

**ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ
ΣΕ ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΕΣΥΡΗΣ

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΝΔΡΕΑΣ ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ
: ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΛΥΚΟΥΡΓΙΩΤΗΣ
: ΝΙΚΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΠΟΥΛΟΣ**

ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών του ΤΕΙ δυτικής Ελλάδος, του τμήματος πολιτικών μηχανικών ΤΕ, υπό την εποπτεία του καθηγητή κύριου Ανδρέα Σαραντόπουλου, του τμήματος πολιτικών μηχανικών Τε, τον οποίο ευχαριστώ θερμά τόσο για την επιστημονική του καθοδήγηση καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου όσο και για την ανάθεση του θέματος της πτυχιακής μου και για τις πολύτιμες συμβουλές του που είχαν σαν αποτέλεσμα την καλύτερη δυνατή παρουσίαση της εργασίας αυτής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία που θα παραθέσω αναφέρεται στα χωματουργικά έργα οδοποιίας, είναι μια εργασία που περιγράφει τις χωματουργικές εργασίες με τις οποίες κατασκευάζονται τα χωματουργικά έργα οδοποιίας. Είναι μια εργασία που σκοπό έχει να κάνει κατανοητό ποιες είναι οι χωματουργικές εργασίες και ποια τα χωματουργικά έργα οδοποιίας. Επίσης, σκοπός της συγγραφής της είναι να γίνει κατανοητό ποιος είναι ο λόγος της εκτέλεσης των εργασιών αυτών και της κατασκευής των έργων αυτών.

Το πρώτο κεφάλαιο μας εισάγει στα χωματουργικά έργα οδοποιίας. Πιο συγκεκριμένα, μας δίνεται ο ορισμός των χωματουργικών έργων για τον σκοπό της εισαγωγής γίνεται αναφορά στην σπουδαία σημασία που ασκούν αυτά στην κατασκευή ενός δρόμου. Στην συνέχεια γίνεται μια ιστορική ανάδρομη στην εξέλιξη των δρόμων και στο πόσο βελτιώθηκε ο τρόπος εκτέλεσης των εργασιών αλλά και γενικότερα πως φτάσαμε στους σημερινούς υπερσύγχρονους δρόμους. Επίσης δίνεται ο ορισμός του ορύγματος και του επιχώματος τα οποία αποτελούν τα κύρια χωματουργικά έργα στην οδοποιία. Ακόμη, γίνεται αναφορά στην κατάταξη των εδαφών.

Το επόμενο κεφάλαιο αναφέρεται εξολοκλήρου στα όρυγμα. Σ' αυτό αναπτύσσονται όλα τα στάδια κατασκευής του ορύγματος από την εκσκαφή μέχρι και τα μέτρα που παίρνουμε για να αυξήσουμε την ευστάθεια των πρανών τους. Ειδικότερα αναφέρεται η εκσκαφή των ορυγμάτων με ποιον τρόπο γίνεται και ποια μέσα χρησιμοποιούνται. Εκτός από την εκσκαφή των ορυγμάτων γίνεται αναφορά στα πρανή και τους τρόπους αύξησης της ευστάθειας και προστασίας των δρόμων. Τέλος ασχολείται με την διαχείριση των χωματισμών δηλαδή τι κάνουμε τα προϊόντα εκσκαφής των ορυγμάτων.

Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στα επιχώματα. Γίνεται περιγραφή του τρόπου κατασκευής του. Για τα επιχώματα πρώτα απ' όλα πρέπει να βρεθούν τα υλικά κατασκευής τους ύστερα να μεταφερθούν στο σημείο και έπειτα ν' αρχίσει η δημιουργία τους. Αρχικά, θα πρέπει να προετοιμαστεί το έδαφος θεμελίωσης στην συνέχεια να γίνει η διάστρωση των υλικών σωστά με τα κατάλληλα μηχανήματα και με την τήρηση των ανάλογων κανόνων και τέλος ακολουθεί η συμπύκνωση. Στο κεφάλαιο αυτό ακόμη γίνεται αναφορά στα πρανή των επιχωμάτων καθώς και στα οπλισμένα επιχώματα.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στα μηχανήματα. Ειδικότερα, οι χωματουργικές εργασίες εκτελούνται με μηχανήματα όπως οι εκσκαφείς, οι προωθητές, οι διαμορφωτές, οι φορτωτές και οι χωματοσυλλέκτες. Για τα μηχανήματα αυτά γίνεται εκτενής περιγραφή.

Το πέμπτο κεφάλαιο ασχολείται με την συμπύκνωση. Λέγεται, ότι η συμπύκνωση είναι απαραίτητη για την οδοποιία και μ' αυτήν αποκομίζουμε πολλά ωφέλη. Τρεις παράγοντες συμβάλλουν στην σωστή συμπύκνωση· η περιεχόμενη υγρασία η ενέργεια και ο τρόπος.

Περιγράφονται και οι τρεις αναλυτικά. Τέλος περιγράφονται και όλοι οι οδοστρωτήρες.

