τομέα διακίνησης σκληρών σχηματισμών καθώς και μία παρουσίαση της διακίνησης, της λειτουργικότητας, της διαθεσιμότητας καθώς και των ωρών λειτουργίας των μηχανημάτων από την ημερομηνία ένταξής τους.

Προωθητές: Οι προωθητές αποτελούν το βασικό μηχανήμα των χωματουργικών εργασιών. Διακρίνονται δύο τύποι προωθητών, οι ερπυστριοφόροι και οι τροχοφόροι, που αποτελούνται από το κυρίως μηχανήμα με τον κινητήρα, τα στοιχεία μετάδοσης κίνησης, τις ερπύστριες ή τους τροχούς και από την εσκαπτική λεπίδα που τοποθετείται στο εμπρόσθιο μέρος του μηχανήματος. Στο κυρίως μηχανήμα είναι δυνατόν να προσαρμολοσθούν διάφοροι ειδικοί εξοπλισμοί όπως υδραυλικός αναμοχλευτής (ripper), βαρούλκο ή σύστημα πλευρικού γερανού.

Οι ερπυστριοφόροι προωθητές αποτελούνται από ένα ελκυστήρα, στο μπροστινό μέρος του οποίου έχει τοποθετηθεί μία λεπίδα που χρησιμεύει για την εκσκαφή και προώθηση των υλικών, ενώ στο πίσω μέρος έχει τοποθετηθεί ένα μηχανικό άροτρο (ripper) το οποίο εξυπηρετεί στην εξόρυξη και αναμόχλευση σκληρών – συνεκτικών σχηματισμών.

Οι ερπυστριοφόροι προωθητές προσφέρονται για την εκσκαφή, την προώθηση εξορυγμένων προϊόντων, τη συγκέντρωσή των υλικών εκσκαφής σε σωρούς, τη διάσπαση και συμπίεση εξορυγμένων υλικών κατά διαδοχικές στρώσεις. Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η απασχόληση των προωθητών σε αποθέσεις και κατασκευές επιχωμάτων,

λόγω της ικανότητας που έχουν να προωθούν το υλικό πέραν της κορυφής του διαμορφούμενου πρανούς. Οι προωθητές εκσκάπτουν εύκολα τα μαλακά μέχρι μετρίως τα σκληρά πετρώματα. Με τη βοήθεια του αναμοχλευτή είναι δυνατόν να εκσκάψουν και πολύ σκληρά πετρώματα. Επίσης χρησιμοποιούνται και για τη χονδρική διαμόρφωση επιφανειών όπως για παράδειγμα τα δάπεδα εργασίας τόσο των Κ/Ε όσο και των εκσκαπτικών μηχανημάτων αλλά και για τη διαμόρφωση των αποθέσεων.

Η λεπίδα που φέρουν οι προωθητές εξαρτάται από το είδος της εργασίας όπου πρόκειται να απασχοληθούν. Η απόδοση του ερπυστριοφόρων προωθητών εξαρτάται από την καταλληλότητα της μορφής της λεπίδας. Υπάρχουν διάφοροι τύποι λεπίδων κατάλληλοι για ποικιλία εργασιών. Η επιφάνεια της πρέπει να είναι κυρτή, ώστε το υλικό εξόρυξης να κινείται στην επιφάνεια της λεπίδας με κύλιση. Με αυτό τον τρόπο προκύπτει μικρότερη αντίσταση στην κίνηση του μηχανήματος και το μεγαλύτερο τμήμα της ισχύος διατίθεται για την εκσκαφή του υλικού. Για τις εργασίες των ορυχείων συνηθίζεται ο τύπος λεπίδας 'semi U' που παρέχει μεγάλη επιφάνεια προώθησης και δυνατότητα συγκέντρωσης του υλικού.

Η λεπίδα μπορεί να ανασηκώνεται και να βυθίζεται με τη βοήθεια υδραυλικών κυλίνδρων. Μπορεί να παίρνει διάφορες γωνίες ως προς το επίπεδο το κάθετο προς τον κατά μήκος άξονα του ελκυστήρα, προκειμένου τα προωθούμενα υλικά να απομακρύνονται από τον άξονα προχώρησης του μηχανήματος. Αυτή η λειτουργία είναι χρήσιμη για την κατασκευή δρόμων σε πλαγιές και για την κατασκευή ραμπών μέσα στα ορυχεία. Επίσης η λεπίδα μπορεί να πάρει διάφορες γωνίες στο κατακόρυφο επίπεδο προκειμένου να βυθίζεται στο έδαφος προς διάνοιξη τάφρου.

Στο πίσω μέρος των προωθητών υπάρχει το μηχανικό άροτρο το οποίο περιλαμβάνει συνήθως ένα 'δόντι' και σπανιότερα τρία ή πέντε. Αυτά είναι τοποθετημένα σε ισχυρή βάση η οποία συνδέεται αρθρωτά με τον ελκυστήρα. Το βάθος και η γωνία προσβολής του πετρώματος από το μηχανικό άροτρο μπορεί να ρυθμιστεί μέσα από υδραυλικούς κυλίνδρους.

Η εξόρυξη του πετρώματος γίνεται με τη βύθιση του αρότρου στο πέτρωμα και προώθηση του ελκυστήρα. Σε περίπτωση εξόρυξης στρωμάτων σκληρών σχηματισμών αναζητούνται πάντα επιφάνειες μικρότερης συνεκτικότητας και από αυτές αρχίζει η προσβολή του πετρώματος. Στην Εικόνα 4.2 παρουσιάζεται ένας ερπυστριοφόρος προωθητής.



Εικόνα 4.2: Ερπυστριοφόρος προωθητής.

Επίσης υπάρχουν και οι τροχοφόροι προωθητές οι οποίοι φέρουν τροχούς αντί για ερπύστριες. Ένας τέτοιος φαίνεται στην Εικόνα 4.3. Αυτοί οι προωθητές είναι περισσότερο ευκίνητα μηχανήματα από τους ερπυστριοφόρους και χρησιμοποιούνται συνήθως για την προώθηση υλικών σε απόσταση 150-200 m και όταν οι συνθήκες του εδάφους επιτρέπουν στο προωθητή να αναπτύξει μεγάλη ταχύτητα κατά την επιστροφή. Γενικά απασχολείται σε εργασίες που χαρακτηρίζονται από συχνές και μεγάλου μήκους μετακινήσεις (Κολοβός, 2004).



Εικόνα 4.3: Τροχοφόρος προωθητής.

Στο Πίνακα 4.5 παρουσιάζονται οι δείκτες λειτουργίας των ερπυστριοφόρων προωθητών Komatsu D475-A2 οι οποίοι εντάχθηκαν στην παραγωγική διαδικασία του

ορυχείου τον Απρίλιο του 1991. Επίσης, παρουσιάζονται τα στοιχεία και για τους νέους προωθητές οι οποίοι εντάχθηκαν τον Απρίλιο του 2001 και τον Οκτώβριο του 2003.

Πίνακας 4.5: Διαθεσιμότητα προωθητών Komatsu D475 - A2 (ΤΔΣΣ, 2004).

Έτος	Προωθητές	Ποσοστό %	Προωθητές Νέοι	Ποσοστό %
1992	4,07	81,4		
1993	3,32	66,4		
1994	3,20	64,0		
1995	3,00	60,0		
1996	2,70	54,0		
1997	2,57	51,5		
1998	3,03	60,6		
1999	2,64	52,9		
2000	2,89	57,8		
2001	2,27	45,5	1,81	90,5
2002	1,76	35,2	1,70	85,1
2003	1,69	33,8	1,47	73,7
2004	1,72	41,3	3,48	87,0

Στο Πίνακα 4.6 εμφανίζονται οι ώρες λειτουργίας ανά προωθητή από το έτος 1992 και οι ώρες λειτουργίας των νέων προωθητών.

Πίνακας 4.6: Ώρες λειτουργίας ανά προωθητή (ΤΔΣΣ, 2004).

Προωθητές	
Έτος	Ώρες/προωθητή
1992	4.304
1993	3.562
1994	3.191
1995	3.076
1996	2.880
1997	2.800
1998	3.280
1999	2.928

2000	3.137
2001	2.037
2002	1.721
2003	1.437
2004	1.373
Νέοι προωθητές	
Έτος	Ώρες/προωθητή
2001	3.655
2002	5.056
2003	3.878
2004	5.610

Ισοπεδωτές (grader): Οι ισοπεδωτές είναι ειδικά χωματουργικά μηχανήματα τα οποία βρίσκουν εφαρμογές σε χωματουργικά τεχνικά έργα και ιδιαίτερα σε έργα οδοποιίας.

Τα κύρια τμήματα του ισοπεδωτή είναι το πλαίσιο με το μηχανισμό πορείας, ο κινητήρας με τα στοιχεία μετάδοσης της κίνησης και η περιστροφική οδοντωτή στεφάνη με την κινητή λεπίδα.

Ο μηχανισμός πορείας φέρει τρεις άξονες με ελαστικούς τροχούς από τους οποίους ο ένας είναι μπροστά και οι άλλοι δύο πίσω. Οι άξονες των τροχών είναι συνδεδεμένοι αρθρωτά με το πλαίσιο έτσι ώστε όταν οι μπροστινοί τροχοί περνούν πάνω από την προεξοχή του εδάφους, οι πίσω τροχοί να βρίσκονται πάντα σε επαφή με το έδαφος, για να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή πρόσφυση.

Η λεπίδα του ισοπεδωτή έχει μικρή καμπυλότητα και αναρτάται από οδοντωτή στεφάνη, που βρίσκεται στο μέσον του μηχανήματος, με τρόπο ώστε η λεπίδα να έχει τη δυνατότητα να στρέφεται περί του άξονα της οδοντωτής στεφάνης και περί του άξονα που είναι παράλληλος προς το διαμήκη άξονα του μηχανήματος. Επίσης η λεπίδα μπορεί να ολισθαίνει και προς τις δύο πλευρές της οδοντωτής στεφάνης.

Το κύριο πεδίο εφαρμογής του ισοπεδωτή είναι οι κατασκευές και συντηρήσεις δαπέδων και οδοστρωμάτων. Μέσα στα χωματουργικά εργοτάξια χρησιμοποιείται για τη συντήρηση των οδών και για την διάστρωση και ισοπέδωση των δαπέδων των βαθμίδων. Επίσης, κατά τη χειμερινή περίοδο ο ισοπεδωτής βρίσκει εφαρμογή και στον αποχιονισμό των οδών (Κολοβός, 2004). Στην Εικόνα 4.4 παρουσιάζεται ένας ισοπεδωτής.



Εικόνα 4.4: Ισοπεδωτής (grader).

Φορτωτές: Υπάρχουν δύο είδη φορτωτών: Οι φορτωτές που φέρουν τροχούς και οι φορτωτές που φέρουν ερπύστριες. Ανάλογα με το μέγεθός τους χρησιμοποιούνται στα ορυχεία για τη φόρτωση υλικών στα χωματουργικά αυτοκίνητα ή για τον καθαρισμό των ταινιοδρόμων. Στην Εικόνα 4.5 φαίνεται ένας ελαστιχοφόρος φορτωτής.



Εικόνα 4.5: Ελαστιχοφόρος φορτωτής κατά τη διαδικασία φόρτωσης.

Ένας φορτωτής αποτελείται από το κυρίως μηχάνημα με τον κινητήρα και το σύστημα πορείας, ο κάδος με τους βραχίονες και τα υδραυλικά συστήματα.

Συνήθως στα ορυχεία χρησιμοποιούνται ελαστιχοφόροι φορτωτές οι οποίοι έχουν αρθρωτή κατασκευή, λόγω της αυξημένης ικανότητας ελιγμών που προσφέρουν.

Η άλλη κατηγορία όπως αναφέρθηκε είναι οι φορτωτές που φέρουν ερπύστριες. Αυτοί οι φορτωτές δεν είναι αρθρωτοί και προσφέρουν καλή λειτουργία σε μεγάλες κλίσεις και δάπεδα με μειωμένη φέρουσα ικανότητα όπου η πρόσφυση των ελαστικών τροχών είναι προβληματική. Ένα κύριο μειονέκτημά τους είναι οι μικρές ταχύτητες πορείας (Κολοβός, 2004).

Εκσκαφείς ενός κάδου: Οι εκσκαφείς ενός κάδου είναι από τα πιο συνηθισμένα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται σε χωματουργικά και μεταλλευτικά έργα.

Ανάλογα με το μέγεθος και τον τύπο του εκσκαφέα, για την κίνησή τους χρησιμοποιείται ντιζελοκινητήρας ή ηλεκτροκινητήρας. Το σύστημα πορείας του μηχανήματος είναι με ερπύστριες στους μεγάλους εκσκαφείς, για καλύτερη σταθερότητα ή με ελαστικούς τροχούς στους μικρούς εκσκαφείς. Σπάνια σε πολύ μεγάλα μηχανήματα συναντάται το βηματίζον σύστημα πορείας.

Ανάλογα με τη μορφή της εκσκαπτικής εξάρτησης οι εκσκαφείς ενός κάδου διακρίνονται στους πιο κάτω τύπους:

- Μηχανικό πτύο μετωπικού κάδου (shovel).
- Μηχανικό πτύο ανεστραμμένου κάδου (τσάπα).
- Εκσκαφέας συρόμενου κάδου (dragline).
- Εκσκαφέας με αρπαγή (clamshell).
- Εκσκαφέας πασσαλοεμπήκτης.

Μηχανικό πτύο μετωπικού κάδου (shovel): Οι εκσκαφείς μετωπικού κάδου διακρίνονται σε δύο τύπους. Είναι ο τύπος με συρματόσχοινο και ο τύπος του υδραυλικού εκσκαφέα. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας στα υδραυλικά συστήματα είχε σαν αποτέλεσμα την εφαρμογή τους στους καθολικούς εκσκαφείς όπως στους εκσκαφείς μετωπικού και ανεστραμμένου κάδου.

Η απόδοση του συγκεκριμένου εκσκαφέα εξαρτάται άμεσα από διάφορους παράγοντες όπως είναι το είδος του υλικού, οι συνθήκες εκσκαφής, η γεωμετρία του μετώπου, η γωνία περιστροφής, η σχέση της χωρητικότητας του χωματουργικού αυτοκινήτου προς τη χωρητικότητα του κάδο, η διάταξη του εργοταξίου και τον τρόπο χειρισμού.

Τα βασικά γεωμετρικά στοιχεία λειτουργίας ενός μηχανικού πτύου είναι:

- ύψος εκφόρτωσης,
- ακτίνα εκφόρτωσης στο μέγιστο ύψος εκφόρτωσης,
- ακτίνα εκφόρτωσης,
- ύψος εκσκαφής,
- ακτίνα εκσκαφής,
- ακτίνα στο οριζόντιο δάπεδο,
- βάθος εκσκαφής κάτω από το δάπεδο,
- ύψος του σημείου ανοχής της μπούμας,
- ακτίνα του σημείου ανοχής της μπούμας.

Το μηχανικό πτύο είναι το χωματουργικό μηχάνημα το οποίο χρησιμοποιείται πάρα πολύ στην ασυνεχή μέθοδο εκμετάλλευσης για την εκσκαφή και φόρτωση πολύ σκληρών σχηματισμών (Εξαδάκτυλος 2004, Κολοβός 2004). Πολλές φορές οι σχηματισμοί που έχει να αντιμετωπίσει έχουν προχαλαρωθεί με τη χρήση εκρηκτικών υλών. Στην Εικόνα 4.6 παρουσιάζεται ένα εκσκαπτικό μηχάνημα μετωπικού κάδου το οποίο είναι από τα μεγαλύτερα που απασχολούνται στις υπερκείμενες τομές του Νοτίου Πεδίου.



Εικόνα 4.6: Μηχανικό πτύο μετωπικού κάδου Terex O&K RH 170.

Οι υδραυλικοί εκσκαφείς μετωπικού κάδου που υπάρχουν στο Νότιο Πεδίο έχουν χωρητικότητες κάδου από 13,5 Fm³ που είναι των οίκων Demag και Liebherr, 21 Fm³ του οίκου Terex και το ηλεκτροκίνητο με 17 Fm³ του οίκου P&H.

Στον Πίνακα 4.7 παρουσιάζεται η διαθεσιμότητα των υδραυλικών εκσκαφών μετωπικού κάδου Liebherr R994HD από το 1992 μέχρι και το 2004. Στο σύνολό τους τα συγκεκριμένα εκσκαπτικά είναι τέσσερα από τα οποία τα τρία εντάχθηκαν στην παραγωγική διαδικασία τον Μάρτιο του 1990 και το ένα τον Απρίλιο του 2000. Όμως από το 2001 και μετά λειτουργούν μόνο τρία εκσκαπτικά του συγκεκριμένου οίκου γιατί το τέταρτο έχει παροπλιστεί.

Πίνακας 4.7: Διαθεσιμότητα εκσκαφών μετωπικού κάδου Liebherr R994HD (ΤΔΣΣ, 2004).

Έτος	Shovels	Ποσοστό%
1992	2,56	85,3
1993	2,21	73,7
1994	2,13	71,1
1995	1,61	53,7
1996	1,61	53,7
1997	1,53	50,9
1998	1,49	49,6
1999	1,60	53,3
2000	2,15	59,1
2001	2,05	68,3
2002	2,13	71,0
2003	2,23	74,3
2004	1,33	44,3

Στον Πίνακα 4.8 παρουσιάζονται οι ώρες λειτουργίας του κάθε μηχανήματος από το έτος 1992 μέχρι το 2004.

Πίνακας 4.8: Ώρες λειτουργίας ανά εκσκαφέα μετωπικού κάδου Liebherr
(ΤΔΣΣ, 2004).

Έτος	Ώρες /shovel
1992	4.677
1993	4.786
1994	4.678
1995	3.460
1996	3.253
1997	2.920
1998	2.833
1999	3.658
2000	3.700
2001	4.080
2002	4.343
2003	4.710
2004	2.811

Μηχανικό πτύο ανεστραμμένου κάδου (τσάπα): Το συγκεκριμένο χωματουργικό μηχάνημα έχει τοποθετημένο το βραχίονα (μπούμα) με τον κάδο σε ανεστραμμένη μορφή και θέση σε σχέση με το μηχανικό πτύο μετωπικού κάδου.

Στα λιγνιτωρυχεία χρησιμοποιείται για την εκσκαφή υπερκείμενου υλικού αλλά και κοιτάσματος. Επίσης εφαρμογή βρίσκει και στην εκσκαφή τάφρων απορροής νερών, τις οποίες κατασκευάζει με μεγάλη ακρίβεια, στην εκσκαφή θεμελίων έδρασης βάσεων ταινιόδρομων, στην εκσκαφή λάκκων για τον εγκιβωτισμό επιτόνων και γενικά σε εργασίες εκσκαφής κυρίως κάτω από το επίπεδο έδρασης του μηχανήματος (Κολοβός, 2004).

Χωματουργικά οχήματα: Στην ασυνεχή μέθοδο εκμετάλλευσης η μεταφορά του εξορυγμένου υλικού γίνεται με τα χωματουργικά οχήματα. Υπάρχουν αρκετοί τύποι τέτοιων οχημάτων. Ο ένας τύπος διαφέρει από τον άλλο ανάλογα με τον αριθμό των αξόνων που διαθέτουν, ανάλογα με τη χωρητικότητά τους και ανάλογα με το ωφέλιμο φορτίο που μπορούν να μεταφέρουν. Επίσης υπάρχουν μεγάλα χωματουργικά οχήματα αρθρωτά τα οποία έχουν μεγάλη ευελιξία και η εκκένωσή τους γίνεται από τον πυθμένα. Στο ορυχείο του Νοτίου Πεδίου υπάρχουν μεγάλα χωματουργικά οχήματα τα οποία

έχουν ωφέλιμο φορτίο από 50 ton μέχρι 192 ton. Για παράδειγμα υπάρχουν τα Terex 3308E των 50 ton, τα Terex 3311E των 85 ton, τα Unit-rig mt-3300 των 136 ton και τα Euclid-Hitachi EH3500 των 192 ton ένα εκ των οποίων παρουσιάζεται και στην Εικόνα 4.7.



Εικόνα 4.7: Χωματουργικό όχημα Euclid-Hitachi EH3500 192 ton.

Όπως και στα προηγούμενα χωματουργικά μηχανήματα έτσι και εδώ ακολουθεί μία παρουσίαση της διαθεσιμότητας, των ωρών λειτουργίας και της διακίνησης για κάθε τύπο χωματουργικού οχήματος από το έτος ένταξής του μέχρι και το 2004. Στον Πίνακα 4.9 παρουσιάζονται οι δείκτες λειτουργίας των Terex 3308E με ωφέλιμο φορτίο 50 ton, στον Πίνακα 4.10 των Terex 3311E 85 ton, στον Πίνακα 4.11 των Unit-rig mt-3300 136 ton και στον Πίνακα 4.12 των Euclid-Hitachi EH3500 192 ton.

Πίνακας 4.9: Δείκτες λειτουργίας των Terex 3308E 50 ton (ΤΔΣΣ, 2004).

ΕΤΗ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ		ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ		ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ/ ΩΡΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
	ΟΧΗΜΑΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ %	ΩΡΕΣ/ ΟΧΗΜΑ	ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ (m ³)	
1997	8,7	83,1	3.298	2.179.100	2,73
1998	8,7	79	2.490	1.747.000	2,66
1999	7,48	68,0	2.322	1.744.900	3,26
2000	8,03	73,0	2.891	1.765.800	2,71
2001	7,36	67,7	2.836	1.582.900	2,40
2002	6,22	57,7	3.229	1.604.500	2,28
2003	6,49	59,0	2.578	1.523.400	2,71
2004	6,77	61,5	2.661	1.368.000	2,10

Πίνακας 4.10: Δείκτες λειτουργίας των Terex 3311E 85 ton (ΤΔΣΣ, 2004).

ΕΤΗ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ		ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ		ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ/ ΩΡΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
	ΟΧΗΜΑΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ %	ΩΡΕΣ/ ΟΧΗΜΑ	ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ (m ³)	
1992	12,3	88,1	1.839	2.500.100	3,00
1993	12,5	89,3	4.579	6.224.400	2,80
1994	11,3	80,7	4.795	6.732.500	2,78
1995	9,3	66,4	4.196	5.984.600	2,75
1996	10,0	71,4	4.594	6.815.500	2,80
1997	8,5	60,4	3.600	5.484.500	2,90
1998	9,3	66,4	4.389	5.959.400	2,67
1999	9,26	66,1	4.243	5.634.800	2,66
2000	9,18	65,5	4.536	5.244.300	2,35
2001	9,25	69,8	4.577	5.116.700	2,34
2002	7,74	59,5	4.084	4.253.400	2,40
2003	7,87	65,6	3.980	3.800.200	2,56
2004	6,90	56,6	3.264	3.098.300	2,35

Πίνακας 4.11: Δείκτες λειτουργίας των Unit-rig mt-3300 136 ton (ΤΔΣΣ, 2004).

ΕΤΗ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ		ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ		ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ/ ΩΡΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
	ΟΧΗΜΑΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ %	ΩΡΕΣ/ ΟΧΗΜΑ	ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ (m ³)	
1997	4,40	78,6	3.741	3.431.000	2,42
1998	4,80	80,0	5.845	5.049.500	2,35
1999	4,74	79,1	5.722	4.931.400	2,34
2000	4,81	80,1	6.361	5.147.900	2,23
2001	4,75	79,2	5.851	5.071.600	2,34
2002	4,32	72,0	5.368	4.570.200	2,44
2003	4,56	76,0	5.260	4.221.800	2,47
2004	4,62	77,0	5.525	3.695.200	1,91

Πίνακας 4.12: Δείκτες λειτουργίας των Euclid-Hitachi EH3500 192ton (ΤΔΣΣ, 2004).

ΕΤΗ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ		ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ		ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ/ ΩΡΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
	ΟΧΗΜΑΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ %	ΩΡΕΣ/ ΟΧΗΜΑ	ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ (m ³)	
2004	5,21	87,27	6.322	6.559.000	2,00

Διατρητικά φορεία: Τα διατρητικά φορεία χρησιμοποιούνται για τη διάτρηση διατρημάτων στις επιφανειακές εκμεταλλεύσεις που στην πορεία γομώνονται με την εκρηκτική ύλη. Τα διατρητικά φορεία που χρησιμοποιούν την περιστροφική όρυξη διατρημάτων αποτελούνται από τα παρακάτω μέρη:

- φορείο,
- πηγή ενέργειας,
- αεροσυμπιεστής,
- ικρίωμα,
- διατρητική στήλη.

Το φορείο είναι τοποθετημένο πάνω σε ελαστικούς τροχούς όταν πρόκειται για ελαφρύ διατρητικό μηχάνημα ενώ όταν το μηχάνημα είναι βαρέου τύπου τότε το φορείο είναι τοποθετημένο πάνω σε ένα ειδικό σύστημα ερπυστριών. Επίσης στο φορείο

είναι προσαρμοσμένοι τέσσερις υδραυλικοί γρύλοι οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως σύστημα στηρίξεως κατά τη διαδικασία της διάτρησης.

Ως πηγή ενέργειας χρησιμοποιείται ο ντιζελοκινητήρας και πιο σπάνια ο ηλεκτροκινητήρας. Τις περισσότερες φορές συναντάται ο ντιζελοκινητήρας γιατί έτσι το μηχανήμα κερδίζει την αυτοδυναμία του ως προς τις μετακινήσεις του μέσα στο εργοτάξιο.

Ο αεροσυμπιεστής χρησιμοποιείται για την παραγωγή αέρα υψηλής πίεσεως και παροχής ώστε να βοηθάει τα θραύσματα που δημιουργούνται μέσα στο διάτρημα να ανέρχονται στην επιφάνεια και εκτός του διατρήματος. Ο αεροσυμπιεστής πρέπει να είναι τοποθετημένος σε κατάλληλη θέση πάνω στο φορείο ώστε να προφυλάσσεται από την σκόνη που δημιουργείται κατά τη διαδικασία της διατρήσεως.

Το ικρίωμα αποτελείται από τέσσερις χαλύβδινες δοκούς συνδεδεμένες μεταξύ τους οι οποίες ενώνονται μέσω αρθρώσεως με το κυρίως πλαίσιο του μηχανήματος. Κατά τη διάτρηση με τη βοήθεια υδραυλικών συστημάτων το ικρίωμα λαμβάνει κατακόρυφη θέση ή μπορεί να πάρει και διάφορες κλίσεις από την κατακόρυφο οι οποίες κυμαίνονται από 25-30°. Όσο μεγαλύτερο σε ύψος είναι το ικρίωμα τόσο μειώνεται το κόστος διάτρησης γιατί επιτρέπει στο χειριστή να χρησιμοποιεί μεγαλύτερα σε μήκος διατρητικά στελέχη και έτσι μειώνεται ο χρόνος που χρειάζεται για την προσθήκη νέων στελεχών.

Τέλος η διατρητική στήλη αποτελείται από μία αλληλουχία χαλύβδινων σωλήνων οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με σπείρωμα. Κάθε σωλήνα ονομάζεται διατρητικό στέλεχος. Το μήκος τους κυμαίνεται μεταξύ τριών και οκτώ μέτρων. Στην άκρη της είναι τοποθετημένο το κοπτικό άκρο το οποίο συνδέεται με το πρώτο στέλεχος μέσω σπειρώματος. Η διατρητική στήλη χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της περιστροφικής κίνησης από την επιφάνεια στο βάθος του διατρήματος, για τη μεταφορά της αξονικής δύναμης στο κοπτικό άκρο και για την μεταφορά από το εσωτερικό της του πεπιεσμένου αέρα ο οποίος φτάνει στο κοπτικό άκρο και εξέρχεται από αυτό μέσα από ειδικά διαμορφωμένα ακροφύσια ώστε να απομακρύνει τα θραύσματα και να τα οδηγεί στην επιφάνεια (Τσουτρέλης 1983, Μούσουλος 1977). Στην Εικόνα 4.8 φαίνεται ένα διατρητικό φορείο Tamrock C 50 K 3L το οποίο χρησιμοποιείται στο Νότιο πεδίο για την όρυξη διατρημάτων.



Εικόνα 4.8: Διατρητικό φορείο Tamrock C 50 K 3L.

Στον Πίνακα 4.13 παρουσιάζονται η διαθεσιμότητα, οι ώρες λειτουργίας ανά φορείο και η απόδοση ανά ώρα από το 1996 μέχρι το 2004.

Πίνακας 4.13: Δείκτες λειτουργίας διατρητικών φορείων (ΤΔΣΣ, 2004).

ΕΤΗ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ		ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΑΠΟΔΟΣΗ m/ΩΡΑ
	ΦΟΡΕΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ %	ΩΡΕΣ/ ΦΟΡΕΙΟ	
1996	3,2	63,0	2.491	28,6
1997	2,84	56,9	2.324	26,4
1998	2,73	54,6	2.492	26,2
1999	3,02	52,0	2.211	26,9
2000	3,24	54,0	1.979	30,8
2001	2,98	49,7	2.079	30,9
2002	2,54	42,4	2.248	28,9
2003	2,63	52,6	2.024	34,1
2004	2,45	49,0	2.070	31,6

4.3 Στοιχεία εκσκαφών και παραγωγής ανά τομή για τα έτη 2003 – 2004

Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζονται στοιχεία τα οποία έχουν σχέση με την παραγωγή και τις εκσκαφές του ορυχείου για τα έτη 2003, 2004 και 2005 μέχρι το μήνα Ιούνιο. Τα στοιχεία θα παρουσιαστούν ανά τομή και ανά τρόπο εκσκαφής, θα παρουσιαστούν δηλαδή οι εκσκαφές και η παραγωγή των Κ/Ε, του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού που διαχειρίζεται ο ΤΔΣΣ και του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού των εργολάβων. Επίσης η αναφορά γίνεται και ανά τομή για το λόγο ότι σε κάθε τομή συναντώνται διαφορετικά υλικά για εξόρυξη.

Οι υπερκείμενες τομές του ορυχείου όπως έχει αναφερθεί είναι στο σύνολο τους πέντε. Οι σχηματισμοί που υπάρχουν σ' αυτές τις τομές αντιμετωπίζονται με την συνδυασμένη λειτουργία των Κ/Ε και του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού. Αυτό γίνεται γιατί τα υλικά που συναντώνται σ' αυτές τις τομές είναι εναλλαγές σκληρών και μαλακών σχηματισμών. Τα μαλακά υλικά αντιμετωπίζονται απευθείας από τον Κ/Ε ενώ τα σκληρά υλικά από τον ντιζελοκίνητο εξοπλισμό αφού πρώτα έχουν προχαλαρωθεί με την χρήση εκρηκτικών. Επίσης υπάρχουν και κάποια υλικά τα οποία αντιμετωπίζονται από τον Κ/Ε αφού έχουν προχαλαρωθεί.

Στην πρώτη υπερκείμενη τομή στην τομή 1α συναντάται γκριζοκίτρινη άργιλος, σκληρούς σχηματισμούς πλειστόκαινου, καστανέρυθρη άργιλο και καστανέρυθρη άργιλο με κροκάλες. Σ' αυτή την τομή η εμφάνιση ντιζελοκίνητου εξοπλισμού είναι σχετικά μικρή γιατί οι μόνοι σχηματισμοί που αντιμετωπίζονται με εργοτάξιο είναι οι σκληροί σχηματισμοί πλειστόκαινου οι οποίοι βρίσκονται σε μικρή έκταση στην συγκεκριμένη τομή. Οι υπόλοιποι αντιμετωπίζονται με τον Κ/Ε. Στα τμήματα που ο Κ/Ε συναντάει καστανέρυθρη άργιλο με κροκάλες, η παρουσία προωθητή είναι απαραίτητη για την απομάκρυνση των κροκάλων από το μέτωπο και τη συγκέντρωσή τους σε σωρούς ώστε στη συνέχεια να οδηγηθούν από εργοταξιακό εξοπλισμό στους χώρους απόθεσης. Πολλές φορές ο όγκος των ογκολίθων αυτών είναι πολύ μεγάλος με αποτέλεσμα η φόρτωσή τους σε χωματουργικά αυτοκίνητα να είναι δύσκολη. Σ' αυτές τις περιπτώσεις οι ογκολίθοι αυτοί θραύονται είτε με τη χρήση υδραυλικού κρουστικού σφυριού είτε με τη χρήση εκρηκτικών τα οποία δεν χρειάζονται διατρήματα αλλά προσκολλούνται πάνω στον ογκόλιθο. Τα εκρηκτικά αυτά στη γλώσσα του ορυχείου ονομάζονται «καβαλάκια».

Στην τομή 1β υπάρχουν εναλλαγές σκληρών και μαλακών σχηματισμών. Στην τομή αυτή οι σκληροί σχηματισμοί πλειστόκαινου συναντώνται σε μεγάλο βαθμό από

τα 900 m μέχρι τα 1800 m από την κεφαλή της τομοταινίας. Σ' αυτό το τμήμα υπάρχουν και μικρές εμφανίσεις μαλακών σχηματισμών. Το κομμάτι αυτό αντιμετωπίζεται με ντιζελοκίνητο εξοπλισμό.

Οι τρεις επόμενες τομές (2α, 2β και 3) είναι οι τομές που παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό σκληρών σχηματισμών. Σ' αυτές τις τομές οι εναλλαγές των σχηματισμών είναι πάρα πολύ έντονες σε σχέση με τις δύο προηγούμενες. Στις τομές αυτές συναντώνται επί το πλείστον ντιζελοκίνητος εξοπλισμός του ΤΔΣΣ και σε μικρότερη κλίμακα εργολαβικός εξοπλισμός. Στην τομή 2β συναντάται η μικρότερη σε μήκος τομοταινία σε σχέση με τις άλλες τομές των υπερκείμενων σχηματισμών. Αυτό συμβαίνει γιατί προς το τέλος της τομής 2β υπάρχει μεγάλη εμφάνιση σκληρών σχηματισμών οι οποίοι εναλλάσσονται με μικρότερες εμφανίσεις μαλακών σχηματισμών. Έτσι, αποφασίστηκε η αντιμετώπισή τους μόνο από ντιζελοκίνητο εξοπλισμό γιατί τα σκληρά υλικά υπερτερούν έναντι των μαλακών και έτσι η λειτουργία K/E σε αυτό το τμήμα θα ήταν ασύμφορη. Συγκεκριμένα η τομοταινία της τομής 2β σταματάει λίγο πριν συναντήσει το ρήγμα F2 ενώ οι υπόλοιπες τομοταινίες ξεπερνούν το ρήγμα F5A το οποίο απέχει από το ρήγμα δύο περίπου 530 m.

Η παραγωγή και η εκσκαφή των σκληρών σχηματισμών διαφέρει από τομή σε τομή. Οι τομές που ακολουθούν μετά την τομή 3 είναι οι λιγνιτικές τομές στις οποίες υπάρχει παραγωγή λιγνίτη αλλά και ενδιάμεσων στείων υλικών και η εκμετάλλευση γίνεται κυρίως από K/E και ντιζελοκίνητο εργολαβικό εξοπλισμό.

Επίσης σε πολλά σημεία των υπερκείμενων τομών συναντώνται αμμοχάλικα τα οποία εξορύσσονται από ντιζελοκίνητο εξοπλισμό και χρησιμοποιούνται για την κατασκευή δρόμων μέσα στο ορυχείο αλλά και για την κατασκευή δαπέδων κατά μήκος των αξόνων των υπερκείμενων τομοταινιών.

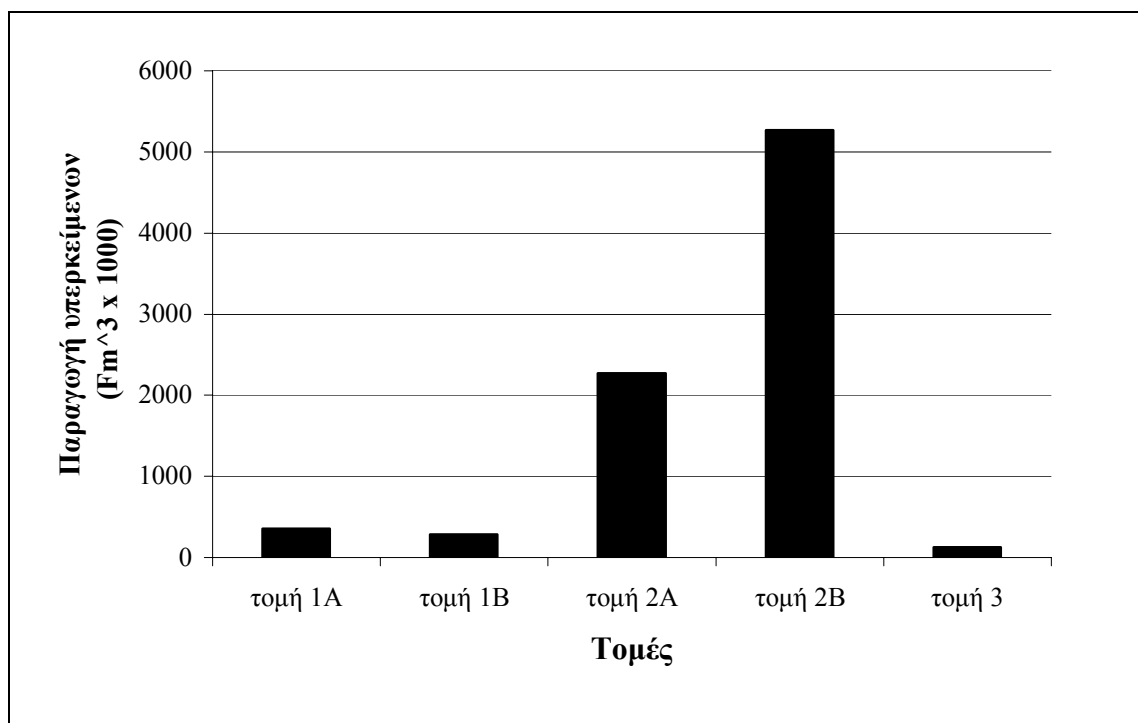
Ακολουθεί η παρουσίαση της παραγωγής και των εκσκαφών ανά τομή για τα έτη 2003, 2004 και 2005 μέχρι το μήνα Ιούνιο. Στον Πίνακα 4.14 παρουσιάζονται τα στοιχεία για το έτος 2003 των υπερκείμενων τομών του ορυχείου.

Πίνακας 4.14: Παραγωγή και εκσκαφές των υπερκείμενων τομών για το 2003 (ΔΕΗ, 2005ζ).

ΤΟΜΗ 1Α					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	7291	0	0	7291	0
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	352	0	0	352	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	349	0	0	349	0
ΤΟΜΗ 1Β					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	3944	0	0	3944	0
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	280	0	0	280	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	1703	0	0	1703	0
ΤΟΜΗ 2Α					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	724	0	0	724	0
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	2270	0	0	2270	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	988	0	0	988	0
ΤΟΜΗ 2Β					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	3403	0	0	3403	0
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	5266	0	0	5266	0

ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	1250	0	0	1250	0
ΤΟΜΗ 3					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	9592	0	0	9592	0
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	125	0	0	125	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	2188	0	0	2188	0

Παρατηρείται στον Πίνακα 4.14 ότι η μεγαλύτερη παραγωγή και εκσκαφή υπερκείμενων σχηματισμών από τον ντιζελοκίνητο εξοπλισμό του τομέα διακίνησης σκληρών σχηματισμών γίνεται στην τομή 2β με 5.266.000 Fm³ και στην τομή 2α με 2.270.000 Fm³ για το έτος 2003. Αξιοσημείωτο είναι ότι η διακίνηση των υλικών στις δύο αυτές τομές από τον ντιζελοκίνητο εξοπλισμό είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με τους Κ/Ε. Η παραπάνω παραγωγή αναπαρίσταται γραφικά στο Σχήμα 4.2.



Σχήμα 4.2: Γραφική αναπαράσταση της παραγωγής του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού ανά τομή των υπερκείμενων τομών για το 2003.

Από το Σχήμα 4.2 γίνεται αντιληπτό ότι οι τομές που έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό σκληρών υλικών είναι η τομή 2α και η τομή 2β γιατί οι εκσκαφές του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού σ' αυτές τις τομές είναι μεγάλες. Αντίθετα στις υπόλοιπες τομές οι εκσκαφές είναι μικρότερες γιατί υπάρχουν μαλακά υλικά τα οποία εξορύσσονται από τους καδοφόρους εκσκαφείς. Επίσης, στην παραγωγή και εκσκαφή των υλικών συμμετέχει και εργολαβικός ντιζελοκίνητος εξοπλισμός η παραγωγή του οποίου σε σχέση με τον εξοπλισμό του ΤΔΣΣ είναι μικρότερη αν εξαιρεθούν οι τομές 1β και 3. Έπειτα στον Πίνακα 4.15 παρουσιάζεται η παραγωγή λιγνίτη ανά τομή για το ίδιο έτος που αναφέρεται ο Πίνακας 4.14.

Πίνακας 4.15: Παραγωγή και εκσκαφές των λιγνιτικών τομών για το 2003 (ΔΕΗ, 2005η).

ΤΟΜΗ 4					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	4819	717	5536	881910
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	30	0	30	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	12	0	12	0
ΤΟΜΗ 5					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	5307	1818	7125	2236140
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	0	0	0	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	0	0	0	0
ΤΟΜΗ 6					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	4398,5	4083,5	8482	5022770
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	0	0	0	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	30	104	134	0
ΤΟΜΗ 6Β					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	4577	3088	7615	3736740
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	22	0	22	0

ΕΡΓΟΛ. Ε- ΞΟΠΛ.	0	1	59	60	0
ΤΟΜΗ 7					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	3208,6	3343,4	6552	4112440
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	8	0	8	0
ΕΡΓΟΛ. Ε- ΞΟΠΛ.	0	0	0	0	0

Από τον Πίνακα 4.15 παρατηρείται ότι η συμμετοχή του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού του ΤΔΣΣ στις λιγνιτικές τομές είναι πάρα πολύ μικρή με συνολικές εκσκαφές που ανέρχονται στα 60.000 Fm³ στις τομές 4, 6β και 7 με εκσκαφή ενδιάμεσων στείρων υλικών.