Στο επόμενο κεφάλαιο περιγράφονται κάποιες δοκιμές που εκτελούνται στα χωματουργικά έργα οδοποιίας και σκοπό έχουν να αποδείξουν αν τα έργα που εκτελέσαμε ανταποκρίνονται στις προσδοκίες και στις μελέτες που έγιναν. Δοκιμές μπορεί να διεξάγουμε και πριν την εκτέλεση των εργασιών για να ρυθμίσουμε τους διάφορους παράγοντες ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αναφορά γίνεται και στην αποστράγγιση. Η εργασία κλείνει με τα μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος-περίληψη.....	2
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ	
1.1.1 Σημασία των έργων οδοποιίας.....	7
1.1.2 Τεχνολογία στην οδοποιία.....	7
1.2.1 Εισαγωγή στις χωματουργικές εργασίες.....	7
1.2.2 Άνθρωπος στις χωματουργικές εργασίες.....	8
1.3.1 Σκοπός των χωματουργικών εργασιών.....	8
1.3.2 Σημασία της διαμόρφωσης των πρανών.....	9
1.4.1 Ιστορική αναδρομή στην οδοποιία.....	9
1.4.2 Ιστορική αναδρομή στα χωματουργικά έργα οδοποιίας.....	10
1.5 Ορισμοί ορύγματος επιχώματος.....	11
1.5.1.1 Ορισμός ορύγματος.....	11
1.5.1.2 Ζητήματα που καλείται να αντιμετωπίσει ο μελετητής σε ένα όρυγμα.....	12
1.5.2 Ορισμός επιχώματος.....	12
1.5.3 Μέτωπα σηράγγων.....	13
1.5.4 Χωματουργικές εργασίες σε έργα αντιστήριξης.....	13
1.6 Κατάταξη εδαφών.....	14
1.6.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τα εδάφη ανάλογα με το είδος τους.....	14
1.7 Γενικές εκσκαφές.....	16
1.8 Αποθήκευση προϊόντων εκσκαφής.....	17
1.9 Στραγγιστήρια.....	17
1.9.1 Σκοπός της επιφανειακής αποστράγγισης.....	18
1.9.2 Σκοπός της υπόγειας αποστράγγισης.....	18
1.10 Προβλήματα στα χωματουργικά έργα πιο συγκεκριμένα στην κατασκευή των έργων.....	19
2. ΟΡΥΓΜΑΤΑ	
2.1 Εισαγωγή στα ορύγματα.....	20
2.2 Εκσκαφές ορυγμάτων.....	22
2.2.1 Σημασία της εκσκαφής των ορυγμάτων.....	22
2.2.2 Προκαταρκτικές εργασίες.....	22
2.2.3 Κανονισμοί εκσκαφών.....	22
2.2.4 Βασικές έννοιες για την εκσκαφή.....	23
2.2.5 Αποστράγγιση κατά την εκσκαφή.....	23
2.2.6 Ειδική περίπτωση ορύγματος.....	23
2.2.7 Μέθοδοι εκσκαφής ορυγμάτων.....	24
2.3 Πρανή ορύγματος.....	25
2.3.1 Διαμόρφωση πρανών.....	25
2.3.2 Πρανή ορύγματος κλίσης.....	27
2.3.2.1 Επιλογή κλίσης.....	27
2.3.2.2 Επιλογή ηπιότερων κλίσεων.....	27
2.3.3 Μέτρα προστασίας πρανών.....	28
2.3.3.1 Αποστράγγιση πρανών.....	28
2.3.3.2 Τοίχοι με συρματοκιβώτια.....	28
2.3.3.3 Ενίσχυση προστασίας πρανού.....	29
2.3.4 Προστασία δρόμων από πτώση βράχων.....	29
2.3.4.1 Τοίχοι παγίδευσης.....	29

2.3.4.2 Μεταλλικό πλέγμα.....	29
2.3.4.3 Μεταλλικός φράχτης.....	29
2.4 Βραχώδη πρανή.....	29
2.4.1 Εκσκαφή σε βραχώδη πρανή.....	29
2.5 Όρυγμα διαμόρφωσης πυθμένα.....	30
2.6 Κατολισθήσεις.....	30
2.6.1 Αίτια κατολισθήσεων.....	30
2.6.2 Κλίση πρανούς.....	31
2.6.3 Σύσταση και κλίση πρανούς.....	31
2.6.4 Νερό.....	31
2.6.5 Σεισμική φόρτιση.....	31
2.6.6 Πήξη νερού.....	32
2.6.7 Πτώση λίθων.....	32
2.6.8 Ολίσθηση.....	32
2.7 Δευτερεύουσες εκσκαφές.....	32
2.7.1 Εκσκαφές θεμελίων τεχνικών έργων.....	32
2.7.2 Εκσκαφές θεμελίων τάφρων.....	33
2.7.3 Εκσκαφές σε νησίδες.....	33
2.7.4 Εκσκαφές σε εμπόδια.....	33
2.8 Διαχείριση προϊόντων εκσκαφής.....	34
2.9 Μεταφορά προϊόντων εκσκαφής.....	35
3.ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ	
3.1 Δομή επιχώματος.....	38
3.2 Υλικά επιχώματος.....	39
3.2.1 Υλικά γαιώδους επιχώματος.....	40
3.2.2 Καταλληλότητα εδαφών.....	44
3.2.3 Υλικά βραχωδών επιχωμάτων.....	45
3.2.4 Κατασκευή γαιωδών και βραχωδών επιχωμάτων.....	46
3.3 Κατασκευή επιχωμάτων.....	47
3.3.1 Γαιώδη επιχώματα.....	47
3.3.1.1 Προετοιμασία εδάφους θεμελίωσης γαιώδους επιχώματος.....	47
3.3.2 Διάστρωση υλικών για την κατασκευή επιχώματος.....	48
3.3.3 Εξαίρεση για τα γαιώδη επιχώματα.....	49
3.4 Βραχώδη επιχώματα.....	49
3.4.1 Βραχώδη επιχώματα- εμελίωση-διάστρωση.....	49
3.5 Αργιλικά επιχώματα.....	50
3.5.1 Υλικά.....	50
3.5.2 Έδραση αργιλικού επιχώματος.....	51
3.5.3 Διάστρωση αργιλικού επιχώματος.....	51
3.6 Συμπύκνωση επιχωμάτων.....	51
3.6.1 Συμπύκνωση επιχώματος.....	52
3.6.2 Συμπύκνωση βραχωδών επιχωμάτων.....	52
3.7 Προστασία πρανών επιχωμάτων από αργιλώδη υλικά.....	53
3.8 Οπλισμένα επιχώματα.....	54
3.8.1 Όπλιση πρανών- οπλισμένου επιχώματος.....	54
3.8.2 Διαμπερής ενίσχυση οπλισμένου επιχώματος.....	54
3.8.3 Ενίσχυση θεμελίωσης οπλισμένου επιχώματος.....	54