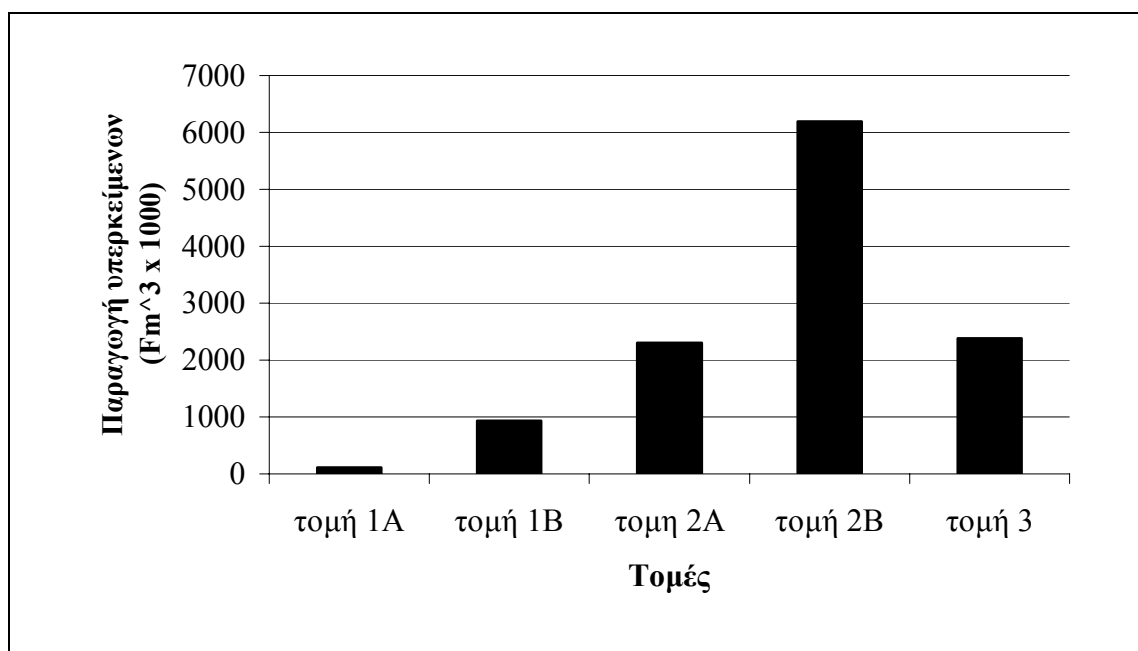
Οι συνολικές εκσκαφές του πάγιου εξοπλισμού, του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού του ΤΔΣΣ και του ντιζελοκίνητου εργολαβικού εξοπλισμού για το έτος 2003 ανέρχονται σε 42.799.000 Fm³ υπερκείμενων υλικών, σε 22.413.100 Fm³ ενδιάμεσων στείρων υλικών και 13.162.900 Fm³ λιγνίτη που μεταφράζονται σε 15.990.000 ton λιγνίτη. Το σύνολο των μαζών που εξορύχτηκαν και μετακινήθηκαν το συγκεκριμένο έτος μόνο στο Νότιο Πεδίο ανέρχονται στα 78.375.000 Fm³ (μαζί με τον τομέα 3). Ο τομέας 3 είναι η φυσική προέκταση της τομής 1Α και μελλοντική επέκταση του ορυχείου όπου εξορύσσονται κυρίως αμμοχάλικα από όπου προμηθεύεται και το ορυχείο για τις διάφορες ανάγκες του. Στον Πίνακα 4.16 παρουσιάζεται η παραγωγή και η εκσκαφές των υπερκείμενων τομών για το έτος 2004.

Πίνακας 4.16: Παραγωγή και εκσκαφές των υπερκείμενων τομών για το 2004 (ΔΕΗ, 2005θ).

ΤΟΜΗ 1Α					
ΜΕΣΟ ΕΚ- ΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	6861	0	0	6861	0
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	107	0	0	107	0
ΕΡΓΟΛ. Ε- ΞΟΠΛ.	950	0	0	950	0
ΤΟΜΗ 1Β					
ΜΕΣΟ ΕΚ- ΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	4597	0	0	4597	0
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	928	0	0	928	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	2168	0	0	2168	0
ΤΟΜΗ 2Α					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	3512	0	0	3512	0
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	2307	0	0	2307	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	1742	0	0	1742	0
ΤΟΜΗ 2Β					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	4299	0	0	4299	0
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	6195	0	0	6195	0
ΕΡΓΟΛ.ΕΞΟΠ.	1469	0	0	1469	0

ΤΟΜΗ 3					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗΣ ΣΕ ton
Κ/Ε	9382	0	0	9382	0
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	2379	0	0	2379	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	514	0	0	514	0

Από τον Πίνακα 4.16 φαίνεται ότι η μεγαλύτερη παραγωγή και εκσκαφές του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού στις υπερκείμενες τομές είναι στην τομή 2β και τομή 3 με 6195 Fm³ και 2379 Fm³ αντίστοιχα. Σε σύγκριση με το 2003 η παραγωγή στην τομή 3 αυξήθηκε σημαντικά γιατί δόθηκε μεγάλο αντικείμενο απασχόλησης στον εξοπλισμό του ΤΔΣΣ και όχι σε εργολαβικό εξοπλισμό όπως είχε συμβεί το έτος 2003. Η αύξηση της παραγωγής φαίνεται και παραστατικά στο Σχήμα 4.3.



Σχήμα 4.3: Γραφική αναπαράσταση της παραγωγής του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού ανά τομή των υπερκείμενων τομών για το 2004.

Στο Σχήμα 4.3 είναι εμφανής η αύξηση των εκσκαφών το 2004 από το ντιζελοκίνητο εξοπλισμό ειδικά αν συγκριθεί με το Σχήμα 4.2 που αναφέρεται στο έτος 2003. Η μεγαλύτερη αύξηση της παραγωγής σημειώνεται στην τομή 3 αρχικά και στην τομή 1β. Αυτή η διαφορά οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην έλευση μεγαλύτερης δυναμικότη-

τας νέου ντιζελοκίνητου εξοπλισμού ο οποίος εντάχθηκε στην παραγωγική διαδικασία σταδιακά μέσα στο 2004. Ο νέος εξοπλισμός αποτελείται από δύο shovels Terex O&K RH 170 με χωρητικότητα κάδου 21 Fm^3 και οκτώ χωματουργικά αυτοκίνητα Euclid-Hitachi EH 3500 με ωφέλιμο φορτίο 192 ton. Συγκεκριμένα το 2003 οι εκσκαφές στις υπερκείμενες τομές από το ντιζελοκίνητο εξοπλισμό είναι $8.293.000 \text{ Fm}^3$ ενώ με την έλευση του νέου εξοπλισμού το 2004 οι εκσκαφές ανέρχονται στα $11.916.000 \text{ Fm}^3$. Δηλαδή υπάρχει μία αύξηση στην παραγωγή και εκσκαφή υπερκείμενων υλικών της τάξεως του 43,68%. Στον Πίνακα 4.17 εμφανίζονται τα αντίστοιχα στοιχεία για τις λιγνιτικές τομές του ορυχείου.

Πίνακας 4.17: Παραγωγή και εκσκαφές των λιγνιτικών τομών για το 2004 (ΔΕΗ, 2005ι).

ΤΟΜΗ 4					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	5244	992	6236	11220160
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	66	0	0	66	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	1236	0	1236	0
ΤΟΜΗ 5					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	5000	2027	7027	2493210
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	0	0	0	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	1093	0	1093	0
ΤΟΜΗ 6					
ΜΕΣΟ ΕΚ- ΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	4938,7	3489,3	8428	4291830
ΝΤΗΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	0	0	0	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	310	0	310	0
ΤΟΜΗ 6Β					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	5199,2	3397,8	8597	4179300
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	0	0	0	0

ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	76	0	76	0
ΤΟΜΗ 7					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	3116,4	3390,6	6507	4170500
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	0	0	0	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	1140	0	1140	0

Οι συνολικές εκσκαφές (Κ/Ε, ντιζελοκίνητος εξοπλισμός ΤΔΣΣ, εργολαβικός εξοπλισμός) υπερκείμενων υλικών για το 2004 ανήλθαν στα 51.313.000 Fm³, 27.353.300 Fm³ στείρων ενδιάμεσων υλικών και 13.296.700 Fm³ λιγνίτη. Η μεγάλη αύξηση της παραγωγής εμφανίζεται στα υπερκείμενα υλικά και η διαφορά σε σχέση με το 2003 είναι 8.591.000 Fm³. Αυτό οφείλεται όπως έχει αναφερθεί στην έλευση του νέου ντιζελοκίνητου εξοπλισμού.

Η διακίνηση μαζών μέσα στο έτος 2004 θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερη και ειδικότερα η διακίνηση σκληρών σχηματισμών από το ΤΔΣΣ αν δεν είχε να αντιμετωπιστεί το βασικό πρόβλημα της κατολίσθησης το Μάιο του 2004. Για την αντιμετώπιση της κατολίσθησης έπρεπε να δημιουργηθεί ένα τεράστιο και κατάλληλο ανασχετικό φράγμα. Το έργο αυτό ανέλαβε ο τομέας διακίνησης σκληρών σχηματισμών με αποτέλεσμα να απασχολούνται τα χωματουργικά μηχανήματα του τομέα στην κατασκευή του φράγματος και έτσι να αυξηθεί η μη παραγωγική διακίνηση μαζών. Επίσης η αύξηση της απόστασης μεταξύ των μετώπων εκσκαφής, του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού, και των αποθέσεων λόγω της στροφικής λειτουργίας του ορυχείου και της αλλαγής των σημείων στροφής των υπερκείμενων τομών με την ανάγκη στήριξης του αποθέτη Α1 είχε ως αποτέλεσμα να μην υπάρξει μεγαλύτερη αύξηση της εκσκαφής και διακίνησης μαζών σε σχέση με το προηγούμενο έτος (ΤΔΣΣ, 2004).

Στον Πίνακας 4.18 παρατίθενται στοιχεία από το 2005 μέχρι το μήνα Ιούνιο και γι' αυτό παρατηρείται μικρή διακίνηση μαζών σε σχέση με τα δύο προηγούμενα έτη.

Πίνακας 4.18: Παραγωγή και εκσκαφές ανά τομή για το 2005 (μέχρι τον έκτο μήνα)
(ΔΕΗ, 2005κ).

ΤΟΜΗ 1Α					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	4397	0	0	4397	0
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	153	0	0	153	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	1074	0	0	1074	0
ΤΟΜΗ 1Β					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	2501	0	0	2501	0
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	439	0	0	439	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	806	0	0	806	0
ΤΟΜΗ 2Α					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	1938	0	0	1938	0
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	352	0	0	352	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	1356	0	0	1356	0
ΤΟΜΗ 2Β					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	2374	0	0	2374	0
ΝΤΗΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	4389	0	0	4389	0

ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	989	0	0	989	0
ΤΟΜΗ 3					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	5469	0	0	5469	0
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	2861	0	0	2861	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	62	0	0	62	0
ΤΟΜΗ 4					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	3366	975	4341	1199250
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	0	0	0	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	1167	0	1167	0
ΤΟΜΗ 5					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	2650,8	1410,2	4061	1734500
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	0	0	0	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	862	0	862	0
ΤΟΜΗ 6					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	2136,8	1746,2	3889	2147900
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	0	0	0	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	394	0	394	0

ΤΟΜΗ 6Β					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	2146,4	1446,6	3593	1779350
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	0	0	0	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	21	0	21	0
ΤΟΜΗ 7					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	0	2113	2300	4413	2829000
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	0	0	0	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	0	907	0	907	0
ΣΥΝΟΛΟ					
ΜΕΣΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ Fm ³ x 1000	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ Fm ³ x 1000	ΛΙΓΝΙΤΗΣ Fm ³ x 1000	ΣΥΝΟΛΟ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΕ ton
Κ/Ε	16679	12413	7878	36970	9690000
ΝΤΙΖΕΛ. ΕΞΟΠΛ.	8194	0	0	8194	0
ΕΡΓΟΛ. ΕΞΟΠΛ.	4287	3351	0	7638	0

Συνολικά οι εκσκαφές και η παραγωγή του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού μέχρι τον έκτο μήνα του 2005 ανέρχονται στα 8.194.000 Fm³.

4.4 Στοιχεία για την κατανάλωση καυσίμων του παραγωγικού ντιζελοκίνητου εξοπλισμού

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση καυσίμων ανά ομάδα παραγωγικού χωματουργικού μηχανήματος του τομέα διακίνησης σκληρών σχηματισμών. Τα στοιχεία αυτά θα αφορούν τα έτη 2001 ως 2005 μέχρι τον έκτο μήνα του έτους. Ο Πίνακας 4.19 ο οποίος ακολουθεί αναφέρεται στην κατανάλωση καυσίμων για το έτος 2001.

Πίνακας 4.19: Κατανάλωση καυσίμων του παραγωγικού εξοπλισμού για το 2001 (ΤΔΣΣ, 2004).

ΠΡΟΩΘΗΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	1783257
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	23990
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	75
ΦΟΡΤΩΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	518998
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	6922
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	75
ΙΣΟΠΕΔΩΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	252947
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	8868
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	29
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	
ΤΥΠΟΣ	Terex 3308E 50 ton
ΛΙΤΡΑ	989396
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	31196
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	32
ΤΥΠΟΣ	Terex 3311E 85 ton
ΛΙΤΡΑ	3214858
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	60642
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	53
ΤΥΠΟΣ	Unit-Rig MT 3300 136 ton
ΛΙΤΡΑ	2764777

ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	35107
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	79
ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ ΜΕΤΩΠΙΚΟΥ ΚΑΔΟΥ (SHOVELS)	
ΛΙΤΡΑ	1905287
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	17157
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	111
ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ ΑΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΟΥ ΚΑΔΟΥ (ΤΣΑΠΕΣ)	
ΛΙΤΡΑ	257114
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	6230
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	41
ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΑ	
ΛΙΤΡΑ	645424
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	12476
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	52
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΛΙΤΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	12332058

Στους Πίνακες 4.9 ως 4.11 είχε αναφερθεί η διακίνηση κάθε τύπου χωματουργικού οχήματος από το έτος ένταξής του μέχρι το 2004. Για τα χωματουργικά οχήματα Terex των 50 ton η διακίνηση ήταν $1.582.900 \text{ Fm}^3$, για τα Terex των 85ton ήταν $5.116.700 \text{ Fm}^3$ και για τα Unit-rig των 136ton ήταν $5.071.600 \text{ Fm}^3$. Με τα στοιχεία του Πίνακα 4.19 υπολογίζεται η κατανάλωση καυσίμου για τη διακίνηση ενός κυβικού μέτρου (όπως είναι στη φυσική του θέση) υπερκείμενου υλικού. Έτσι, για τα χωματουργικά οχήματα Terex των 50 ton απαιτούνται $0,63 \text{ λίτρα/Fm}^3$, για τα Terex των 85 ton $0,63 \text{ λίτρα/Fm}^3$ και για τα Unit-rig των 136 ton $0,55 \text{ λίτρα/Fm}^3$. Ο Πίνακας 4.20 αναφέρεται στην κατανάλωση του 2002.

Πίνακας 4.20: Κατανάλωση καυσίμων του παραγωγικού εξοπλισμού για το2002
(ΤΔΣΣ, 2004).

ΠΡΟΩΘΗΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	1474388
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	22044
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	69
ΦΟΡΤΩΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	393721
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	6283
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	63
ΙΣΟΠΕΔΩΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	266183
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	9109
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	29
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	
ΤΥΠΟΣ	Terex 3308E 50 ton
ΛΙΤΡΑ	1043243
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	35524
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	29
ΤΥΠΟΣ	Terex 3311E 85 ton
ΛΙΤΡΑ	2830074
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	53096
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	53
ΤΥΠΟΣ	Unit-Rig MT 3300 136 ton
ΛΙΤΡΑ	2649413
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	32208
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	82
ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ ΜΕΤΩΠΙΚΟΥ ΚΑΛΟΥ (SHOVELS)	
ΛΙΤΡΑ	1965319
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	18310
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	107

ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ ΑΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΟΥ ΚΑΔΟΥ (ΤΣΑΠΕΣ)	
ΛΙΤΡΑ	180154
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	5091
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	35
ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΑ	
ΛΙΤΡΑ	601430
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	13489
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	45
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΛΙΤΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	11886075

Η διακίνηση μαζών των χωματουργικών αυτοκινήτων για το 2002 ήταν: Terex 50 ton 1.604.500 Fm³, Terex 85 ton 4.253.400 Fm³ και Unit-rig 136 ton 4.570.200 Fm³. Έτσι, η κατανάλωση για τη διακίνηση ενός κυβικού μέτρου υλικού in situ είναι αντίστοιχα για τα χωματουργικά αυτοκίνητα: 0,65 , 0,67 και 0,58 l/Fm³. Στον Πίνακα 4.21 παρουσιάζεται η κατανάλωση για το έτος 2003.

Πίνακας 4.21: Κατανάλωση καυσίμων του παραγωγικού εξοπλισμού για το 2003 (ΤΔΣΣ, 2004).

ΠΡΟΩΘΗΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	2042937
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	27456
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	74
ΦΟΡΤΩΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	479535
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	6778
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	71
ΙΣΟΠΕΔΩΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	181262
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	6356
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	29
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	
ΤΥΠΟΣ	Terex 3308E 50 ton
ΛΙΤΡΑ	956131

ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	28362
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	34
ΤΥΠΟΣ	Terex 3311E 85 ton
ΛΙΤΡΑ	2667745
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	47766
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	56
ΤΥΠΟΣ	Unit-Rig MT 3300 136 ton
ΛΙΤΡΑ	2612815
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	31557
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	83
ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ ΜΕΤΩΠΙΚΟΥ ΚΑΛΟΥ (SHOVELS)	
ΛΙΤΡΑ	1803825
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	17419
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	104
ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ ΑΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΟΥ ΚΑΛΟΥ (ΤΣΑΠΕΣ)	
ΛΙΤΡΑ	167055
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	3914
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	43
ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΑ	
ΛΙΤΡΑ	583965
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	12142
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	48
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΛΙΤΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	11495270

Τα χωματουργικά οχήματα διακίνησαν τις παρακάτω μάζες: Terex 50 ton 1.523.400 Fm³, Terex 85ton 3.800.200 Fm³ και Unit-rig 136 ton 4.221.800 Fm³. Η κατανάλωση καυσίμου ανά κυβικό μέτρο είναι αντίστοιχα: 0,63, 0,70 και 0,62 l/ Fm³. Ο Πίνακας 4.21 περιέχει τις καταναλώσεις για το έτος 2004.

Πίνακας 4.22: Κατανάλωση καυσίμων του παραγωγικού εξοπλισμού για το 2004
(ΤΔΣΣ, 2004).

ΠΡΟΩΘΗΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	3061390
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	40383
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	76
ΦΟΡΤΩΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	473970
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	6829
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	69
ΙΣΟΠΕΔΩΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	274895
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	9304
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	30
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	
ΤΥΠΟΣ	Terex 3308E 50 ton
ΛΙΤΡΑ	1078108
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	31927
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	34
ΤΥΠΟΣ	Terex 3311E 85 ton
ΛΙΤΡΑ	2447206
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	39169
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	62
ΤΥΠΟΣ	Unit-Rig MT 3300 136 ton
ΛΙΤΡΑ	2724959
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	33148
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	82
ΤΥΠΟΣ	Euclid-Hitachi EH3500 192 ton
ΛΙΤΡΑ	3416287
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	37744
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	91

ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ ΜΕΤΩΠΙΚΟΥ ΚΑΛΟΥ (SHOVELS)	
ΛΙΤΡΑ	2564625
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	22983
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	112
ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ ΑΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΟΥ ΚΑΛΟΥ (ΤΣΑΠΕΣ)	
ΛΙΤΡΑ	187955
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	4277
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	44
ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΑ	
ΛΙΤΡΑ	626030
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	12422
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	50
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΛΙΤΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	16855425

Για το έτος 2004 η διακίνηση των χωματουργικών αυτοκινήτων ήταν: Terex 50 ton 1.368.000 Fm³, Terex 85 ton 3.098.300 Fm³, Unit-rig 136ton 3.695.200 Fm³ και Hitachi 192 ton 6.559.100 Fm³. Η κατανάλωση ανά διακίνηση υλικού είναι 0,79, 0,79, 0,74 και 0,52 l/Fm³ αντίστοιχα. Ο Πίνακας 4.23 αναφέρεται στο 2005 μέχρι τον έκτο μήνα του έτους.

Πίνακας 4.23: Κατανάλωση καυσίμων του παραγωγικού εξοπλισμού για το 2005 (μέχρι τον έκτο μήνα) (ΤΔΣΣ, 2004).

ΠΡΟΩΘΗΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	1449190
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	18445
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	79
ΦΟΡΤΩΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	292490
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	4108
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	71
ΙΣΟΠΕΛΩΤΕΣ	
ΛΙΤΡΑ	153050
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	5532

ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	28
ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	
ΤΥΠΟΣ	Terex 3308E 50 ton
ΛΙΤΡΑ	358065
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	12044
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	30
ΤΥΠΟΣ	Terex 3311E 85 ton
ΛΙΤΡΑ	1206553
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	21858
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	55
ΤΥΠΟΣ	Unit-Rig MT 3300 136 ton
ΛΙΤΡΑ	1398215
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	16090
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	87
ΤΥΠΟΣ	Euclid-Hitachi EH3500 192 ton
ΛΙΤΡΑ	2423250
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	26081
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	93
ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ ΜΕΤΩΠΙΚΟΥ ΚΑΛΟΥ (SHOVELS)	
ΛΙΤΡΑ	1731140
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	14865
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	116
ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΕΚΣΚΑΦΕΙΣ ΑΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΟΥ ΚΑΛΟΥ (ΤΣΑΠΕΣ)	
ΛΙΤΡΑ	86410
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	1853
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	47
ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΑ	
ΛΙΤΡΑ	309190
ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	6693
ΛΙΤΡΑ/ΩΡΑ	46
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΛΙΤΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	9407553

Οι διακινήσεις μαζών μέχρι τον έκτο μήνα του 2005 για τα χωματουργικά οχήματα ήταν: 548.400, 1.577.900, 1.763.600 και 4.836.100 Fm^3 αντίστοιχα. Έτσι, οι καταναλώσεις για τη διακίνηση των υλικών είναι: 0,65 l/Fm^3 για τα Terex 50 ton, 0,76 l/Fm^3 για τα Terex 85 ton, 0,79 l/Fm^3 για τα Unit-rig 136 ton και 0,50 l/Fm^3 για τα Hitachi 192 ton.

5. Χρόνοι λειτουργίας

5.1 Εισαγωγή

Η λειτουργική ανάλυση μελετά και ερευνά τις παραγωγικές διαδικασίες και δραστηριότητες, οι οποίες συνθέτουν ένα έργο, ως προς τη χρονική διάρκειά τους, με στόχο τον υπολογισμό της αντίστοιχης ωριαίας απόδοσης και με την εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων βελτιστοποίησης. Έτσι, επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της παραγωγικής ικανότητας των ομάδων εργασίας και όλης της εργοταξιακής διάταξης. Η μεγιστοποίηση της παραγωγικής ικανότητας οδηγεί στην αύξηση της παραγωγικότητας η οποία είναι η σχέση αποτελέσματος προς την προσπάθεια που καταβάλλεται στη διαδικασία της παραγωγής.

Τα αποτελέσματα της λειτουργικής ανάλυσης επηρεάζουν άμεσα την επιτυχία των στόχων της οργάνωσης, εφόσον ο χρονικός προγραμματισμός στηρίζεται στη σωστή εκτίμηση της χρονικής διάρκειας των δραστηριοτήτων.

Για την εκτέλεση μίας δραστηριότητας απαιτείται κάποιο έργο. Το έργο αυτό το προσφέρει η ομάδα εργασίας, η οποία αποτελείται από ανθρώπους και μηχανήματα. Η απόδοση της ομάδας στη μονάδα του χρόνου και ο απαιτούμενος χρόνος για την παραγωγή μίας μονάδας έργου, εξαρτάται από τη μέθοδο λειτουργίας και από τις μηχανές παραγωγής. Οι μηχανές παραγωγής, οι οποίες επηρεάζουν την απόδοση, διακρίνονται στις μηχανές συνεχούς λειτουργίας (ταινιόδρομοι, καδοφόροι εκσκαφείς, αντλίες νερού κτλ) και στις μηχανές περιοδικής λειτουργίας, όπου η εργασία του μηχανήματος ή του συνεργείου χαρακτηρίζεται από μία χρονική περίοδο, η οποία επαναλαμβάνεται με σταθερή ή μεταβλητή τιμή.

Η χρήση των υδραυλικών πτύων μετωπικού κάδου και χωματουργικών οχημάτων για τη διακίνηση των σκληρών σχηματισμών ανήκει στην κατηγορία των μηχανών περιοδικής λειτουργίας και η απόδοσή τους καθορίζεται από την ποσότητα του υλικού που διακινείται σε μία συγκεκριμένη περίοδο (Καβουρίδης, 1990).

5.2 Διαθεσιμότητα

Για τον υπολογισμό της διαθεσιμότητας σαν βάση τίθεται ο ημερολογιακός χρόνος εκφρασμένος συνήθως σε ώρες. Επίσης ο ημερολογιακός χρόνος εκφράζεται ως:

$$T_c = T_o + T_d \quad (5.1)$$

όπου:

T_c = συνολικός ημερολογιακός χρόνος (= 8.640 ώρες),

T_o = συνολικός διαθέσιμος χρόνος λειτουργίας,

T_d = συνολικός χρόνος κρατήσεων.

Ο συνολικός διαθέσιμος χρόνος λειτουργίας και ο συνολικός χρόνος κρατήσεων μπορούν να εκφραστούν ως:

$$T_o = T_{po} + T_{no} \quad (5.2)$$

$$T_d = T_{pd} + T_{ud} \quad (5.3)$$

όπου:

T_{po} = Συνολικός παραγωγικός χρόνος λειτουργίας, ο οποίος περιλαμβάνει όλους τους χρόνους οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την εκσκαφή, τη μεταφορά και την απόθεση των υλικών.

T_{no} = Συνολικός μη παραγωγικός χρόνος λειτουργίας, ο οποίος περιλαμβάνει χρόνους οι οποίοι χρησιμοποιούνται για δευτερογενείς χρήσεις όπως για παράδειγμα αναμονή, τοποθέτηση εξοπλισμού κ.α.

T_{pd} = Συνολικός προγραμματισμένος χρόνος κρατήσεων, ο οποίος περιλαμβάνει όλο το προγραμματισμένο χρόνο για τις συντηρήσεις (ημερήσια, εβδομαδιαία και ετήσια), αργίες και εκπαίδευση του προσωπικού.

T_{ud} = Συνολικός μη προγραμματισμένος χρόνος, ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις κρατήσεις που οφείλονται σε αντίξοες καιρικές συνθήκες, ατυχήματα κ.α.

Έτσι η εξίσωση (5.1) μέσω των εξισώσεων (5.2) και (5.3) παίρνει τη μορφή:

$$T_c = (T_{po} + T_{no}) + (T_{pd} + T_{ud}) \quad (5.4)$$

Ο συντελεστής διαθεσιμότητας n_a είναι το πηλίκο της διαφοράς του συνολικού ημερολογιακού χρόνου από τον προγραμματισμένο χρόνο των κρατήσεων προς το συνολικό ημερολογιακό χρόνο:

$$n_a = \frac{T_c - T_{pd}}{T_c} = \frac{T_o + T_{ud}}{T_c} \quad (5.5)$$

Ο συντελεστής λειτουργικής διαθεσιμότητας n_o είναι το πηλίκο του συνολικού παραγωγικού χρόνου λειτουργίας προς το συνολικό ημερολογιακό χρόνο:

$$n_o = \frac{T_{po}}{T_c} \quad (5.6)$$

Ο συντελεστής κρατήσεων K εκφράζεται ως το πηλίκο του συνολικού χρόνου των μη προγραμματισμένων κρατήσεων προς το συνολικό παραγωγικό χρόνο λειτουργίας:

$$K = \frac{T_{ud}}{T_{po}} \quad (5.7)$$

Όταν ο συντελεστής κρατήσεων K υπολογιστεί από πραγματικές μετρήσεις ενός ορυχείου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για κάποιο άλλο ορυχείο το οποίο διαθέτει παρόμοιες συνθήκες λειτουργίας. Κατά το σχεδιασμό ενός ορυχείου ο συντελεστής κρατήσεων χρησιμοποιείται ως μία ποσότητα πιθανοτήτων για τον υπολογισμό του διαθέσιμου εξοπλισμού του ορυχείου.

Η πιθανότητα παραγωγικής λειτουργίας είναι:

$$P_{(po)} = \frac{T_{po}}{T_{po} + T_{ud}} = \frac{1}{1 + K} \quad (5.8)$$

Η πιθανότητα για τις μη προγραμματισμένες κρατήσεις είναι:

$$P_{(ud)} = 1 - P_{(po)} = \frac{K}{1 + K} \quad (5.9)$$

Μέσα σε μία εκμετάλλευση υπάρχει μία σειρά από μηχανήματα τα οποία είναι διαθέσιμα και το καθένα έχει το δικό του συντελεστή κρατήσεων. Έτσι η πιθανότητα για την παραγωγική λειτουργία του συνόλου n των μηχανημάτων είναι:

$$P_{(pog)} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n K_i} \quad (5.10)$$

Επίσης η πιθανότητα για τις μη προγραμματισμένες κρατήσεις για ένα σύνολο μηχανημάτων είναι:

$$P_{(udg)} = 1 - P_{(pog)} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{1 + \sum_{i=1}^n K_i} \quad (5.11)$$

Από τις εξισώσεις (5.5), (5.6) και (5.7) η σχέση που συνδέει τον συντελεστή λειτουργικής διαθεσιμότητας και το συντελεστή διαθεσιμότητας είναι:

$$n_o = P_{(po)} n_a = \frac{1}{1 + K_i} n_a \quad (5.12)$$

Από την εξίσωση (5.12) γίνεται αντιληπτό ότι ο συντελεστής λειτουργικής διαθεσιμότητας n_o είναι πάντα μικρότερος από τον συντελεστή διαθεσιμότητας n_a (Agioutantis and Kavouridis, 1995).

Μέσα σ' ένα μεταλλείο ή ορυχείο αυτό που ενδιαφέρει τους μηχανικούς είναι η αύξηση της παραγωγικότητας με ταυτόχρονη μείωση του κόστους της εκμετάλλευσης. Αυτός ο συνδυασμός δημιούργησε την ανάγκη της παρακολούθησης της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού και της χρησιμότητάς του μεταξύ ενός μεγάλου αριθμού άλλων παραμέτρων.

5.3 Χρόνος κύκλου εργασίας

Χρόνος κύκλου εργασίας t_s ονομάζεται η χρονική περίοδος μέσα στην οποία συμπληρώνεται μία πλήρης φάση της ομάδας εργασίας. Ανάλογα με τη λειτουργία της ομάδας εργασίας ο χρόνος κύκλου εργασίας διακρίνεται στο σταθερό και μεταβλητό χρόνο. Το άθροισμα αυτών των δύο δίνει το t_s (Καβουρίδης, 1990).

Ο χρόνος κύκλου εργασίας του συστήματος υδραυλικού πτύου μετωπικού κάδου (shovel) – χωματουργικών αυτοκινήτων αλλά και κάθε συστήματος διακρίνεται σε επιμέρους χρόνους, το άθροισμα των οποίων ισούται με το χρόνο κύκλου εργασίας του συστήματος. Οι επιμέρους αυτοί χρόνοι είναι ο χρόνος φόρτωσης, ο χρόνος μεταφοράς, ο χρόνος απόθεσης και ο χρόνος επιστροφής του χωματουργικού οχήματος στη θέση φόρτωσης. Επίσης στον χρόνο κύκλου εργασίας συμπεριλαμβάνονται και οι χρόνοι αναμονής των χωματουργικών αυτοκινήτων. Αναλυτικότερα (Καβουρίδης, 1990):

- Ο χρόνος φόρτωσης είναι η χρονική διάρκεια από τη στιγμή που θα πέσει η πρώτη κουβαδιά στον κάδο του χωματουργικού αυτοκινήτου μέχρι την τελευταία κουβαδιά.
- Ο χρόνος μεταφοράς αναφέρεται στη χρονική διάρκεια από τη στιγμή που θα τελειώσει η φόρτωση μέχρι το χωματουργικό αυτοκίνητο να φτάσει στο χώρο της απόθεσης. Σ' αυτό το χρόνο συμπεριλαμβάνονται και οι χρόνοι των ελιγμών.
- Ο χρόνος απόθεσης μετράει από τη στιγμή που το χωματουργικό αυτοκίνητο σηκώνει την ανατροπή του κάδου του για να εκκενωθεί ο κάδος μέχρι τη στιγμή που θα κατεβεί ο κάδος στην αρχική του θέση.

- Ο χρόνος επιστροφής αρχίζει από τη στιγμή που θα ξεκινήσει το αυτοκίνητο από το χώρο της απόθεσης μέχρι να επιστρέψει στη θέση φόρτωσης.
- Ο χρόνος αναμονής, ο οποίος επίσης περιλαμβάνεται στο χρόνο κύκλου εργασίας, είναι ο χρόνος των καθυστερήσεων που οφείλονται στις βοηθητικές εργασίες όπως είναι η διαμόρφωση δαπέδου στο χώρο φόρτωσης, η διαμόρφωση δαπέδου στο χώρο απόθεσης και η αναμονή των χωματουργικών αυτοκινήτων λόγω συνωστισμού.

5.4 Χωματουργικά αυτοκίνητα

Τα χωματουργικά αυτοκίνητα που έχουν σχεδιαστεί για μεταφορές εκτός δρόμου αποτελούν τον πλέον βασικό εξοπλισμό για τη μεταφορά στείρων υλικών ή και μεταλλεύματος σε επιφανειακά ορυχεία. Τα αυτοκίνητα αυτά έκαναν την εμφάνισή τους για πρώτη φορά στη μεταλλευτική βιομηχανία τη δεκαετία του '30. Τα πρώτα τέτοιου τύπου αυτοκίνητα είχαν χωρητικότητα 15 ton και αντικατέστησαν τα συμβατικά αυτοκίνητα τα οποία είχαν τροποποιηθεί για τις ανάγκες των ορυχείων και μεταλλείων. Στη δεκαετία του '50 κατασκευάστηκαν αυτοκίνητα με χωρητικότητα κάδου που έφτανε από 25 μέχρι 30 ton. Κατά τη διάρκεια του '70 άρχισαν να εμφανίζονται μεγαλύτερες μονάδες με υψηλή μεταφορική ικανότητα, η οποία έφτανε και τους 350 ton.

Τα χωματουργικά αυτοκίνητα προσφέρουν μέγιστη ευελιξία μέσα σε μία υπαίθρια εκμετάλλευση σε σχέση με το μέγεθος του υπόλοιπου διατιθέμενου μηχανολογικού εξοπλισμού, με τη γρήγορη μετακίνησή τους, με την απόδοση του κινητήρα τους, με την προσαρμογή τους σε διάφορες κατηγορίες υλικών που καλούνται να μεταφέρουν και με την καλή συνεργασία με τη χρησιμοποιούμενη μονάδα φόρτωσης. Επίσης μπορούν να προσαρμόζονται σε διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες αλλά και σχεδόν σε όλες τις επιχειρησιακές καταστάσεις. Τα χαρακτηριστικά αυτά κάνουν τα χωματουργικά αυτοκίνητα πολύ ελκυστικά για τη μεταφορά υλικών μέσα σε ορυχεία σε παγκόσμια κλίμακα.

Η χρήση χωματουργικών αυτοκινήτων μεγάλης δυναμικότητας και υψηλής απόδοσης είχε σαν όφελος τις τελευταίες δεκαετίες να μειωθεί το κόστος παραγωγής κάνοντας έτσι τις εκμεταλλεύσεις μεγάλων κοιτασμάτων μικρής περιεκτικότητας κερδοφόρες και συμφέρουσες.

Τα χωματουργικά αυτοκίνητα εμφανίζουν κάποια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τα οποία είναι (Kennedy, 1990):

Πλεονεκτήματα:

1. Η ευελιξία που παρουσιάζουν τους επιτρέπουν να μεταφέρουν μεγάλη ποικιλία υλικών.
2. Εμφανίζουν μεγάλο λόγο βάρους μηχανήματος ανά ιπποδύναμη που κυμαίνεται από 130 kg/HP μέχρι 180 kg/HP.
3. Λόγω της ευνοϊκής κατανομής του βάρους τους στους τροχούς παρουσιάζουν μεγάλη τιμή της δύναμης έλξης.
4. Ακόμα και σε μη ευνοϊκή κατάσταση της οδού μεταφοράς τα χωματουργικά οχήματα παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό απόδοσης.
5. Έχουν πολύ καλή ικανότητα ελιγμών λόγω μικρής απόστασης μεταξύ του εμπρός και του πίσω άξονα, καθώς και μικρής ακτίνας κατά τη μέγιστη στροφή του μηχανήματος.
6. Είναι κατάλληλα για διάφορες συνθήκες φόρτωσης και προσαρμόζονται εύκολα σε διαφορετικούς εκσκαφείς.
7. Η συμπεριφορά τους σε δύσκολα σημεία εκκένωσης του κάδου τους πάρα πολύ καλή.
8. Έχουν μέγιστη ευελιξία σε όλες τις συνθήκες εργασίας.
9. Διαθέτουν μέγιστη μεταφορική ικανότητα που ξεπερνάει τους 350 ton.

Μειονεκτήματα:

1. Εμφανίζουν χαμηλή απόδοση όταν η μεταφορά γίνεται σε μεγάλες αποστάσεις και συγκεκριμένα μεγαλύτερες των 10 km και έχουν μικρή ταχύτητα μεταφοράς λόγω των μεγάλων δυνάμεων που δέχονται τα ελαστικά τους.
2. Επιβαρύνουν το χρόνο κύκλου εργασίας γιατί κατά την εκκένωση του κάδου τους θα πρέπει το αυτοκίνητο να σταματήσει, να κάνει τον ελιγμό εκκένωσης και τέλος να αδειάσει τα υλικά που μεταφέρει.
3. Έχουν μικρή ικανότητα φόρτωσης σε σχέση με το μεικτό τους βάρος.

5.4.1 Θεωρητικό και πραγματικό φορτίο

Οι κατασκευαστές των χωματουργικών οχημάτων παρέχουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές που είναι πολύ σημαντικές για τη σωστή λειτουργία του οχήματος. Συχνά οι προδιαγραφές αυτές καθορίζονται σύμφωνα με διαδικασίες που έχουν θεσπιστεί από διεθνείς οργανισμούς.

Έτσι, η μεταφορική ικανότητα ή το θεωρητικό φορτίο το οποίο έχει σχεδιαστεί να μεταφέρει το χωματουργικό αυτοκίνητο έχει καθοριστεί βάσει των προτύπων που έχει θέσει ο κατασκευαστής.

Σαν καθαρό βάρος οχήματος αναφέρεται το βάρος του κενού χωματουργικού με τον τυποποιημένο από τον κατασκευαστή εξοπλισμό του. Το καθαρό βάρος του οχήματος μπορεί να διακριθεί σε ξηρό και υγρό ή επιχειρησιακό βάρος. Το επιχειρησιακό βάρος περιλαμβάνει και το βάρος των λιπαντικών, των ψυκτικών υγρών, των καυσίμων και του χειριστή. Το καθαρό βάρος κυμαίνεται $\pm 5\%$ του θεωρητικού βάρους. Το μικτό βάρος του οχήματος είναι το καθαρό βάρος συν το πραγματικό φορτίο. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή το μικτό βάρος προκύπτει αν στο καθαρό βάρος μαζί με τον τυποποιημένο εξοπλισμό προστεθεί το θεωρητικό βάρος. Οι κατασκευαστές προσδιορίζουν την κατανομή του βάρους του οχήματος σε κάθε άξονα όταν αυτό είναι φορτωμένο ή άδειο και σταθμευμένο πάνω σε οριζόντιο επίπεδο. Ωστόσο η κατανομή του βάρους δεν καθορίζεται αποκλειστικά από τη σχεδίαση του οχήματος αλλά και από την κατανομή του φορτίου στον κάδο και από την κλίση της οδού στην οποία θα γίνει η μεταφορά του φορτίου. Η κατανομή του βάρους είναι σημαντική για τον καθορισμό του φορτίου στα ελαστικά αλλά και για τη δύναμη έλξης.

Πραγματικό φορτίο είναι το πραγματικό βάρος των μεταφερόμενων υλικών το οποίο εξαρτάται από την πυκνότητά τους. Η απόδοση των χωματουργικών αυτοκινήτων και το επιχειρησιακό κόστος εξαρτώνται κυρίως από το πραγματικό φορτίο παρά από το αντίστοιχο θεωρητικό. Σαν γενικός πρακτικός κανόνας αναφέρεται ότι το μέσο πραγματικό φορτίο θα πρέπει να είναι πρακτικά κοντά και όχι παραπάνω από 110% του θεωρητικού φορτίου.

Ένα χωματουργικό αυτοκίνητο το οποίο για όλη την οικονομικά επιχειρησιακή ζωή του μεταφέρει μόνο υπερκείμενα σκληρά υλικά, θα πρέπει να διαθέτει κατάλληλο κάδο για τη μεταφορά τέτοιων υλικών. Στην περίπτωση που θα μεταφέρει και μέταλλευμα, το μέγεθος του κάδου του θα πρέπει να ληφθεί υπόψη.

5.4.2 Βελτίωση της απόδοσης του χωματουργικού αυτοκινήτου

Στόχος του μηχανικού εκμετάλλευσης σ' ένα υπαίθριο ορυχείο είναι η ελάττωση του κόστους παραγωγής με τη χρήση του διαθέσιμου μηχανολογικού εξοπλισμού. Οι παράμετροι που βοηθούν προς την κατεύθυνση αυτή παρουσιάζονται αμέσως παρακάτω.

Η κλίση της οδού μεταφοράς για τα χωματουργικά αυτοκίνητα θα πρέπει να είναι μεταξύ 7 και 10%. Για κοντινές αποστάσεις μπορεί η μέγιστη κλίση να φτάσει και το 15% (Kennedy, 1990).

Επίσης θα πρέπει να έχει δημιουργηθεί ικανοποιητικός χώρος για τους ελιγμούς των αυτοκινήτων ο οποίος χώρος εξαρτάται από το μέγεθος και την ευελιξία του αυτοκινήτου. Με τον όρο ευελιξία εννοείται η ελάχιστη απόσταση ή διάμετρος που απαιτείται για την στροφή 180° χωρίς την πραγματοποίηση ελιγμών. Γενικά, η ευελιξία θεωρείται σημαντική παράμετρος στο σχεδιασμό της εκμετάλλευσης αφού μπορεί να επηρεάσει τις τελικές διαστάσεις της βαθμίδας εκμετάλλευσης.