3.8.4 Μέθοδοι κατασκευής οπλισμένου επιχώματος	54
3.8.5 Κανόνες διάταξης φύλλων ενίσχυσης.....	55
3.9 Κλίση πρανούς συμβατικού επιχώματος.....	55
3.10 Κατασκευή δοκιμαστικών επιχωμάτων.....	56
3.10.1 Κατασκευή δοκιμαστικού αργιλικού επιχώματος.....	56
3.10.2 Κατασκευή δοκιμαστικού βραχώδους επιχώματος.....	57
4 ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	
4.1 Τα μηχανήματα των χωματουργικών εργασιών.....	57
4.2 Εκσκαφείς.....	58
4.3 Προωθητές.....	60
4.4 Διαμορφωτές.....	61
4.5 Φορτωτές.....	63
4.6 Χωματοσυλλέκτες.....	65
5 ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ	
5.1 Εισαγωγή στην συμπύκνωση-ορισμός.....	66
5.2 Παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η συμπύκνωση.....	68
5.2.1 Υγρασία-ξηρή πυκνότητα.....	68
5.2.1.1 Μέτρα για την εξασφάλιση της βέλτιστης υγρασίας.....	69
5.2.2 Καιρικές συνθήκες στην συμπύκνωση.....	69
5.2.3 Ενέργεια συμπύκνωσης οδοστρωτήρες.....	70
5.2.4 Πάχος στρώσεων συμπύκνωσης.....	70
5.2.5 Συμπύκνωση ανάλογα με το είδος του εδάφους.....	71
5.3 Επιπλέον χρήσιμα στοιχεία για την συμπύκνωση.....	71
5.3.1 Προβλήματα μεταξύ των στρώσεων.....	71
5.3.2 Απόδοση μηχανήματος συμπύκνωσης.....	71
5.3.3 Πότε σταματάει η συμπύκνωση.....	72
5.3.4 Κατηγορίες έργων προς συμπύκνωση.....	72
5.4 Οδοστρωτήρες.....	72
5.4.1 Οδοστρωτήρες με λεία τύμπανα-στατικοί.....	73
5.4.2 Στατικοί οδοστρωτήρες με ελαστικούς τροχούς.....	74
5.4.3 Οδοστρωτήρες με κατσικοπόδαρα.....	75
5.4.4 Δονητικοί οδοστρωτήρες.....	76
6 ΔΟΚΙΜΕΣ	
6.1 Προσδιορισμός υγρασίας.....	77
6.2 Δοκιμή proctor.....	78
6.3 τροποποιημένη δοκιμή proctor.....	80
6.4 έλεγχος συμπύκνωσης.....	80
6.4.1 Μέθοδος ακτινών γ.....	81
6.4.2 Μέθοδος κώνου και άμμου.....	81
6.4.3 Χαλύβδινος μάρτυρας.....	81
6.4.4 Μέθοδος φορτισμένης πλάκας.....	82
7 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	
7.1 Οικολογική συνείδηση στους δρόμους.....	82
7.2 Μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος.....	83
Βιβλιογραφία.....	85

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΡΓΑ

1.1.1 Σημασία των έργων οδοποιίας

Αναμφίβολα χρόνο με το χρόνο η εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών γίνεται απλούστερη και ευκολότερη. Ενώ, οι σύγχρονες απαιτήσεις για μεγάλους και γρήγορους δρόμους λύνονται κάτω από το φάσμα της εξέλιξης της τεχνολογίας. Το πρόσφορο έδαφος που δημιουργείται οδηγεί σε συμμόρφωση με τις ανάγκες που έχει σήμερα ο άνθρωπος.

Ο άνθρωπος του σήμερα χρειάζεται είτε λόγω δουλειάς είτε λόγω άλλων εξίσου σπουδαιών λόγων να μετακινείται συνεχώς στους δρόμους. Αυτό σε συνδυασμό με την πληθυσμιακή έξαρση οδηγεί σε αύξηση του αριθμού των αυτοκινήτων και επομένως των αναγκών για δρόμους.

1.1.2 Τεχνολογία στην οδοποιία

Είναι κατανοητό ότι και ο τομέας των χωματουργικών έργων θα επηρεαζόταν. Έτσι σε κάθε εργοτάξιο παρατηρούμε ότι ο ρυθμός εκτέλεσης των έργων είναι συναρπαστικός. Κυρίως ως προς την ακρίβεια και την ταχύτητα. Βλέπουμε λοιπόν σε κάθε έργο να υπάρχουν πανίσχυρα μηχανήματα εκσκαφής που σκάβουν όπως μπουλντόζες και οδοστρωτήρες που συμπυκνώνουν το έδαφος και είναι σε θέση να λύσουν τα πιο δυσεπίλυτα θέματα που υπάρχουν. Πλέον έχουμε στην διάθεσή μας σπουδαίο εργαστηριακό εξοπλισμό για τη μελέτη και τον έλεγχο πριν την εκτέλεση του έργου κατά την διάρκεια αυτού. Ο εξοπλισμός μας βοηθά και στην αποφυγή αστοχιών που θα είχαν απρόβλεπτες συνέπειες για το έργο. Ενδεχομένως, θα κατέρρεε τμήμα του έργου, το οποίο θα έπρεπε να κατασκευάσουμε. Ακόμη μπορούμε να ελέγξουμε με ευκολία το κατασκευαστικό αποτέλεσμα που έχουμε πραγματοποιήσει και να κάνουμε πιθανές διορθώσεις αν απαιτούνται. Έτσι εγκαινιάζεται μια νέα εποχή που υπαγορεύει ταχύτερες εργασίες.

Η τεχνολογία ήταν και θα είναι η επιστήμη που ασκεί και θα ασκεί πρωταγωνιστικό ρόλο σε όλους τους τομείς της οδοποιίας και ιδιαίτερα στον τομέα των χωματουργικών εργασιών. Καθώς έδειξε στο παρελθόν με την εξέλιξη των μέσων κατασκευής των δρόμων ότι είναι αυτή που και στο μέλλον θα δώσει στα χωματουργικά έργα ακόμη μεγαλύτερη απλότητα και διευκόλυνση. Επίσης, θα κατανοήσουμε πολλά προβλήματα που σχετίζονται με τις οδούς, όπως είναι η σταθερότητα των πρανών έναντι της ολίσθησης και θα βρούμε τρόπους για την αντιμετώπισή τους.

1.2.1 Εισαγωγή στις χωματουργικές εργασίες

Με τον όρο χωματουργικές εργασίες σε έργα οδοποιίας, εννοούμε όλες εκείνες τις εργασίες που περιλαμβάνουν την επεξεργασία του εδάφους. Η επεξεργασία αυτή του εδάφους έχει κατά κύριο λόγο σαν στόχο την δημιουργία έργων που στην προκειμένη περίπτωση ονομάζονται χωματουργικά έργα. Αυτά τα έργα αφορούν την οδοποιία, είναι σπουδαίας σημασίας και κατέχουν εξέχουσα θέση στην δημιουργία ενός δρόμου.

Σε κάθε εργοτάξιο που έχει κατασκευαστεί σε κάποιο χώρο για την δημιουργία ενός δρόμου συναντάμε διαφόρων ειδών χωματουργικές εργασίες. Αυτές οι εργασίες είναι αναγκαίες για κάθε δρόμο καθώς δεν μπορεί να προχωρήσει εάν προηγουμένως δε τις έχουμε εκτελέσει. Οι εργασίες αυτές είναι πολλών ειδών. Δεν είναι όμως μόνο ο αριθμός των χωματουργικών εργασιών μεγάλος αλλά και ο αριθμός των εργαζομένων και των μηχανημάτων.

1.2.2 Άνθρωπος στις χωματουργικές εργασίες

Όταν περάσουμε από ένα εργοτάξιο στο πρώιμο στάδιο της κατασκευής ενός δρόμου δηλαδή στην φάση που εκτελούνται οι χωματουργικές εργασίες θα δούμε ένα πλήθος εργαζομένων και έναν σπουδαίο αριθμό μηχανημάτων. Από την εικόνα μόνον αυτή καταλαβαίνουμε ότι για να έχει το εργοτάξιο τόσο κόσμος και τόσα μηχανήματα σημαίνει ότι οι εργασίες αυτές για την οδοποιία είναι σημαντικές. Αυτός ο κόσμος δουλεύει με σύστημα συνέπεια και μεθοδικότητα για να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα και να έχουμε κατασκευή έργων που να βρίσκονται όσο το δυνατόν πιο κοντά στις μελέτες που έχουν γίνει από τους αρμόδιους για τα θέματα χωματουργικών εργασιών. Μόνο όταν ακολουθηθούν οι κανόνες που υπαγορεύονται από τις αρχές κατασκευής δρόμων θα έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η τήρηση των κανόνων που αναφέραμε αν και είναι γενική κατά μια έννοια και αφορά όλους τους δρόμους, εμείς θα τονίσουμε και θα πούμε πως η συνέπεια και η τήρησή τους αφορά και την ειδική περίπτωση των χωματουργικών εργασιών. Θα ασχοληθούμε με τα μηχανήματα καθώς είναι σημαντικά για ένα εργοτάξιο. Τα μηχανήματα τα χειρίζονται άνθρωποι εξειδικευμένοι που έχουν συγκεκριμένες εντολές για την εκτέλεση των εργασιών. Ακόμη, εξαιτίας της σπουδαιότητας των εργασιών αυτών η τεχνολογία έχει αφήσει και αυτή το στίγμα της καθώς δεν ήταν δυνατόν η τεχνολογική εξέλιξη να μην παρασύρει και τις μεθόδους εκτέλεσης των εργασιών καθώς και να εξελίξει τον μηχανολογικό εξοπλισμό. Άρα, από την ανάλυση του τρόπου που πρέπει να δουλεύουν τα μηχανήματα και οι εργαζόμενοι καταλαβαίνουμε την σπουδαιότητα των χωματουργικών εργασιών και κατ'επέκταση των χωματουργικών έργων.

Τα χωματουργικά έργα αποτελούν ένα τμήμα των έργων οδοποιίας που είναι αναγκαία και σπουδαία καθώς σε αυτά τα έργα και σε αυτές τις εργασίες θα στηριχτούν αργότερα άλλα σημαντικά τεχνικά έργα. Δεν θα στηριχτούν μόνο τα επιμέρους έργα αλλά και γενικότερα το συνολικό έργο. Έτσι, τα χωματουργικά έργα θα πρέπει να τηρούν τους κανόνες και τις αρχές σχεδιασμού που έχουν εκπονηθεί για να μην αντιμετωπίσουμε αργότερα άλλα σημαντικά προβλήματα. Καταλαβαίνουμε ότι οι χωματουργικές εργασίες θα εκτελούνται στην αρχή των έργων οδοποιίας. Αποτελούν την πρώτη φάση της κατασκευής ενός δρόμου, αρχίζουν αμέσως μετά την εγκατάσταση του αναδόχου και την οργάνωση του εργοταξίου.

Η σημασία των χωματουργικών εργασιών γίνεται σπουδαιότερη εάν μάθουμε και ποιό είναι το κόστος των εργασιών αυτών στον προϋπολογισμό του έργου· μπορεί να αγγίξει το 50%. Το ποσοστό είναι μικρότερο για επαρχιακούς δρόμους ενώ αυξάνεται για το εθνικό δίκτυο όπου οι απαιτήσεις της γεωμετρικής άνεσης και ασφάλειας είναι αυστηρότερες και επιβάλλουν την εκτέλεση χωματισμών σημαντικού όγκου. Για τη μείωση του κόστους επιβάλλεται πριν την εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών να εκτελεστεί μία εμπειρισταωμένη έρευνα του όγκου των εκσκαφών και του όγκου των επιχώσεων έτσι ώστε η ανάγκη για δάνεια υλικά για την κατασκευή των επιχωμάτων και η απόσταση μεταφοράς να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.

1.3.1 Σκοπός των χωματουργικών εργασιών

Η εκτέλεση των έργων οδοποιίας αρχίζει με τις χωματουργικές εργασίες αυτές περιλαμβάνονται στο πρώτο στάδιο εκτέλεσης των έργων οδοποιίας. Εκτελούνται στο πλαίσιο της υλοποίησης των γεωκατασκευών αλλά συνεχίζονται πρακτικά μέχρι το τελευταίο στάδιο του έργου με επιχωματώσεις τάφρων επένδυση πρανών και εκτέλεση εργασιών οδοστρωσίας. Σε σημαντικά έργα η διάρκεια της εκτέλεσης των κύριων χωματουργικών είναι δυνατόν να ξεπεράσει τα δυο χρόνια ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που προβλέπονται από την μελέτη βαθιά ορύγματα σε συνδυασμό με μεγάλο ανοίγματος τεχνικά. Οι χωματουργικές εργασίες είναι αυτές

οι οποίες έχουν ως κύριο υλικό την ενασχόλησή τους με το έδαφος και αυτό μπορεί να έχει την μορφή γαιωδών εδαφών ημιβραχωδών ή βραχωδών. Αποτελούν βασικό πυλώνα στην επιτυχία των κατασκευών οδοποιίας.