Ο παράγοντας που επιδρά στην αύξηση της απόδοσης των χωματουργικών αυτοκινήτων είναι ο σωστός προγραμματισμός του μεταφορικού έργου και η σωστή ανάθεση εργασιών σε αυτά. Στην περίπτωση συνωστισμού των αυτοκινήτων κατά τη μεταφορά, τους ελιγμούς φόρτωσης, τους ελιγμούς απόθεσης παρατηρούνται καθυστερήσεις, ελλιπής χρήση των αυτοκινήτων, μείωση του μεταφορικού φορτίου και αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση του κόστους παραγωγής (Εξαδάκτυλος, 2004).

5.5 Χρόνος κύκλου εργασίας χωματουργικού αυτοκινήτου

Η απόδοση του χωματουργικού αυτοκινήτου εξαρτάται από το μέσο πραγματικό φορτίο και από το μέσο χρόνο κύκλου εργασίας. Έτσι εκτός από τη σωστή φόρτωση και κατανομή του φορτίου πρέπει να δίνεται μεγάλη σημασία και στην παρακολούθηση του χρόνου κύκλου εργασίας του οχήματος. Για τη διασφάλιση των φορτίων και των χρόνων πρέπει να υπάρχει σωστή συνεργασία του φορτωτικού μέσου και του μεταφορικού μέσου. Η σχεδίαση των οδών μεταφοράς, δηλαδή το μήκος τους, η κλίση τους, η αντίσταση κύλισης, τα όρια ταχύτητας και η κατάστασή τους επιδρούν στην ταχύτητα και το χρόνο μετακίνησης του οχήματος. Ο ελεύθερος χώρος και η κατάσταση του δαπέδου στους χώρους απόθεσης επηρεάζουν τους χρόνους των ελιγμών κατά την εκκένωση του οχήματος. Οι κακές κλιματολογικές συνθήκες ανάλογα με το μέγεθος τους μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την απόδοση. Επίσης, όταν χρησιμοποιούνται πολλά οχήματα μαζί πρέπει να υπάρχει σωστή μελέτη και επίβλεψη με στόχο τη διασφάλιση της μέγιστης παραγωγής από το διαθέσιμο μηχανολογικό εξοπλισμό.

Πρακτικά ο χρόνος κύκλου εργασίας ενός χωματουργικού αυτοκινήτου είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να ολοκληρώσει έναν κύκλο ο οποίος περιλαμβάνει α) στάθμευση, β) φόρτωση του κάδου, γ) μετακίνηση με φορτωμένο κάδο, δ) ελιγμός, ε) εκκένωση.

νωση του κάδου, στ) επιστροφή με άδειο κάδο, ζ) αναμονή και η) διάφορες άλλες μικρές καθυστερήσεις μέχρι να πάρει θέση για να ξαναφορτώσει.

5.5.1 Στάθμευση και φόρτωση χωματουργικού αυτοκινήτου

Ο χρόνος στάθμευσης είναι η χρονική περίοδος που χρειάζεται το όχημα να κάνει ελιγμούς ώστε να πάρει θέση για τη φόρτωσή του. Ο χρόνος φόρτωσης είναι ο χρόνος που χρειάζεται ο υδραυλικός εκσκαφέας μετωπικού κάδου να κάνει τους κατάλληλους κύκλους ώστε να πληρωθεί ο κάδος του οχήματος. Αυτοί οι χρόνοι μπορεί να είναι παράλληλοι γιατί κατά την εκτέλεση των ελιγμών από το χωματουργικό όχημα το υδραυλικό πτύο μετωπικού κάδου μπορεί να εκτελεί κάποια μέρη από το δικό του κύκλο εργασίας. Αυτό εξαρτάται από τον ελεύθερο χώρο που υπάρχει στο σημείο φόρτωσης και την κατάσταση αυτού. Ο χρόνος φόρτωσης εξαρτάται από το χρόνο κύκλου εργασίας του shovel αλλά και από τον αριθμό των κουβαδιών που χρειάζονται για να πληρωθεί ο κάδος του αυτοκινήτου. Ο θεωρητικός αριθμός των κάδων N_K δίνεται από την σχέση (Καβουρίδης, 1990):

$$N_K = \frac{C_t}{Cl * Ff * Fs} \quad (5.13)$$

όπου:

C_t = χωρητικότητα του κάδου του χωματουργικού αυτοκινήτου (m^3),

Cl = χωρητικότητα του κάδου του υδραυλικού εκσκαφέα μετωπικού κάδου (Fm^3),

Ff = συντελεστής πλήρωσης του κάδου του υδραυλικού εκσκαφέα μετωπικού κάδου,

Fs = συντελεστής επιπλήσματος του υλικού.

Ο συντελεστής πλήρωσης του κάδου είναι ο λόγος του πραγματικού όγκου του υλικού που βρίσκεται μέσα στον κάδο προς τη θεωρητική τιμή του όγκου για την πλήρωση του κάδου του εκσκαπτικού. Ο συντελεστής επιπλήσματος είναι ο λόγος του όγκου του υλικού όταν εξορυχτεί προς τον όγκο που αυτό καταλαμβάνει όταν είναι στη φυσική του θέση (in situ).

Γενικά ο απαιτούμενος αριθμός κάδων για την πλήρωση του χωματουργικού αυτοκινήτου θα πρέπει να είναι ακέραιος αριθμός. Στην περίπτωση που είναι δεκαδικός τότε στρογγυλοποιείται στον αμέσως επόμενο ακέραιο.

5.5.2 Χρόνος μετακίνησης

Ο χρόνος μετακίνησης περιέχει το χρόνο που χρειάζεται το χωματουργικό αυτοκίνητο να μεταβεί στο χώρο της απόθεσης και το χρόνο που χρειάζεται να επιστρέψει άδαιο στην αρχική θέση φόρτωσης του υλικού. Ο χρόνος μετακίνησης εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους όπως είναι οι δυνατότητες του αυτοκινήτου, η κατάσταση του δρόμου μεταφοράς, η απόδοση του χειριστή, τα όρια ταχύτητας, οι κλίσεις των οδών μεταφοράς, οι διασταυρώσεις και τα σημεία με κυκλοφοριακή συμφόρηση που συναντά το χωματουργικό.

5.5.3 Χρόνος για ελιγμό και εκκένωση του κάδου χωματουργικού αυτοκινήτου

Αυτός ο χρόνος εξαρτάται από το μέγεθος του αυτοκινήτου, από το διαθέσιμο χώρο που υπάρχει για ελιγμούς στην απόθεση και τις συνθήκες του δαπέδου. Ένα χωματουργικό όχημα με οπίσθια εκκένωση του κάδου μπαίνει στην περιοχή της απόθεσης, κάνει τον κατάλληλο ελιγμό και κινείται με την όπισθεν προς το χείλος της απόθεσης. Έπειτα σταματάει και ανυψώνει τον κάδο του για την ανατροπή των υλικών και τέλος κατεβάζει τον κάδο στην αρχική του θέση. Πολλές φορές υλικά έχουν συγκολληθεί στο κάδο του αυτοκινήτου και χρειάζονται επιπλέον ελιγμοί για την αποσυγκόλλησή τους με αποτέλεσμα ο χρόνος εκκένωσης να αυξάνεται. Συνήθως στα μεγάλα χωματουργικά αυτοκίνητα αυτό το πρόβλημα δεν παρατηρείται, γιατί οι εξατμίσεις του κινητήρα περνάνε μέσα από τον κάδο του αυτοκινήτου ώστε αυτός να έχει σχετικά υψηλή θερμοκρασία και να μην ευνοείται η συγκόλληση των υλικών πάνω σ' αυτόν.

5.5.4 Χρόνος αναμονής

Ο χρόνος αναμονής του αυτοκινήτου είναι ο χρόνος που χρειάζεται να περιμένει το χωματουργικό στο χώρο φόρτωσης για να φορτωθεί ή ο χρόνος που περιμένει να εκκενώσει τον κάδο του στο χώρο της απόθεσης. Οι χρόνοι αυτοί προκύπτουν λόγω της ύπαρξης παραπάνω αυτοκινήτων από ότι επιτρέπει η δυνατότητα φόρτωσης και απόθεσης, ανάμειξη αργών και γρήγορων οχημάτων με αποτέλεσμα να δημιουργείται κυκλοφοριακή συμφόρηση λόγω των διαφορετικών κύκλων εργασίας που έχει το καθένα από αυτά, άσχημες καιρικές συνθήκες όπως βροχή, πάγος, χιόνι και η δεξιότητα του χειριστή μπορεί να αυξήσει ή να μειώσει το χρόνο αναμονής. Ο χρόνος αναμονής μπορεί να μειωθεί με τη βελτίωση της κατανομής των αυτοκινήτων και με τη σωστή επίβλεψη των οχημάτων.

5.5.5 Χρόνοι καθυστερήσεων

Η διαδρομή που κάνει ένα χωματουργικό αυτοκίνητο κατά την διάρκεια της βάρδιάς του είναι από τη θέση φόρτωσης των υλικών μέχρι το σημείο απόθεσης και η επιστροφή του πάλι στη θέση φόρτωσης. Κάποιες φορές όμως ένα χωματουργικό αναγκάζεται να παρεκκλίνει της διαδρομής του λόγω της εμφάνισης κάποιας βλάβης και να οδηγηθεί στο συνεργείο για την αποκατάστασή της. Επίσης, με την έναρξη της βάρδιας όλα τα χωματουργικά εφοδιάζονται με καύσιμα και λιπαντικά και κατά τη διαδικασία αυτή παρατηρούνται κάποιες καθυστερήσεις. Στους χρόνους των καθυστερήσεων περιλαμβάνονται και οι χρόνοι που περιμένουν για να εφοδιαστούν τα εκσκαπτικά μηχανήματα. Αποτέλεσμα των παραπάνω χρόνων καθυστερήσεων είναι η μείωση της παραγωγικότητας του ορυχείου.

Στην περίπτωση που υπάρχει ένα συγκεκριμένο σύστημα εκσκαφής, φόρτωσης και μεταφοράς και σ' αυτό προστεθούν κάποια χωματουργικά οχήματα χωρίς να έχει γίνει καμία αλλαγή στο σύστημα τότε οι χρόνοι καθυστερήσεων αυξάνονται. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του αυτοκινήτου και θα πρέπει να υπάρξει ταυτόχρονη αύξηση της απόδοσης του εκσκαπτικού μηχανήματος. Για τη μείωση των χρόνων καθυστερήσεων θα πρέπει να υπάρχει ακριβής προσδιορισμός των χρόνων μετακίνησης, φόρτωσης, απόθεσης και επισκευής βλαβών των χωματουργικών αυτοκινήτων.

Οι καθυστερήσεις χωρίζονται στις σταθερές και στις μεταβλητές. Οι σταθερές καθυστερήσεις περιλαμβάνουν τις καθυστερήσεις που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια αλλαγής της βάρδιας, του ανεφοδιασμού, των διαλειμμάτων, των ανατινάξεων κα. Οι σταθερές καθυστερήσεις δεν λαμβάνονται υπόψη στο χρόνο κύκλου εργασίας του οχήματος. Από την άλλη πλευρά οι μεταβλητές καθυστερήσεις δεν μπορούν να προβλεφτούν και δεν μπορεί να προσδιοριστεί η διάρκειά τους. Τέτοιες καθυστερήσεις είναι η συντήρηση της οδού μεταφοράς από τον ισοπεδωτή, η διαμόρφωση δαπέδου στο σημείο φόρτωσης και απόθεσης, η πιθανή μη προγραμματισμένη στάση του χειριστή κα. Αυτές οι καθυστερήσεις συνυπολογίζονται στο χρόνο κύκλου εργασίας του χωματουργικού αυτοκινήτου. Οι χρόνοι που απαιτούνται για την επιδιόρθωση μίας μη προγραμματισμένης βλάβης εντάσσονται στις μεταβλητές καθυστερήσεις αλλά οι συγκεκριμένοι χρόνοι δεν υπολογίζονται στο χρόνο κύκλου εργασίας.

5.5.6 Συνολικός χρόνος κύκλου εργασίας χωματουργικού αυτοκινήτου

Όπως έχει προαναφερθεί, ο χρόνος κύκλου εργασίας του χωματουργικού αυτοκινήτου προκύπτει από το άθροισμα των χρόνων στάθμευσης – φόρτωσης, μετακίνησης φορτωμένου, ελιγμών – εκκένωσης, μετακίνησης άδειου, αναμονής και τέλος των χρόνων των καθυστερήσεων.

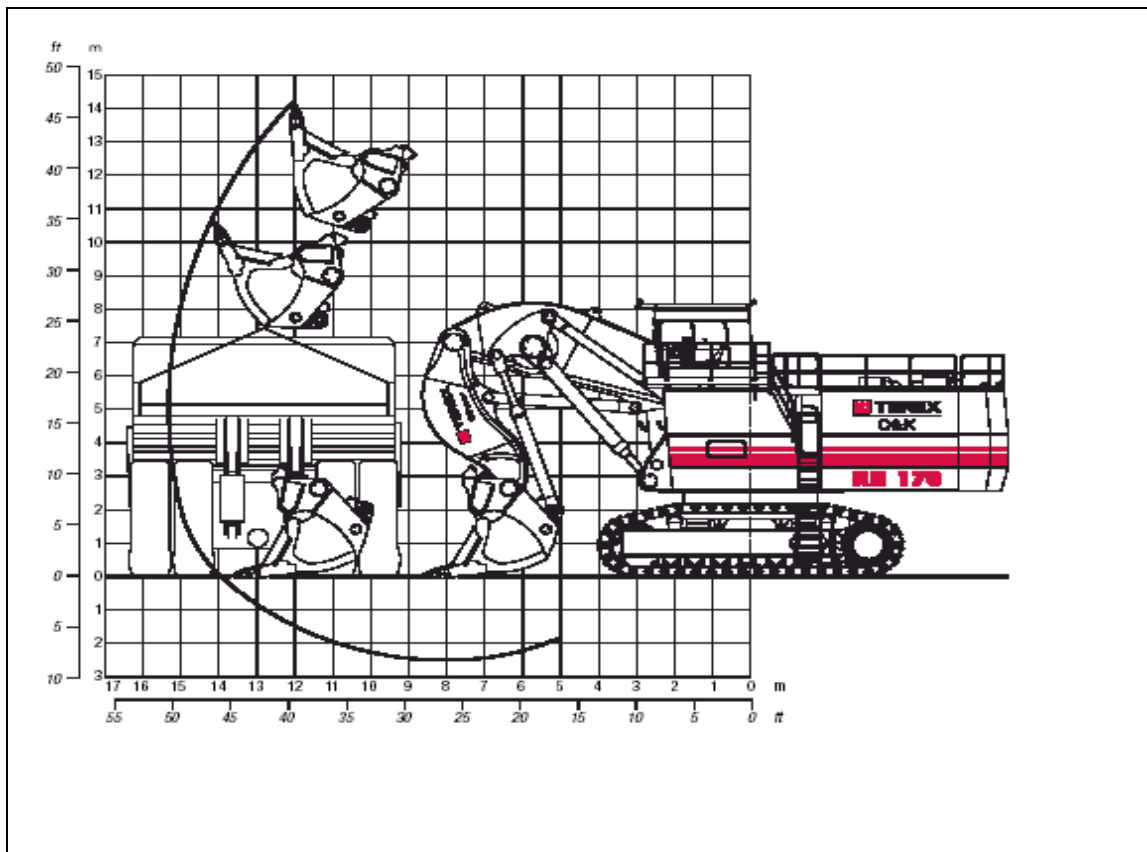
5.6 Υδραυλικό πτύο μετωπικού κάδου

Το υδραυλικό πτύο μετωπικού κάδου παρουσιάστηκε στις αρχές της δεκαετίας του '70 ως διάδοχος του ηλεκτρικού πτύου μετωπικού κάδου. Το υδραυλικό πτύο μετωπικού κάδου λόγω πολλών πλεονεκτημάτων σε σχέση με το ηλεκτρικό τείνει να το αντικαταστήσει. Σήμερα κατασκευάζονται υδραυλικά πτύα μετωπικού κάδου που η χωρητικότητα του κάδου τους φτάνει και τα 35 Fm³.

Συγκεκριμένα το υδραυλικό πτύο μετωπικού κάδου Terex O & K RH 170 που διαθέτει ο τομέας διακίνησης σκληρών σχηματισμών έχει χωρητικότητα κάδου 21 Fm³ και έχει τη δυνατότητα να εξορύσσει υλικά σε ύψος 15 m πάνω από το επίπεδο των ερπυστριών του και 3 m κάτω από το δάπεδο πορείας του (υποσκαφή). Συνήθως δεν προτιμάται για την εκτέλεση έργων που περιλαμβάνουν υποσκαφή γιατί με αυτόν τον τρόπο καταπονείται έντονα το σύστημα περιφοράς του μηχανήματος. Το βέλτιστο ύψος εξόρυξης είναι τα 8 m (Terex, 2005). Στο Σχήμα 5.1 φαίνονται οι δυνατότητες λειτουργίας του συγκεκριμένου μηχανήματος.

Το συγκεκριμένο μηχάνημα χρησιμοποιείται για τη φόρτωση μεγάλων χωματουργικών αυτοκινήτων που η χωρητικότητα του κάδου τους είναι από 85 – 192 ton. Οι υδραυλικοί μηχανισμοί του βραχίονα του κάδου επιτρέπουν την εκσκαφή λεπτών ενστροφών πετρωμάτων γεγονός που καθιστούν το μηχάνημα ιδανικό για εκλεκτική κοπή.

Η απόδοση του υδραυλικού εκσκαφέα μετωπικού κάδου εξαρτάται άμεσα από το είδος του υλικού, τις συνθήκες εκσκαφής, τη γεωμετρία του μετώπου, τη γωνία περιστροφής, τη σχέση της χωρητικότητας του μεταφορικού μέσου προς τη χωρητικότητα του κάδου και από τη διάταξη του εργοταξίου και τον τρόπο χειρισμού του.



Σχήμα 5.1: Λειτουργική δυνατότητα του Terex O&K RH 170 (Terex, 2005).

Γενικά, για κάθε πέτρωμα υπάρχει ένα ευνοϊκό ύψος μετώπου για το οποίο η πλήρωση του κάδου πραγματοποιείται σε μία διαδρομή. Αν το μέτωπο είναι μικρότερο τότε δεν εξασφαλίζεται η πλήρωση του κάδου, εάν είναι μεγαλύτερο τότε τα υλικά της εκσκαφής υπερχειλίζουν τον κάδο και πέφτουν στο δάπεδο εργασίας του μηχανήματος και προκαλούνται με αυτόν τον τρόπο καθυστερήσεις στη λειτουργία του χωματουργικού αυτοκινήτου.

Η περιστροφή του βραχίονα καλύπτει το 60% του χρόνου κύκλου εργασίας του shovel. Η θέση του χωματουργικού αυτοκινήτου θα πρέπει να είναι στο τέλος της διαδρομής της περιστροφής για να αποφεύγονται ρυθμιστικές κινήσεις του βραχίονα κατά την εκκένωση του κάδου ώστε να μην χάνεται χρόνος και να δημιουργούνται μικρότερες καταπονήσεις στα συστήματα πέδησης του μηχανήματος. Επίσης, το χωματουργικό αυτοκίνητο πρέπει να τοποθετείται σε τέτοια θέση ώστε να υπάρχει οπτική επαφή μεταξύ του χειριστή του εκσκαπτικού και του χειριστή του αυτοκινήτου.

Το χωματουργικό αυτοκίνητο θα πρέπει να φορτώνεται, μέχρι το επιτρεπτό όριο, με τέσσερις ως έξι κουβαδιές του εκσκαφέα. Όταν η σχέση αυτή είναι μεγαλύτερη τότε προκαλούνται απώλειες χρόνου για τις μετακινήσεις του μεταφορικού μέσου ή

χρειάζεται επιπλέον χρόνος για τη διευθέτηση του εναποτιθέμενου υλικού στον κάδο του οχήματος.

Η δύναμη έλξης για κάθε μηχανήμα είναι δεδομένη και η διατιθέμενη ισχύς στα δόντια για την εξόρυξη του πετρώματος εξαρτάται από το μήκος και τη γωνία του βραχίονα τη στιγμή που τα δόντια προσβάλλουν το πέτρωμα. Η μέγιστη δύναμη εμφανίζεται όταν τα δόντια του κάδου προσβάλλουν το πέτρωμα κατακόρυφα. Σε περίπτωση που το μηχανήμα πρέπει να αντιμετωπίσει πολύ σκληρούς σχηματισμούς τότε η εκσκαφή γίνεται με πλευρική αποκάλυψη και κατακρήμνιση. Επίσης ο βραχίονας θα πρέπει να είναι παράλληλος προς το διαμήκη άξονα των ερπυστριών.

Το ύψος του μετώπου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1 – 2 m από το μέγιστο ύψος εκσκαφής του μηχανήματος γιατί κατά την κυκλική διαδρομή του κάδου δημιουργείται υπερσκαφή της κορυφής του μετώπου με άμεσο κίνδυνο την κατολίσθηση και πρόσκρουση υλικών στο μηχανήμα.

Στο υδραυλικό εκσκαφέα μετωπικού κάδου ο χειριστής έχει τη δυνατότητα μέσα από υδραυλικά συστήματα να ελέγχει το ρυθμό εκκένωσης του κάδου. Αυτό βοηθάει στη φόρτωση μεγάλων βράχων χωρίς να δέχεται υψηλή καταπόνηση ο κάδος του χωματουργικού αυτοκινήτου και τα συστήματα πέδησής του (Παναγιώτου 1993, Εξάδακτυλος 2004).

5.7 Χρόνος κύκλου εργασίας και παραγωγή υδραυλικού πτύου μετωπικού κάδου

Ο χρόνος κύκλου εργασίας ενός υδραυλικού εκσκαφέα μετωπικού κάδου χωρίζεται σε επιμέρους χρόνους που το άθροισμά τους δίνει το συνολικό χρόνο κύκλου εργασίας του μηχανήματος. Η δε παραγωγή του εξαρτάται από το χρόνο κύκλου εργασίας αλλά και από το φορτίο κάθε κύκλου.

5.7.1 Χρόνος κύκλου εργασία υδραυλικού πτύου μετωπικού κάδου

Οι επιμέρους χρόνοι οι οποίοι αποτελούν το χρόνο κύκλου εργασίας είναι: χρόνος πλήρωσης του κάδου, χρόνος περιφοράς, χρόνος πορείας προς το χωματουργικό αυτοκίνητο, χρόνος εκκένωσης του κάδου, χρόνος περιφοράς και χρόνος πορείας προς το μέτωπο. Ένας κύκλος του μηχανήματος ξεκινάει τη στιγμή που θα ακουμπήσει τον κάδο του στο έδαφος για να πληρωθεί και τελειώνει όταν ξαναεπιστρέψει στην ίδια θέση με άδειο τον κάδο του.

Ο χρόνος φόρτωσης ξεκινάει τη στιγμή που ο κάδος ακουμπήσει το έδαφος έτσι ώστε να εισχωρήσει στο μέτωπο εκσκαφής. Έπειτα ακολουθεί η πλήρωσή του και ο χρόνος τελειώνει όταν ο βραχίονας του κάδου φτάσει στο μέγιστο ύψος της εκκένωσης. Από εκεί και μετά αρχίζει ο χρόνος περιφοράς ο οποίος ολοκληρώνεται όταν ο κάδος φτάσει πάνω από τον κάδο του χωματουργικού οχήματος. Ο χρόνος περιφοράς εξαρτάται από τη γωνία περιστροφής η οποία είναι συνήθως από 90° μέχρι 120°. Ο χρόνος προς το χωματουργικό όχημα συνήθως είναι μηδέν. Ο χρόνος εκκένωσης του κάδου αρχίζει εκεί που τελειώνει ο χρόνος περιφοράς και τελειώνει τη στιγμή της δεύτερης περιφοράς για να γυρίσει ο κάδος πάλι στο μέτωπο εκσκαφής. Ο χρόνος εκκένωσης εξαρτάται από το υλικό από το οποίο είναι πληρωμένος ο κάδος. Αν αυτό αποτελείται από ογκώδη τεμάχια, τότε ο χρόνος αυτός είναι μεγάλος γιατί ο χειριστής εκκενώνει τον κάδο σιγά και προσεκτικά για να μην καταπονεί το χωματουργικό αυτοκίνητο. Τέλος, ο χρόνος πορείας προς το μέτωπο είναι μηδέν αφού συνήθως δεν παρατηρείται πορεία προς το μέτωπο. Επίσης, λαμβάνονται υπόψη και οι χρόνοι των καθυστερήσεων όπως είναι για παράδειγμα οι χρόνοι για τη διαμόρφωση του δαπέδου εργασίας, εφοδιασμός κα. Γενικά ο χρόνος κύκλου εργασίας του υδραυλικού εκσκαφέα μετωπικού κάδου εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα και το είδος του υλικού, από τις συνθήκες εκσκαφής, από το βάθος εκσκαφής, από τη γωνία της περιφοράς και από τις συνθήκες εκφόρτωσης. Για παράδειγμα οι σκληροί σχηματισμοί και η κακή προχαλάρωση των πετρωμάτων είναι κάποιες από τις αιτίες για την αύξηση του χρόνου κύκλου εργασίας του υδραυλικού εκσκαφέα.

5.7.2 Παραγωγή υδραυλικού πτύου μετωπικού κάδου

Η ωριαία παραγωγή του υδραυλικού εκσκαφέα μετωπικού κάδου εξαρτάται από το φορτίο του κύκλου και το χρόνο κύκλου εργασίας του, ο οποίος περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα.

Το φορτίο κύκλου είναι το γινόμενο της χωρητικότητας του κάδου επί τον συντελεστή πλήρωσης του κάδου. Ο συντελεστής πλήρωσης εξαρτάται από το υλικό το οποίο εξορύσσεται και φορτώνεται από τον εκσκαφέα. Κάποιες τιμές του συντελεστή πλήρωσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1. Το φορτίο του κάδου του εκσκαφέα δεν πρέπει να ξεπερνάει το 67% του φορτίου ανατροπής του εκσκαφέα γιατί από εκεί και πέρα παρατηρείται καταπόνηση του μηχανήματος (Καβουρίδης, 1993).

Πίνακας 5.1: Τιμές συντελεστή πλήρωσης κάδου υδραυλικού εκσκαφέα μετωπικού κάδου (Καβουρίδης, 1993).

Υλικό	Συντελεστής πλήρωσης κάδου
Έδαφος	110-120 %
Άργιλος	110-120 %
Άμμος	100-110 %
Πέτρωμα καλά εξορυγμένο	100-110 %
Πέτρωμα με κακή προχαλάρωση	90-100 %

Η παραγωγή του εκσκαφέα και συγκεκριμένα η ωριαία παραγωγή Q είναι το γινόμενο των αριθμών κύκλου εργασίας που πραγματοποιεί ο εκσκαφέας σε μία ώρα επί το φορτίο του κύκλου. Στην πράξη, αυτό που υπολογίζεται είναι η πραγματική απόδοση του υδραυλικού εκσκαφέα Q_{ef} που δίνεται από την εξίσωση 5.13.

$$Q_{ef} = a * b * n_a * Q \quad (5.13)$$

όπου:

a = Συντελεστής εκμετάλλευσης χρόνου

b = Απόδοση του χειριστή

n_a = Συντελεστής διαθεσιμότητας μηχανήματος

Q = Ωριαία παραγωγή μηχανήματος, (Fm³/h)

Ο συντελεστής εκμετάλλευσης του χρόνου σε κανονικές συνθήκες είναι περίπου 83% δηλαδή στα 60 min ο καθαρός χρόνος λειτουργίας του μηχανήματος είναι 50 min ενώ σε δυσμενέστερες συνθήκες είναι 75%. Η απόδοση του χειριστή δίνεται και αυτή σε ποσοστό. Ένας καλός χειριστής έχει απόδοση 110% ενώ ένας αρχάριος 70% (Καβουρίδης, 1993).

Για τον υπολογισμό της θεωρητικής ωριαίας παραγωγής Q του υδραυλικού εκσκαφέα μετωπικού κάδου Terex O&K RH 170 πρέπει να υπολογιστούν αρχικά οι αριθμοί κύκλων ανά ώρα και το φορτίο του κύκλου. Ο κάθε κύκλος λειτουργίας του συγκεκριμένου υδραυλικού εκσκαφέα μετωπικού κάδου όπως μετρήθηκε στο εργοτάξιο είναι 0,55 min άρα στα 60 min πραγματοποιούνται 109 κύκλοι εργασίας. Το φορτίο κάθε κύκλου όπως έχει αναφερθεί είναι το γινόμενο της χωρητικότητας του κάδου επί το συντελεστή πλήρωσης του κάδου. Η χωρητικότητα του κάδου είναι 21 m³ και ο συντελεστής πλήρωσης θεωρείται 100% γιατί τα υλικά που φορτώνονταν τη στιγμή που έγιναν

οι χρονομετρήσεις του κύκλου εργασίας ήταν προχαλαρωμένα με την ύπαρξη μεγάλων όγκων στο μέτωπο. Έτσι το φορτίο του κάθε κύκλου είναι:

$$\text{φορτίο κύκλου} = 21 \cdot 1 = 21 \text{ m}^3$$

Άρα η ωριαία θεωρητική απόδοση του υδραυλικού εκσκαφέα μετωπικού κάδου είναι:

$$Q = \text{αριθμός κύκλων ανά ώρα} \cdot \text{φορτίο κύκλου}$$

$$Q = 109 \cdot 21 = 2289 \text{ m}^3/\text{h}$$

Στην πράξη υπολογίζεται η πραγματική ωριαία απόδοση Q_{ef} του εκσκαφέα σύμφωνα με την εξίσωση (5.13). Ο συντελεστής εκμετάλλευσης χρόνου θεωρείται 83% γιατί οι συνθήκες ήταν πολύ καλές, η απόδοση του χειριστή θεωρείται 90% και η διαθεσιμότητα του shovel για το 2004 ήταν 98,20%. Έτσι, αντικαθιστώντας στην εξίσωση (5.13) προκύπτει:

$$Q_{ef} = 0,83 \cdot 0,90 \cdot 0,982 \cdot 2289 = 1679 \text{ m}^3/\text{h}$$

Από στοιχεία του ορυχείου προέκυψε ότι η ωριαία παραγωγή του συγκεκριμένου shovel είναι 802 Fm^3/h . Οι ώρες λειτουργίας για το έτος 2004 και των δύο υδραυλικών εκσκαφών μετωπικού κάδου ίδιου τύπου (Terex O&K RH 170) ήταν συνολικά 9105 h και η συνολική τους παραγωγή 7.300.000 Fm^3 . Άρα η ωριαία παραγωγή τους καταλήγει να είναι 802 Fm^3/h . Αυτή η απόδοση μπορεί να ονομαστεί πραγματική εργοταξιακή απόδοση η οποία προκύπτει από πραγματικές μετρήσεις μέσα στο ορυχείο (ΤΔΣΣ, 2004).

Συγκρίνοντας την πραγματική απόδοση όπως προκύπτει από την εξίσωση (5.13) και την εργοταξιακή απόδοση, παρατηρείται ότι υπάρχει μία διαφορά της τάξεως των 877 Fm^3/h . Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η πραγματική απόδοση υπολογίζεται με την προϋπόθεση ότι το εκσκαπτικό μηχάνημα λειτουργεί στις ιδανικότερες συνθήκες, ότι υπάρχει πάντα διαθέσιμο χωματουργικό όχημα για φόρτωση και ότι το δάπεδο εργασίας, το μέτωπο εκσκαφής και το υλικό εκσκαφής είναι τα πιο ιδανικά. Στην πραγματικότητα όμως δεν επικρατούν οι παραπάνω ιδανικές συνθήκες γιατί για παράδειγμα δεν υπάρχει πάντα διαθέσιμο όχημα, ειδικά όταν οι αποστάσεις μεταφοράς είναι μεγάλες, τα υλικά πολλές φορές δεν βοηθούν να αυξηθεί η απόδοση γιατί μπορεί να μην είναι καλά προχαλαρωμένα και χρειάζεται μεγαλύτερος χρόνος για την αποκόλληση κάποιου όγκου από το μέτωπο, η ύπαρξη υδροφορίας αναγκάζει το εκσκαπτικό να παραμένει σε αναμονή για να του προετοιμάζουν δάπεδο εργασίας με αμμοχάλικα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση τα στοιχεία των εκσκαφών αναφέρονται στο έτος 2004. Το έτος αυτό εντάχθηκαν τα συγκεκριμένα εκσκαπτικά μηχανήματα και γι' αυτό παρατηρείται μικρή

απόδοση λόγω προσαρμογής τους στις συνθήκες του ορυχείου και στην παραγωγική διαδικασία. Τέλος, προέκυπταν και μεγάλοι χρόνοι αναμονής των μηχανημάτων λόγω παρατήρησής τους από τον κατασκευαστή τους. Επίσης, προτεραιότητα του τομέα διακίνησης σκληρών σχηματισμών είναι η καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση των Κ/Ε και βελτιστοποίηση της λειτουργίας του εξοπλισμού.

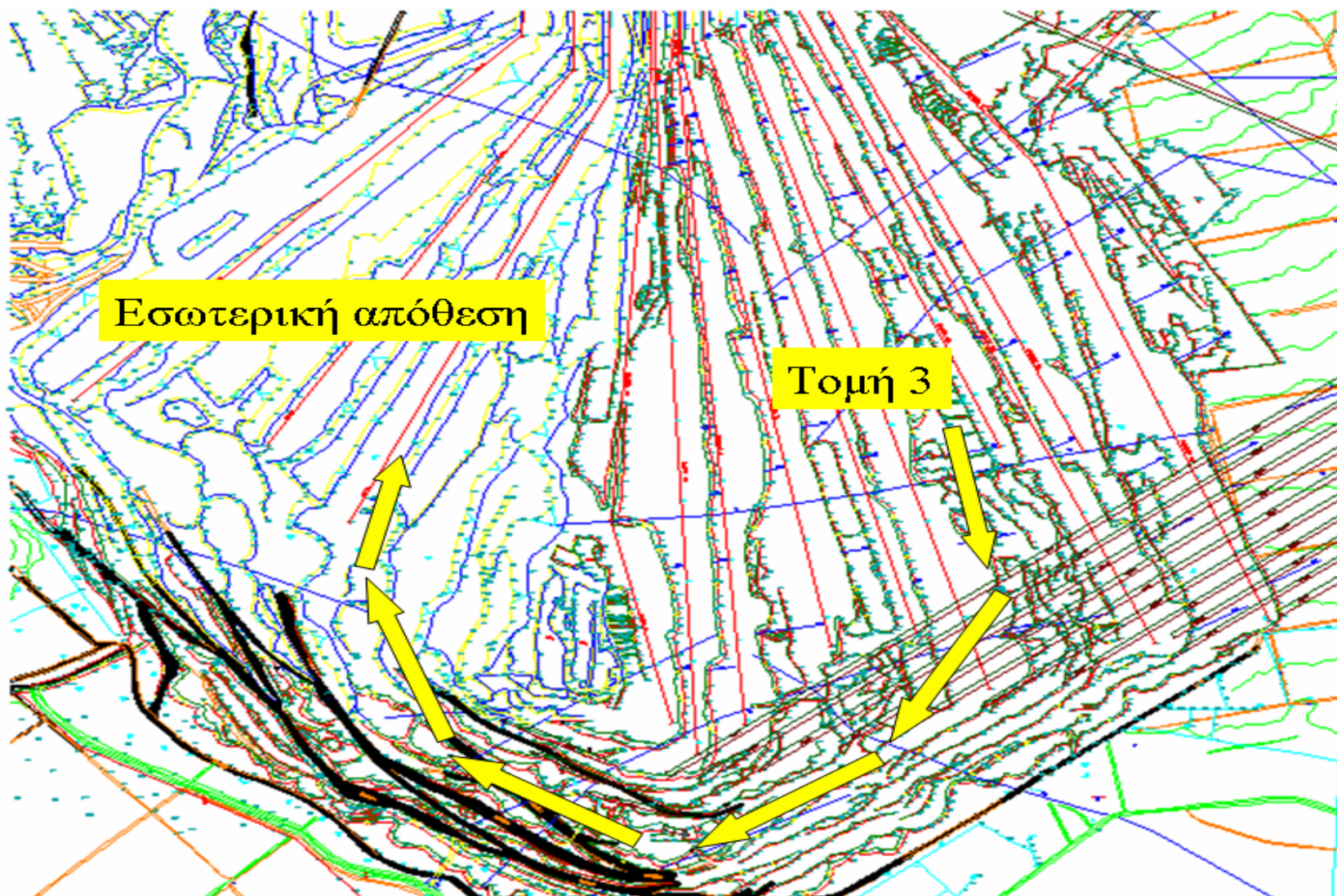
6. Λειτουργική ανάλυση συστήματος υδραυλικού πτύου μετωπικού κάδου – χωματουργικών αυτοκινήτων

6.1 Χρονομετρήσεις συστήματος υδραυλικού πτύου μετωπικού κάδου-χωματουργικού αυτοκινήτου

Οι χρονομετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με δύο διαφορετικούς τρόπους:

- α) Κατά την πρώτη μέθοδο, ο παρατηρητής βρισκόταν στο σημείο φόρτωσης και κατέγραφε:
 - 1) Τους χρόνους φόρτωσης των χωματουργικών αυτοκινήτων Unit-rig 136 ton και Euclid - Hitachi 192 ton από υδραυλικό εκσκαφέα μετωπικού κάδου Terex O&K RH 170,
 - 2) τους χρόνους αναμονής των οχημάτων,
 - 3) τους χρόνους του συνολικού κύκλου εργασίας των οχημάτων.
- β) Κατά τη δεύτερη μέθοδο, ο παρατηρητής βρισκόταν μέσα σ' ένα χωματουργικό όχημα Euclid - Hitachi 192 ton και κατέγραφε:
 - 1) Τους χρόνους του χωματουργικού οχήματος μέσα στο μέτωπο,
 - 2) μέσα στην κεντρική ράμπα,
 - 3) μέσα στο χώρο της απόθεσης,
 - 4) τον χρόνο εκκένωσης,
 - 5) τον χρόνο αναμονής,
 - 6) τον χρόνο φόρτωσης.

Επίσης, μετρήθηκαν και οι αποστάσεις της ράμπας, του μετώπου και της απόθεσης. Στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζονται οι χρονομετρήσεις για τα χωματουργικά οχήματα Unit-rig 136 ton και για τα Hitachi 192 ton που πραγματοποιήθηκαν στις 20/7/2005 με τον πρώτο τρόπο όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Το σημείο εκσκαφής ήταν η τομή 3 και το σημείο απόθεσης ήταν το κατώτερο τμήμα της εσωτερικής απόθεσης (Σχήμα 6.1). Η απόσταση μεταξύ των σημείων φόρτωσης και απόθεσης ήταν 3,5 km και η μέση κλίση 2 % όπως μετρήθηκε από το χάρτη στάθμης εργασιών του ορυχείου του μήνα Ιουνίου. Το υψόμετρο στο πόδι της βαθμίδας στο σημείο εκσκαφής ήταν 615 m και το υψόμετρο στην κάτω απόθεση 540 m. Η διαφορά των υψομέτρων προς την απόσταση των δύο σημείων που είναι 3500 m δίνει τη μέση κλίση των δύο σημείων 2%. Οι καιρικές συνθήκες ήταν πολύ καλές και τα υλικά στην τομή 3 ήταν προχαλαρωμένα σκληρά υλικά με την ύπαρξη ογκωδών τεμαχίων.



Σχήμα 6.1: Χάρτης στάθμης εργασιών ενός τμήματος του ορυχείου (ΔΕΗ, 2005λ).

Πίνακας 6.1: Χρονομετρήσεις χωματουργικών αυτοκινήτων.

Unit-rig 136 ton		
Χρόνος αναμονής (min)	Χρόνος φόρτωσης (min)	Συνολικός χρόνος κύκλου εργασίας (min)
7,60	2,50	22,40
1,00	1,78	15,20
8,00	1,85	23,00
2,34	2,17	19,50
0,42	2,36	16,17
4,15	2,33	21,50
8,90	3,30	24,90
7,60	3,40	23,60
2,40	1,83	17,50
5,17	2,25	25,17
7,33	3,16	24,92
3,66	2,25	17,08
8,00	3,34	26,00
13,20	2,58	26,90
10,16	3,16	27,00
2,30	1,84	14,16
2,58	2,76	24,50
1,43	1,58	20,33
4,00	1,67	23,25
12,17	1,83	29,17
11,50	3,83	27,17
6,00	3,67	21,50
0,63	3,06	18,07
3,16	2,67	22,66
7,00	2,09	22,08
Hitachi 192 ton		
Χρόνος αναμονής (min)	Χρόνος φόρτωσης (min)	Συνολικός χρόνος κύκλου εργασίας (min)

1,40	6,40	28,9
3,40	2,40	24,02
4,46	3,67	21,05
7,00	2,45	22,17
0,41	6,75	15,91
4,20	3,26	22,10
3,10	6,40	26,43
7,12	6,05	22,58
2,37	4,25	18,00
0,60	2,70	25,22
2,20	3,20	27,20
1,40	3,40	20,53
0,1	3,20	23,40
0,2	2,50	22,85
0,1	3,00	23,91
1,20	3,20	24,38
1,00	3,10	23,28

Ο μέσος όρος του κύκλου εργασίας για τα χωματουργικά οχήματα Unit-rig 136 ton για τη συγκεκριμένη διαδρομή που ακολουθούσαν είναι 22,15 min και για τα χωματουργικά Hitachi 192 ton είναι 23,10 min. Ο μέσος χρόνος φόρτωσης είναι 2,53 min για τα Unit-rig 136 ton τα οποία απαιτούν 3 κουβαδιές από τον υδραυλικό εκσκαφέα μετωπικού κάδου Terex O&K RH 170 για να πληρωθεί ο κάδος τους ενώ για τα Hitachi 192 ton ο μέσος χρόνος φόρτωσης είναι 3,88 min και απαιτούν 4 κουβαδιές για να πληρωθεί ο κάδος τους από το ίδιο χωματουργικό μηχάνημα. Με τα παραπάνω στοιχεία και θεωρώντας το συντελεστή πλήρωσης του κάδου του shovel 100% και το συντελεστή επιπλήσματος του υλικού 1,3 μπορεί να υπολογιστεί ο απαιτούμενος αριθμός χωματουργικών αυτοκινήτων Unit-rig 136 ton και Hitachi 192 ton όπως παρουσιάζεται στους Πίνακες 6.2 και 6.3 αντίστοιχα.

Πίνακας 6.2: Υπολογισμός απαιτούμενου αριθμού χωματουργικών αυτοκινήτων Unit-rig 136 ton.

Υδραυλικό shovel O&K RH 170	21 m ³
Χωρητικότητα shovel χαλαρού υλικού (α)	21,0 m ³
Χωματουργικό αυτοκίνητο Unit rig	136 ton
Βάρος μονάδας όγκου χαλαρού πετρώματος (β)	2,0 ton/m ³
Χρόνος φόρτωσης (γ)	2,53 min
Συνολικός χρόνος κύκλου εργασίας X.A (δ)	22,15 min
Κουβαδιές (ε)	3
Μεταφερόμενο φορτίο ανά X.A (α*β*ε) (ζ)	164 ton
Μέγιστη απόδοση shovel (ζ*60/γ) (η)	2988 ton/h
Μεταφορική ικανότητα ανά X.A (ζ*60/δ) (θ)	341 ton/h
Απαιτούμενος θεωρητικός αριθμός X.A (η/θ)	8,7

Πίνακας 6.3: Υπολογισμός απαιτούμενου αριθμού χωματουργικών αυτοκινήτων Hitachi 192 ton.

Υδραυλικό shovel O&K RH 170	21 m ³
Χωρητικότητα shovel χαλαρού υλικού (α)	21,0 m ³
Χωματουργικό αυτοκίνητο Hitachi	192 ton
Βάρος μονάδας όγκου χαλαρού πετρώματος (β)	2,0 ton/m ³
Χρόνος φόρτωσης (γ)	3,88 min
Συνολικός χρόνος κύκλου εργασίας X.A (δ)	23,10 min
Κουβαδιές (ε)	4
Μεταφερόμενο φορτίο ανά X.A (α*β*ε) (ζ)	218 ton
Μέγιστη απόδοση shovel (ζ*60/γ) (η)	2598 ton/h
Μεταφορική ικανότητα ανά X.A (ζ*60/δ) (θ)	436 ton/h
Απαιτούμενος θεωρητικός αριθμός X.A (η/θ)	5,9

Από τους Πίνακες 6.2 και 6.3 παρατηρείται ότι το υδραυλικό πτύο Terex O&K RH 170 καλύπτεται με εννιά χωματουργικά αυτοκίνητα τύπου Unit-rig 136 ton και έξι χωματουργικά αυτοκίνητα τύπου Hitachi 192 ton. Τα παραπάνω νούμερα προέκυψαν για τους συγκεκριμένους χρόνους φόρτωσης και κύκλου εργασίας των αυτοκινήτων και

για τη συγκεκριμένη απόσταση μεταξύ της θέσης φόρτωσης και θέσης απόθεσης. Αυτό αναφέρεται γιατί ο αριθμός των απαιτούμενων χωματουργικών αυτοκινήτων εξαρτάται μόνο από το χρόνο κύκλου μεταφοράς και προκύπτει η εξίσωση (6.1) (Παναγιώτου, 1993).

$$n = \frac{t_T}{t_L} \quad (6.1)$$

όπου:

n = απαιτούμενος αριθμός χωματουργικών αυτοκινήτων

t_T = συνολικός χρόνος κύκλου μεταφοράς (min),

t_L = χρόνος φόρτωσης (min).

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της παρούσας ενότητας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με τον παρατηρητή να κινείται παράλληλα με ένα χωματουργικό όχημα Hitachi 192 ton. Οι καταγραφές που πραγματοποιήθηκαν ήταν ο χρόνος που κάνει το όχημα να κινηθεί από το χώρο φόρτωσης μέχρι την κεντρική ράμπα, ο χρόνος μέσα στην κεντρική ράμπα και ο χρόνος από το τέλος της κεντρικής ράμπας μέχρι το σημείο που θα αποθέσει τα υλικά. Ο πρώτος χρόνος χαρακτηρίζεται ως χρόνος μέσα στο μέτωπο, ο δεύτερος ως χρόνος μέσα στη ράμπα και ο τρίτος ως χρόνος μέσα στην απόθεση. Επίσης, μετρήθηκαν και οι αντίστοιχοι χρόνοι κατά την επιστροφή του χωματουργικού αυτοκινήτου στο χώρο φόρτωσης. Ακόμα κατεγράφησαν και τα μήκη του μετώπου, της ράμπας και της απόθεσης. Οι χρονομετρήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.4 και οι αποστάσεις στον Πίνακα 6.5.

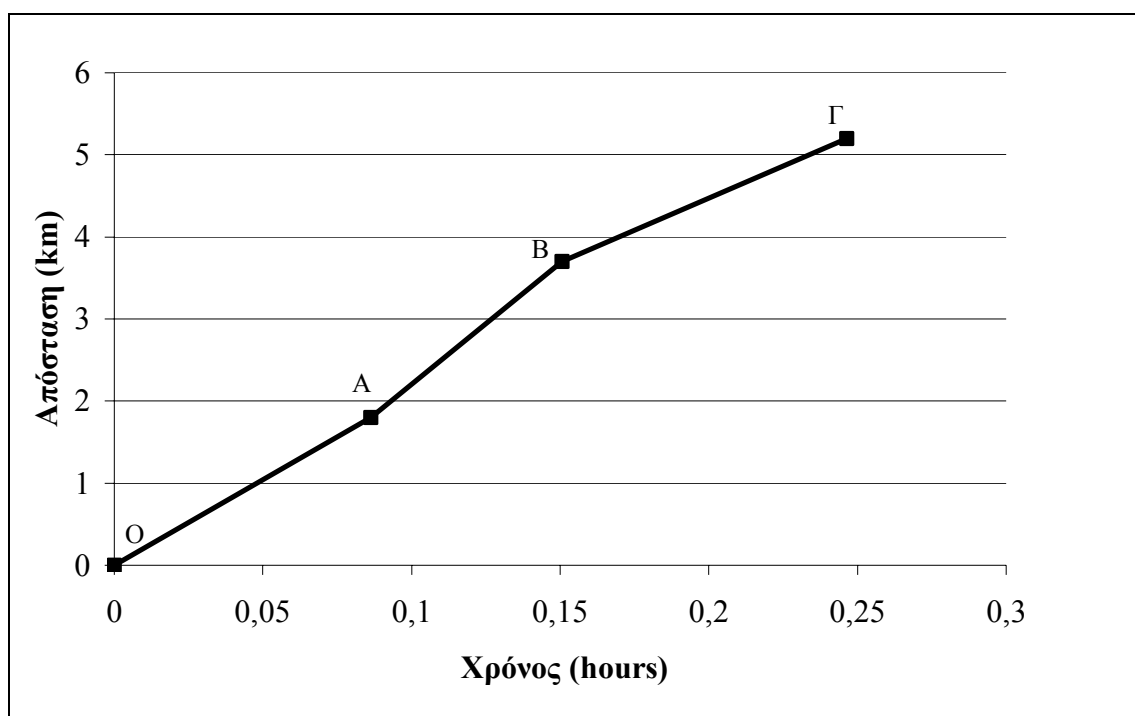
Πίνακας 6.4: Χρονομετρήσεις χωματουργικού αυτοκινήτου Hitachi 192 ton.

Χωματουργικό αυτοκίνητο με πληρωμένο κάδο		
Χρόνος στο μέτωπο (min)	Χρόνος στη ράμπα (min)	Χρόνος στην απόθεση (min)
5,25	3,78	5,92
5,16	3,95	5,61
5,16	3,94	5,95
5,17	3,57	5,90
5,15	3,92	5,20
5,18	3,98	5,87
Επιστροφή		
Χρόνος στην απόθεση (min)	Χρόνος στη ράμπα (min)	Χρόνος στο μέτωπο (min)
4,08	3,75	5,20
4,50	3,91	5,10
4,60	3,81	5,15
4,48	3,58	5,10
4,00	3,45	5,20
4,20	3,61	5,11

Πίνακας 6.5: Αποστάσεις τμημάτων της διαδρομής.

Μήκος μετώπου (km)	1,8
Μήκος ράμπας (km)	1,9
Μήκος απόθεσης (km)	1,5

Από τους Πίνακες 6.4 και 6.5 δημιουργήθηκαν διαγράμματα χρόνου συναρτήσει της απόστασης. Από την κλίση των συγκεκριμένων διαγραμμάτων προκύπτει η μέση ταχύτητα των οχημάτων σε κάθε τμήμα της διαδρομής αλλά και από την κλίση γίνεται εμφανής η δυσκολία που συναντάει το χωματουργικό σε καθένα από τα τμήματα της διαδρομής του. Στο Σχήμα 6.2 εμφανίζεται το διάγραμμα το οποίο αναφέρεται στη διαδρομή του χωματουργικού όταν αυτό είχε πληρωμένο τον κάδο του.

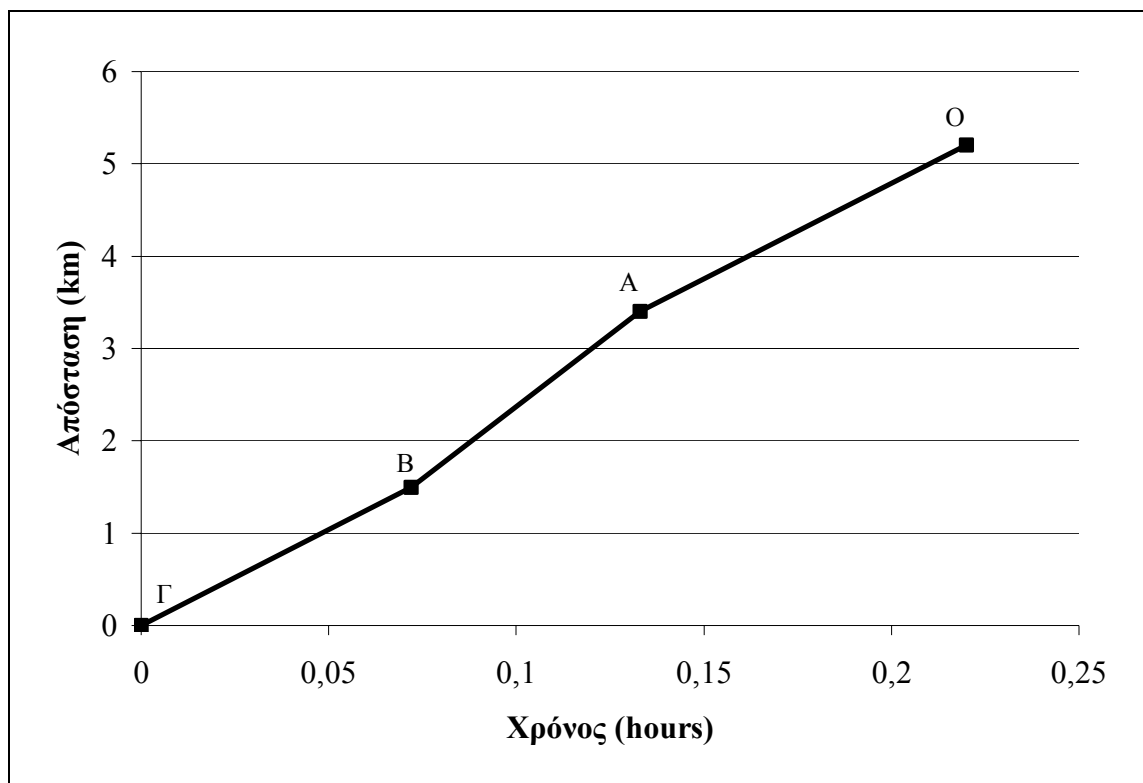


Σχήμα 6.2: Διάγραμμα χρόνου-απόστασης για πληρωμένο κάδο.

Στο Σχήμα 6.2 το τμήμα του διαγράμματος OA αναφέρεται στην απόσταση μέσα στο μέτωπο. Από την κλίση της ευθείας OA προκύπτει ότι η μέση ταχύτητα του χωματουργικού στο συγκεκριμένο τμήμα είναι 20,93 km/h. Η ευθεία AB αναφέρεται στην απόσταση της κεντρικής ράμπας του ορυχείου. Από την κλίση του παραπάνω τμήματος προκύπτει ότι η ταχύτητα είναι 29,69 km/h. Τέλος το τμήμα BG αναφέρεται στην απόσταση της απόθεσης και η κλίση του δίνει μέση ταχύτητα 15,66 km/h. Η διαφορά των ταχυτήτων οφείλεται στη διαφορετική ποιότητα του οδοστρώματος σε καθένα από τα παραπάνω τμήματα όπου κινείται το όχημα. Για παράδειγμα το οδόστρωμα στο τμήμα της ράμπας είναι πολύ καλά συντηρημένο γιατί δεν υπόκειται καμία μεταβολή από την διαδικασία της εξόρυξης. Αντίθετα τα τμήματα του μετώπου και της απόθεσης μεταβάλλονται λόγω της εκσκαφής υλικών στο μέτωπο και λόγω της απόθεσης υλικών στο χώρο της απόθεσης με αποτέλεσμα να δημιουργείται κακής ποιότητας οδόστρωμα. Φυσικά η συνεχής εργασία του ισοπεδωτή στα παραπάνω τμήματα, ώστε να εξομαλύνεται το οδόστρωμα από τα διογκώματα και τα βυθίσματα του εδάφους κάνει την κίνηση των χωματουργικών πιο εύκολη. Επίσης, η διαφορά των ταχυτήτων οφείλεται και στο γεγονός ότι το πλάτος των παραπάνω τμημάτων διαφέρει. Το πλάτος της κεντρικής ράμπας επιτρέπει την άνετη κίνηση προς τις αντίθετες κατευθύνσεις δυο οχημάτων Hitachi.

Έτσι, η καλή ποιότητα του οδοστρώματος αλλά και το ευνοϊκό πλάτος της οδού επιτρέπει στο όχημα να αναπτύξει τη μέγιστη ταχύτητα. Αντίθετα το πλάτος των οδών στην απόθεση και στο μέτωπο δεν επιτρέπει πολλές φορές την ταυτόχρονη διέλευση δυο χωματουργικών.

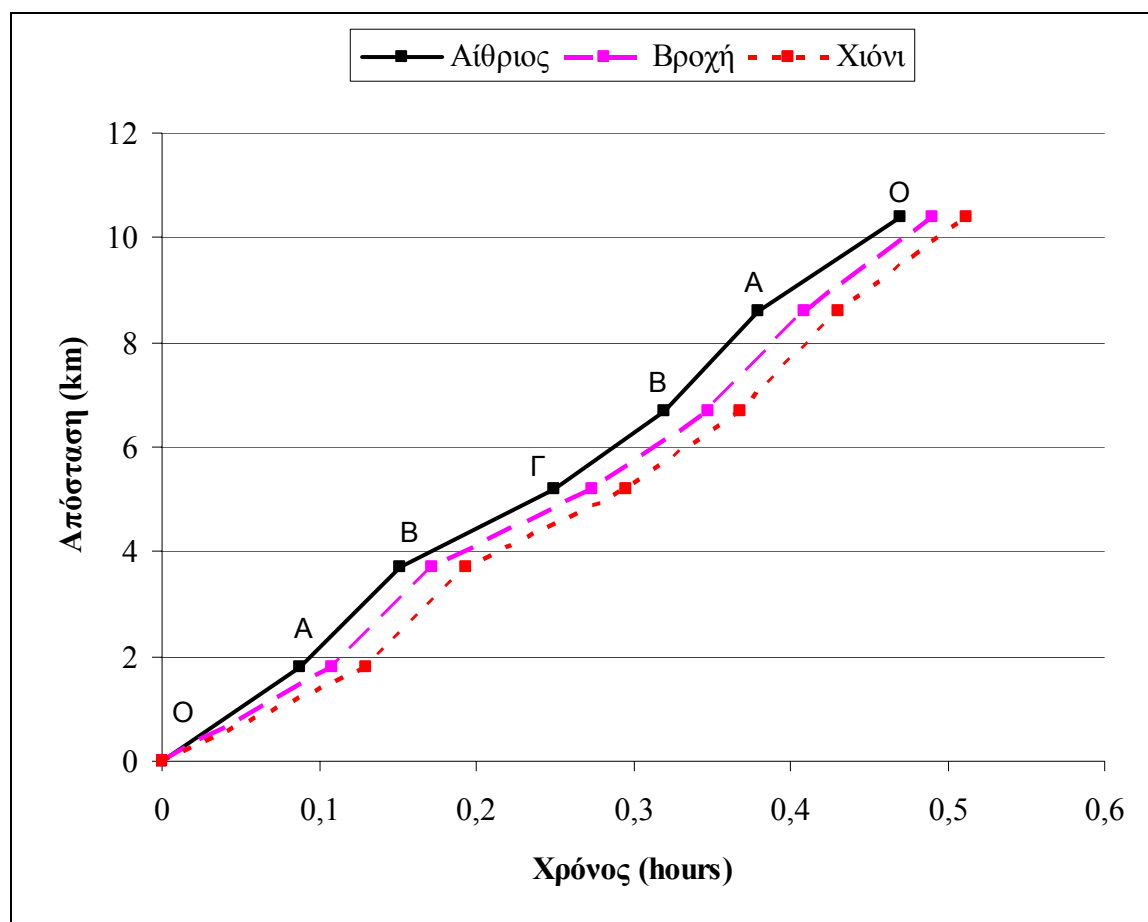
Στο Σχήμα 6.3 εμφανίζεται το διάγραμμα που αποτυπώνεται από μετρήσεις κατά την επιστροφή του αυτοκινήτου δηλαδή από την μετάβαση του από το χώρο της απόθεσης προς τον χώρο φόρτωσης.



Σχήμα 6.3: Διάγραμμα χρόνου-απόστασης για την επιστροφή του οχήματος.

Το τμήμα ΓΒ όπως εμφανίζεται στο Σχήμα 6.3 αναφέρεται στην απόσταση της απόθεσης, το ΒΑ στην κεντρική ράμπα και το ΑΟ στην απόσταση του μετώπου. Από την κλίση του ΓΒ προκύπτει ότι η ταχύτητα του οχήματος είναι 20,83 km/h μέσα στο τμήμα της απόθεσης. Είναι αυξημένη σε σχέση με την αντίστοιχη ταχύτητα του Σχήματος 6.2 γιατί πλέον το όχημα έχει κενό τον κάδο του και κινείται πιο γρήγορα. Η ταχύτητα στην κεντρική ράμπα είναι 31,14 km/h και είναι περίπου η ίδια με την ταχύτητα στη ράμπα κατά τη μετάβαση στην απόθεση. Αυτό εξηγείται με το γεγονός ότι η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα που μπορούν να αναπτύξουν τα χωματουργικά οχήματα μέσα στη ράμπα είναι 30 km/h. Τέλος, στο τμήμα ΑΟ η ταχύτητα είναι 20,93 km/h.

Το Σχήμα 6.4 αναφέρεται στη συνολική διαδρομή του οχήματος. Δηλαδή το τμήμα ΟΓ αναφέρεται στη μετάβαση στο χώρο της απόθεσης και το τμήμα ΓΟ αναφέρεται στην επιστροφή στο χώρο φόρτωσης.



Σχήμα 6.4: Διάγραμμα χρόνου-απόστασης συνολικής διαδρομής.

Από τις ταχύτητες που προκύπτουν από τις κλίσεις των επιμέρους τμημάτων του Σχήματος 6.4 γίνεται αντιληπτός ο βαθμός δυσκολίας που συναντάει το χωματουργικό όχημα σε κάθε τμήμα της διαδρομής του. Οι παραπάνω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν θερινή περίοδο με αποτέλεσμα οι καιρικές συνθήκες να είναι οι πιο ιδανικές. Αντιθέτως αν επικρατούσε κακοκαιρία με την ύπαρξη βροχής, ομίχλης ή χιονιά τα αποτελέσματα των διαγραμμάτων θα ήταν τελείως διαφορετικά. Στο ίδιο σχήμα συμπεριλαμβάνονται και δυο άλλες καμπύλες οι οποίες αναφέρονται σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες. Η μία καμπύλη αναφέρεται στην περίπτωση που υπάρχει βροχή και η άλλη όταν επικρατεί χιονόπτωση. Οι συγκεκριμένες καμπύλες παρουσιάζονται με διακεκομμένη γραμμή για το λόγο ότι δεν είναι αποτέλεσμα πραγματικών μετρήσεων όπως οι

μετρήσεις που αναφέρονται σε αίθριο καιρό άλλα προέκυψαν από θεωρητικές τιμές χρόνων έτσι ώστε να δηλωθεί στο διάγραμμα ο διαφορετικός βαθμός δυσκολίας όταν μεταβάλλονται οι καιρικές συνθήκες και πως αυτές επηρεάζουν το μεταφορικό έργο των χωματουργικών αυτοκινήτων.

Σημαντικό ρόλο στον κύκλο εργασίας του χωματουργικού αυτοκινήτου έχουν οι χρόνοι στους οποίους το όχημα δεν βρίσκεται σε κίνηση και άρα δεν παράγει κανένα μεταφορικό έργο. Αυτοί οι χρόνοι είναι ο χρόνος αναμονής του οχήματος πίσω από το εκσκαπτικό μηχάνημα, ο χρόνος φόρτωσης και ο χρόνος εκκένωσης στο χώρο της απόθεσης. Το άθροισμα των παραπάνω χρόνων δίνει τον μη παραγωγικό χρόνο του χωματουργικού οχήματος, ο οποίος ορίζεται με την έννοια της σταλίας. Η σταλία έχει μονάδες χρόνου και χρησιμοποιείται για την ερμηνεία των μη παραγωγικών χρόνων σε μεταφορικό έργο. Για παράδειγμα, όταν οι μη παραγωγικοί χρόνοι μέσα σ' ένα κύκλο εργασίας είναι 8,4 min (0,14 hours) τότε το μεταφορικό έργο είναι 2 km όταν επικρατεί χιονόπτωση, 2,4 km όταν υπάρχει βροχή και 2,7 km όταν επικρατούν ιδανικές συνθήκες όπως προκύπτει από το Σχήμα 6.4. Παρατηρείται ότι οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό το μεταφορικό έργο. Ανάμεσα στις ιδανικές συνθήκες και στη χιονόπτωση η απόσταση μεταφοράς μεταβάλλεται κατά 700 m για τον ίδιο μη παραγωγικό χρόνο σε κάθε κύκλο εργασίας.

6.2 Στατιστική ανάλυση χρόνων λειτουργίας του χωματουργικού οχήματος Hitachi 192 ton

Μεγάλος αριθμός στοιχείων σχετικά με τους χρόνους εργασίας των χωματουργικών αυτοκινήτων Hitachi 192 ton συλλέχθηκε σε ηλεκτρονική μορφή από τα ειδικά καταγραφικά όργανα που διαθέτει κάθε χωματουργικό αυτοκίνητο. Ο όγκος των παραπάνω στοιχείων είναι πολύ μεγάλος γιατί περιέχει καταγραφές από τις 20/12/2004 μέχρι και τις 8/6/2005. Η καταγραφή των στοιχείων γινόταν και στις τρεις βάρδιες, δηλαδή υπήρχε εικοσιτετράωρη καταγραφή.

Τα στοιχεία τα οποία κατεγράφησαν από τα ειδικά καταγραφικά ήταν οι χρόνοι αναμονής των οχημάτων, οι χρόνοι φόρτωσής τους, οι χρόνοι μετακίνησής τους από το χώρο φόρτωσης προς το χώρο απόθεσης, οι χρόνοι εκκένωσης του κάδου τους, οι χρόνοι μετακίνησης από την απόθεση στο σημείο φόρτωσης, οι χρόνοι που το χωματουργικό βρισκόταν σταματημένο και με φορτίο στο κάδο του, οι κουβαδιές που χρειαζόταν κάθε φορά για να πληρωθεί ο κάδος του χωματουργικού, η απόσταση που διένυε κατά τη μετάβασή του στο χώρο της απόθεσης και έπειτα στο χώρο φόρτωσης και τέλος υπήρχε η καταγραφή του ωφέλιμου φορτίου του. Οι παραπάνω καταγραφές γινόντουσαν για κάθε δρομολόγιο που εκτελούσε το χωματουργικό αυτοκίνητο μέσα σε 24 ώρες.

Από τα παραπάνω στοιχεία έγινε στατιστική ανάλυση για τους χρόνους εργασίας του χωματουργικού αυτοκινήτου Hitachi με αριθμό οκτώ. Στοιχεία είχαν καταγραφεί και για τα οκτώ χωματουργικά οχήματα Hitachi αλλά επιλέχθηκε για στατιστική ανάλυση το όγδοο όχημα γιατί στη στήλη των καταγραφών που αφορούσε των έλεγχο των δεδομένων (data check) είχε τις περισσότερες ενδείξεις σωστές (OK).

Η στατιστική ανάλυση η οποία ακολουθεί περιλαμβάνει την κατασκευή ιστογραμμάτων, διαγραμμάτων σχετικών και αθροιστικών συχνοτήτων καθώς και την προσαρμογή των αποτελεσμάτων των ιστογραμμάτων σε κάποιες κατανομές με παράλληλο υπολογισμό των παραμέτρων κάθε κατανομής. Η προσαρμογή των αποτελεσμάτων των ιστογραμμάτων και ο υπολογισμός των παραμέτρων έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού πακέτου matlab 7.1. Πριν τη δημιουργία όλων των παραπάνω από κάθε χρόνο εργασίας αφαιρέθηκαν οι χρόνοι που αφορούσαν το διάλειμμα, οι χρόνοι οι οποίοι ήταν πολύ μεγάλοι και δεν υπήρχε τρόπος να δικαιολογηθούν και οι χρόνοι που δεν έφεραν στη στήλη του ελέγχου τους την ένδειξη OK.

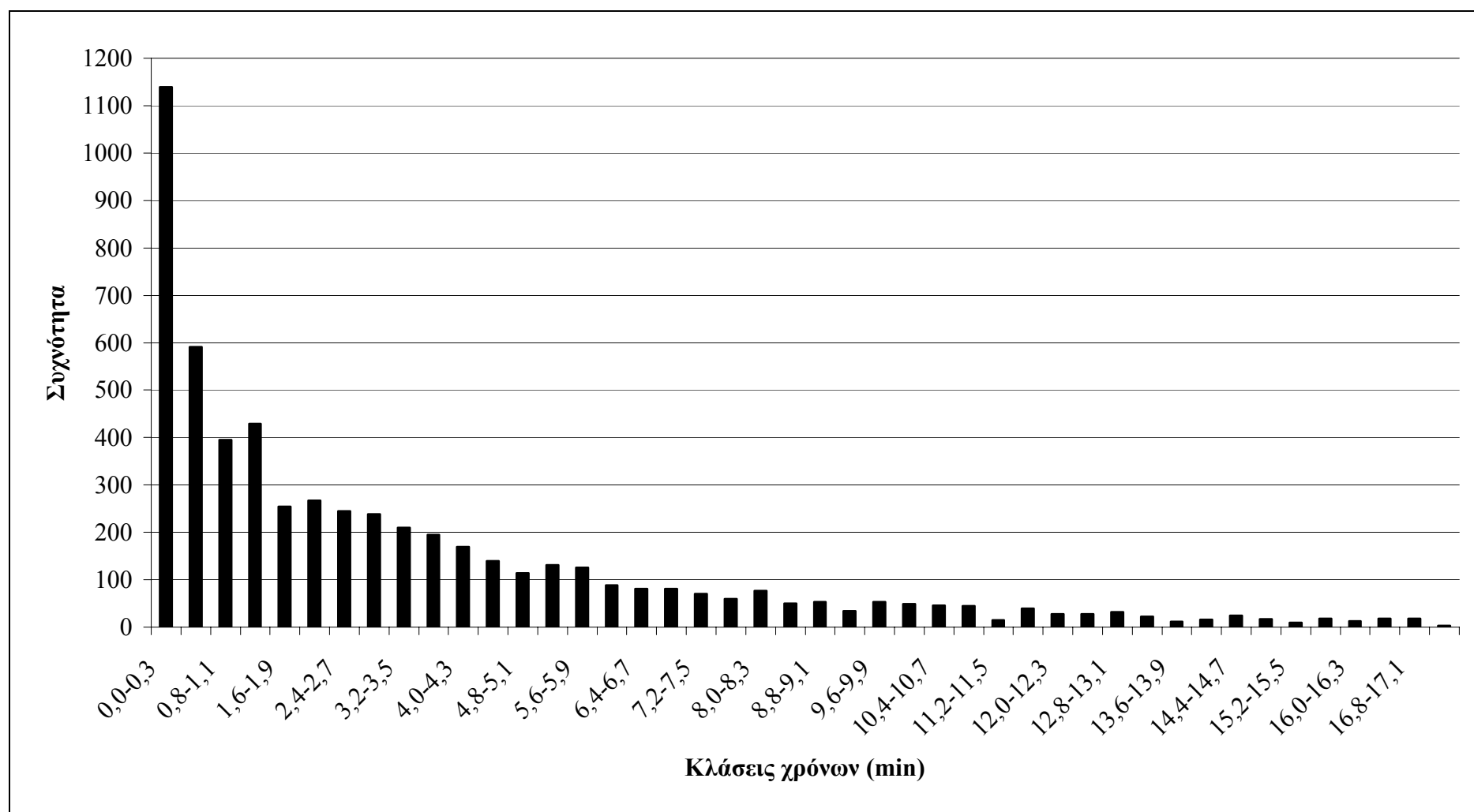
6.2.1 Χρόνοι αναμονής

Οι συνολικές μετρήσεις σχετικά με τους χρόνους αναμονής του χωματουργικού οχήματος Hitachi οκτώ είναι 5744 χρονομετρήσεις. Οι χρόνοι που έχουν καταγραφεί κυμαίνονται από 0 min μέχρι 17,5 min. Αρχικά το διάστημα μεταξύ των 0 και 17,5 min χωρίστηκε σε κλάσεις των 0,3 min. Έτσι δημιουργήθηκαν 44 κλάσεις χρόνων. Στο Σχήμα 6.5 εμφανίζεται το ιστόγραμμα συχνοτήτων των χρόνων αναμονής, στο Σχήμα 6.6 το διάγραμμα των σχετικών συχνοτήτων και στο Σχήμα 6.7 το διάγραμμα των σχετικών αθροιστικών συχνοτήτων.

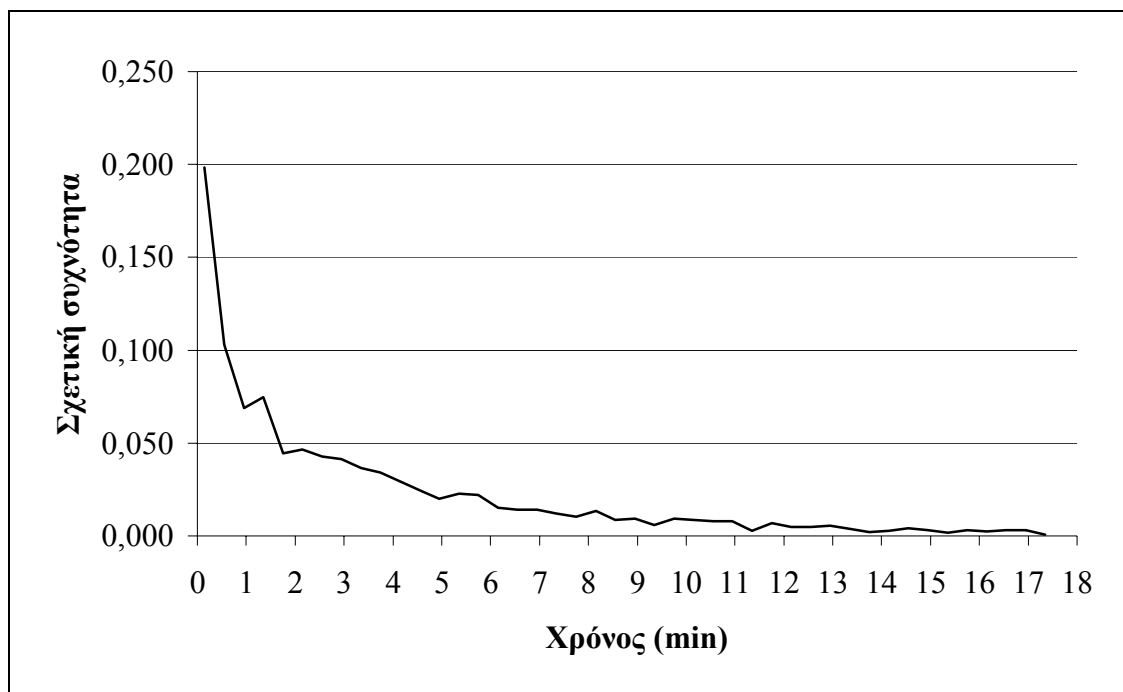
Από το Σχήμα 6.5 (ιστόγραμμα συχνοτήτων) παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μέρος των μετρήσεων συγκεντρώνεται στην πρώτη κλάση που κυμαίνεται από τα μηδέν μέχρι τα 0,3 min. Αυτό το επιβεβαιώνει και το Σχήμα 6.6 (διάγραμμα των σχετικών συχνοτήτων) που παρουσιάζει το 20% των μετρήσεων να συγκεντρώνονται από 0 μέχρι 0,3 min. Το υπόλοιπο 80% των μετρήσεων κατανέμεται σε ένα φάσμα χρόνου μεταξύ των 0,4 min και 17,5 min. Το Σχήμα 6.7 το διάγραμμα των αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων δείχνει τη συνολική εξέλιξη των χρόνων αναμονής των χωματουργικών αυτοκινήτων.

Το ιστόγραμμα συχνοτήτων με τη βοήθεια του λογισμικού πακέτου matlab 7.1 προσαρμόστηκε καλύτερα στην εκθετική κατανομή. Έτσι οι χρόνοι αναμονής των χωματουργικών αυτοκινήτων Hitachi ακολουθούν την εκθετική κατανομή. Γενικά ο χρόνος αναμονής ενός χωματουργικού αυτοκινήτου χαρακτηρίζεται ο χρόνος που μεσολαβεί από την στιγμή που το όχημα θα φτάσει στο χώρο φόρτωσης μέχρι την στιγμή που θα πάρει θέση πλησίον του εκσκαπτικού μηχανήματος.

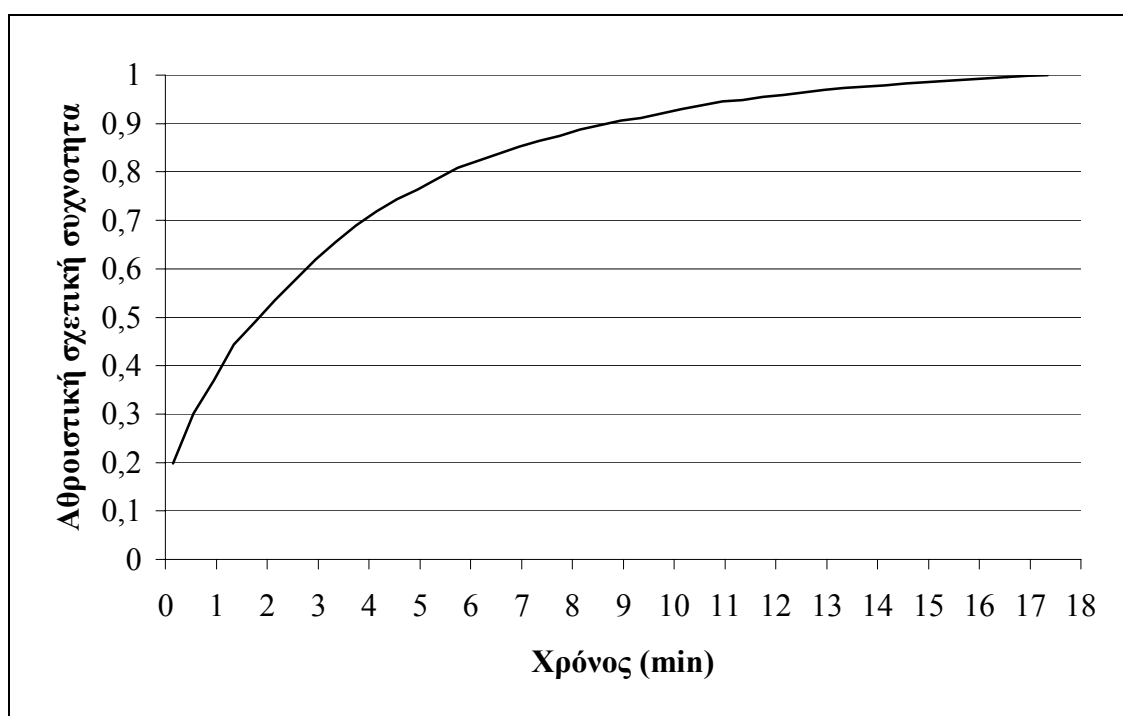
Η εκθετική κατανομή χαρακτηρίζεται από μία παράμετρο η οποία είναι η μέση τιμή. Χαρακτηριστικό της είναι ότι η μέση τιμή είναι ίση με την τυπική απόκλιση. Έτσι ο συντελεστής απόκλισης είναι ίσος με τη μονάδα. Άρα οι διακυμάνσεις της εκθετικής κατανομής γύρω από τη μέση τιμή είναι πολύ σημαντικές. Επίσης στην εκθετική κατανομή όσο αυξάνονται οι τιμές στον άξονα x , στη συγκεκριμένη περίπτωση οι χρόνοι αναμονής, παρατηρείται απότομη μείωση των τιμών της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας της κατανομής (Χριστόπουλος, 2003). Στο Σχήμα 6.8 φαίνεται πως οι χρόνοι αναμονής ακολουθούν την εκθετική κατανομή με τη μέση τιμή ίση με 3,36 min.



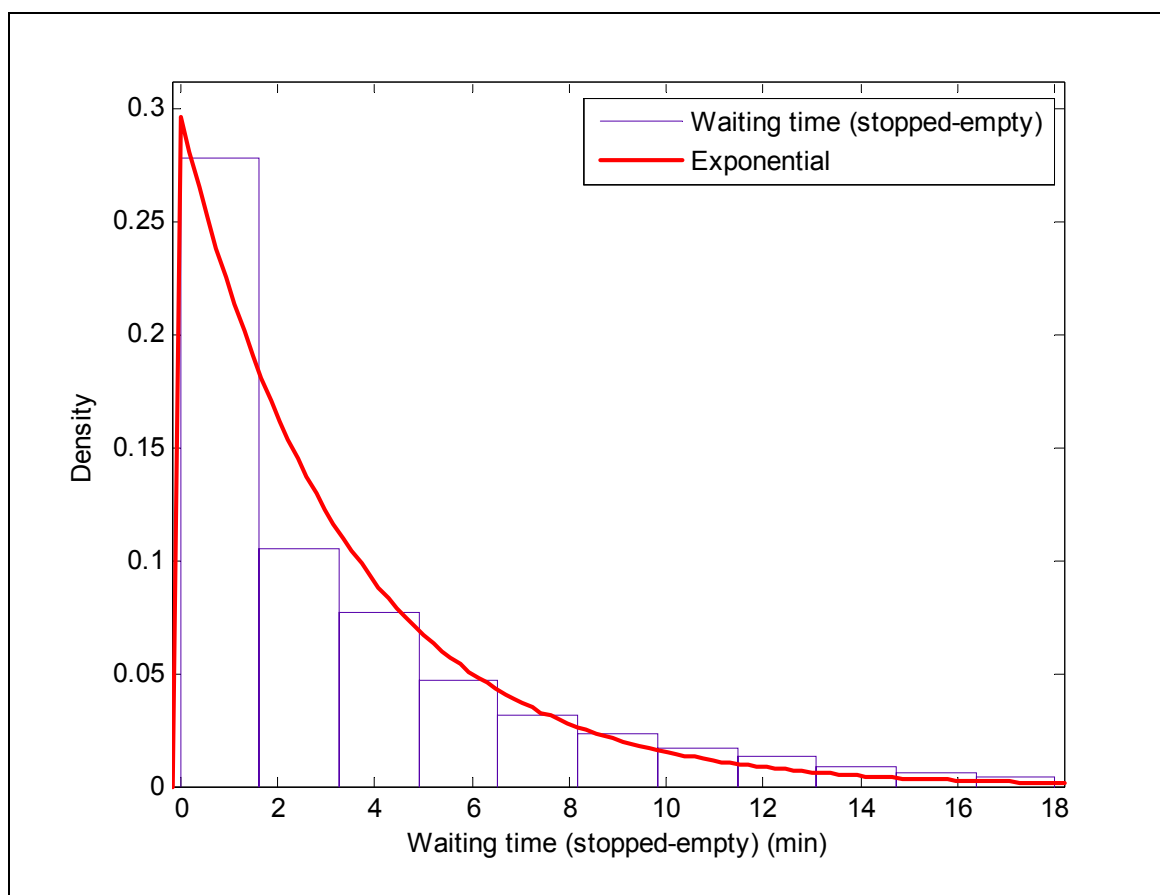
Σχήμα 6.5: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρόνων αναμονής.



Σχήμα 6.6: Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων χρόνων αναμονής.



Σχήμα 6.7: Διάγραμμα αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων χρόνων αναμονής.



Σχήμα 6.8: Εκθετική κατανομή χρόνων αναμονής.

Γενικά, η εκθετική κατανομή περιγράφει τη διάρκεια ζωής μηχανικών και ηλεκτρολογικών εξαρτημάτων, με την προϋπόθεση ότι ο εναπομένον χρόνος ζωής είναι ανεξάρτητος από το χρόνο που το εξάρτημα βρίσκεται σε λειτουργία. Επίσης, η συγκεκριμένη κατανομή βρίσκει εφαρμογή στους χρόνους αναμονής. Δηλαδή περιγράφει το χρόνο αναμονής μεταξύ δυο διαδοχικών γεγονότων, το χρόνο αναμονής μέχρι το επόμενο γεγονός και χρόνο αναμονής μεταξύ δυο γεγονότων που απέχουν μεταξύ τους (Χριστόπουλος, 2003).