Βασικός φορέας μιας οδού είναι το οδόστρωμα, το οποίο κατανέμει και μεταφέρει τα φορτία στο έδαφος. Όπως, είναι γνωστό το οδόστρωμα δεν τοποθετείται απευθείας στο φυσικό έδαφος αλλά σε μια επιφάνεια τεχνητή η οποία ανταποκρίνεται αφενός, στο σχεδιασμό της μηκοτομής αφετέρου δε, δεν παρουσιάζει τα προβλήματα του φυσικού εδάφους (νερά, βλάστηση, εγκάρσιες κλίσεις) έτσι η κίνηση των οχημάτων γίνεται απρόσκοπτα. Η τεχνητή αυτή επιφάνεια ονομάζεται στέψη. Αντίστοιχα αν η διατομή ευρίσκεται σε όρυγμα ή σε επίχωμα και γενικότερα σε στρώση έδρασης οδοστρώματος, μπορούμε να πούμε ότι οι χωματουργικές εργασίες περιλαμβάνουν το σύνολο των ενεργειών που είναι απαραίτητες να εκτελεστούν προκειμένου να ολοκληρωθεί η τελική στρώση της επιφάνειας των χωματουργικών. Βασικό κομμάτι των χωματουργικών έργων είναι η κατασκευή των επιχωμάτων και των ορυγμάτων. Οι χωματουργικές εργασίες περιλαμβάνουν σε πρώτη φάση την εκρίζωση των δένδρων και των θάμνων και την εκχέρσωση του στρώματος της φυτικής γης. Ακόμη σαν χωματουργικές εργασίες νοούνται οι κάθε είδους εκσκαφές μεταξύ αυτών και η κατασκευή των ορυγμάτων. Η κατασκευή των ορυγμάτων έχει σκοπό να ανταποκρίνεται το έργο στο ύψος της μηκοτομής. Θα πρέπει επομένως να γίνονται οι αναγκαίες ενέργειες για την εκσκαφή των ορυγμάτων τόσο με την επιλογή των κατάλληλων μηχανημάτων όσο και με την επιλογή των κατάλληλων μεθόδων. Το επόμενο στάδιο των εργασιών περιλαμβάνει την μεταφορά των προϊόντων της εκσκαφής και την εναπόθεση αυτών στους αποσιοθαλάμους ή στα σημεία που χρειάζονται οι επιχωματώσεις. Η μεταφορά των υλικών στο σημείο που θέλουμε γίνεται με τα ανατρεπόμενα αυτοκίνητα τις βαγονέτες ή άλλα μέσα μεταφοράς. Στην συνέχεια ακολουθεί η διάστρωση αυτών των υλικών με τους διαμορφωτές και έπεται η συμπίκνωση σε στρώσεις. Η συμπίκνωση μπορεί να περιλαμβάνει πλην της συμπίκνωσης των επιχωμάτων και την συμπίκνωση του υπεδάφους, όπως και των πρανών επιχωμάτων. Ακόμη, σαν χωματουργικές εργασίες νοούνται οι κάθε είδους επιχωματώσεις, όπως είναι οι επιχωματώσεις τεχνικών έργων.

Με λίγα λόγια θα πρέπει να προσέχουμε τόσο με τα ορύγματα όσο και με τα επιχώματα να τα εκτελούμε σωστά γιατί αποτελούν όπως βλέπουμε αναπόσπαστο κομμάτι των χωματουργικών εργασιών. Επομένως, σκοπός των χωματουργικών εργασιών είναι και η κατασκευή των ορυγμάτων αλλά και η κατασκευή των επιχωμάτων.

1.3.2 Η σημασία της διαμόρφωσης των πρανών

Στόχος των χωματουργικών θα πρέπει να είναι η διαμόρφωση των πρανών με τα κατάλληλα μέσα και τις κατάλληλες τεχνικές, έτσι ώστε να μην κινδυνεύει ο δρόμος από πιθανές πτώσεις τμημάτων του πρανού. Διαφορετικά αν δεν το πράξουμε θα έχουμε πτώση αυτών πάνω στον δρόμο. Εάν πρόκειται για πρανές εκχώματος θα έχουμε διακοπή της κυκλοφορίας ενώ αν πρόκειται για πρανές επιχώματος θα έχουμε ολική καθίζηση του δρόμου στο σημείο αστοχίας του πρανού, αυτό γίνεται γιατί το πρανές του επιχώματος στηρίζει το οδόστρωμα και αποτελεί κατά κάποιο τρόπο μαζί με το επίχωμα το θεμέλιο του οδοστρώματος.

1.4.1 Ιστορική αναδρομή στην οδοποιία

Ο άνθρωπος του σήμερα έχει ανάγκη από μετακίνηση. Η μετακίνηση των ανθρώπων στην εποχή μας είναι κάτι παραπάνω από επιβεβλημένη. Συνχές μετακινήσεις επιβάλουν την ανάγκη για σύγχρονα μέσα μεταφοράς και σύγχρονους δρόμους. Οι δρόμοι που κατασκευάζονται πλέον έχουν προδιαγραφές που προσαρμόζονται στις ανάγκες που έχει ο άνθρωπος. Μαζί με τους δρόμους όμως εξελίσσονται και οι μέθοδοι και οι τρόποι που κατασκευάζονται οι δρόμοι.

Η εξέλιξη της οδοποιίας είναι στενά συνδεδεμένη με την ιστορική εξέλιξη της ανθρωπότητας. Την σημερινή της μορφή(διάσταση) άρχισε να την παίρνει όταν για τον σχεδιασμό και την κατασκευή των οδικών υποδομών έγινε αναγκαία η ανθρώπινη σκέψη και η ανθρώπινη εργασία. Μέχρι τότε οι άνθρωποι ακολουθούσαν την ροή των ποταμών ή άλλων φυσικών διαβάσεων. Οι πρώτες ενδείξεις σχεδιασμού και κατασκευής τέτοιων έργων δηλαδή οδικών των οποίων ο σχεδιασμός και η κατασκευή απαιτούσε ανθρώπινη σκέψη και εργασία είναι οι λιθόστρωτοι δρόμοι που κατασκευάστηκαν στην Μεσοποταμία όπου ανακαλύφθηκε και ο τροχός περί τα 4000π.χ. Ακολούθησαν οι πληνθόστρωτοι δρόμοι στην Ινδία το 3000π.χ και έπειτα οι λιθόστρωτοι δρόμοι της μινωικής εποχής στην Κρήτη. Δεν είχαμε στον αρχαίο κόσμο μόνο αστικούς δρόμους αλλά και υπεραστικές οδούς χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η πρώτη γνωστή υπεραστική οδός η οποία ένωνε την πρωτεύουσα των Ασσυρίων Σούζα με τις Σάρδεις δια μέσω της πόλης Νινευί η οποία έχει μήκος 2500km.Η πιο παλιά σήμερα σωζόμενη οδός κατασκευάστηκε στην Κρήτη περί το 1700π.χ έχει μήκος 50km και ένωνε την Κνωσό με τις νότιες ακτές της νήσου.

Έμφαση στην οδοποιία δόθηκε και στην μετέπειτα εποχή της αρχαίας Ελλάδας και ιδιαίτερα στην αστική οδοποιία, όπου τέθηκαν οι βάσεις του πραγματικού οδικού σχεδιασμού. Έτσι, από την εποχή αυτή η οδοποιία παύει να είναι μια τυχαία χάραξη ενός τυχαίου δρόμου αλλά αρχίζει να αποτελεί ένα έργο προσαρμοσμένο στις ανάγκες που είχαν τότε οι πόλεις. Η δημιουργία των δρόμων αυξάνεται και εξαιτίας ενός άλλου εξίσου σημαντικού λόγου, του διαχωρισμού των πόλεων σε τετράγωνα. Τα τετράγωνα δημιουργούν κενά και τα κενά αυτά με τη σειρά τους θα αποτελέσουν τους δρόμους. Οι δρόμοι θα αποτελέσουν πλέον το μέσον ή την δίοδο των ανθρώπων για να μετακινούνται από το ένα τετράγωνο στο άλλο ή από το ένα σπίτι στο άλλο. Και το εμπόριο συνέβαλε με την σειρά του στην εξέλιξη τους. Οι άνθρωποι είχαν την ανάγκη να μετακινούν τα προϊόντα τους για να τρέφονται ή για να βγάζουν κέρδος. Έτσι αναπτύχθηκε το εμπόριο ανάμεσα στις μεγάλες πόλεις. Η ευνότηση αυτή του εμπορίου οδήγησε στην κατασκευή δρόμων για να μετακινούνται τα προϊόντα αλλά και οι ίδιοι οι άνθρωποι. Τέλος, η άνοδος των μεγάλων αυτοκρατοριών ευνόησε την κατασκευή των δρόμων.