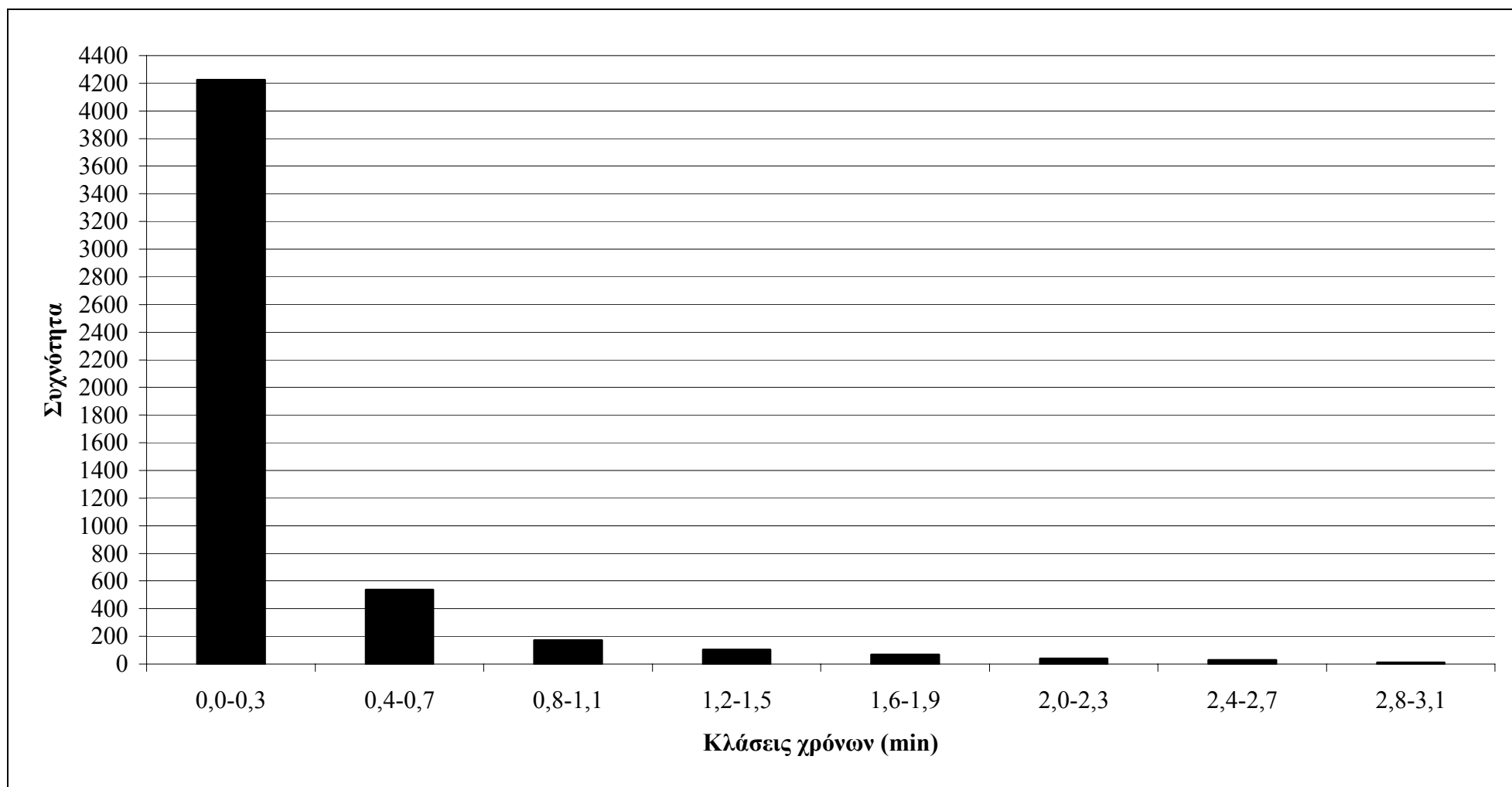
Στην περίπτωση των χρόνων αναμονής των χωματουργικών οχημάτων, το γεγονός που συμβαίνει πριν την αναμονή είναι η μετάβαση του οχήματος από το χώρο απόθεσης στο χώρο φόρτωσης και το γεγονός που ακολουθεί μετά την αναμονή είναι η φόρτωση του οχήματος. Επίσης, η επιστροφή του οχήματος στη θέση φόρτωσης έχει ως αποτέλεσμα την ολοκλήρωση ενός πλήρους κύκλου εργασίας του χωματουργικού αυτοκινήτου.

Οι χρόνοι αναμονής μπορούν να μεταβληθούν να αυξηθούν ή να μειωθούν ανάλογα με την κατάσταση που επικρατεί στα σημεία εκσκαφής. Έτσι, οι συγκεκριμένοι

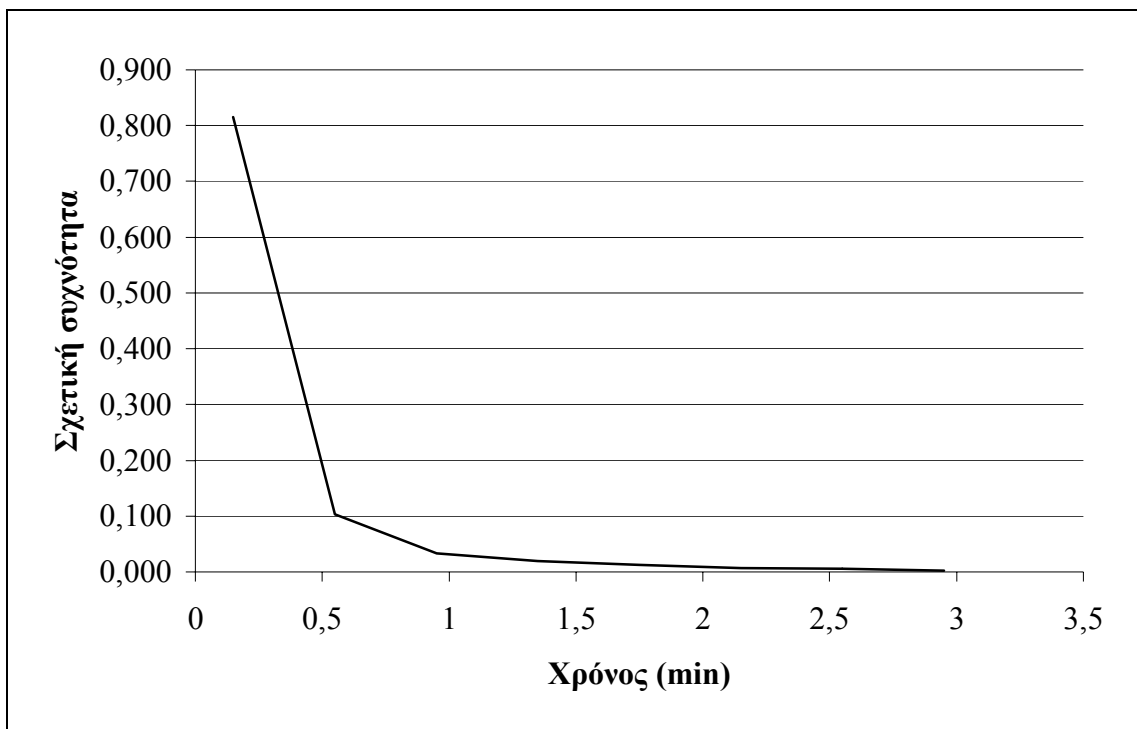
χρόνοι μπορούν να αυξηθούν αν το εκσκαπτικό μηχάνημα έχει αναλάβει πολλά οχήματα για φόρτωση με αποτέλεσμα να μην μπορεί να ανταπεξέλθει γιατί είναι πάνω από τις δυνατότητές του. Επίσης, όταν συμβαίνει κάποια μικρή βλάβη στο εκσκαπτικό ή όταν αναστέλλει την εκσκαφή λόγω εφοδιασμού του τότε συσσωρεύονται οχήματα στο χώρο φόρτωσης και αυξάνεται ο χρόνος αναμονής. Η ύπαρξη υδροφορίας ή η έντονη βροχόπτωση μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο δάπεδο εργασίας του εκσκαπτικού μηχανήματος. Σ' αυτή την περίπτωση σταματάει η εκσκαφή μέχρι να διαμορφωθεί το δάπεδο με κάποιο σκληρό υλικό (αμμοχάλικα) από προωθητή. Το πρόβλημα αρχίζει να εμφανίζεται όταν δεν υπάρχει διαθέσιμος προωθητής γιατί καλύπτει ανάγκες σε κάποιο άλλο μέτωπο ή για κάποιο άλλο λόγο και έτσι αυξάνεται ο χρόνος αναμονής. Τέλος, η αλλαγή μετώπου του εκσκαπτικού μηχανήματος αυξάνει τον αριθμό των οχημάτων στο χώρο φόρτωσης.

6.2.2 Χρόνοι σταματημένου οχήματος με πληρωμένο κάδο

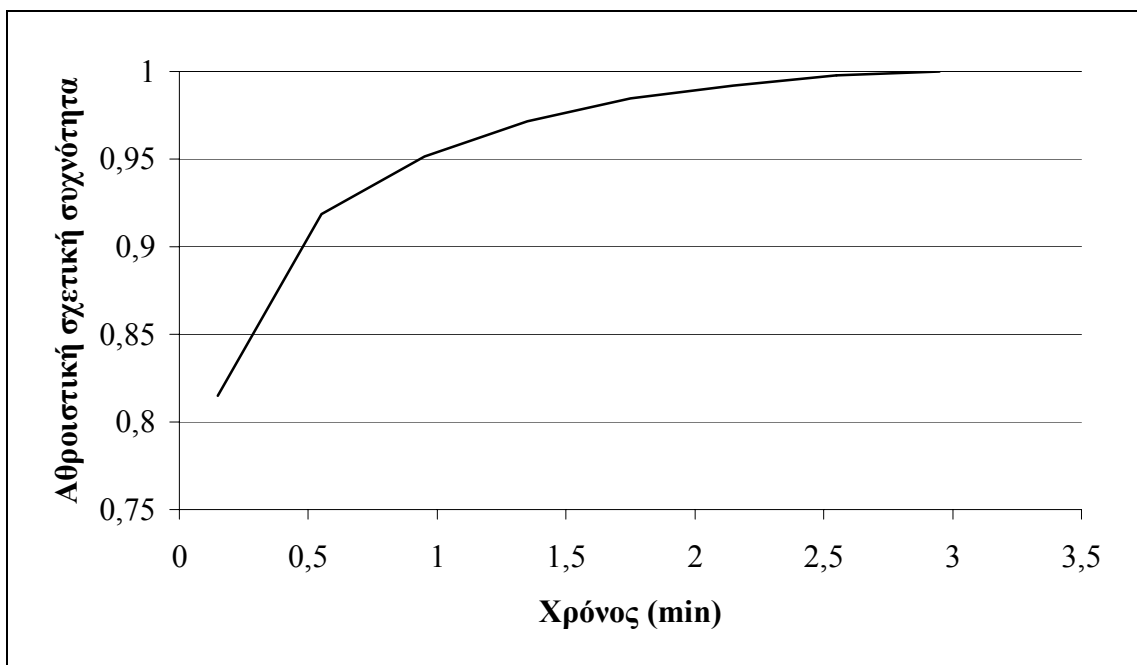
Οι μετρήσεις σχετικά με τους χρόνους που αναφέρονται όταν το όχημα είναι σταματημένο και έχει πληρωμένο τον κάδο του είναι 5185. Οι χρόνοι έχουν ένα φάσμα από 0 min μέχρι 3,1 min. Σύμφωνα με τους παραπάνω χρόνους δημιουργήθηκε ένα ιστόγραμμα που περιέχει οκτώ κλάσεις χρόνων. Το ιστόγραμμα συχνοτήτων εμφανίζεται στο Σχήμα 6.9, το Σχήμα 6.10 είναι το διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων και το Σχήμα 6.11 είναι το διάγραμμα των αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων. Στα Σχήματα 6.10 και 6.11 στον οριζόντιο άξονα των χρόνων χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες τιμές κάθε κλάσης.



Σχήμα 6.9: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρόνων σταματημένου οχήματος με πληρωμένο κάδο.



Σχήμα 6.10: Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων χρόνων σταματημένου οχήματος με πληρωμένο κάδο.



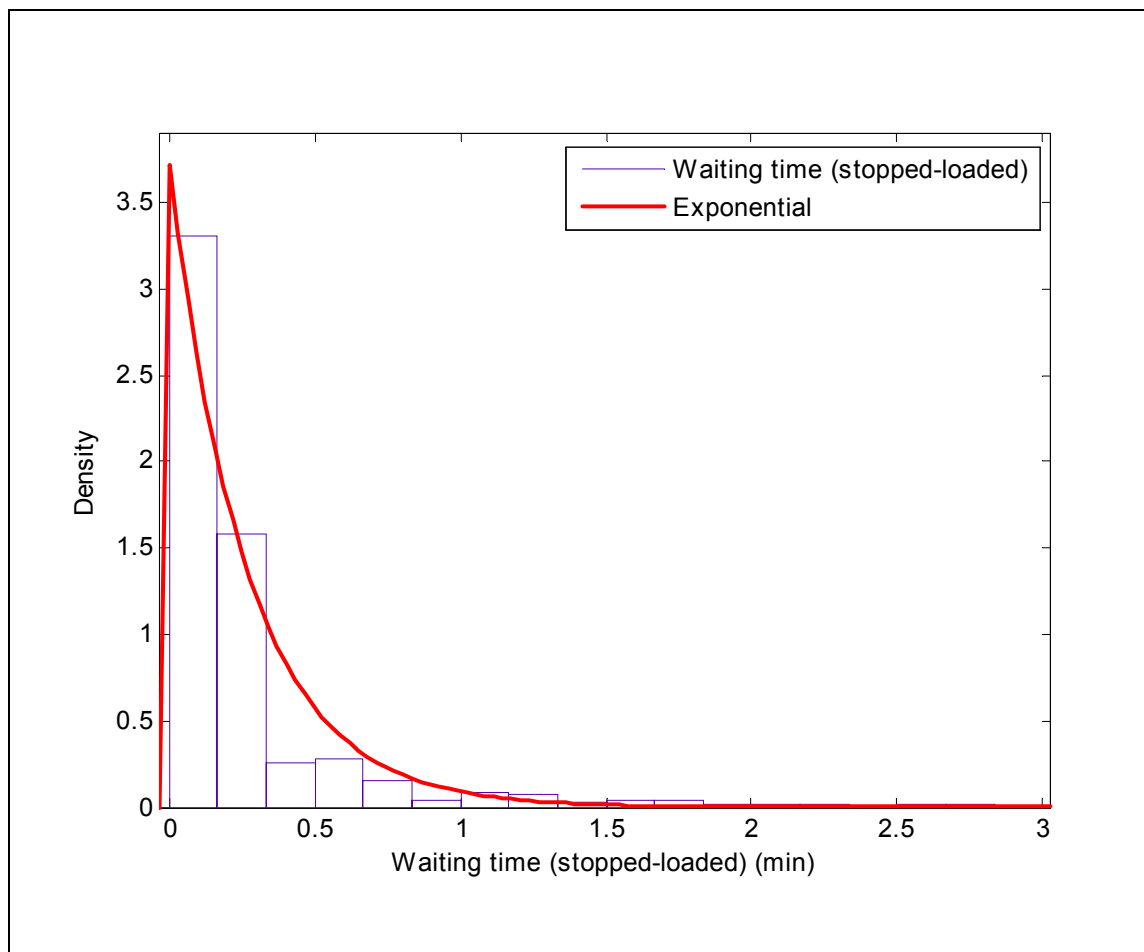
Σχήμα 6.11: Διάγραμμα αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων χρόνων σταματημένου οχήματος με πληρωμένο κάδο.

Το μεγαλύτερο μέρος των παρατηρήσεων συγκεντρώνεται στην πρώτη κλάση του ιστογράμματος του Σχήματος 6.9. Αυτό δείχνει ότι το μεγαλύτερο μέρος των καταγραφών κυμαίνεται από 0 μέχρι 0,3 min. Το ποσοστό των παρατηρήσεων που συγκαταλέγονται σ' αυτή την κλάση είναι περίπου 80% και αυτό εμφανίζεται στο Σχήμα 6.10 που είναι το διάγραμμα των σχετικών συχνοτήτων.

Το ιστόγραμμα των παραπάνω χρόνων ακολουθεί την εκθετική κατανομή. Έτσι οι χρόνοι των οχημάτων όταν είναι σταματημένα και έχουν πληρωμένο τον κάδο τους ακολουθούν την εκθετική κατανομή με μέση τιμή τα 0.27 min. Οι χρόνοι αυτοί καταγράφονται όταν το όχημα κινείται από το χώρο φόρτωσης προς το χώρο απόθεσης. Έχουν εξαιρεθεί οι χρόνοι με μεγάλες τιμές, οι οποίοι οφείλονται σε βλάβες των οχημάτων και οι χρόνοι οι οποίοι καταγράφονται κατά τη διάρκεια του διαλείμματος. Επίσης, οι παραπάνω χρόνοι δεν είναι δυνατόν να χαρακτηριστούν ως χρόνοι αναμονής στο χώρο της απόθεσης γιατί λόγω του μεγέθους της εκμετάλλευσης ο χώρος της απόθεσης είναι πολύ μεγάλος και επιτρέπει την ταυτόχρονη εκκένωση πολλών οχημάτων μαζί.

Οι χρόνοι που έχουν καταγραφεί, είναι αυτοί που συμβαίνουν όταν αναγκάζεται το όχημα να σταματήσει για να παραχωρήσει προτεραιότητα σε κάποιο άλλο όχημα που κινείται στην αντίθετη κατεύθυνση ή σε κάποιο μηχανήμα του βοηθητικού εξοπλισμού. Αυτοί οι χρόνοι αυξάνονται, όταν κινούνται αρκετά οχήματα μεταξύ του σημείου φόρτωσης και της κύριας ράμπας. Αυτή η διαδρομή ονομάζεται διαδρομή μέσα στο μέτωπο και λόγω της ύπαρξης του ταινιόδρομου η διέλευση σε μερικά σημεία δυο χωματουργικών οχημάτων με αντίθετη κατεύθυνση είναι αδύνατη. Έτσι, πρέπει το ένα όχημα να παραχωρήσει προτεραιότητα στο άλλο. Συνήθως το όχημα που σταματάει είναι αυτό που έχει πληρωμένο τον κάδο του γιατί κινείται με μικρότερη ταχύτητα.

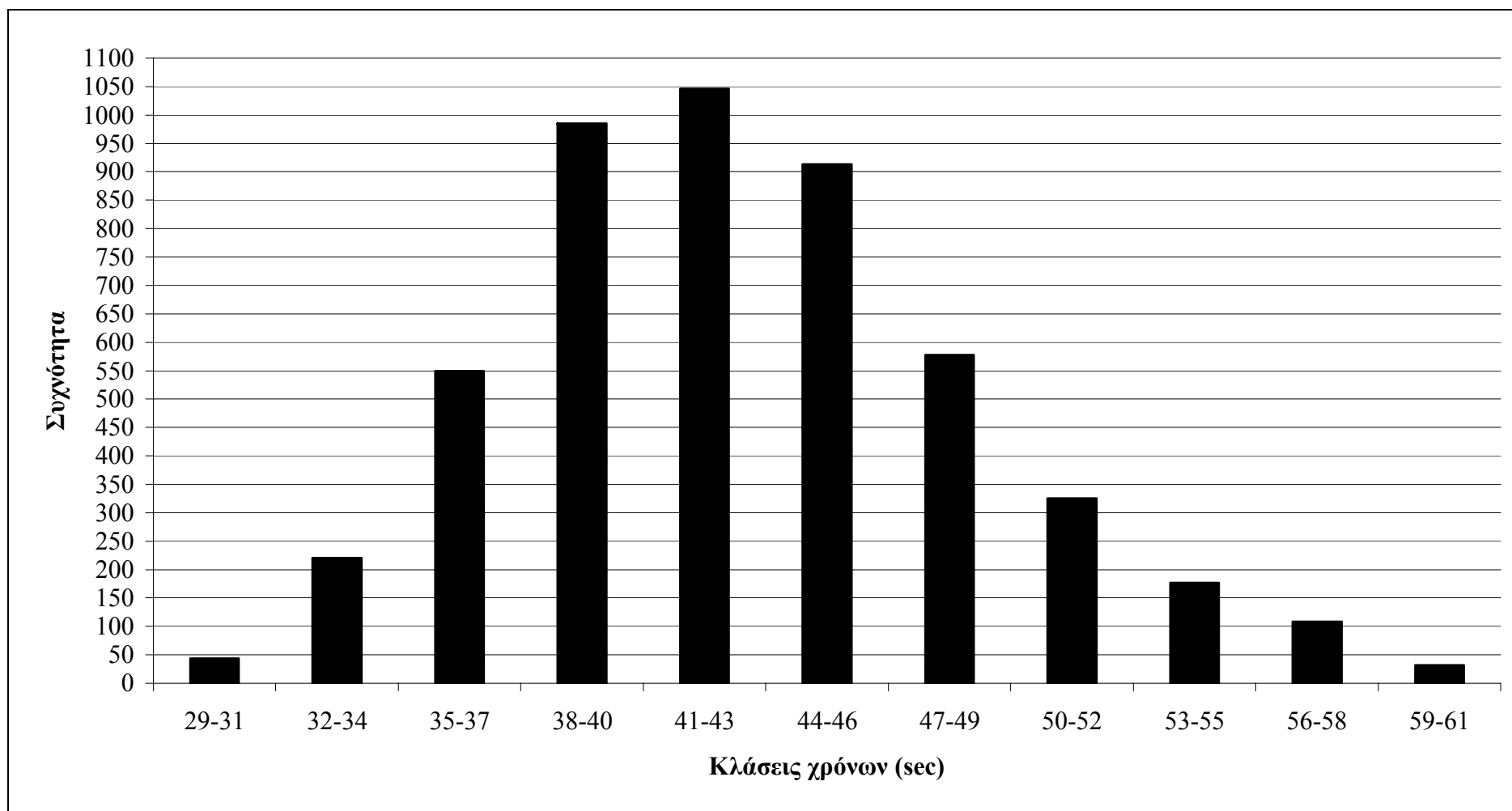
Έτσι, το ένα όχημα βρίσκεται σε αναμονή μέχρι να ολοκληρωθεί η διέλευση του δεύτερου οχήματος. Γι' αυτό οι παραπάνω χρόνοι ακολουθούν την εκθετική κατανομή η οποία εμφανίζεται στο Σχήμα 6.12.



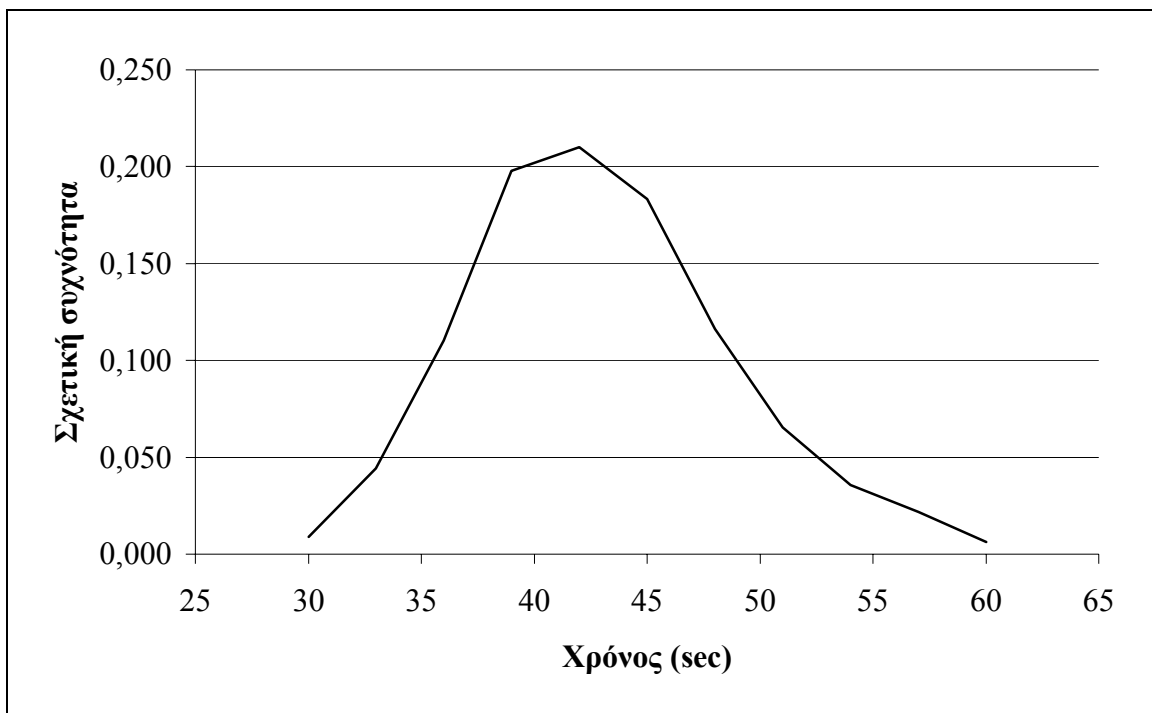
Σχήμα 6.12: Εκθετική κατανομή χρόνων σταματημένου οχήματος με πληρωμένο κάδο.

6.2.3 Χρόνοι εκκένωσης

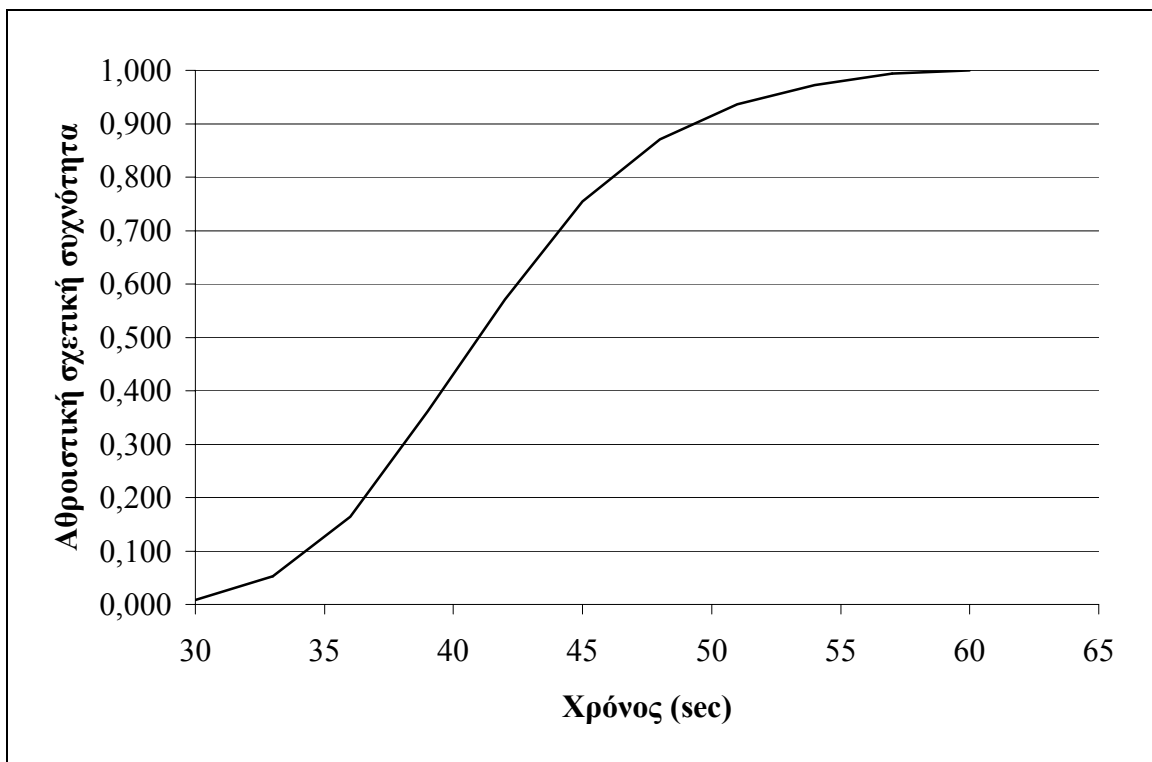
Για τη στατιστική ανάλυση των χρόνων εκκένωσης έγινε στατιστική επεξεργασία 4979 μετρήσεων. Οι τιμές των μετρήσεων αυτών είχαν ένα φάσμα από 29 sec μέχρι 61 sec. Για την κατασκευή του ιστογράμματος το παραπάνω φάσμα τιμών διαιρέθηκε σε 11 κλάσεις με πλάτος κάθε κλάσης ίσο με 2 sec. Στο Σχήμα 6.13 εμφανίζεται το ιστόγραμμα συχνοτήτων το οποίο παρουσιάζει τον τρόπο με τον οποίο κατανέμονται οι μετρήσεις των χρόνων σε κάθε κλάση. Έπειτα, στο Σχήμα 6.14 παρουσιάζεται το διάγραμμα των σχετικών συχνοτήτων και στο Σχήμα 6.15 το διάγραμμα των αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων. Το διάγραμμα των σχετικών συχνοτήτων παρουσιάζει το ποσοστό των μετρήσεων που βρίσκεται πάνω ή κάτω από μία συγκεκριμένη τιμή χρόνου. Στην περίπτωση του διαγράμματος των αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων δημιουργείται μία συνολική εικόνα για την εξέλιξη των μεγεθών που αναλύονται.



Σχήμα 6.13: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρόνων εκκένωσης.

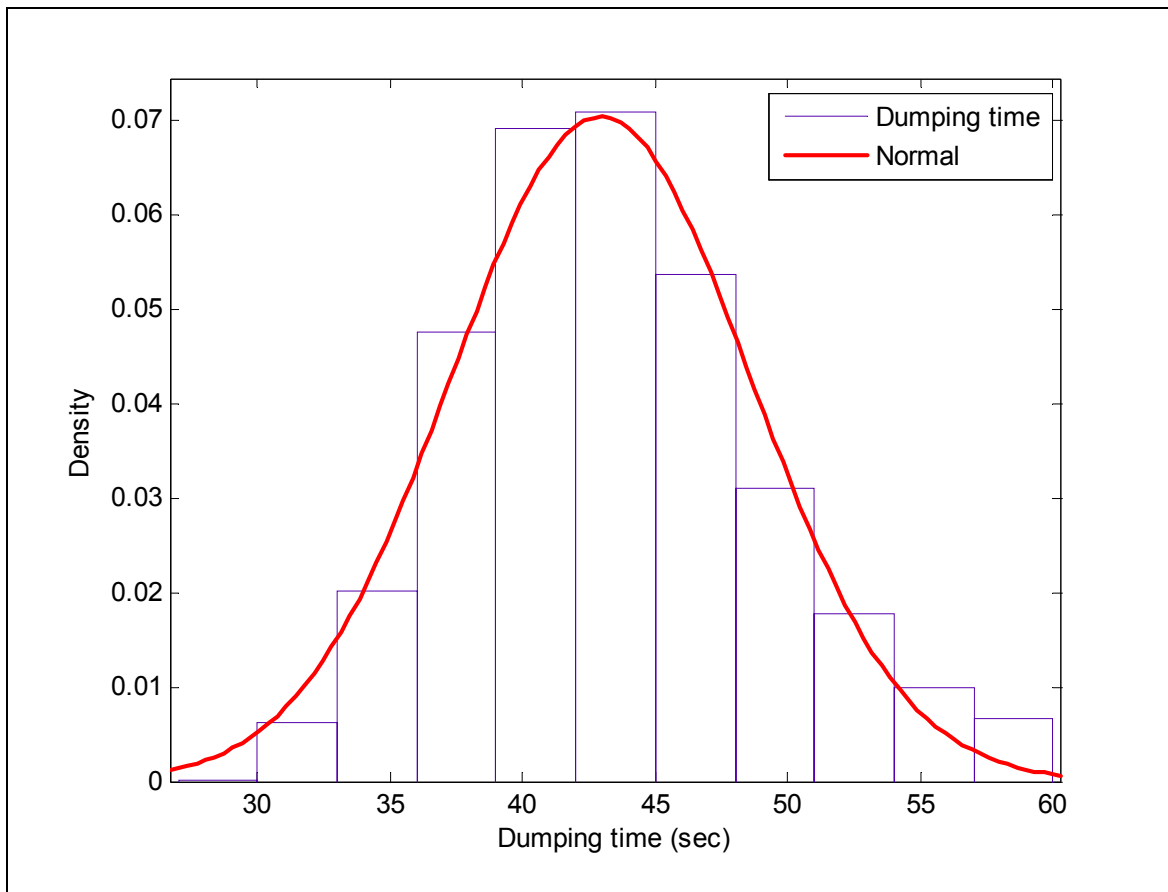


Σχήμα 6.14: Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων χρόνων εκκένωσης.



Σχήμα 6.15: Διάγραμμα αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων χρόνων εκκένωσης.

Παρατηρώντας το Σχήμα 6.13 που παρουσιάζεται το ιστόγραμμα των συχνοτήτων, η μεγαλύτερη συχνότητα των μετρήσεων εμφανίζεται στην πέμπτη κλάση η οποία έχει πλάτος από 41 μέχρι 43 sec. Σε σχέση με τις μετρήσεις των υπολοίπων χρόνων, οι χρόνοι εκκένωσης κατανέμονται πιο ομοιόμορφα στο σύνολο των κλάσεων του ιστογράμματος. Αυτό γίνεται κατανοητό και από το γεγονός ότι το ιστόγραμμα των χρόνων εκκένωσης ακολουθεί την κανονική κατανομή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.16.



Σχήμα 6.16: Κανονική κατανομή χρόνων εκκένωσης.

Ο χρόνος εκκένωσης χωματουργικού αυτοκινήτου είναι ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που θα ενεργοποιηθεί η ανατροπή του κάδου του για την εκκένωση του μέχρι τη στιγμή που ο κάδος θα επανέρθει στην αρχική του θέση.

Η κανονική κατανομή χαρακτηρίζεται από δυο παραμέτρους οι οποίες είναι η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση. Η κωδωνοειδής μορφή της υποδηλώνει ότι οι μεγαλύτερες συχνότητες βρίσκονται γύρω από τη μέση τιμή και οι μικρότερες στα άκρα της (Θαλασσινός, 1996). Τα διαστήματα εμπιστοσύνης της κατανομής είναι το 68%, το 95% και το 99,73%. Το 68% της πιθανότητας της κανονικής κατανομής βρίσκεται σε διάστημα μίας τυπικής απόκλισης εκατέρωθεν της μέσης τιμής. Το 95% της πιθανότητας βρίσκεται σε διάστημα δυο τυπικών αποκλίσεων εκατέρωθεν της μέσης τιμής και

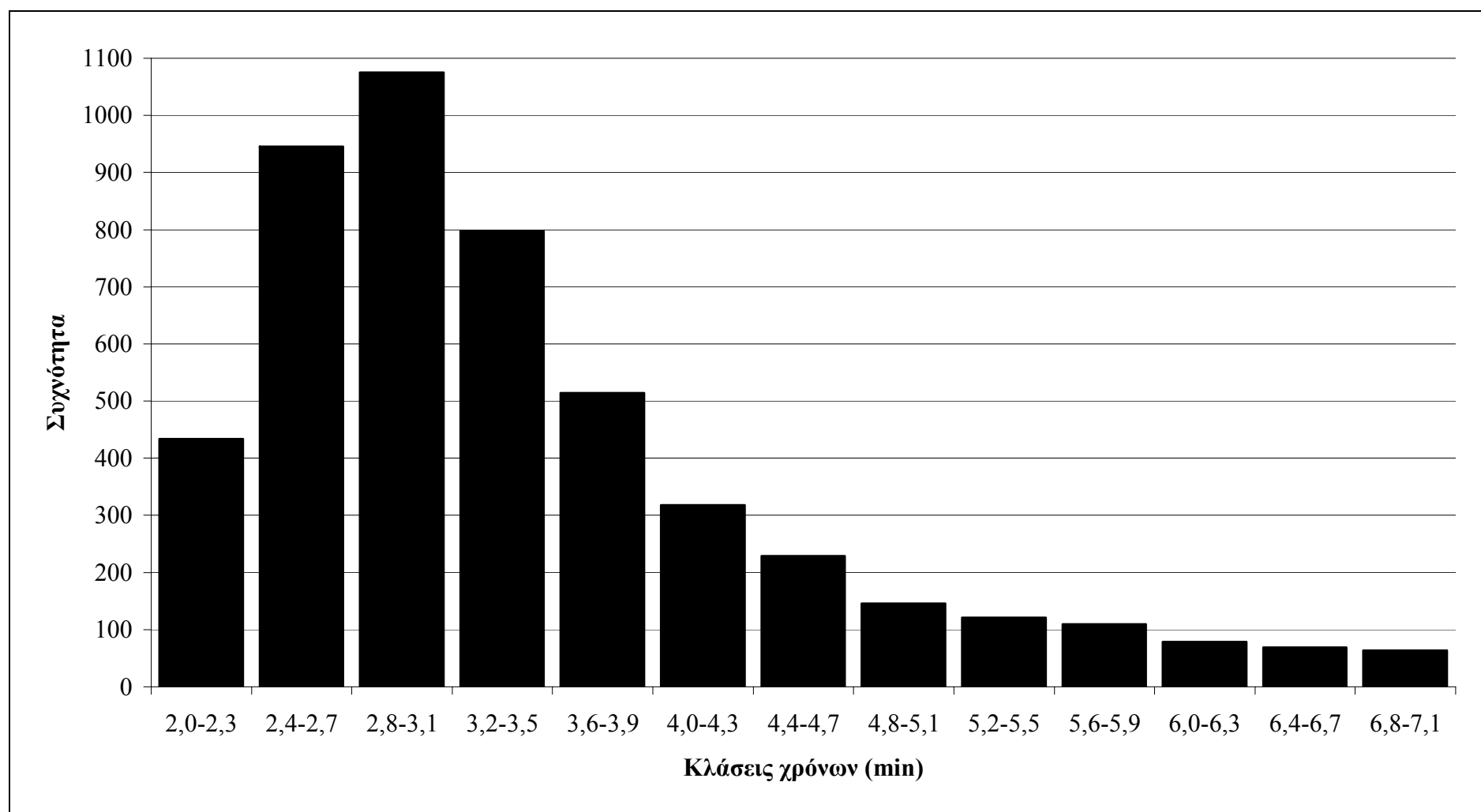
το 99,73% σε διάστημα τριών τυπικών αποκλίσεων (Χριστόπουλος, 2003). Στην περίπτωση των χρόνων εκκένωσης με μέση τιμή ίση με 42,93 sec και τυπική απόκλιση ίση με 5,66 τα διαστήματα εμπιστοσύνης διαμορφώνονται ως εξής: 68% [37,27 48,59], 95% [31,61 54,25] και 99,73% [25,95 59,61].

Η κανονική κατανομή χρησιμοποιείται ως στατιστικό πρότυπο για να περιγράψει τις διακυμάνσεις διαφόρων φυσικών μεγεθών. Στην παραπάνω περίπτωση γίνεται η περιγραφή των διακυμάνσεων χρόνων που αναφέρονται στην εκκένωση του κάδου χωματουργικού αυτοκινήτου.

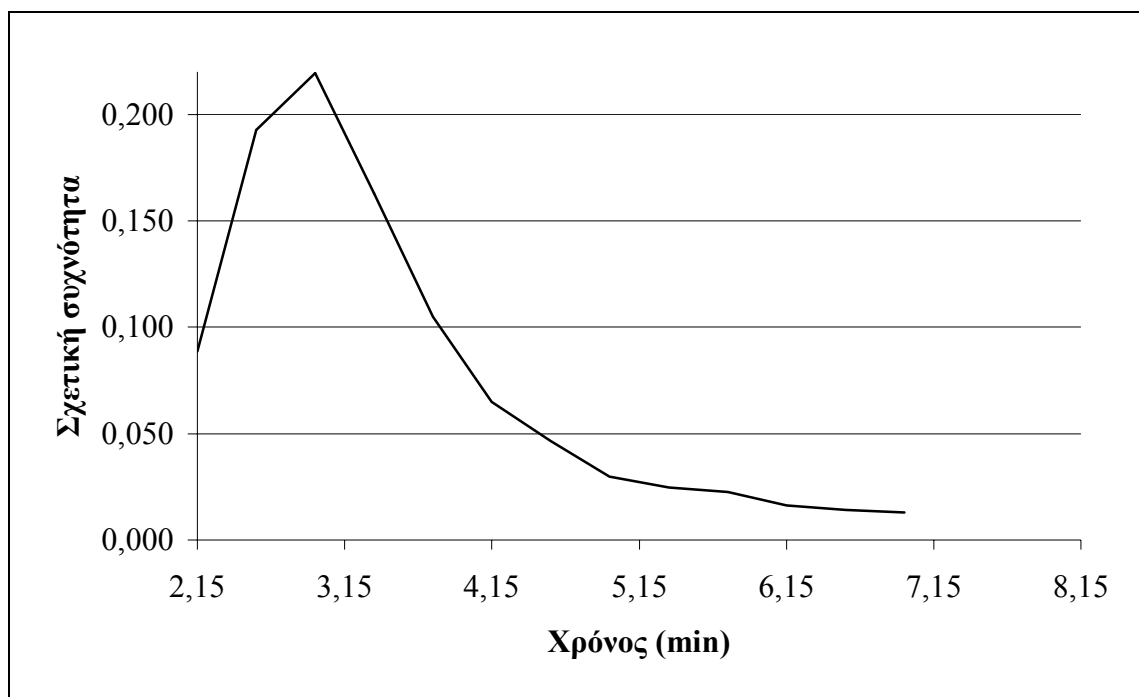
Ο χρόνος εκκένωσης μπορεί να μεταβληθεί ανάλογα με το υλικό που φέρει ο κάδος του αυτοκινήτου. Για παράδειγμα, αν τα υλικά είναι μεγάλοι όγκοι ή αμμοχάλικα ή αργιλικά ο χρόνος εκκένωσης είναι σχετικά μικρός. Στην περίπτωση που υπάρχουν αργιλικά υλικά ή γενικώς μαλακά υλικά τα οποία περιέχουν μεγάλο ποσοστό υγρασίας, λόγω υδροφορίας στην περιοχή εκσκαφής ή έντονης βροχόπτωσης, τότε τα υλικά αυτά προσκολλούνται στο κάδο του χωματουργικού αυτοκινήτου με αποτέλεσμα να μην εκκενώνεται πλήρως ο κάδος. Στην παραπάνω περίπτωση χρειάζονται κατάλληλοι χειρισμοί του οδηγού για να αποκολληθούν τα υλικά. Αυτοί οι χειρισμοί αυξάνουν το χρόνο εκκένωσης. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζει και ο ανθρώπινος παράγοντας δηλαδή πόσο γρήγορα εκτελεί τους κατάλληλους χειρισμούς ο οδηγός.