Με βάση τα παραπάνω συνειδητοποιούμε, ότι οι δρόμοι δεν ανακαλύφθηκαν τυχαία με την εφεύρεση των αυτοκινήτων αλλά η σημερινή τους μορφή αποτελεί εξέλιξη παλαιών δρόμων. Οι δρόμοι προϋπήρχαν και ικανοποιούσαν ένα μεγάλο σύνολο αναγκών που είχε ο τότε άνθρωπος, όπως να μετακινείται μέσα στην πόλη ή ακόμη και από πόλη σε πόλη για εμπορικούς ή για άλλους λόγους. Οι δρόμοι από τότε μέχρι σήμερα σιγά σιγά εξελίχθηκαν και με το πέρασμα των αιώνων απέκτησαν τη σημερινή τους μορφή. Σταθμό στην εξέλιξη τους αποτελεί η βιομηχανική επανάσταση κατά την οποία η εφεύρεση της μηχανής και επομένως του αυτοκινήτου έπρεπε να συμμορφώσει τους δρόμους στις νέες συνθήκες. Οι δρόμοι θα πρέπει πλέον να είναι σε θέση να φέρουν τα αυτοκίνητα μαζί με το φορτίο που έχουν. Με λίγα λόγια οι δρόμοι και τα αυτοκίνητα θα πρέπει να συμβαδίσουν με αρμονία.

1.4.2 Ιστορική αναδρομή στα χωματουργικά έργα οδοποιίας

Τα χωματουργικά έργα οδοποιίας, όπως είναι λογικό παρουσιάζονταν και στα αρχαία χρόνια και ιδιαίτερα στους πρώτους δρόμους. Στα πρώτα χρόνια οι δρόμοι ήταν χωμάτινοι και αποτελούνταν κατά κύριο λόγο από μονοπάτια. Η εξέλιξη όμως των πόλεων κατέστησε τους δρόμους αναγκαίους και κατασκευασμένους από λίθους ή πέτρες. Η κατασκευή των δρόμων από λίθους ή πέτρες ήταν μια διαδικασία που για να αντιμετωπιστεί έπρεπε το έδαφος να έχει κάποια ισορροπία. Αυτή η διαδικασία ισορροπίας αποτελεί μια πρώιμη φάση χωματουργικών εργασιών. Μια πρώιμη φάση χωματουργικών εργασιών αποτελούσε και η εκρίζωση και εκχέρσωση και οι διάφορες εκσκαφές για να περάσει από εκείνο το σημείο ο δρόμος αλλά και κάποιες μικρές επιχωματώσεις. Επίσης η απομάκρυνση των εμποδίων είτε αυτές ήταν χωμάτινες είτε βραχώδεις

μάζες νοούνταν ως χωμάτινες εργασίες. Βλέπουμε ότι και στα αρχαία χρόνια υπήρχε ένα είδος χωματουργικών εργασιών.

Με το πέρασμα των χρόνων τα χωματουργικά έργα θα εξελίσσονται και θα προσαρμόζονται στις εκάστοτε συνθήκες και συγκυρίες. Πιο συγκεκριμένα, από τα παλαιά χρόνια μέχρι τα σημερινά θα εφευρίσκονται τρόποι για να έχουν οι χωματουργικές εργασίες μεγαλύτερη απόδοση και να εκτελούνται πιο εύκολα.

Η εφεύρεση των αυτοκινήτων θα αλλάξει ριζικά το σκηνικό. Πλέον οι δρόμοι αποκτούν μια πιο επιστημονική προσέγγιση και η κατασκευή τους είναι πιο αυστηρή. Στο εξής οι δρόμοι πρέπει να μελετώνται να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται με πιο αυστηρές μεθόδους σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια. Το φορτίο των αυτοκινήτων είναι ένα ζητούμενο που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Πρέπει να ανακαλυφθούν τρόποι για να αντιμετωπισθούν τα εκάστοτε προβλήματα. Κατά αυτόν τον τρόπο επηρεάζεται το κεφάλαιο που θα ερευνήσουμε και είναι τα χωματουργικά έργα οδοποιίας. Στο εξής οι χωματουργικές εργασίες θα ήταν ωφέλιμο να εκτελούνται με πιο αυστηρές μεθόδους και με πιο αυστηρές αρχές σχεδιασμού, καθώς οι δρόμοι οφείλουν πολλά ως προς την ανθεκτικότητά τους στα χωματουργικά έργα. Τα χωματουργικά έργα οδοποιίας είτε αυτά είναι επιχώματα είτε αυτά είναι ορύγματα πρέπει να έχουν τις κατάλληλες μηχανικές αντοχές ώστε να υποδεχτούν το οδόστρωμα.

Τα χωματουργικά έργα οδοποιίας δεν εκτελούνταν πάντα με τον ίδιο τρόπο που εκτελούνται σήμερα αλλά η εκτέλεσή τους στηρίζονταν σε ένα απαρχαιωμένο μηχανισμό που για να λειτουργήσει έπρεπε να χρησιμοποιηθεί ένα πλήθος ανθρώπων. Ο άνθρωπος έπρεπε να χρησιμοποιεί γκασμάδες, τσουγκράνες, φτυάρια κ.ά. ο μηχανισμός αυτός ήταν λογικό να καθυστερεί την εκτέλεση τους. Όμως, δεν καθυστερούσε μόνο η εκτέλεση των εργασιών καθώς τα έργα για να εκτελεστούν έπρεπε σε ορισμένες περιπτώσεις να διακόπτονται λόγω της μη δυνατότητας να ακολουθηθεί ένας δρόμος που να διέρχεται μέσα από φυσικά εμπόδια (τα φυσικά εμπόδια τα ξεπερνούσαμε τότε μέσω παρακαμπτήριων δρόμων αυξάνοντας κατά αυτόν τον τρόπο τον χρόνο που χρειάζονταν για φτάσουν στον προορισμό τους) αλλά είχε αμφίβολα αποτελέσματα και χάσιμο χρόνου.