6.2.4 Χρόνοι φόρτωσης

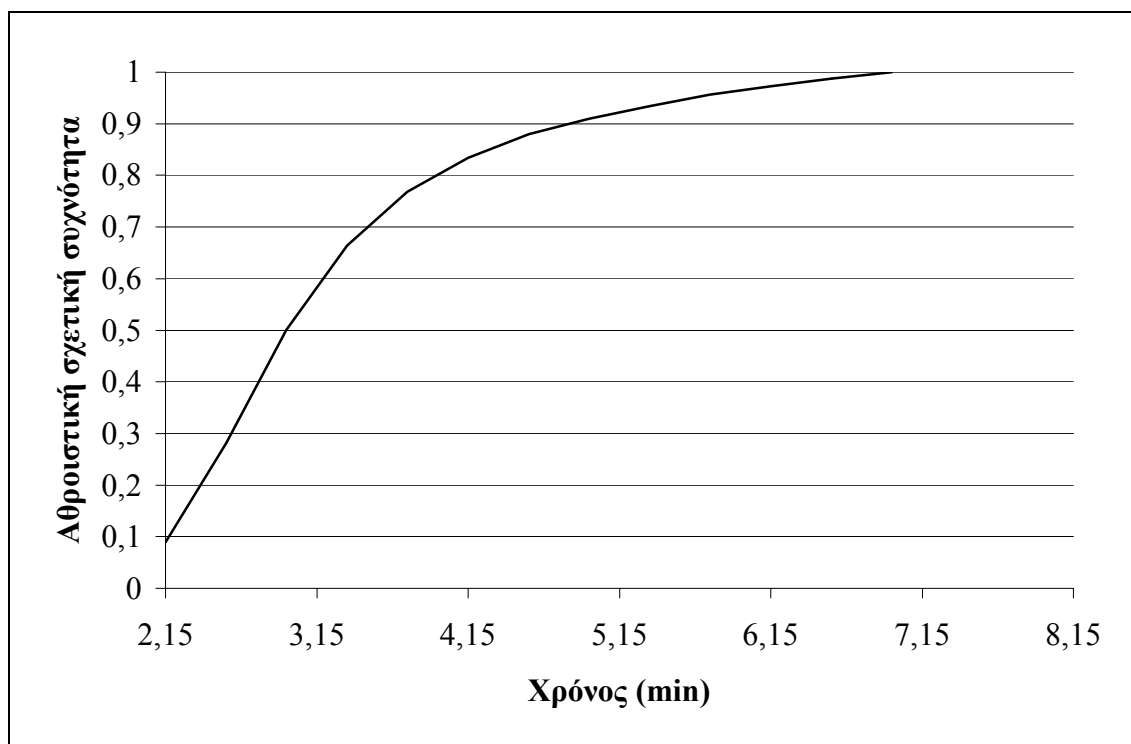
Ο αριθμός των μετρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των χρόνων φόρτωσης του χωματουργικού αυτοκινήτου ήταν 4902 μετρήσεις. Οι τιμές των συγκεκριμένων χρόνων κυμαίνονται από 2 min μέχρι 7,1 min. Το φάσμα αυτό διαιρέθηκε σε 13 κλάσεις με πλάτος κάθε κλάσης ίσο με 0,3 min. Έπειτα, κατασκευάστηκε το ιστόγραμμα συχνοτήτων (Σχήμα 6.17) που απεικονίζει την κατανομή των μετρήσεων σε κάθε κλάση. Στο Σχήμα 6.18 παρουσιάζεται το διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων και στο Σχήμα 6.19 το διάγραμμα αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων.



Σχήμα 6.17: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρόνων φόρτωσης.



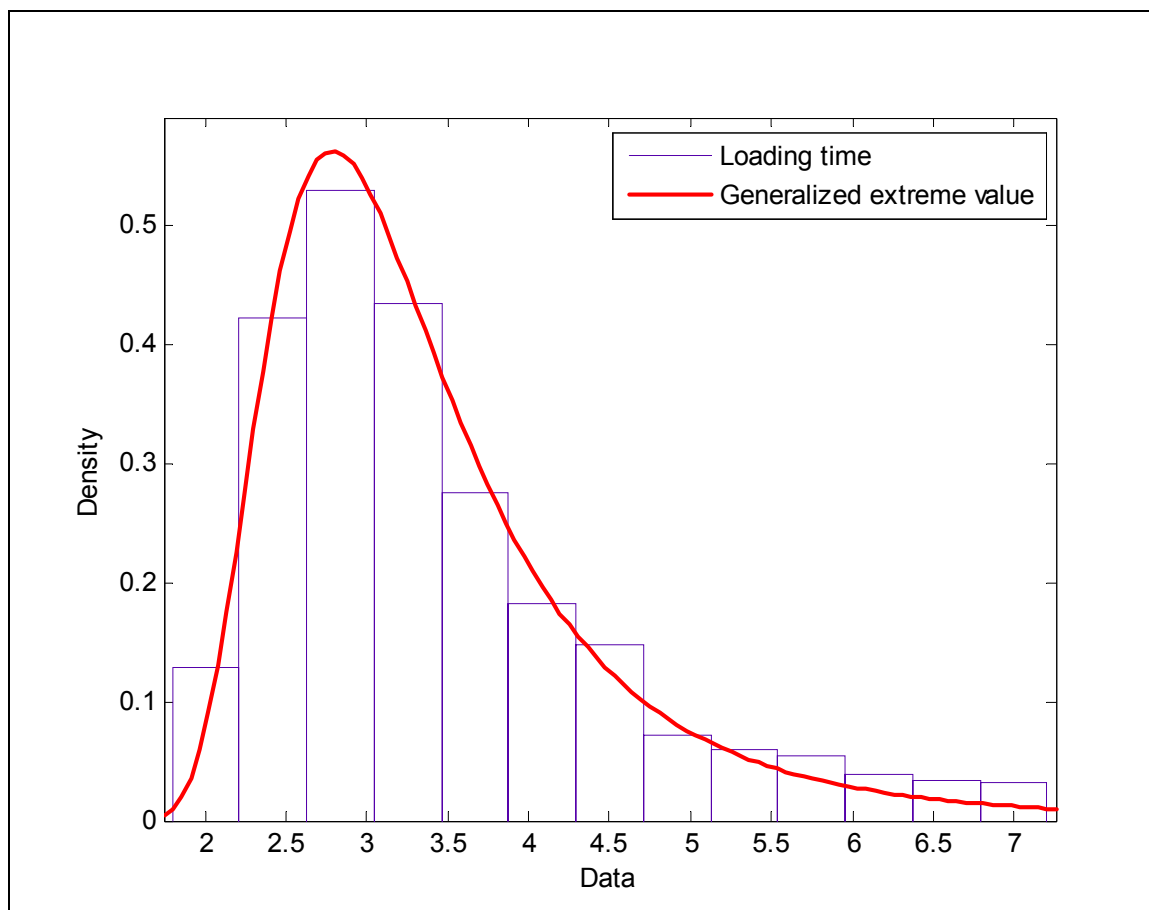
Σχήμα 6.18: Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων χρόνων φόρτωσης.



Σχήμα 6.19: Διάγραμμα αθροιστικών συχνοτήτων χρόνων φόρτωσης.

Η μεγαλύτερη συχνότητα των μετρήσεων των χρόνων φόρτωσης εμφανίζεται στην τρίτη κλάση η οποία έχει φάσμα από 2,8 μέχρι 3,1 min. Σ' αυτή την κλάση συγκεντρώνεται περίπου το 22% των μετρήσεων που καταγράφηκαν.

Το ιστόγραμμα συχνοτήτων προσαρμόζεται στην ακραία κατανομή γενικευμένης τιμής που εμφανίζεται στο Σχήμα 6.20. Η κατανομή ακραίας τιμής περιγράφει φαινόμενα τα οποία δεν ακολουθούν συγκεκριμένα κάποιον κανόνα και μπορούν να δώσουν απροσδόκητα αποτελέσματα. Επίσης, βρίσκει εφαρμογή για να περιγράψει την αντοχή ανομοιογενών υλικών. Η αντοχή κάποιου υλικού χαρακτηρίζεται από την αντοχή του πιο αδύναμου σημείου του. Δηλαδή είναι σαν μία αλυσίδα που κάθε κρίκος έχει τα δικά του χαρακτηριστικά αλλά στο σύνολό της η αντοχή της αλυσίδας χαρακτηρίζεται από την αντοχή του πιο αδύναμου κρίκου. Ακόμα η κατανομή ακραίας τιμής χρησιμοποιείται για την περιγραφή καιρικών συνθηκών και ειδικά σε περιπτώσεις που εμφανίζονται ακραία καιρικά φαινόμενα.



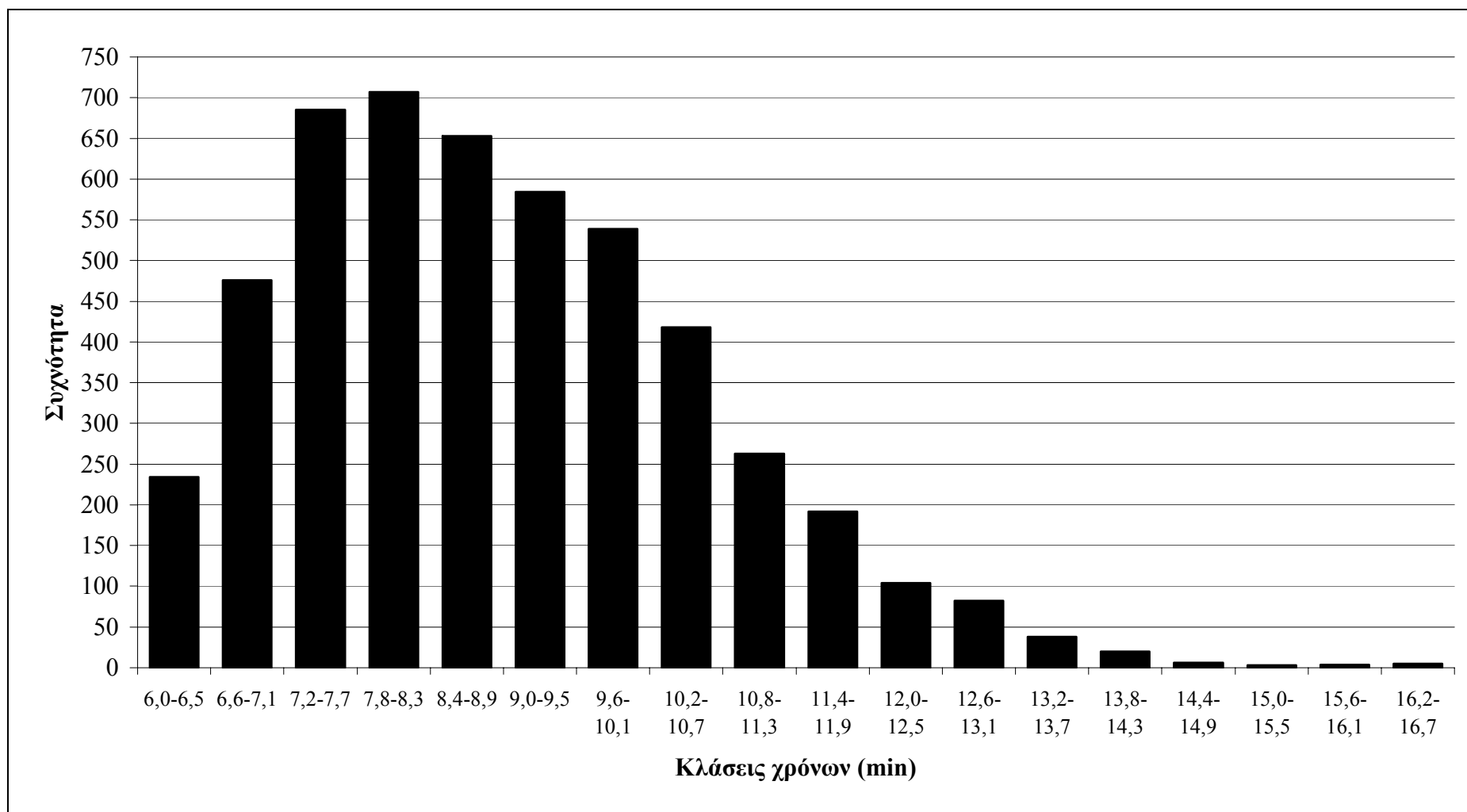
Σχήμα 6.20: Ακραία κατανομή γενικευμένης τιμής χρόνων φόρτωσης.

Η παραπάνω κατανομή χαρακτηρίζεται από τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση. Η μέση τιμή στις μετρήσεις των χρόνων φόρτωσης είναι 2,91 min με τυπική απόκλιση 0,66.

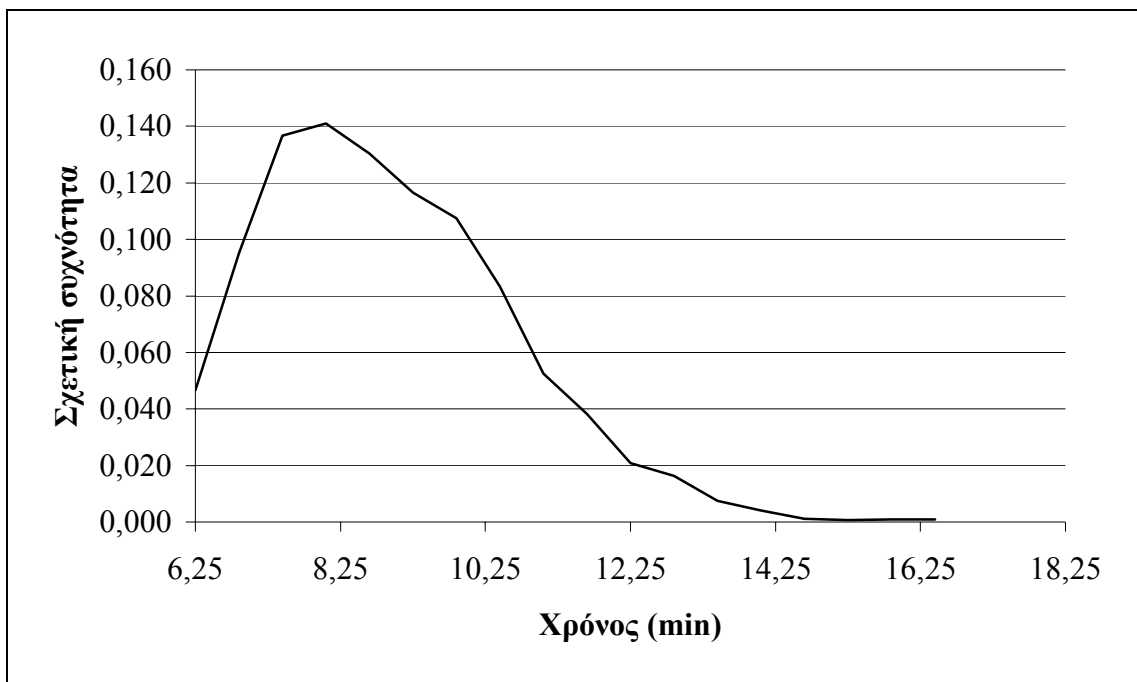
Ο χρόνος φόρτωσης των χωματουργικών αυτοκινήτων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Ένας βασικός παράγοντας είναι το υλικό το οποίο εξορύσσει το εκσκαπτικό. Όταν το υλικό είναι μαλακό ή γενικά έχει μικρή αντοχή ή είναι καλά προχαλαρωμένο τότε ο χρόνος φόρτωσης είναι μικρός. Άλλοι παράγοντες είναι το ύψος του μετώπου, που πρέπει να είναι το ιδανικό για το συγκεκριμένο εκσκαπτικό μηχάνημα, η υγρασία που περιέχουν τα υλικά για να μην προσκολλούνται στο κάδο του εκσκαπτικού και η ύπαρξη μεγάλων βράχων που στη συγκεκριμένη περίπτωση χρειάζονται κατάλληλοι χειρισμοί κατά την εκκένωση του κάδου του εκσκαπτικού ώστε να μην καταπονείται το χωματουργικό όχημα.

6.2.5 Χρόνοι μετακίνησης χωματουργικού οχήματος με πληρωμένο κάδο

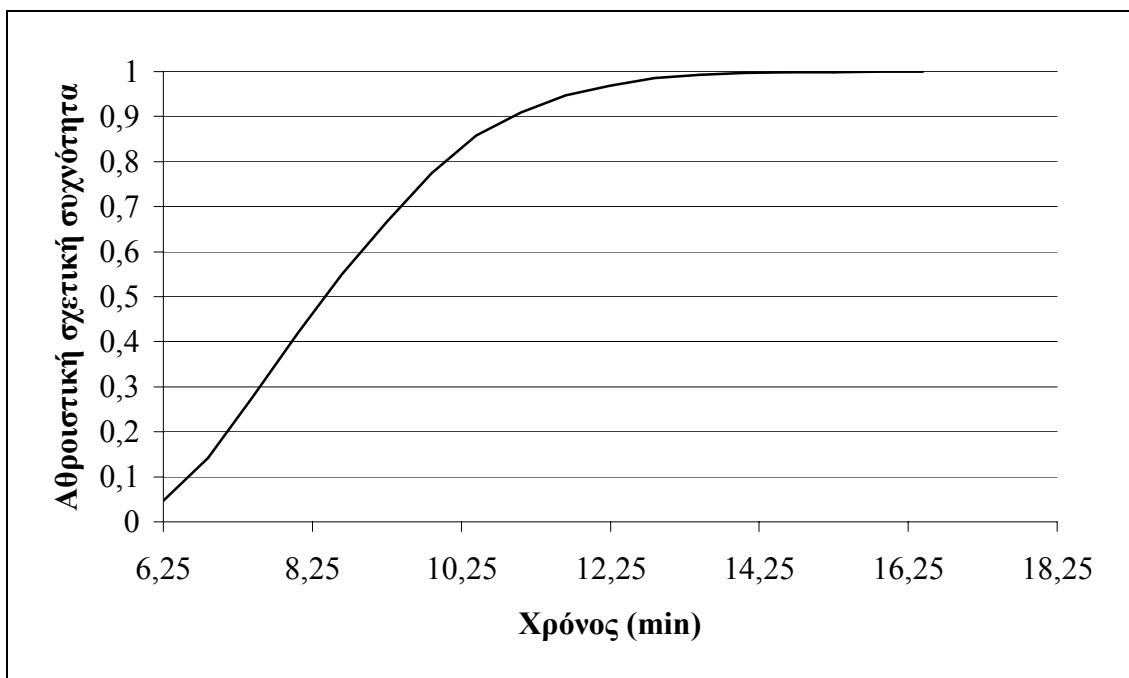
Οι χρόνοι μετακίνησης όταν το όχημα έχει πληρωμένο κάδο καταγράφονται κατά τη μετάβαση του οχήματος από το χώρο φόρτωσης προς το χώρο απόθεσης. Το ύψος των μετρήσεων είναι 5013. Οι μετρήσεις αυτές αναφέρονται για αποστάσεις από 3,5 km μέχρι 3,9 km. Οι τιμές των χρόνων κυμαίνονται από 6 min μέχρι 16,7 min. Για τη δημιουργία του ιστογράμματος συχνοτήτων κατασκευάστηκαν 18 κλάσεις με πλάτος κάθε κλάσης 0,5 min (Σχήμα 6.21). Επίσης, στο Σχήμα 6.22 εμφανίζεται το διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων και στο Σχήμα 6.23 το διάγραμμα αθροιστικών συχνοτήτων.



Σχήμα 6.21: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρόνων μετακίνησης οχήματος με πληρωμένο κάδο.



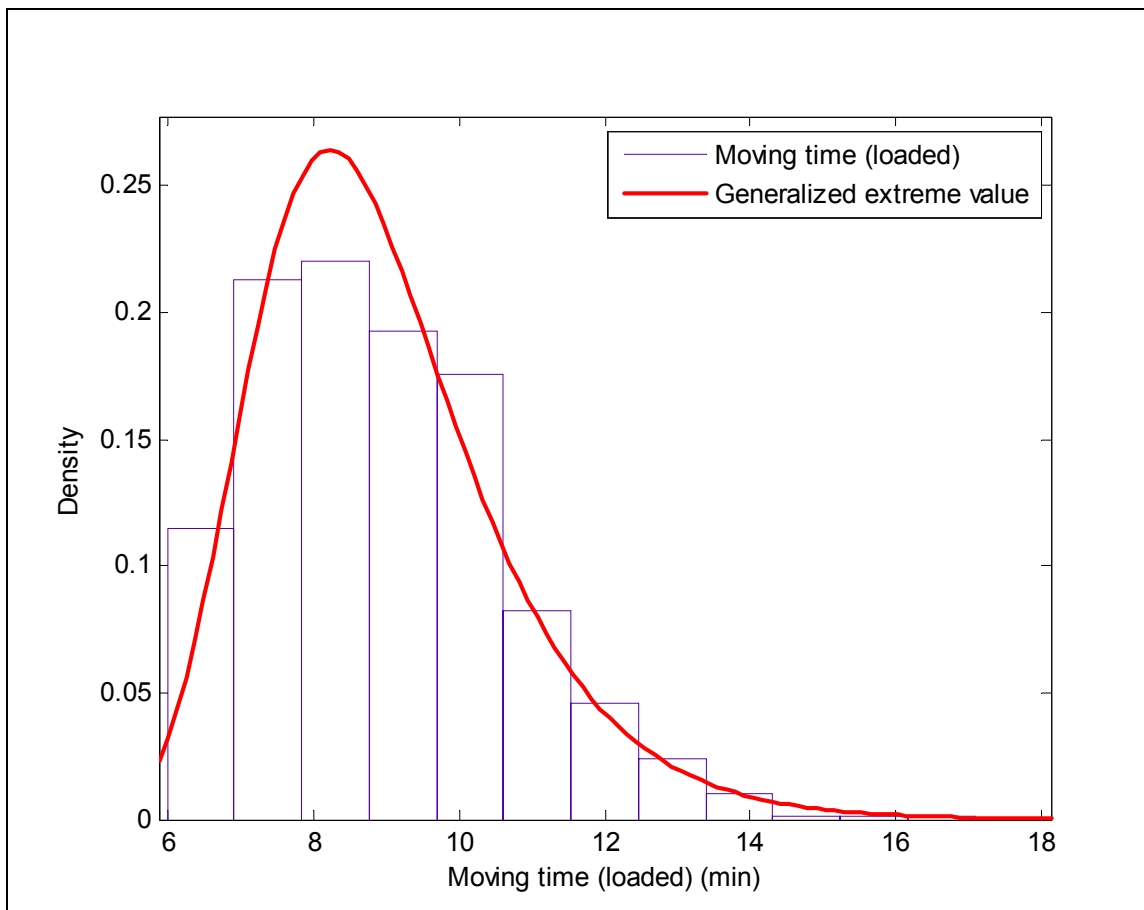
Σχήμα 6.22: Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων χρόνων μετακίνησης οχήματος με πληρωμένο κάδο.



Σχήμα 6.23: Διάγραμμα αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων χρόνων μετακίνησης οχήματος με πληρωμένο κάδο.

Ο μεγαλύτερος αριθμός των μετρήσεων συγκεντρώνεται στις τρεις κλάσεις του ιστογράμματος που έχουν πλάτος από 7,2 min μέχρι 8,9 min. Μέσα σ' αυτό το φάσμα εμφανίζεται και η μέση τιμή των παραπάνω μετρήσεων η οποία είναι 8,18 min και η τυπική απόκλιση είναι 1,39.

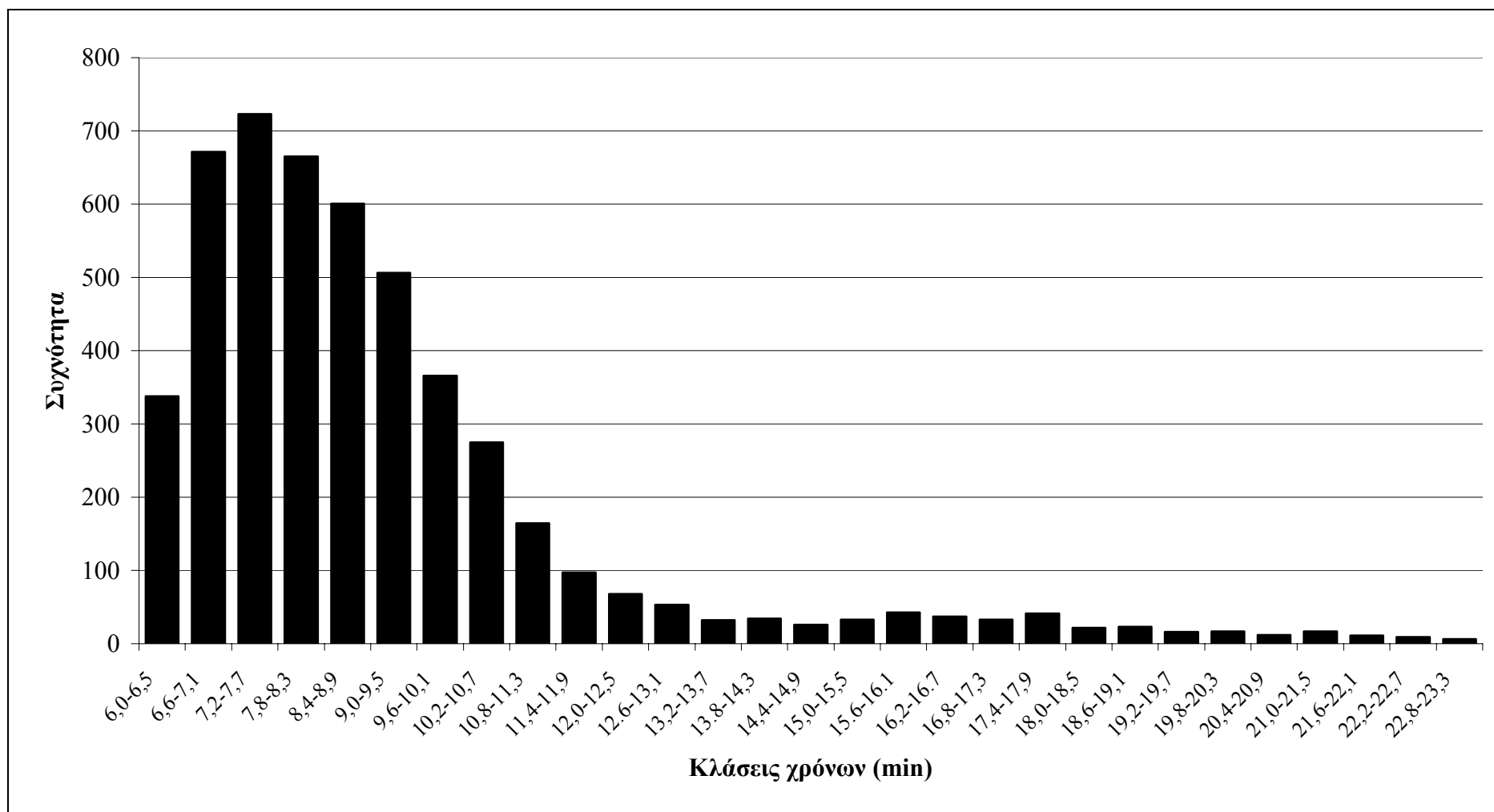
Το ιστόγραμμα ακολουθεί την ακραία κατανομή γενικευμένης τιμής όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.24. Οι χρόνοι μετακίνησης των οχημάτων επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες με σημαντικότερο τις καιρικές συνθήκες. Οι ακραίες καιρικές συνθήκες είναι αυτές που θα αυξήσουν πάρα πολύ τους παραπάνω χρόνους. Για παράδειγμα η έντονη βροχόπτωση, η ομίχλη, η έντονη χιονόπτωση και ο παγετός. Άλλοι παράγοντες είναι η ποιότητα της οδού μεταφοράς, η κυκλοφοριακή συμφόρηση και η ύπαρξη απρόσμενων γεγονότων όπως η ύπαρξη κάποιου ατυχήματος ή εκτέλεση έργων στην κεντρική ράμπα.



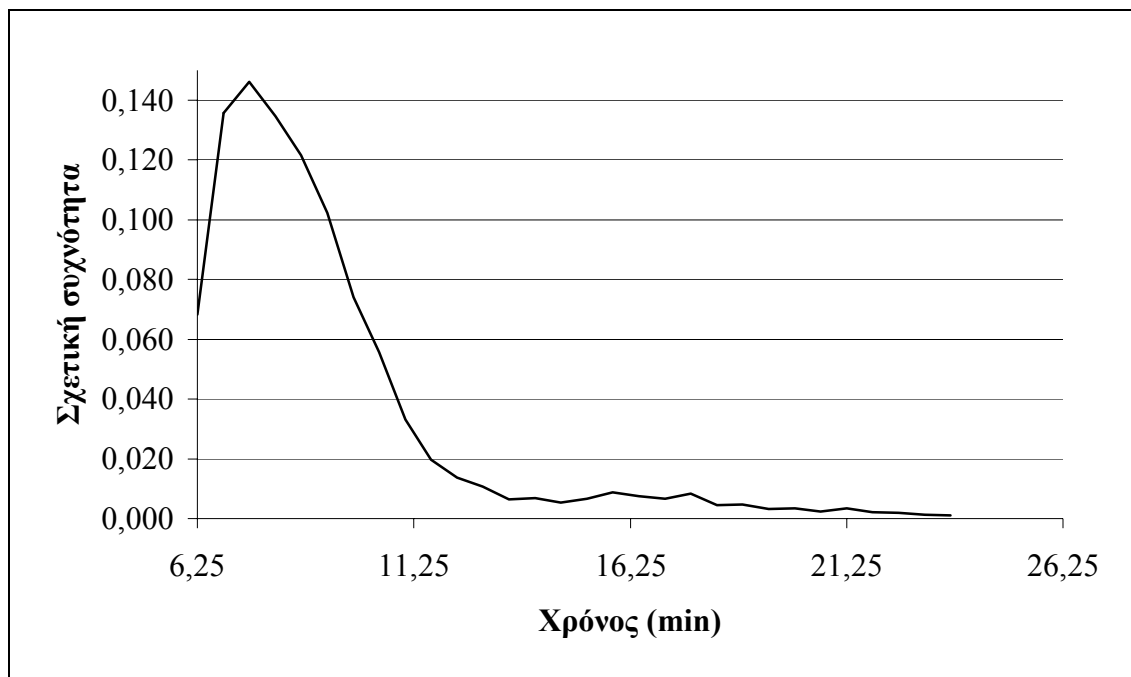
Σχήμα 6.24: Ακραία κατανομή γενικευμένης τιμής χρόνων μετακίνησης οχήματος με πληρωμένο κάδο.

6.2.6 Χρόνοι μετακίνησης οχήματος με κενό κάδο

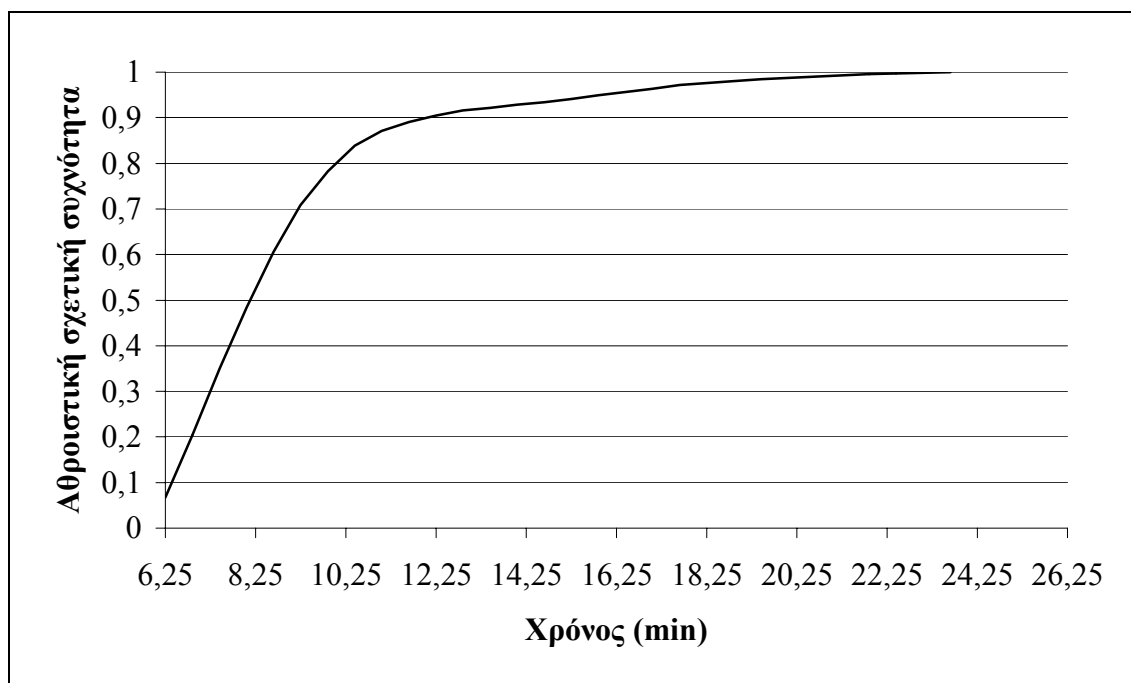
Οι μετρήσεις των χρόνων μετακίνησης οχήματος με κενό κάδο καταγράφονται από τη μετάβαση του οχήματος από το χώρο απόθεσης στο χώρο φόρτωσης. Ο αριθμός των μετρήσεων είναι 4944 και κυμαίνονται από 6 min μέχρι 23,9 min. Το φάσμα αυτό χωρίστηκε σε 30 κλάσεις με πλάτος κάθε κλάσεις 0,5 min και δημιουργήθηκε το ιστόγραμμα συχνοτήτων (Σχήμα 6.25). Επίσης, δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα σχετικών συχνοτήτων (Σχήμα 6.26) και αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων (Σχήμα 6.27).



Σχήμα 6.25: Ιστόγραμμα συχνοτήτων χρόνων μετακίνησης οχήματος με κενό κάδο.



Σχήμα 6.26: Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων χρόνων μετακίνησης οχήματος με κενό κάδο.

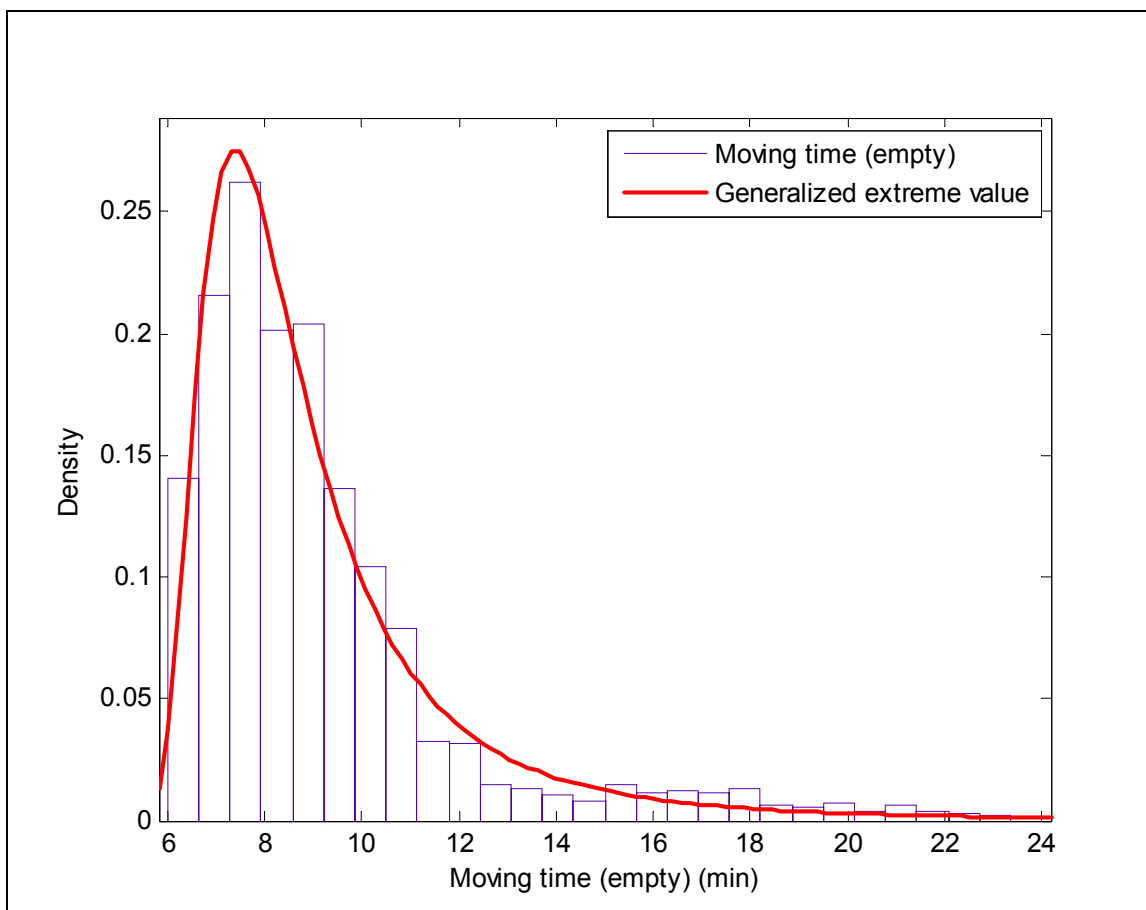


Σχήμα 6.27: Διάγραμμα αθροιστικών σχετικών συχνοτήτων χρόνων μετακίνησης οχήματος με κενό κάδο.

Στη δεύτερη, τρίτη και τέταρτη κλάση του ιστογράμματος συγκεντρώνονται οι περισσότερες μετρήσεις. Το φάσμα των παραπάνω κλάσεων είναι από 6,6 min μέχρι 8,3 min.

Και αυτό το ιστόγραμμα ακολουθεί όπως και οι χρόνοι μετακίνησης με πληρωμένο κάδο ακολουθούν την ακραία κατανομή γενικευμένης τιμής με μέση τιμή 7,77 min και τυπική απόκλιση 1,39. Η κατανομή της ακραίας τιμής παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.28. Παρατηρείται μία διαφορά της μέσης τιμής των χρόνων μετακίνησης με πληρωμένο και κενό κάδο. Η τιμή με κενό κάδο είναι μικρότερη για το λόγο ότι το όχημα μπορεί να κινηθεί πιο ευέλικτα και με μεγαλύτερη ταχύτητα επειδή δεν φέρει καθόλου φορτίο.

Οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τους συγκεκριμένους χρόνους είναι οι ίδιοι με τους χρόνους μετακίνησης του οχήματος με πληρωμένο κάδο. Ο βασικότερος παράγοντας είναι οι καιρικές συνθήκες.



Σχήμα 6.28: Ακραία κατανομή γενικευμένης τιμής χρόνων μετακίνησης οχήματος με κενό κάδο.

7. Συνδυασμένη λειτουργία του πάγιου και του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού για την εξόρυξη των σκληρών σχηματισμών

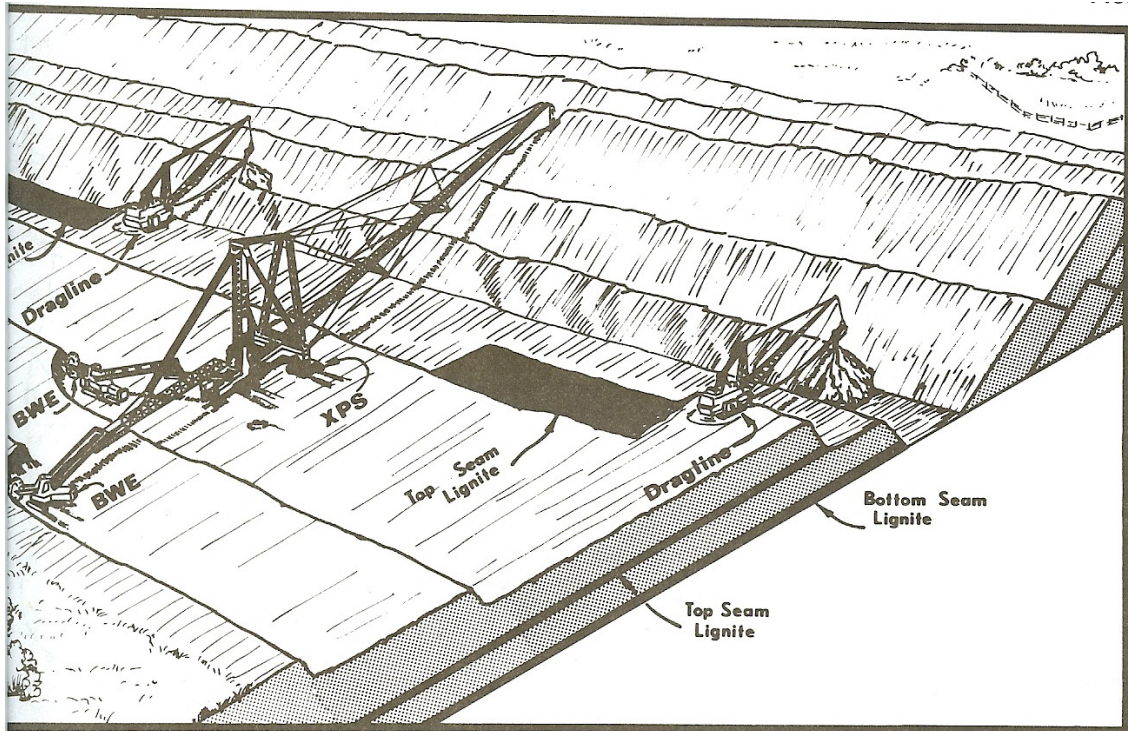
7.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει παρουσίαση μέσω ποιοτικών σχημάτων του τρόπου αντιμετώπισης των σκληρών σχηματισμών ανάλογα με το πώς αυτοί εμφανίζονται σε κάθε μέτωπο εξόρυξης. Η αντιμετώπιση των σκληρών σχηματισμών απαιτεί τη συνδυασμένη λειτουργία του πάγιου και ντιζελοκίνητου εξοπλισμού.

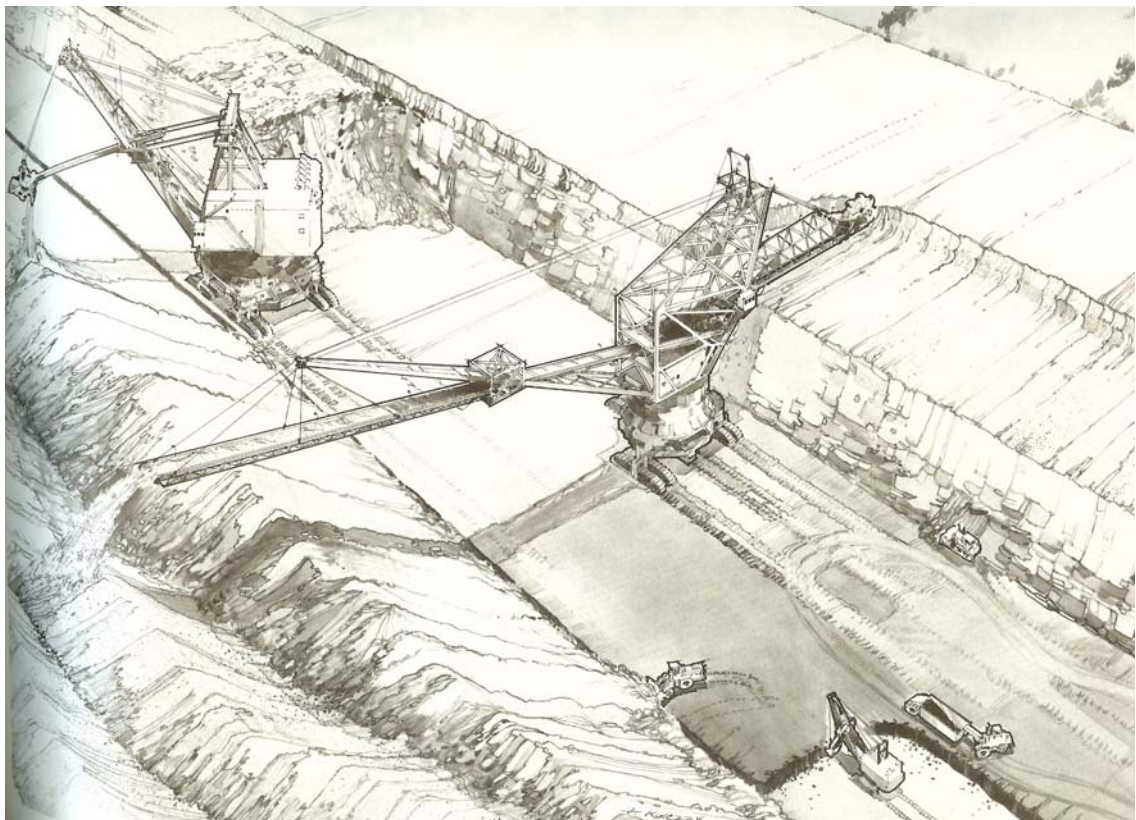
Όπως έχει αναφερθεί, η ύπαρξη σκληρών σχηματισμών είχε σημαντικές επιπτώσεις στην πρώτη φάση διάνοιξης του συγκεκριμένου ορυχείου. Αυτό συνέβαινε γιατί οι καδοφόροι εκσκαφείς είναι σχεδιασμένοι για την εξόρυξη μαλακών πετρωμάτων. Γενικά ως σκληροί σχηματισμοί σ' ένα ορυχείο λιγνίτη θεωρούνται οι σχηματισμοί αυτοί οι οποίοι δεν μπορούν να εξορυχθούν από τους καδοφόρους εκσκαφείς.

Η λύση στο παραπάνω πρόβλημα δόθηκε με την ένταξη νέου ντιζελοκίνητου εξοπλισμού ο οποίος εξυπηρετεί στην εξόρυξη και μεταφορά αυτών των υλικών. Επίσης η χρήση εκρηκτικών υλών για την προχαλάρωση των σχηματισμών βοήθησε πάρα πολύ στη λύση του προβλήματος. Στόχος είναι η σωστή συνεργασία του πάγιου εξοπλισμού με το ντιζελοκίνητο για τη σωστή λειτουργία του ορυχείου.

Προτεραιότητα του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού είναι η εξυπηρέτηση των καδοφόρων εκσκαφών ώστε αυτοί να μη μένουν χωρίς αντικείμενο. Δηλαδή πρέπει να απομακρύνονται εγκαίρως οι σκληροί σχηματισμοί από το μέτωπο ώστε να μην τους συναντήσει ο καδοφόρος εκσκαφέας κατά την πορεία του και δεν μπορεί να τους αντιμετωπίσει. Στις Εικόνες 7.1 και 7.2 παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιες μέθοδοι από το συνδυασμό των δυο εξοπλισμών.



Εικόνα 7.1: Συνδυασμός καδοφόρου εκσκαφέα και μηχανικού πτύου μετωπικού κάδου (Skelly and Loy, 1979).



Εικόνα 7.2: Συνδυασμός καδοφόρου εκσκαφέα και ντιζελοκίνητου εξοπλισμού (Rand, 1992).

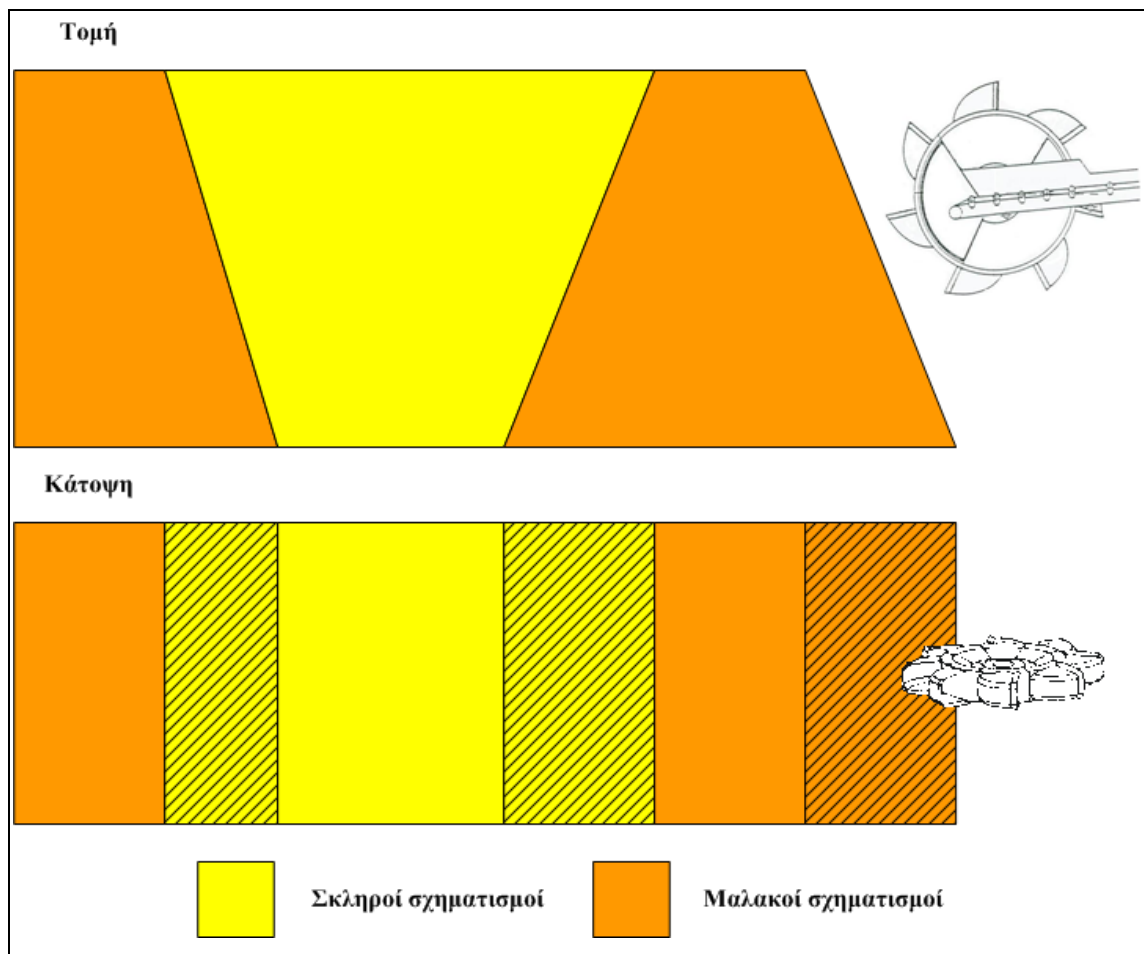
Στις παρακάτω ενότητες παρουσιάζονται κάποια ποιοτικά σχήματα στα οποία εμφανίζεται η συνδυασμένη λειτουργία των δυο τύπων εξοπλισμών ανάλογα με τη γεωλογική εναλλαγή και εμφάνιση των σχηματισμών στο μέτωπο.

7.2 Τρόποι αντιμετώπισης των σκληρών σχηματισμών συναρτήσει των εναλλαγών τους με τους μαλακούς σχηματισμούς

Μαλακοί σχηματισμοί χαρακτηρίζονται αυτοί οι οποίοι μπορούν να αντιμετωπιστούν από τους καδοφόρους εκσκαφείς. Αυτοί οι σχηματισμοί είναι η καστανέρυθρη άργιλος, η καστανέρυθρη άργιλος με κροκάλες, η άμμος με ενστρώσεις πηλίτη και η άργιλος με ενστρώσεις πηλίτη. Οι σκληροί σχηματισμοί είναι αυτοί οι οποίοι αντιμετωπίζονται μόνο με τη χρήση εκρηκτικών υλών και ντιζελοκίνητο εξοπλισμό. Αυτοί οι σχηματισμοί είναι: λατυποκροκαλοπαγείς ασβεστόλιθοι, κροκαλοπαγείς ασβεστόλιθοι και συνδεδεμένα αμμοχάλικα. Στα ποιοτικά σχήματα που παρατίθενται για την παρουσίαση των τρόπων αντιμετώπισης οι χαρακτηρισμοί των σχηματισμών είναι μαλακοί και σκληροί χωρίς να υπάρχει συγκεκριμένος χαρακτηρισμός των πετρωμάτων.

7.2.1 Εμφάνιση σκληρών σχηματισμών μεγάλου μεγέθους ανάμεσα σε μαλακούς σχηματισμούς

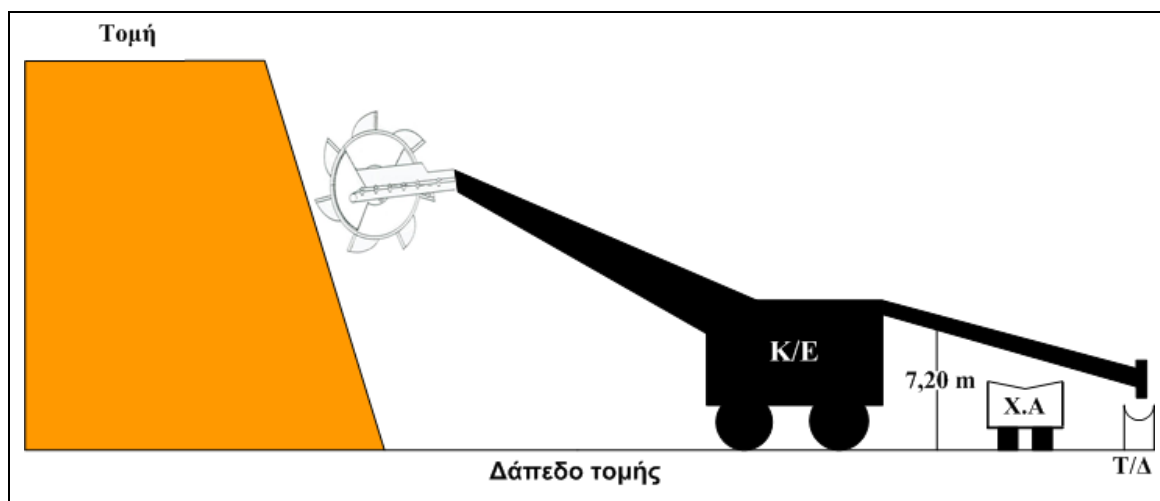
Στη συγκεκριμένη περίπτωση (Σχήμα 7.1) παρατηρείται η εμφάνιση σκληρών σχηματισμών ανάμεσα σε μαλακούς σχηματισμούς. Οι σκληροί σχηματισμοί έχουν μεγάλη έκταση και εκτείνονται από το φρύδι μέχρι το δάπεδο της τομής. Δηλαδή, τα σκληρά υλικά καταλαμβάνουν όλο το ύψος ενός τμήματος της τομής.



Σχήμα 7.1: Σκληροί σχηματισμοί μεγάλου μεγέθους ανάμεσα σε μαλακούς σχηματισμούς.

Στην περίπτωση αυτή πρέπει να υπάρξει έγκαιρη επέμβαση του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού για την απομάκρυνση των σκληρών σχηματισμών πριν ο καδοφόρος εκσκαφέας φτάσει στους σχηματισμούς αυτούς και μείνει χωρίς αντικείμενο.

Αντιμετώπιση: Η εξόρυξη των σκληρών σχηματισμών μπορεί να γίνει είτε από το δάπεδο της τομής είτε από το φρύδι με την επέμβαση υδραυλικού εκσκαφέα μετωπικού κάδου και χωματουργικών αυτοκινήτων. Επίσης, μπορεί να γίνει και χρήση εκρηκτικών για τη προχαλάρωση των υλικών. Από το δάπεδο της τομής γίνεται όταν ο ντιζελοκίνητος εξοπλισμός μπορεί να διέλθει κάτω από τη μπούμα φόρτωσης του Κ/Ε. Το ελάχιστο ύψος της μπούμας από το δάπεδο πρέπει να είναι 7,20 m ώστε να μπορεί να διέλθει το χωματουργικό όχημα Hitachi το οποίο έχει 7,20 m ύψος (Σχήμα 7.2). Στην περίπτωση που το παραπάνω ύψος είναι μικρότερο, χρησιμοποιείται μικρότερου μεγέθους εξοπλισμός. Αλλά τις περισσότερες φορές λόγω του μεγάλου όγκου των σχηματισμών απαιτείται μεγάλου μεγέθους εξοπλισμός με αποτέλεσμα η εξόρυξη των σκληρών να γίνεται από ψηλά, δηλαδή από το φρύδι της τομής.

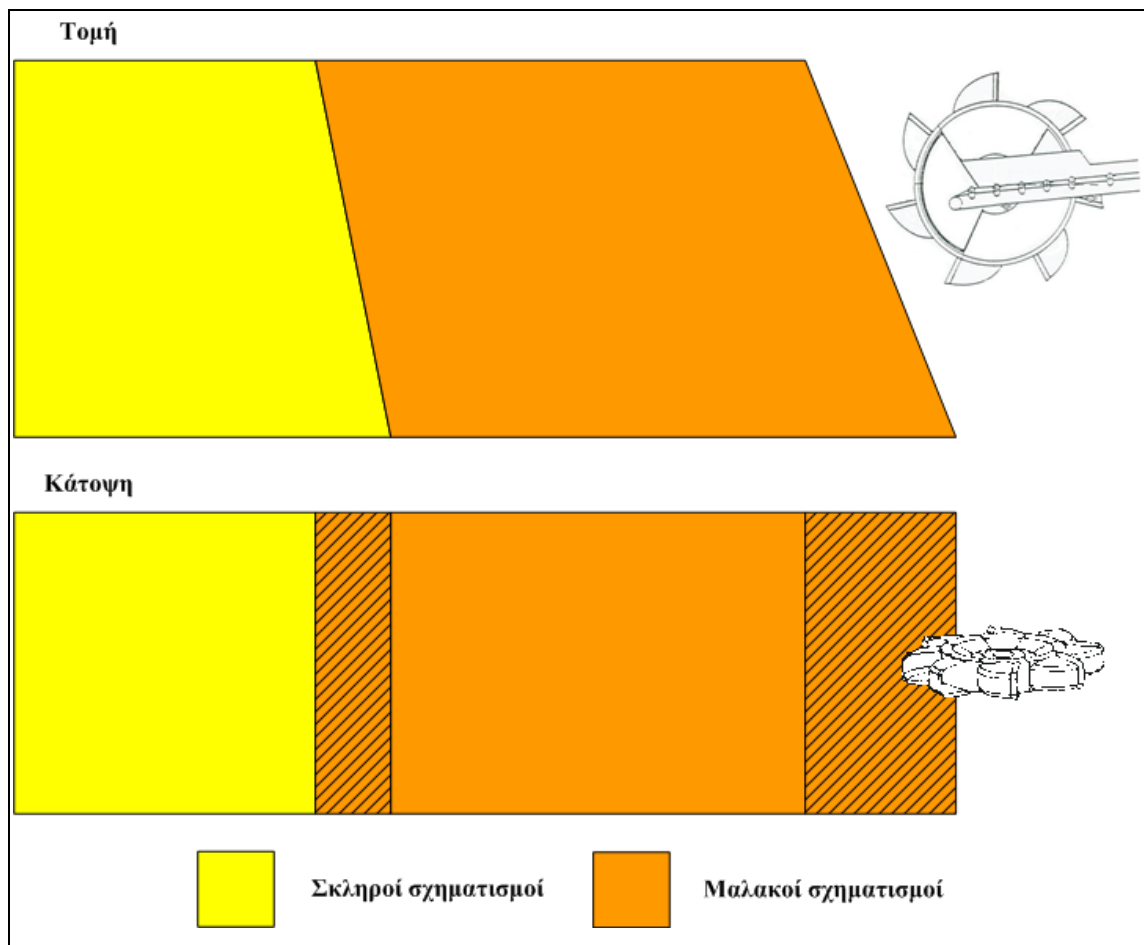


Σχήμα 7.2: Σκληροί σχηματισμοί μεγάλου μεγέθους ανάμεσα σε μαλακούς σχηματισμούς. (Αντιμετώπιση από το δάπεδο της τομής).

7.2.2 Απότομη μετάβαση από μαλακούς σε σκληρούς σχηματισμούς

Στο Σχήμα 7.3 παρατηρείται η περίπτωση της απότομης μετάβασης από μαλακούς σε σκληρούς σχηματισμούς. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί με την ύπαρξη κάποιου ρήγματος με αποτέλεσμα την απότομη αλλαγή των γεωλογικών σχηματισμών.

Αντιμετώπιση: Στην περίπτωση αυτή, υπάρχει ταυτόχρονη αντιμετώπιση των μαλακών σχηματισμών από το K/E και των σκληρών από το ντιζελοκίνητο εξοπλισμό. Και εδώ για τους ίδιους λόγους με την προηγούμενη περίπτωση η εξόρυξη των σκληρών γίνεται είτε από το πόδι είτε από το φρύδι της τομής.



Σχήμα 7.3: Απότομη μετάβαση από σκληρούς σε μαλακούς σχηματισμούς.

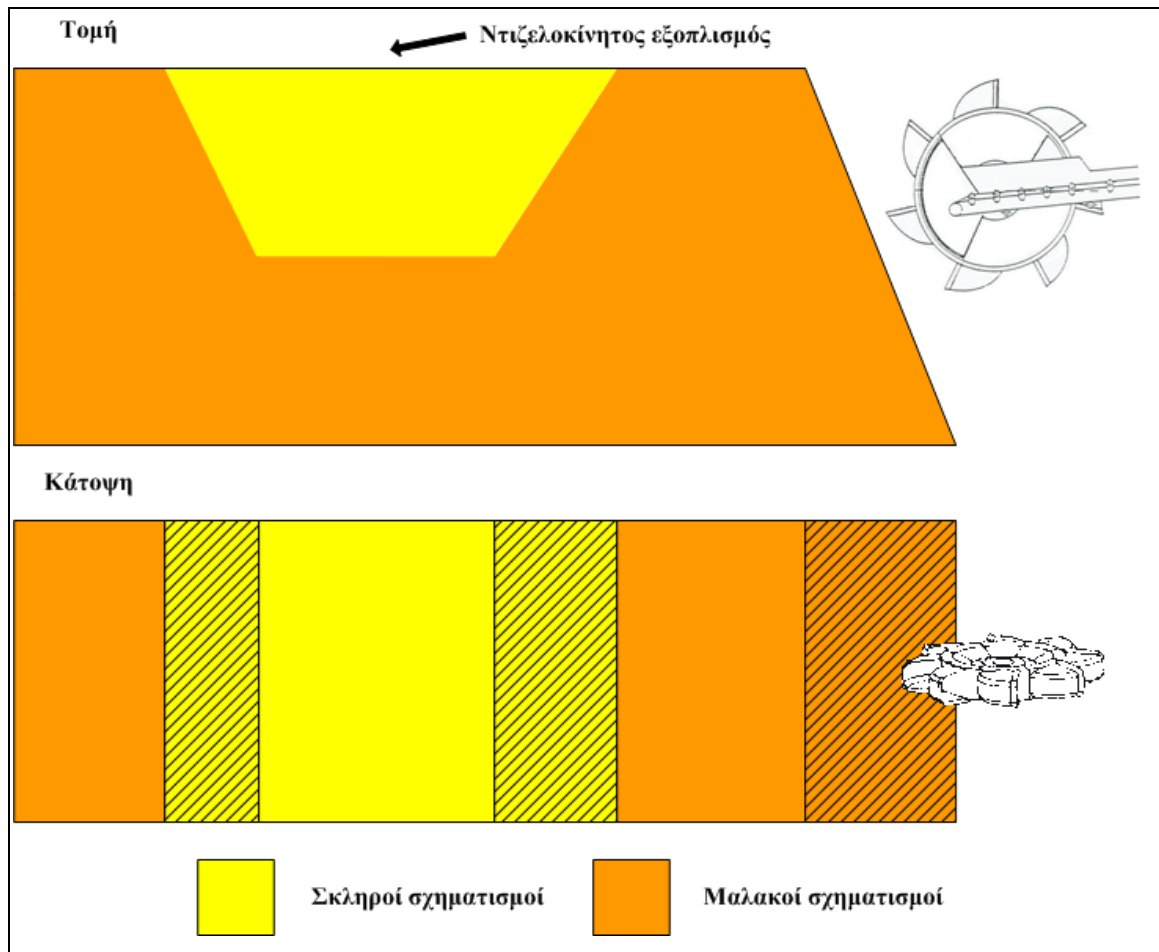
7.2.3 Σκληροί σχηματισμοί ανάμεσα σε μαλακούς

Η επόμενη περίπτωση παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.4 όπου οι σκληροί σχηματισμοί εμφανίζονται ανάμεσα σε μαλακούς όπως και στο Σχήμα 7.1 αλλά δεν εκτείνονται σε όλο το ύψος της τομής. Η έκταση των σκληρών υλικών είναι περιορισμένη σε σχέση με τη περίπτωση του Σχήματος 7.1 αλλά όχι ασήμαντη.

Στην παρούσα περίπτωση η επέμβαση του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού πρέπει να είναι έγκαιρη ώστε να μην συναντήσει ο Κ/Ε τους σκληρούς σχηματισμούς στην πορεία του και μείνει χωρίς αντικείμενο για απασχόληση.

Αντιμετώπιση: Τα σκληρά υλικά εξορύσσονται από εργοταξιακό ντιζελοκίνητο εξοπλισμό που συνήθως είναι υδραυλικοί εκσκαφείς μετωπικού κάδου και μεταφέρονται με χωματουργικά αυτοκίνητα. Όπου κρίνεται απαραίτητο γίνεται και η χρήση εκρηκτικών υλών. Η προσβολή των σκληρών σχηματισμών γίνεται από το φρύδι της τομής και όχι από το δάπεδο λόγω της περιορισμένης έκτασης τους που καθιστά την

αντιμετώπισή τους από το δάπεδο αδύνατη. Ο Κ/Ε εκσκάπτει με τις ερπύστριες του να πατάνε κανονικά στο δάπεδο της τομής.



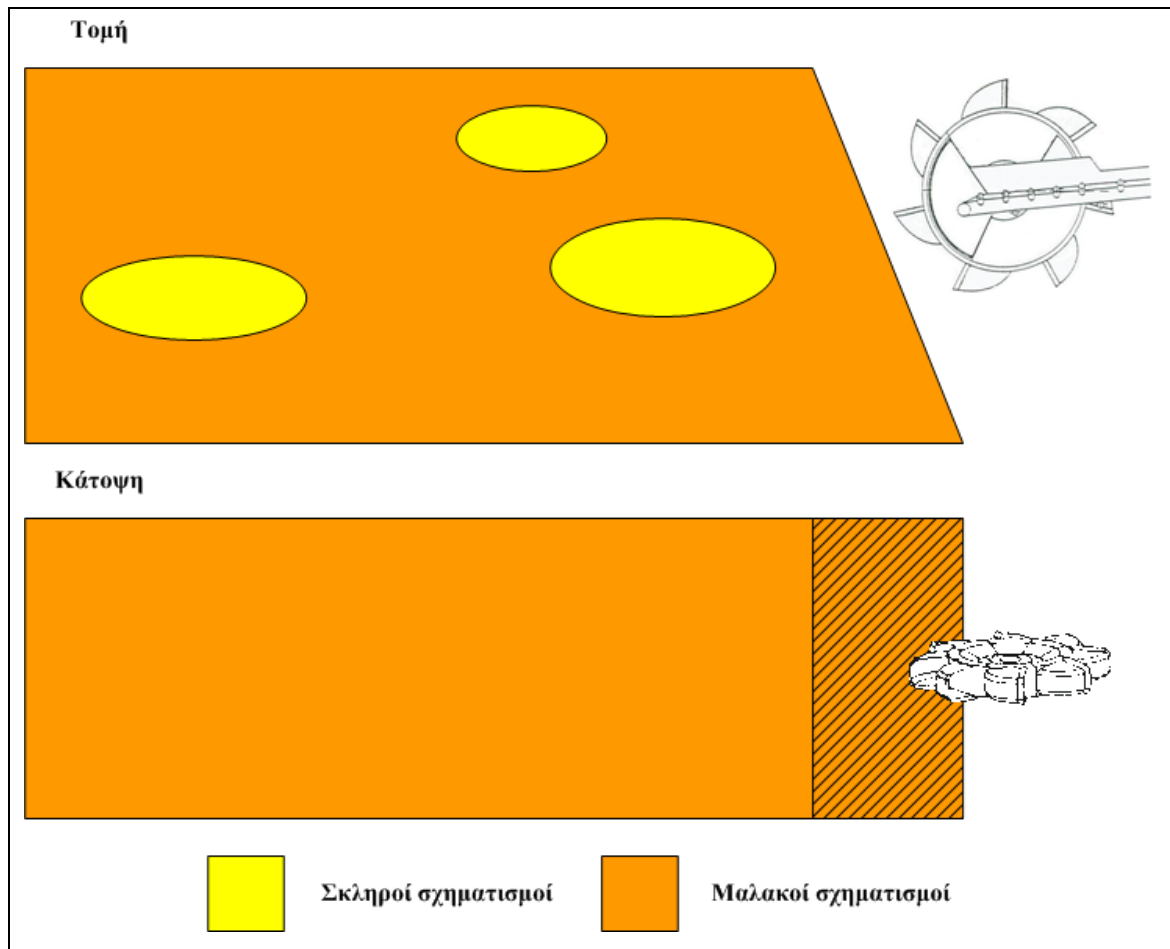
Σχήμα 7.4: Σκληροί σχηματισμοί ανάμεσα σε μαλακούς.

7.2.4 Σκληροί σχηματισμοί σε μορφή φακών

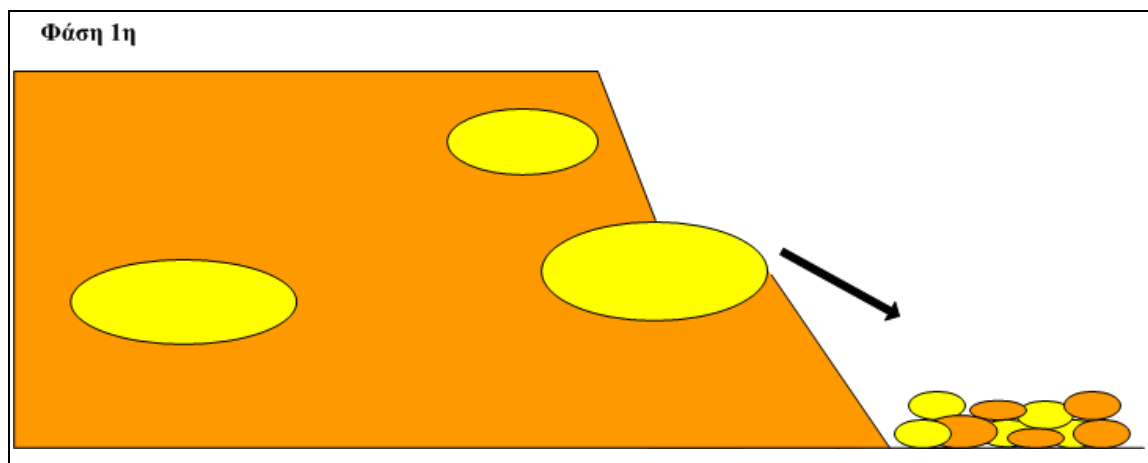
Στο Σχήμα 7.5 απεικονίζεται η περίπτωση που ο Κ/Ε συναντά σκληρά υλικά τα οποία εμφανίζονται μέσα στους μαλακούς σχηματισμούς σε μορφή φακών ή μεγάλων ακανόνιστων όγκων.

Αντιμετώπιση: Ο Κ/Ε αποκαλύπτει τα σκληρά υλικά τα οποία στη συνέχεια με τη βοήθεια προωθητή ριπάρονται με τον ειδικό αναμοχλευτή και ρίχνονται στο δάπεδο της τομής από όπου θα φορτωθούν με φορτωτή ή με υδραυλικό εκσκαφέα ανεστραμμένου κάδου σε χωματουργικά οχήματα και θα οδηγηθούν στην απόθεση. Όταν τα σκληρά υλικά έχουν μεγάλο όγκο και δεν αντιμετωπίζονται με προωθητή, τότε γίνεται η χρήση εκρηκτικών. Πολλές φορές μαζί με τα σκληρά απομακρύνονται και μικρές ποσότητες μαλακών υλικών. Μετά την απομάκρυνση των σκληρών ο Κ/Ε συνεχίζει τη

λειτουργία του μέχρι να συναντήσει τα επόμενα σκληρά για να ξαναεπέμβει ο ντιζελοκίνητος εξοπλισμός. Η παραπάνω περιγραφή εμφανίζεται στο Σχήμα 7.6.



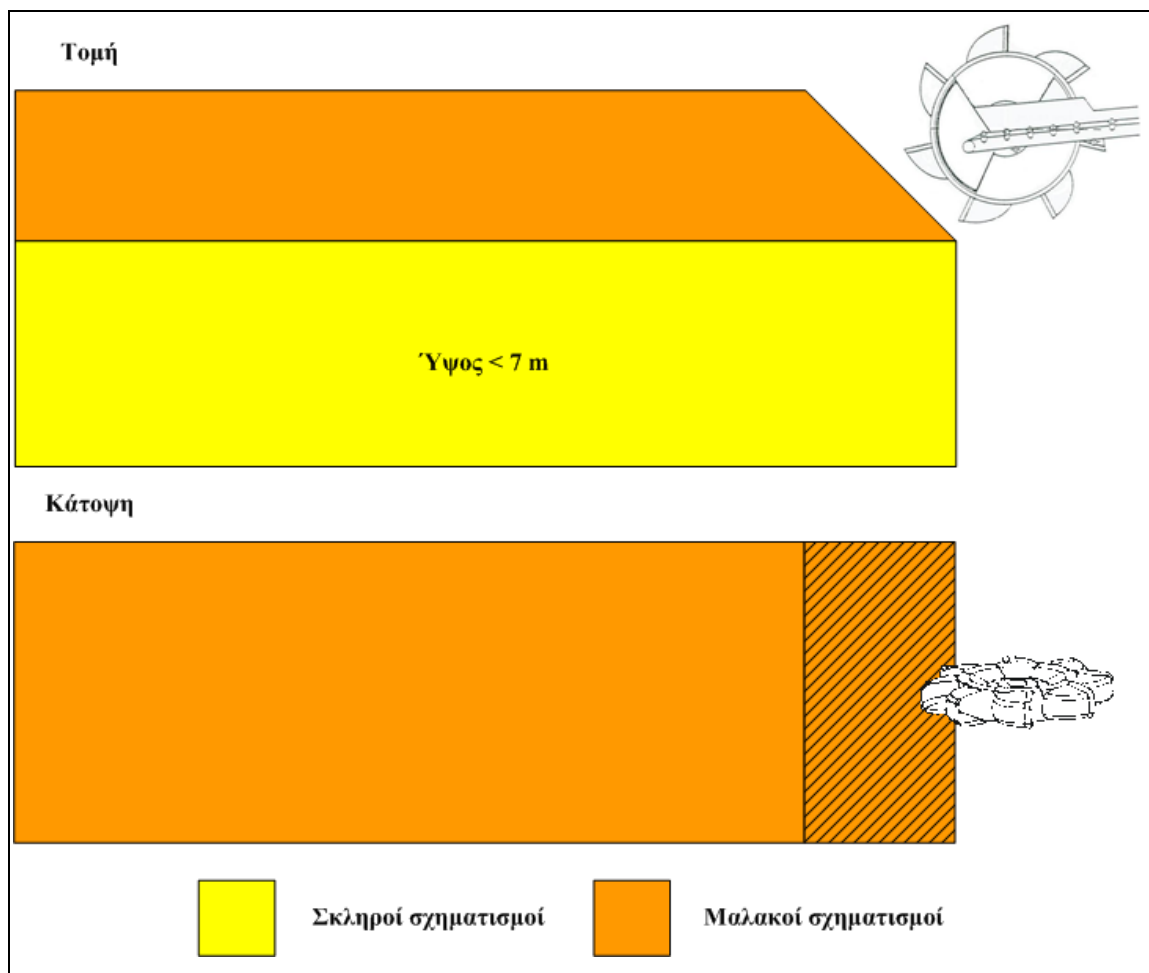
Σχήμα 7.5: Σκληροί σχηματισμοί σε μορφή φακών.



Σχήμα 7.6: Σκληροί σχηματισμοί σε μορφή φακών. Φάση 1η.

7.2.5 Μαλακοί σχηματισμοί πάνω σε σκληρούς σχηματισμούς μικρής έκτασης

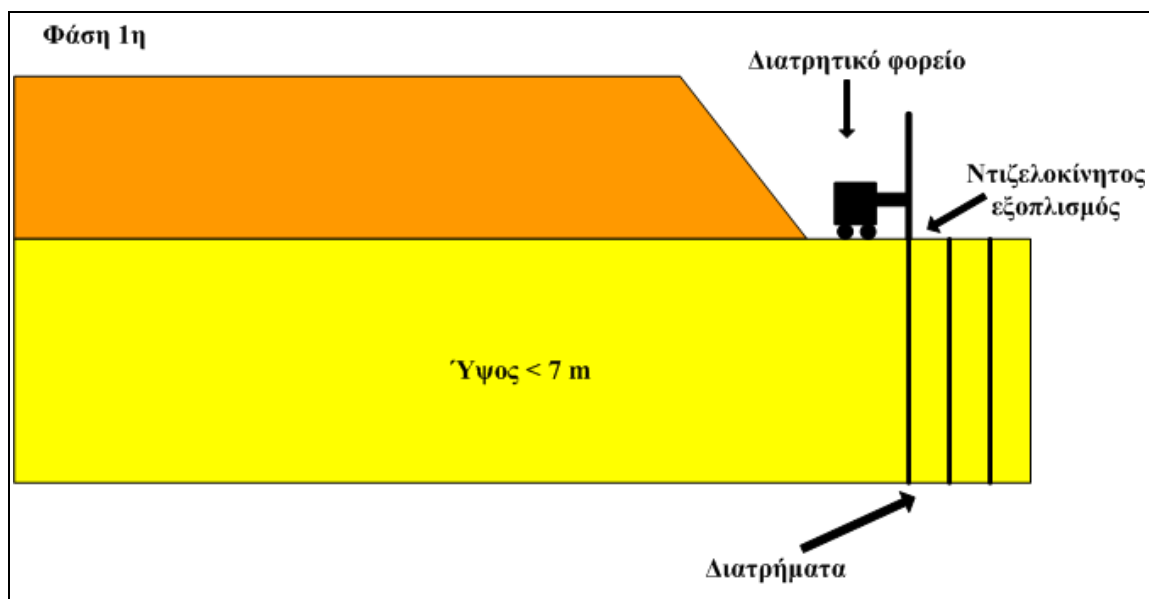
Η συγκεκριμένη περίπτωση που παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.7 είναι αυτή στην οποία εμφανίζονται δυο στρώσεις σχηματισμών σ' όλο το ύψος της τομής. Δηλαδή εμφανίζονται οι μαλακοί σχηματισμοί και από κάτω οι σκληροί σχηματισμοί οι οποίοι δεν ξεπερνάνε σε ύψος τα 7 m.



Σχήμα 7.7: Στρώσεις μαλακών και σκληρών σχηματισμών μικρής έκτασης.

Αντιμετώπιση: Ο Κ/Ε βρίσκεται στο δάπεδο της τομής και εξορύσσει τους μαλακούς σχηματισμούς με τη μέθοδο της πλευρικής κοπής. Σε περίπτωση που η στρώση των μαλακών υλικών δεν είναι οριζόντια τότε ο καδοτροχός ακολουθεί την στρώση του σχηματισμού. Με αυτό τον τρόπο αποκαλύπτονται οι σκληροί σχηματισμοί και ακολουθεί ο ντιζελοκίνητος εξοπλισμός για την αντιμετώπισή τους. Η επέμβαση του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού εμφανίζεται στο Σχήμα 7.8.

Στην αντίθετη περίπτωση που εμφανίζονται πρώτα τα σκληρά και μετά τα μαλακά υλικά, επεμβαίνει πρώτα ο ντιζελοκίνητος εξοπλισμός για να αποκαλύψει τα μαλακά ώστε να ακολουθήσει ο Κ/Ε για την εκσκαφή των μαλακών υλικών.



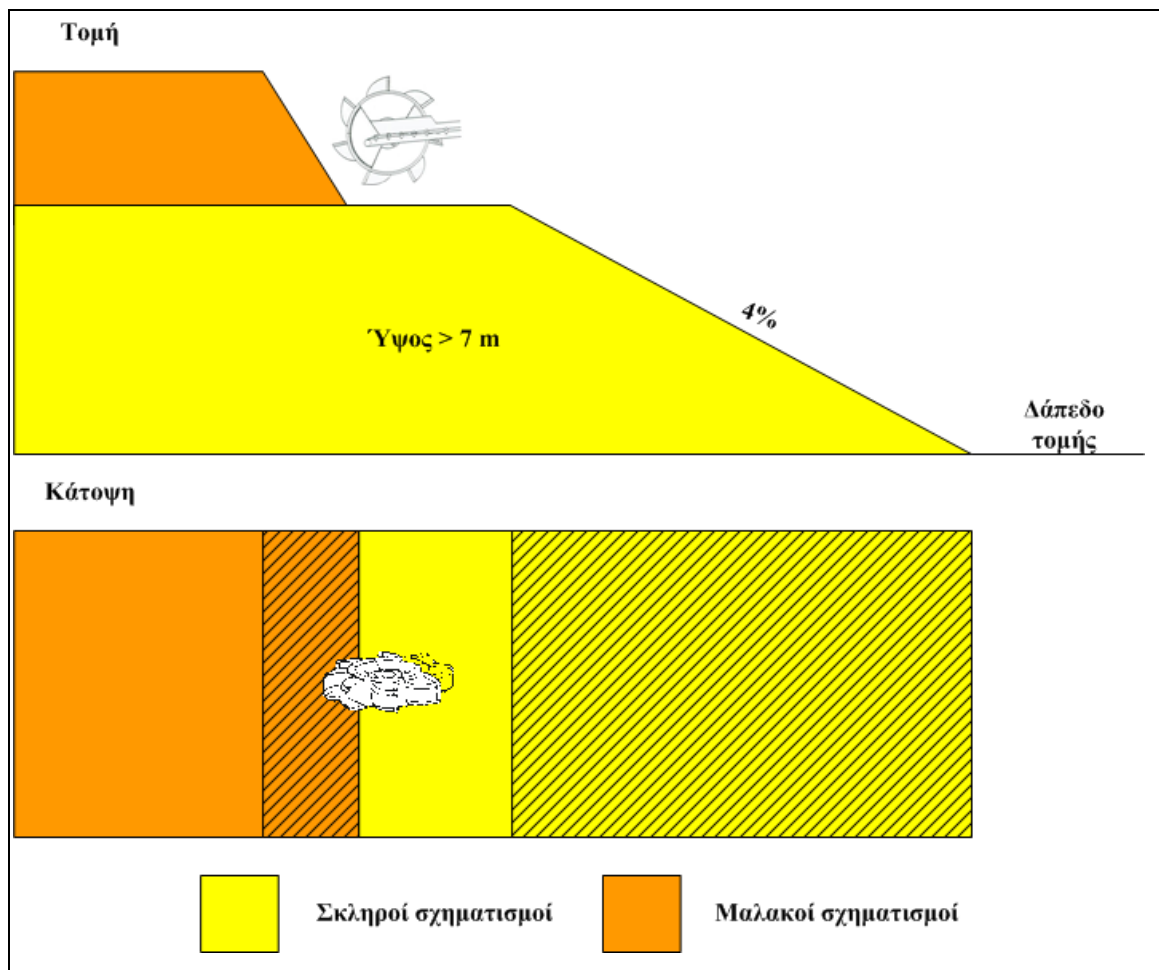
Σχήμα 7.8: Στρώσεις μαλακών και σκληρών σχηματισμών μικρής έκτασης. Φάση 1η.

7.2.6 Μαλακοί σχηματισμοί πάνω σε σκληρούς μεγάλης έκτασης

Όταν οι σκληροί σχηματισμοί ξεπερνούν σε ύψος τα 7 m και βρίσκονται κάτω από μαλακούς σχηματισμούς τότε υπάρχει ειδική αντιμετώπιση για την αποκάλυψη των υλικών αυτών.