Αργότερα η εύρεση των πρώτων μηχανών εργοταξίου άρχισε να βοηθάει την εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών. Οι πρώτες μηχανές μπορεί να μην είχαν την δυνατότητα των σημερινών αλλά αντικατέστησαν το ανθρώπινο δυναμικό σε σημαντικό βαθμό. Στο εξής τα έργα θα εκτελούνται σε μικρότερα χρονικά διαστήματα και πιο εύκολα ενώ οι δρόμοι θα διέρχονται από δύσβατα τοπία καθώς τα μηχανήματα θα ξεπερνούν τα εμπόδια. Με αυτό τον τρόπο θα εξελίσσεται η εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών και σιγά σιγά με το πέρασμα του χρόνου οι μηχανές όλο και περισσότερο θα βελτιώνονται και θα ευρίσκονται ακόμη πιο εξειδικευμένες που θα εκτελούν συγκεκριμένες εργασίες. Πλέον στις μέρες μας έχουμε στη διάθεση μας έναν υπερσύγχρονο μηχανισμό που αποτελείται από μηχανές όπως φορτωτές που φορτώνουν, διαμορφωτές που διαστρώνουν τα υλικά και ένα πλήθος άλλων μηχανημάτων.

Τέλος χρόνο με τον χρόνο θα εξελίσσονται οι χωματουργικές εργασίες στους τομείς του σχεδιασμού και των κατασκευών στα έργα οδοποιίας. Σε αυτό μπορούμε να πούμε ότι βοηθάει η τεχνολογία.

1.5 ΟΡΙΣΜΟΙ ΟΡΥΓΜΑΤΟΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ

Θα μπορούσαμε για την καλύτερη κατανόηση και λύση του προβλήματος των χωματουργικών έργων να αναπτύξουμε τον ορισμό του εκχώματος επιχώματος που αποτελεί βασικό στόχο των χωματουργικών εργασιών.

1.5.1.1 Ορισμός ορύγματος

Μπορούμε επομένως να ορίσουμε ως όρυγμα τις τομές στο φυσικό έδαφος που βρίσκονται σε χαμηλότερο ύψος από το φυσικό ύψος του εδάφους. Τα ορύγματα δημιουργούνται για να ανταποκρίνονται στο ύψος της μηκοτομής της οδού, σκάβοντας για να φτάσουμε στο συγκεκριμένο ύψος δηλαδή η διαμόρφωση των ορυγμάτων περιλαμβάνει ένα σύνολο χωματουργικών εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν προκειμένου να φτάσουμε στο επίπεδο που επιθυμούμε να είναι το ύψος της μηκοτομής. Οι χωματουργικές εργασίες για την δημιουργία των ορυγμάτων περιλαμβάνουν κατά κύριο λόγο την εκσκαφή δηλαδή την απομάκρυνση του χώματος από το εσωτερικό του την μεταφορά των εδαφικών υλικών, η μεταφορά των υλικών της εκσκαφής γίνεται προς χώρους προσωρινής απόθεσης ή μπορεί να γίνει μεταφορά απευθείας προς τα υπό κατασκευή επιχώματα με τα κατάλληλα μηχανήματα που θα αναπτυχθούν παρακάτω. Επίσης, η κατασκευή των ορυγμάτων περιλαμβάνει ένα σύνολο χωματουργικών εργασιών ή ακόμη και τεχνικών έργων που είναι απαραίτητα προκειμένου να αποκτήσει το όρυγμα την κατάλληλη μηχανική αντοχή. Η μηχανική αντοχή μπορεί να περιλαμβάνει από την στέψη του ορύγματος μέχρι την στήριξη των πρανών που είναι δουλειά των τεχνικών έργων αλλά και των χωματουργικών εργασιών. Επίσης, περιλαμβάνει τις εργασίες για την αποστράγγιση του είτε από τα υπόγεια νερά είτε από τα επιφανειακά.

1.5.1.2. Ζητήματα που καλείται να αντιμετωπίσει ο μελετητής σε ένα όρυγμα

Τα πιο σημαντικά από τα ζητήματα που καλείται να αντιμετωπίσει ο μελετητής αλλά και ο εργοταξιάρχης μηχανικός στο πλαίσιο της κατασκευής ενός ορύγματος είναι η δυνατότητα εκσκαφής του εδάφους των ορυγμάτων, η επιλογή των κατάλληλων μηχανημάτων που θα πραγματοποιήσουν την εκσκαφή, ο αριθμός και η θέση των μετώπων προσβολής, η μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής και οι χώροι προσωρινής αποθέσης, η δημιουργία μέτρων αντιστήριξης στα πρανή και η δημιουργία αναβαθμών η επιλογή των κατάλληλων κλίσεων στα πρανή, τα μέτρα για την απομάκρυνση των όμβριων υδάτων και γενικότερα η απομάκρυνση των υδάτων όταν για παράδειγμα παρουσιάζεται υψηλός υδροφόρος ορίζοντας, τα μέτρα προστασίας επένδυσης και σταθεροποίησης πρανών και τα τεχνικά έργα προστασίας οδοστρώματος και διερχομένων οχημάτων. Όλα αυτά τα ζητούμενα είναι αναγκαία να πραγματοποιηθούν προκειμένου να πετύχουμε την κατασκευή του έργου. Επομένως, το όρυγμα για να θεωρηθεί επιτυχημένο θα πρέπει να τηρεί αυτές τις προϋποθέσεις.

1.5.2 Ορισμός επιχώματος

Από την άλλη πλευρά ορίζοντας το επίχωμα συνειδητοποιούμε ότι είναι κάτι διαφορετικό σε σχέση με αυτά που είδαμε στο όρυγμα. Ως επίχωμα ορίζονται οι τομές του εδάφους μιας υπερυψωμένης κατασκευής που το ύψος της είναι πάνω από το φυσικό ύψος του εδάφους. Με άλλα λόγια ως επίχωμα ορίζεται κάθε υπερυψωμένη κατασκευή που δημιουργείται με διάστρωση και συμπύκνωση κατάλληλων εδαφικών υλικών σε στρώσεις τέτοιου πάχους ώστε με τα μέσα συμπύκνωσης που υπάρχουν να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη συμπύκνωση. Τα επιχώματα διακρίνονται σε αργιλώδη σε γαιώδη και σε βραχώδη ανάλογα με τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένα και σε χαμηλά και ψηλά ανάλογα με το ύψος τους.