Αντιμετώπιση: Στην περίπτωση αυτή κατασκευάζεται τεχνητή ράμπα με μέγιστη κλίση 4% από προωθητή μεγάλου μεγέθους. Η ράμπα χρησιμοποιείται ώστε να διέλθει ο Κ/Ε και να έχει ως δάπεδο εργασίας τους σκληρούς σχηματισμούς. Η λειτουργία αυτή του εκσκαφέα ονομάζεται λειτουργία σε αναβαθμό. Αυτό συμβαίνει γιατί ο Κ/Ε δεν μπορεί να εξορύξει τους μαλακούς σχηματισμούς από το δάπεδο της τομής λόγω του μεγάλου ύψους των σκληρών υλικών. Με αυτό τον τρόπο αποκαλύπτονται τα σκληρά υλικά που αντιμετωπίζονται από τον ντιζελοκίνητο εξοπλισμό. Η παραπάνω περιγραφή παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.9.

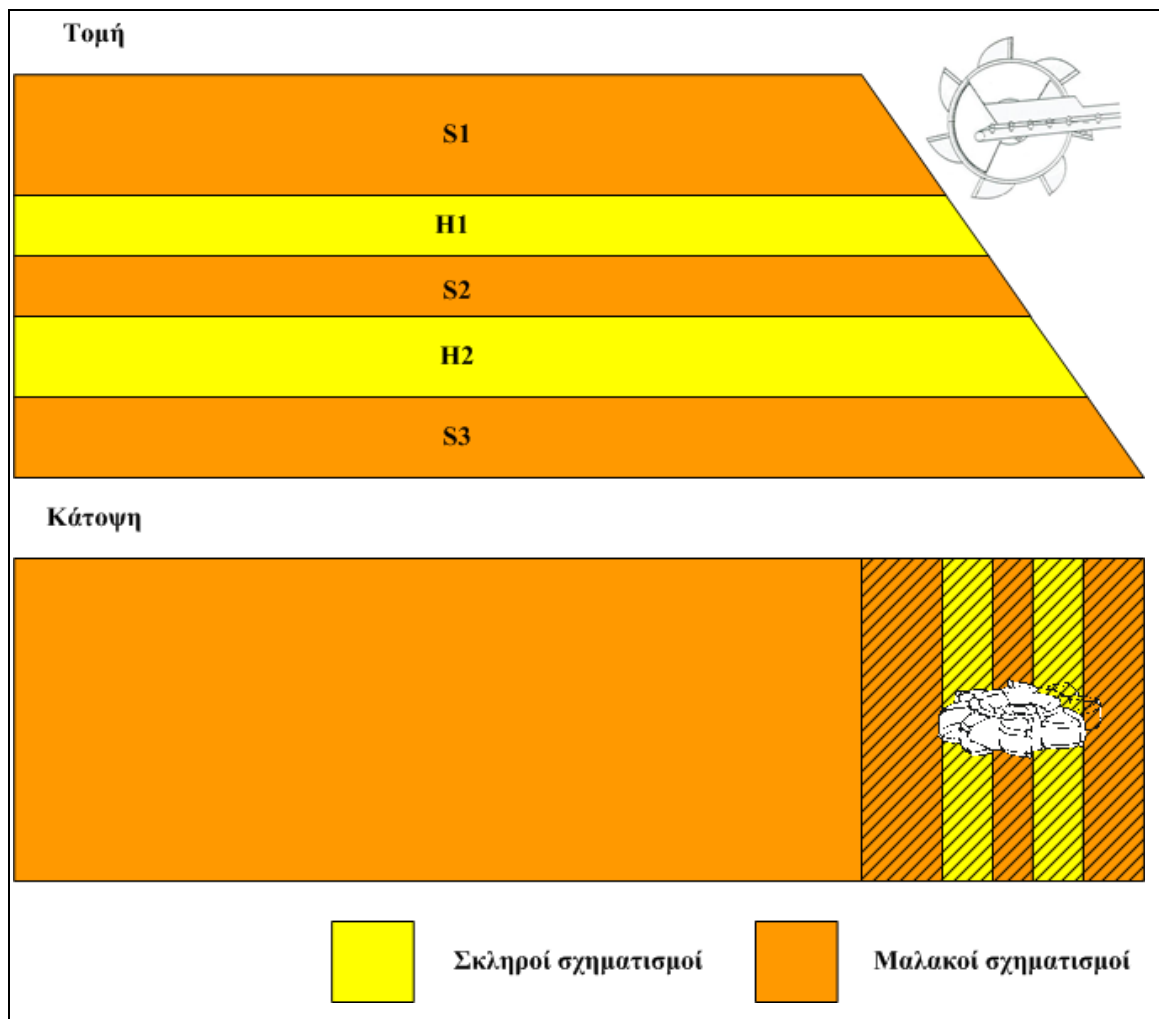
Προβλήματα: Εδώ πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην μπούμα φόρτωσης του βοηθητικού οχήματος. Το βοηθητικό όχημα βρίσκεται στο δάπεδο της τομής και συνδέεται με τον Κ/Ε μέσω της μπούμας φόρτωσης. Προσοχή χρειάζεται ώστε η μπούμα να μην έρθει σε επαφή με το πρανές. Ο Κ/Ε συνεχίζει τη λειτουργία του μέχρι εκεί που του επιτρέπει το συνολικό άνοιγμα της μπούμας φόρτωσης χωρίς αυτή να έρθει σε επαφή με το πρανές.



Σχήμα 7.9: Μαλακοί σχηματισμοί πάνω σε σκληρούς σχηματισμούς μεγάλης έκτασης.

7.2.7 Έντονη εναλλαγή στρώσεων σκληρών και μαλακών σχηματισμών

Στην περίπτωση που ακολουθεί εμφανίζεται η εναλλαγή σκληρών και μαλακών σχηματισμών. Πιο συγκεκριμένα συναντάται η έντονη εναλλαγή στρώσεων που αποτελούνται από σκληρά και μαλακά υλικά. Η συγκεκριμένη εναλλαγή παρατηρείται σ' όλο το ύψος της τομής. Η περίπτωση αυτή γίνεται καλύτερα κατανοητή μέσα από το Σχήμα 7.10.

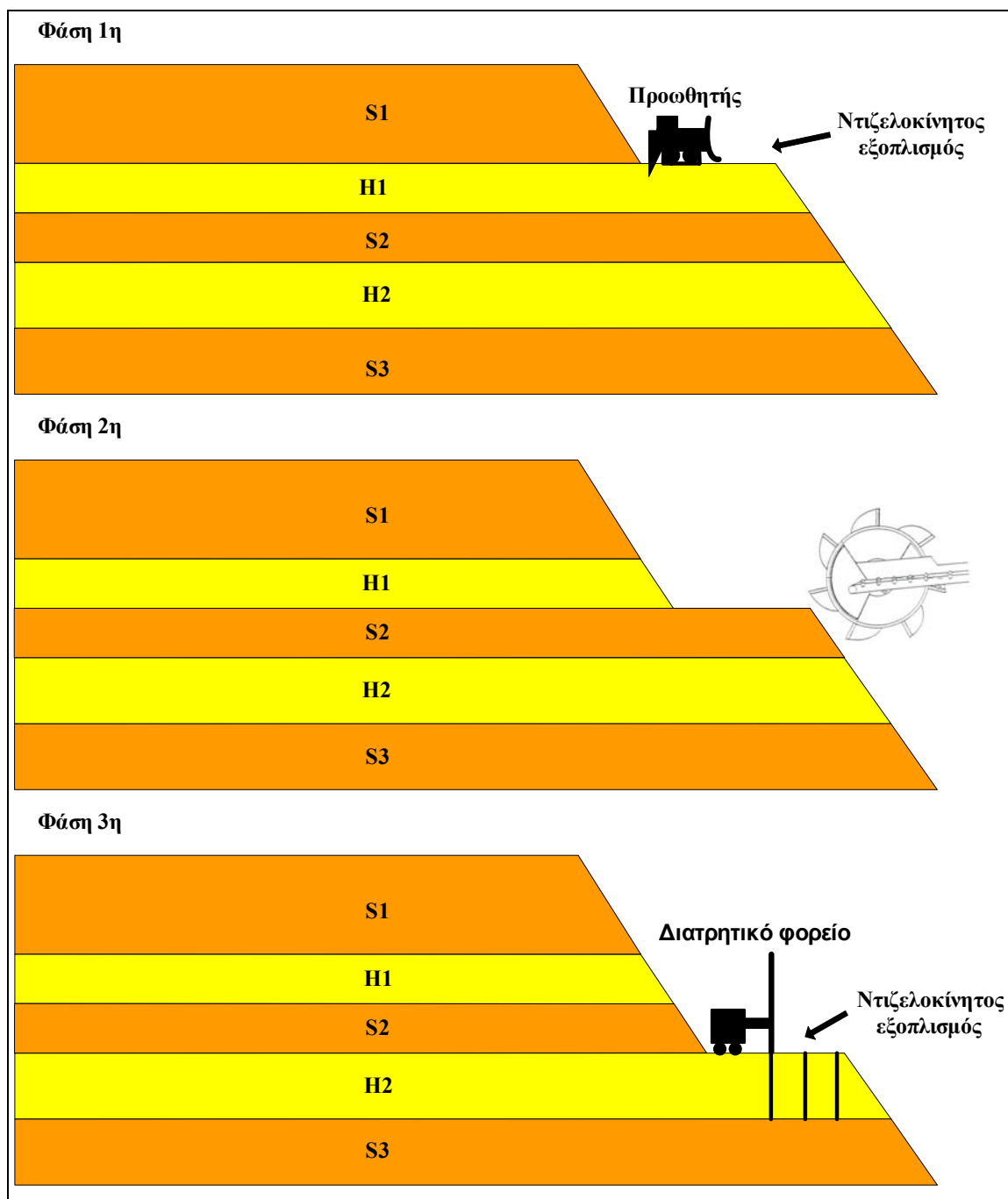


Σχήμα 7.10: Έντονη εναλλαγή στρώσεων σκληρών και μαλακών σχηματισμών.

Αντιμετώπιση: Για την αντιμετώπιση της παραπάνω περίπτωσης πρέπει να ακολουθηθεί μία συγκεκριμένη σειρά διαδικασιών. Αρχικά ο Κ/Ε πατώντας κανονικά στο δάπεδο της τομής θα εκσκάψει ένα μέρος του πρώτου μαλακού στρώματος S1. Το βάθος εκσκαφής του πρώτου στρώματος αλλά και όλων των στρωμάτων εξαρτάται άμεσα από το μήκος τη μπούμας του καδοτροχού. Το βάθος κοπής είναι μέχρι εκεί που επιτρέπει στη μπούμα του καδοτροχού να μην έρθει σε επαφή με το πρανές. Με τον παραπάνω τρόπο έχει αποκαλυφθεί ένα μέρος του πρώτου στρώματος των σκληρών σχηματισμών H1. Έτσι, αναλαμβάνει ο ντιζελοκίνητος εξοπλισμός για την απομάκρυνσή του ώστε να εμφανιστεί το δεύτερο στρώμα των μαλακών υλικών S2 για να αναλάβει πάλι ο Κ/Ε. Κατά την αντιμετώπιση των σκληρών υλικών από τον ντιζελοκίνητο εξοπλισμό ο Κ/Ε βρίσκεται σε αναμονή και γι' αυτό η παραπάνω λειτουργία ονομάζεται μικτή λειτουργία με αναμονή του Κ/Ε. Αυτή η εναλλαγή ντιζελοκίνητου εξοπλισμού και Κ/Ε συνεχίζεται μέχρι να αντιμετωπιστούν όλα τα στρώματα που εμφανίζονται στο μέτωπο.

Τρόποι εξόρυξης των σκληρών: Πολύ σημαντικό ρόλο έχει το ύψος των σκληρών σχηματισμών. Αν το ύψος δεν ξεπερνάει το 1 m τότε τα σκληρά υλικά ριπάρονται από προωθητή και ρίχνονται στο δάπεδο της τομής από όπου θα φορτωθούν με φορτωτή ή υδραυλικό εκσκαφέα ανεστραμμένου κάδου σε χωματουργικά οχήματα. Στη περίπτωση που η στρώση των σκληρών υλικών έχει ύψος μεγαλύτερο από 1 m και μικρότερο από 4 m γίνεται χρήση εκρηκτικών για την προχαλάρωση και η εκσκαφή γίνεται με υδραυλικό εκσκαφέα ανεστραμμένου κάδου μικρού μεγέθους. Τέλος, όταν η στρώση ξεπερνάει τα 4 m τα υλικά προχαλαρώνονται και εκσκάπτονται με υδραυλικό εκσκαφέα μετωπικού κάδου μεγάλου μεγέθους. Οι φάσεις της αντιμετώπισης των εναλλαγών παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.11.

Στην περίπτωση που ο συνολικός όγκος της εναλλαγής των σκληρών και μαλακών υλικών είναι μικρός τότε όλο το πακέτο αντιμετωπίζεται από ντιζελοκίνητο εξοπλισμό χωρίς την επέμβαση του K/E. Αυτή η αντιμετώπιση συμβαίνει όταν οι στρώσεις των μαλακών υλικών έχουν πολύ μικρό ύψος και δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν από τον K/E. Αυτή η πρακτική εφαρμόζεται προς το τέρμα της τομής 2β. Η τομή 2β έχει τη μικρότερη τομοταινία γιατί από ένα σημείο και μετά η αναλογία των σκληρών σε σχέση με τα μαλακά υλικά είναι μεγαλύτερη με αποτέλεσμα η χρήση K/E από ένα σημείο και μετά στην τομή να κρίνεται ασύμφορη. Έτσι, όλοι οι σχηματισμοί από το σημείο αυτό και μετά αντιμετωπίζονται μόνο με ντιζελοκίνητο εξοπλισμό. Άλλωστε, η τομή 2β είναι η τομή με την μεγαλύτερη διακίνηση σκληρών σχηματισμών όπως είχε παρουσιαστεί και στο Κεφάλαιο 4.



Σχήμα 7.11: Έντονη εναλλαγή στρώσεων σκληρών και μαλακών σχηματισμών. Φάση 1η, 2η και 3η.

Οι περιπτώσεις που αναλύθηκαν παραπάνω μπορούν να εμφανιστούν μεμονωμένα σ' όλο το μήκος της τομής αλλά υπάρχει και η περίπτωση να συναντηθούν όλες οι περιπτώσεις κατά μήκος μόνο μίας τομής.

8. Συμπεράσματα και προτάσεις

8.1 Συμπεράσματα

Το ορυχείο του Νοτίου Πεδίου αποτελεί το βασικό σύστημα παραγωγής του Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας. Τροφοδοτεί με λιγνίτη έναν από τους μεγαλύτερους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας με στόχο τη μεγαλύτερη δυνατή παραγωγή λιγνίτη. Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος πρέπει να υπάρχει έγκαιρη απομάκρυνση των υπερκείμενων σχηματισμών από τις τομές του ορυχείου.

Το συγκεκριμένο ορυχείο παρουσιάζει ιδιαίτερη ιδιομορφία λόγω ύπαρξης σκληρών σχηματισμών στις υπερκείμενες τομές του. Αυτοί οι σχηματισμοί αντιμετωπίζονται από ντιζελοκίνητο εξοπλισμό ο οποίος συνδυάζεται και συνεργάζεται με τον πάγιο εξοπλισμό.

Τα εντονότερα προβλήματα σκληρών σχηματισμών παρατηρούνται στις τομές 1α, 1β, 2α, 2β και 3 με μέγιστη παραγωγή σκληρών υλικών στην τομή 2β. Η μεγαλύτερη διακίνηση υπερκείμενων υλικών στις παραπάνω τομές γίνεται από τον ντιζελοκίνητο εξοπλισμό σε σχέση με τον εγκατεστημένο πάγιο εξοπλισμό. Αυτό συμβαίνει γιατί η εμφάνιση σκληρών υλικών σ' αυτές τις τομές είναι έντονη αλλά και η εναλλαγή των μαλακών με τα σκληρά υλικά είναι μεγάλη με αποτέλεσμα να κρίνεται ασύμφορη η χρήση K/E και έτσι όλο το σύνολο σκληρών και μαλακών υλικών να απομακρύνονται από ντιζελοκίνητο εξοπλισμό.

Παρατηρώντας τη διαθεσιμότητα και διακίνηση υλικών των χωματουργικών αυτοκινήτων παρατηρείται ότι τη μέγιστη διακίνηση υλικών πετυχαίνουν το δεύτερο και τρίτο έτος λειτουργίας τους. Αυτό συμβαίνει γιατί προσαρμόζονται τα οχήματα στις συνθήκες του ορυχείου αλλά και οι χειριστές μαθαίνουν καλύτερα τον τρόπο λειτουργίας τους. Τα οχήματα καθώς παλαιώνουν αυξάνεται το κόστος λειτουργία τους γιατί μειώνεται η διαθεσιμότητά τους αλλά και αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμου ανά μονάδα διακινούμενου υλικού. Από τους υπολογισμούς προκύπτει ότι τα παλαιότερα οχήματα Terex 50 ton έχουν μέση κατανάλωση $0,67 \text{ l/Fm}^3$ ενώ τα νέα χωματουργικά αυτοκίνητα Hitachi 192 ton έχουν κατανάλωση $0,51 \text{ l/Fm}^3$. Αυτό είναι λογικό γιατί τα νέα οχήματα διαθέτουν νέας τεχνολογίας συστήματα που τα καθιστούν πιο συμφέροντα για τη διακίνηση υλικών.

Επίσης, υπολογίστηκε η ωριαία παραγωγή του υδραυλικού εκσκαφέα μετωπικού κάδου Terex O&K RH 170. Αυτό το μηχάνημα είναι από τα νέα μηχανήματα που

διαθέτει το ορυχείο το οποίο εξυπηρετεί αποκλειστικά τα χωματουργικά οχήματα Hitachi και Unit – rig. Η ωριαία θεωρητική απόδοση του μηχανήματος υπολογίστηκε στα 2289 Fm³/h. Η πραγματική απόδοση λαμβάνοντας υπόψη όλους τους συντελεστές υπολογίστηκε στα 1679 Fm³/h. Έπειτα από πραγματικά στοιχεία του ορυχείου που αφορούσαν το συγκεκριμένο μηχάνημα για το πρώτο έτος ένταξής του (2004) υπολογίστηκε η εργοταξιακή απόδοσή του που είναι 802 Fm³/h.

Αυτή η τιμή προέκυψε από τις ώρες που λειτούργησε το μηχάνημα το 2004 και τα υλικά που εξόρυξε το ίδιο έτος. Αυτή η μεγάλη διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι η πραγματική απόδοση αναφέρεται στις πιο ιδανικές συνθήκες λειτουργίας του μηχανήματος. Δηλαδή ότι υπάρχει πάντα διαθέσιμο όχημα για φόρτωση, ότι το ύψος του μετώπου είναι το βέλτιστο, ότι το δάπεδο εργασίας του είναι το ιδανικότερο κλπ. Επίσης, η μεγάλη απόκλιση στην τιμή της απόδοσης οφείλεται και στο ότι τα στοιχεία του ορυχείου που διατέθηκαν για τον υπολογισμό της εργοταξιακής απόδοσης αναφέρονταν στο πρώτο έτος ένταξης του μηχανήματος στην παραγωγική διαδικασία. Αυτό ερμηνεύεται με βάση το γεγονός ότι τα στοιχεία δεν είναι τόσο αντιπροσωπευτικά σύμφωνα με τις δυνατότητες του εκσκαπτικού μηχανήματος γιατί το πρώτο έτος λειτουργίας του οι χειριστές δεν γνωρίζουν καλά το νέο μηχάνημα με αποτέλεσμα η απόδοσή τους να είναι μειωμένη. Ακόμα, η διαθεσιμότητα του εκσκαπτικού ήταν μικρή γιατί αναστέλλονταν η λειτουργία του για αρκετές ώρες την ημέρα για να προβούν σε αλλαγές και σε παρατηρήσεις οι μηχανικοί της κατασκευάστριας εταιρίας. Έτσι, αν εξαιρεθούν οι παραπάνω παράγοντες που αφορούν το πρώτο έτος ένταξής του, μπορεί το νέο υδραυλικό εκσκαπτικό μετωπικού κάδου να πλησιάσει πολύ την πραγματική του απόδοση. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκαν κάποιες χρονομετρήσεις.

Χρονομετρήσεις έγιναν για τα οχήματα Hitachi ώστε να εντοπιστούν τα δυσκολότερα τμήματα της διαδρομής του από το χώρο φόρτωσης προς το χώρο απόθεσης και αντίστροφα. Από την επεξεργασία των μετρήσεων προέκυψαν διαγράμματα χρόνου-απόστασης για κάθε τμήμα της διαδρομής του. Από την κλίση της καμπύλης υπολογίστηκε η τιμή της ταχύτητας του οχήματος σε κάθε τμήμα. Από τις κλίσεις κάθε καμπύλης προκύπτει ότι τα δυσκολότερα τμήματα είναι μέσα στο μέτωπο και μέσα στο χώρο της απόθεσης. Στα παραπάνω τμήματα παρατηρούνται οι χαμηλότερες ταχύτητες του οχήματος. Αυτό οφείλεται στην κακή ποιότητα της οδού σ' αυτά τα τμήματα σε σχέση με την κεντρική ράμπα όπου το όχημα μπορεί να αναπτύσσει την μέγιστη επιτρεπόμενη

ταχύτητα. Επίσης, η στενότητα της οδού δεν επιτρέπει στο όχημα την προσπέραση κάποιου αργού οχήματος ή κάποιου μηχανήματος του βοηθητικού εξοπλισμού.

8.2 Προτάσεις

Με τη χρήση ισοπεδωτή για τη βελτίωση της ποιότητας της οδού θα μπορούν τα χωματουργικά οχήματα να κινούνται ταχύτερα και με μικρότερες καταπονήσεις. Στα τμήματα στα οποία η οδός έχει μικρό πλάτος πρέπει να αποφεύγεται η ταυτόχρονη χρήση τους από γρήγορα και αργά οχήματα. Επίσης, η διαβροχή από υδροφόρες και η συντήρησή τους από ισοπεδωτές πρέπει να γίνεται την ώρα των διαλλειμάτων ώστε να μην δυσκολεύουν την κίνηση των μεγάλων χωματουργικών οχημάτων.

Τα υπέρμετρα φορτωμένα χωματουργικά αυτοκίνητα καταπονούνται, χωρίς ουσιαστική βελτίωση της απόδοσής τους αφού απαιτείται περισσότερος χρόνος για τη μετακίνησή τους, για τους ελιγμούς τους αλλά και την εκκένωση του κάδου τους. Έτσι, πρέπει να δίνεται προσοχή από τους χειριστές των εκσκαπτικών κατά το στάδιο φόρτωσης των αυτοκινήτων.

Ακόμα η μη σωστή διαβροχή των οδών δηλαδή όταν πέσει παραπάνω νερό από το απαιτούμενο, κάνει την κίνηση των οχημάτων πιο αργή γιατί ο χειριστής μειώνει την ταχύτητα του οχήματος για να αποφύγει την ολίσθησή του.

Επίσης, έγινε επεξεργασία χρονομετρήσεων οι οποίες καταγράφηκαν από τα ειδικά καταγραφικά των οχημάτων Hitachi. Η επεξεργασία αφορούσε τη στατιστική ανάλυση των επιμέρους χρόνων του κύκλου εργασίας των οχημάτων.

Οι χρόνοι εκκένωσης μπορούν να βελτιωθούν με την ύπαρξη κάποιου ατόμου στο χώρο της απόθεσης που θα διευκολύνει τον χειριστή του οχήματος στους ελιγμούς. Αυτός ο τρόπος βοηθάει στη βελτίωση των παραπάνω χρόνων όταν επικρατεί μικρή ορατότητα λόγω καιρικών συνθηκών και δεν μπορεί ο χειριστής του οχήματος να διακρίνει το φρύδι της απόθεσης. Τον παραπάνω ρόλο πολλές φορές τον αναλαμβάνει ο χειριστής του προωθητή που διαμορφώνει την απόθεση.

Η χρήση ίδιου τύπου χωματουργικών οχημάτων σε κάθε εκσκαπτικό μηχανήμα, δηλαδή να μην εξυπηρετούνται από το ίδιο εκσκαπτικό χωματουργικά οχήματα με διαφορετική χωρητικότητα, θα βελτιώσει τους συνολικούς χρόνους του συστήματος.

Οι χρόνοι αναμονής των οχημάτων εκτείνονται σ' ένα πολύ μεγάλο φάσμα τιμών. Αυτοί οι χρόνοι μπορούν να βελτιωθούν με τη μείωση των οχημάτων σε κάθε εκσκαπτικό μηχανήμα, με την υποστήριξη προωθητή που να διαμορφώνει το δάπεδο του εκσκαπτικού και να μην αναγκάζεται το ίδιο να διαμορφώνει το δάπεδό του και η συ-

ντήρηση του μηχανήματος, όπως η πλήση των ψυγείων του, να γίνεται κατά τη διάρκεια του διαλλείματος για να μην συσσωρεύονται χωματουργικά οχήματα στο χώρο φόρτωσης και αυξάνεται ο χρόνος αναμονής τους.

Η βελτίωση των χρόνων μετάβασης των οχημάτων από το χώρο φόρτωσης προς το χώρο απόθεσης και αντίστροφα μπορεί να γίνει με τους παράγοντες που αναφέρθηκαν σε προηγούμενες παραγράφους. Επίσης, σημαντικός παράγοντας στους παρόντες χρόνους είναι και οι καιρικές συνθήκες οι οποίες δεν μπορούν να αλλάξουν με ανθρώπινη επέμβαση για τη βελτίωση των χρόνων.

Οι βελτίωση των παραπάνω παραγόντων θα ωφελήσει και τη σωστή συνεργασία του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού με τον πάγιο εξοπλισμό. Αυτή η συνδυασμένη λειτουργία γίνεται με διάφορους τρόπους ανάλογα με τις γεωλογικές εμφανίσεις των σχηματισμών. Στόχος είναι η άμεση και έγκαιρη εξυπηρέτηση των K/E από τον συμβατικό εξοπλισμό ώστε να ελαχιστοποιούνται οι νεκροί χρόνοι των K/E και να έχουν συνεχώς αντικείμενο απασχόλησης. Έτσι, σε δεύτερη προτεραιότητα έρχεται η μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας του ντιζελοκίνητου εξοπλισμού, διότι ο συγκεκριμένος εξοπλισμός λειτουργεί με γνώμονα τη μεγιστοποίηση της παραγωγής όλου του ορυχείου.

Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται στο Νότιο Πεδίο για την αντιμετώπιση των υπερκείμενων υλικών με το συνδυασμό της συνεχούς και ασυνεχούς μεθόδου είναι μοναδικές λόγω του άρτιου σχεδιασμού της συνεργασίας των δυο εξοπλισμών.

Το αποτέλεσμα αυτής της εργασίας είναι να βοηθηθούν οι υπεύθυνοι μηχανικοί στην παρακολούθηση των εργασιών των νέων οχημάτων Hitachi μέσα από τη λειτουργική και στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε. Επίσης, η καταγραφή της συνδυασμένης λειτουργίας των δυο εξοπλισμών και η αναπαράσταση με σχήματα βοηθάει στην καλύτερη κατανόηση αυτού του συνδυασμού.

Βιβλιογραφία και αναφορές

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Αγιουτάντης, Ζ. και Σ. Μερτίκας, (2003). 'Ένας πρακτικός οδηγός για τη συγγραφή τεχνικών εκθέσεων', Εκδόσεις Ίων, Χανιά.
2. Αποστολόπουλος, Θ. (1991). 'Στατιστική επιχειρήσεων', Αθήνα.
3. Κονδύλης, Κ. (1996). 'Στατιστικές τεχνικές', Εκδόσεις Interbooks, Αθήνα.

Βιβλιογραφία

1. Αναστασόπουλος, Χ. και Ν. Κούκουζας, (1972). 'Γεωλογική και κοιτασματολογική μελέτη Νοτίου τμήματος λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδας', ΙΓΕΥ.
2. ΤΔΣΣ, (2004). 'Έκθεση δραστηριοτήτων τομέα διακίνησης σκληρών σχηματισμών για το έτος 2004'.
3. ΔΕΗ, (2005α.) 'Πάγιος εξοπλισμός λιγνιτικού κέντρου δυτικής Μακεδονίας'.
4. ΔΕΗ, (2005β.) 'Οργανόγραμμα ορυχείου Νοτίου Πεδίου'.
5. ΔΕΗ, (2005γ.) 'Τεχνικά χαρακτηριστικά καδοφόρων εκσκαφών'.
6. ΔΕΗ, (2005δ.) 'Προφορικά στοιχεία'.
7. ΔΕΗ, (2005ε.) 'Σχηματική απεικόνιση τομοταϊνών'.
8. ΔΕΗ, (2005στ.) 'Τεχνικά χαρακτηριστικά αποθετών'.
9. ΔΕΗ, (2005ζ.) 'Στοιχεία εκσκαφών και παραγωγής 2003'.
10. ΔΕΗ, (2005η.) 'Στοιχεία εκσκαφών και παραγωγής λιγνιτικών τομών 2003'.
11. ΔΕΗ, (2005θ.) 'Στοιχεία εκσκαφών και παραγωγής 2004'.
12. ΔΕΗ, (2005ι.) 'Στοιχεία παραγωγής και εκσκαφής 2004'.
13. ΔΕΗ, (2005κ.) 'Στοιχεία παραγωγής και εκσκαφής 2005'.
14. ΔΕΗ, (2005λ.) 'Χάρτης στάθμης εργασιών μήνα Ιουλίου 2005 ορυχείου Νοτίου Πεδίου'.
15. Εξαδάκτυλος, Γ. (2004). Πανεπιστημιακές σημειώσεις του μαθήματος 'Σχεδιασμός Γεωτεχνικών και λατομικών έργων', τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.
16. Θαλασσινός, Λ. (1996). 'Επιχειρησιακή στατιστική', Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.
17. Καβουρίδης, Κ. (1990). Πανεπιστημιακές σημειώσεις του μαθήματος 'Ανάλυση τεχνολογικών συστημάτων υπαίθριων εκμεταλλεύσεων', τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.

18. Καβουρίδης, Κ. (1990). Πανεπιστημιακές σημειώσεις του μαθήματος ‘Βασικές αρχές σχεδιασμού επιφανειακών εκμεταλλεύσεων’, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.
19. Καβουρίδης, Κ. (1991). Πανεπιστημιακές σημειώσεις του μαθήματος ‘Στοιχεία ταινιόδρομων’, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.
20. Καβουρίδης, Κ. (1993). Πανεπιστημιακές σημειώσεις του μαθήματος ‘Υπαίθριες εκμεταλλεύσεις – Εξοπλισμός ασυνεχούς λειτουργίας’, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.
21. Κολοβός, Ν. (1991). ‘Πρόγραμμα γεωλογικής χαρτογράφησης σκληρών σχηματισμών ορυχείου Νοτίου Πεδίου’, Πτολεμαΐδα.
22. Κολοβός, Χ. (2004). ‘Τεχνολογία εκμετάλλευσης Γαιανθράκων’, Εκδόσεις Των, Αθήνα.
23. Μούσουλος, Λ. (1997). ‘Εξόρυξις των πετρωμάτων’ τόμος Ι, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
24. Παναγιώτου, Γ. (1993). ‘Σχεδιασμός του συστήματος φόρτωσης – μεταφοράς με εκσκαφείς/φορτωτές και χωματουργικά αυτοκίνητα’. Τομέας μεταλλευτικής τεχνολογίας Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.
25. Παπανικολάου, Κ. (2004). Πανεπιστημιακές σημειώσεις του μαθήματος ‘Κοιτασματολογία ενεργειακών πόρων’, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.
26. Τσουτρέλης, Χ. (1983). ‘Υπαίθριοι εκμεταλλεύσεις’ μέρος πρώτο, Αθήνα.
27. Χριστόπουλος, Δ. (2003). Πανεπιστημιακές σημειώσεις του μαθήματος ‘Εισαγωγή στη γεωστατιστική’, τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.
28. Agioutantis, Z. and C. Kavouridis, (1995). ‘Determination of equipment downtime/breakdown and availability coefficients for continuous surface mining systems’, in proceedings of the fourth international symposium on mine planning and equipment selection, Singnal, R.K., A.K. Mehrotra, J. Hadjigeorgiou and R. Poulin (eds), 31 October - 1 November, Calgary, Canada, pp. 343 – 349.
29. Kennedy, B. (1990). ‘Surface mining’. Society for mining, metallurgy and exploration inc, Littleton Colorado.
30. Rand, G. (1992). ‘Lignite: Big brown mine’, SME mining engineering handbook, 2nd edition, volume 2, pp. 1431-1441.
31. Skelly and Loy, (1979). ‘Illustrated surface mining methods’, Mc Graw-Hill
32. www.dei.gr, τελευταία πρόσβαση Ιανουάριος 2006.

33. www.Terex.com, τελευταία πρόσβαση Ιανουάριος 2006.

Παράρτημα

Πίνακας 1: Αποτελέσματα επεξεργασίας χρόνων αναμονής.

Κλάσεις χρόνων αναμονής (min)	Συχνότητα	Σχετική συχνότητα	Αθροιστική συχνότητα	Αθροιστική σχετική συχνότητα	Μέσες τιμές κλάσεων (min)
0-0,3	1139	0,198	1139	0,198	0,15
0,4-0,7	591	0,103	1730	0,301	0,55
0,8-1,1	395	0,069	2125	0,370	0,95
1,2-1,5	429	0,075	2554	0,444	1,35
1,6-1,9	255	0,044	2809	0,489	1,75
2,0-2,3	267	0,046	3076	0,535	2,15
2,4-2,7	245	0,043	3321	0,578	2,55
2,8-3,1	238	0,041	3559	0,619	2,95
3,2-3,5	210	0,037	3769	0,656	3,35
3,6-3,9	195	0,034	3964	0,690	3,75
4,0-4,3	169	0,029	4133	0,719	4,15
4,4-4,7	140	0,024	4273	0,744	4,55
4,8-5,1	114	0,020	4387	0,763	4,95
5,2-5,5	131	0,023	4518	0,786	5,35
5,6-5,9	126	0,022	4644	0,808	5,75
6,0-6,3	88	0,015	4732	0,824	6,15
6,4-6,7	81	0,014	4813	0,838	6,55
6,8-7,1	81	0,014	4894	0,852	6,95
7,2-7,5	70	0,012	4964	0,864	7,35
7,6-7,9	60	0,010	5024	0,874	7,75
8,0-8,3	77	0,013	5101	0,888	8,15
8,4-8,7	50	0,009	5151	0,896	8,55
8,8-9,1	53	0,009	5204	0,906	8,95
9,2-9,5	34	0,006	5238	0,912	9,35
9,6-9,9	53	0,009	5291	0,921	9,75
10,1-10,3	49	0,009	5340	0,929	10,15
10,4-10,7	46	0,008	5386	0,937	10,55
10,8-11,1	45	0,008	5431	0,945	10,95
11,2-11,5	15	0,003	5446	0,948	11,35
11,6-11,9	39	0,007	5485	0,955	11,75
12,0-12,3	28	0,005	5513	0,959	12,15
12,4-12,7	28	0,005	5541	0,964	12,55
12,8-13,1	32	0,006	5573	0,970	12,95
13,2-13,5	22	0,004	5595	0,974	13,35
13,6-13,9	12	0,002	5607	0,976	13,75
14,0-14,3	16	0,003	5623	0,979	14,15
14,4-14,7	24	0,004	5647	0,983	14,55
14,8-15,1	17	0,003	5664	0,986	14,95
15,2-15,5	10	0,002	5674	0,988	15,35
15,6-15,9	18	0,003	5692	0,991	15,75
16,0-16,3	13	0,002	5705	0,993	16,15
16,4-16,7	18	0,003	5723	0,996	16,55
16,8-17,1	18	0,003	5741	0,999	16,95
17,2-17,5	3	0,001	5744	1,000	17,35
ΣΥΝΟΛΟ	5744	1			

Πίνακας 2: Αποτελέσματα επεξεργασίας χρόνων φόρτωσης.

Κλάσεις χρόνων φόρτωσης (min)	Συχνότητα	Σχετική συχνότητα	Αθροιστική συχνότητα	Αθροιστική σχετική συχνότητα	Μέσες τιμές κλάσεων (min)
2,0-2,3	434	0,089	434	0,089	2,15
2,4-2,7	945	0,193	1379	0,282	2,55
2,8-3,1	1075	0,219	2454	0,501	2,95
3,2-3,5	798	0,163	3252	0,664	3,35
3,6-3,9	514	0,105	3766	0,769	3,75
4,0-4,3	318	0,065	4084	0,834	4,15
4,4-4,7	229	0,047	4313	0,880	4,55
4,8-5,1	146	0,030	4459	0,910	4,95
5,2-5,5	121	0,025	4580	0,935	5,35
5,6-5,9	110	0,022	4690	0,957	5,75
6,0-6,3	79	0,016	4769	0,973	6,15
6,4-6,7	69	0,014	4838	0,987	6,55
6,8-7,1	64	0,013	4902	1,000	6,95
ΣΥΝΟΛΟ	4902	1			

Πίνακας 3: Αποτελέσματα επεξεργασίας χρόνων μετακίνησης οχήματος με πληρωμένο κάδο.

Κλάσεις χρόνων μετακίνησης γεμάτου (min)	Συχνότητα	Σχετική συχνότητα	Αθροιστική συχνότητα	Αθροιστική σχετική συχνότητα	Μέσες τιμές κλάσεων (min)
6,0-6,5	234	0,047	234	0,047	6,25
6,6-7,1	476	0,095	710	0,142	6,85
7,2-7,7	685	0,137	1395	0,279	7,45
7,8-8,3	707	0,141	2102	0,420	8,05
8,4-8,9	653	0,130	2755	0,550	8,65
9,0-9,5	584	0,116	3339	0,666	9,25
9,6-10,1	539	0,108	3878	0,774	9,85
10,2-10,7	418	0,083	4296	0,857	10,45
10,8-11,3	263	0,052	4559	0,910	11,05
11,4-11,9	192	0,038	4751	0,948	11,65
12,0-12,5	104	0,021	4855	0,969	12,25
12,6-13,1	82	0,016	4937	0,985	12,85
13,2-13,7	38	0,008	4975	0,993	13,45
13,8-14,3	20	0,004	4995	0,997	14,05
14,4-14,9	6	0,001	5001	0,998	14,65
15,0-15,5	3	0,001	5004	0,999	15,25
15,6-16,1	4	0,001	5008	0,999	15,85
16,2-16,7	5	0,001	5013	1,000	16,45
ΣΥΝΟΛΟ	5013	1			

Πίνακας 4: Αποτελέσματα επεξεργασίας χρόνων εκκένωσης.

Κλάσεις χρόνων εκκένωσης (sec)	Συχνότητα	Σχετική συχνότητα	Αθροιστική συχνότητα	Αθροιστική σχετική συχνότητα	Μέσες τιμές κλάσεων (sec)
29-31	44	0,009	44	0,009	30
32-34	221	0,044	265	0,053	33
35-37	550	0,110	815	0,164	36
38-40	985	0,198	1800	0,362	39
41-43	1046	0,210	2846	0,572	42
44-46	913	0,183	3759	0,755	45
47-49	578	0,116	4337	0,871	48
50-52	325	0,065	4662	0,936	51
53-55	177	0,036	4839	0,972	54
56-58	108	0,022	4947	0,994	57
59-61	32	0,006	4979	1,000	60
ΣΥΝΟΛΟ	4979	1			

Πίνακας 5: Αποτελέσματα επεξεργασίας χρόνων μετακίνησης οχήματος με κενό κάδο.

Κλάσεις χρόνων μετακίνησης άδειου (min)	Συχνότητα	Σχετική συχνότητα	Αθροιστική συχνότητα	Αθροιστική σχετική συχνότητα	Μέσες τιμές κλάσεων (min)
6,0-6,5	338	0,068	338	0,068	6,25
6,6-7,1	671	0,136	1009	0,204	6,85
7,2-7,7	723	0,146	1732	0,350	7,45
7,8-8,3	665	0,135	2397	0,484	8,05
8,4-8,9	601	0,122	2998	0,606	8,65
9,0-9,5	506	0,102	3504	0,708	9,25
9,6-10,1	366	0,074	3870	0,782	9,85
10,2-10,7	275	0,056	4145	0,838	10,45
10,8-11,3	164	0,033	4309	0,871	11,05
11,4-11,9	97	0,020	4406	0,891	11,65
12,0-12,5	68	0,014	4474	0,905	12,25
12,6-13,1	53	0,011	4527	0,915	12,85
13,2-13,7	32	0,006	4559	0,922	13,45
13,8-14,3	34	0,007	4593	0,929	14,05
14,4-14,9	26	0,005	4619	0,934	14,65
15,0-15,5	33	0,007	4652	0,941	15,25
15,6-16,1	43	0,009	4695	0,949	15,85
16,2-16,7	37	0,007	4732	0,957	16,45
16,8-17,3	33	0,007	4765	0,963	17,05
17,4-17,9	41	0,008	4806	0,972	17,65
18,0-18,5	22	0,004	4828	0,976	18,25
18,6-19,1	23	0,005	4851	0,981	18,85
19,2-19,7	16	0,003	4867	0,984	19,45
19,8-20,3	17	0,003	4884	0,987	20,05
20,4-20,9	12	0,002	4896	0,990	20,65
21,0-21,5	17	0,003	4913	0,993	21,25
21,6-22,1	11	0,002	4924	0,996	21,85
22,2-22,7	9	0,002	4933	0,997	22,45
22,8-23,3	6	0,001	4939	0,999	23,05
23,4-23,9	5	0,001	4944	1,000	23,65
ΣΥΝΟΛΟ	4944	1			

Πίνακας 6: Αποτελέσματα επεξεργασίας χρόνων σταματημένου οχήματος με
πληρωμένο κάδο.

Κλάσεις χρόνων σταματημένο και γεμάτο (min)	Συχνότητα	Σχετική συχνότητα	Αθροιστική συχνότητα	Αθροιστική σχετική συχνότητα	Μέσες τιμές κλάσεων (min)
0-0,3	4225	0,815	4225	0,815	0,15
0,4-0,7	537	0,104	4762	0,919	0,55
0,8-1,1	171	0,033	4933	0,952	0,95
1,2-1,5	104	0,020	5037	0,972	1,35
1,6-1,9	68	0,013	5105	0,985	1,75
2,0-2,3	38	0,007	5143	0,992	2,15
2,4-2,7	30	0,006	5173	0,998	2,55
2,8-3,1	12	0,002	5185	1,000	2,95
ΣΥΝΟΛΟ	5185	1			