Είναι ορατό ότι τα προβλήματα που σχετίζονται με τα επιχώματα είναι τα εξής. Καταρχήν εάν έχουμε επάρκεια στα υλικά για την πλήρωση των επιχωμάτων και αν τα διαθέσιμα υλικά είναι κατάλληλα ή όχι. Επομένως, η εύρεση των υλικών για την κατασκευή του επιχώματος είναι αναγκαία καθώς η φύση του επιχώματος επιβάλει μαζώματα άρα και εύρεση υλικών. Ένα άλλο ζήτημα που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε είναι η διάστρωση των υλικών και η επιλογή των κατάλληλων μέσων για να το πράξουμε. Δηλαδή πως και με ποιο μέσο θα διασκορπίσουμε και θα διαστρώσουμε τα υλικά του εδάφους που έχουμε μεταφέρει από τα ορύγματα ή από τους

αποθεσιοθαλάμους. Το επόμενο θέμα και πιο σημαντικό που πρέπει να επιλύσουμε είναι ο καθορισμός της διαδικασίας και της επιλογής του μηχανισμού συμπύκνωσης δηλαδή πως και με ποια μέσα θα πραγματοποιηθεί η συμπύκνωση. Ακόμη ένα ζήτημα που σχετίζεται με τα επιχώματα είναι ο έλεγχος της συμπυκνωθείσας επιφάνειας του εδάφους δηλαδή να δούμε εάν η συμπύκνωση ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές που έχουν οριστεί. Με τον έλεγχο της συμπύκνωσης αποβλέπουμε στο να δούμε εάν η συμπύκνωση ανταποκρίνεται στις μελέτες ή πρέπει να γίνουν διορθώσεις ώστε να μην οδηγηθούμε σε αστοχίες. Γενικά θα πρέπει να προσέχουμε και να προβλέπουμε τις αστοχίες σε συνιζήσεις και καθιζήσεις. Ακόμη θα πρέπει να γίνεται έλεγχος ευστάθειας έναντι ολίσθησης πρηνών και υπεδάφους. Επίσης θα πρέπει να γίνεται επιλογή του κατάλληλου μηχανισμού αποστράγγισης των υδάτων. Θα πρέπει δηλαδή να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την προστασία του επιχώματος από τα ύδατα είτε τα επιφανειακά είτε τα υπόγεια. Τέλος, ένα άλλο ζήτημα που μας απασχολεί στα επιχώματα είναι η επένδυση των πρηνών καθώς θα πρέπει να έχει την κατάλληλη μηχανική αντοχή και να μην είναι ευάλωτο σε αστοχίες αφού μια κατάρρευσή του θα οδηγήσει σε αστοχία όλο το επίχωμα. Άρα, θα πρέπει να πάρουμε τα κατάλληλα μέτρα για να επενδύσουμε το πρηνές.

1.5.3 Μέτωπο σιράγγων

Τα μέτωπα σιράγγων(μέτωπο εισόδου ή στομίου σιράγγων) αποτελούν μια ειδική κατηγορία γεωκατασκευών. Αν και οι σιράγγες ως κεφάλαιο ανήκει στα τεχνικά έργα ο τομέας της διαμόρφωσης του μετώπου εισόδου και εξόδου ανήκει στα χωματουργικά έργα και μάλιστα παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον. Η σημασία των μετώπων σιράγγων οφείλεται στην σπουδαία θέση που κατέχουν και γι'αυτό οι εργασίες που εκτελούνται θα πρέπει να είναι προϊόν σωστού σχεδιασμού και μάλιστα να παρέχουν διάρκεια στο έργο. Επομένως, απαιτείται ένας σωστός σχεδιασμός και μια σωστή εκτέλεση των εργασιών που σχετίζονται με το μέτωπο των σιράγγων.

Οι σημαντικότερες χωματουργικές εργασίες προς διαμόρφωση των μετώπων των σιράγγων περιλαμβάνουν τις εκσκαφές και τις καθαίρεσεις σε θέση μικρού “υπερκειμένου” τις επιφανειακές εκσκαφές την διαμόρφωση των πρηνών και την επανεπίχωση του μετώπου. Επίσης, στις χωματουργικές εργασίες περιλαμβάνεται η διαμόρφωση και η κατασκευή του στομίου και της εισόδου των σιράγγων με την μέθοδο “cut and cover”. Ακόμη, ένα ζήτημά που μας αφορά είναι η σταθεροποίηση και η αποφυγή των αστοχιών στα ανάντη πρηνή με την βοήθεια αναβαθμών ιλώσεων και αγκυρίων. Τέλος, σε κάθε μέτωπο θα πρέπει να υποστηρίζεται η κατάλληλη μηχανική κατασκευή η οποία θα απομακρύνει το όμβριο νερό. Αν στην περιοχή υπάρχει υπόγειο νερό τότε θα λαμβάνεται μέριμνα μέσω του κατάλληλου μηχανισμού για την απομάκρυνση του.

1.5.4 Χωματουργικές εργασίες σε τοίχους αντιστήριξης

Οι τοίχοι αντιστήριξης είναι ένα έργο που αν και ανήκει στην κατηγορία των τεχνικών έργων οδοποιίας παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον. Οι τοίχοι αντιστήριξης αν και τεχνικό έργο περιλαμβάνει ένα πλήθος χωματουργικών εργασιών που η σημασία τους είναι πολύ σημαντική για το σύνολο του έργου καθώς επιτελούν και εκτελούν ένα σύνολο αποστολών που είναι αναγκαία για την επιτυχία της κατασκευής. Δεν είναι όμως μόνο σημαντικές οι χωματουργικές εργασίες των τοίχων αντιστήριξης αλλά και γενικότερα όλη η κατασκευή των τοίχων αυτών καθώς μας προσφέρουν πολλά θετικά στοιχεία.

Οι χωματουργικές εργασίες που εκτελούν οι τοίχοι αντιστήριξης είναι οι εξής: η εκσκαφή και διαμόρφωση των θεμελίων των τοίχων αντιστήριξης, οι εκσκαφές στα πρηνή πάνω από τον τοίχο-οι εκσκαφές αυτές έχουν σκοπό να προστατεύσουν του τοίχους αντιστήριξης από πιθανές αστοχίες που θα προέλθουν από τα πρηνή, όπως για παράδειγμα από κάποια κατολίπηση που πιθανώς θα χτυπήσει τον τοίχο-τοποθέτηση και πλήρωση του τμήματος πίσω από τον τοίχο

αντιστήριξης με έδαφος και συμπίκνωση αυτού με μέριμνα για την τοποθέτηση στραγγιστηριών ή άλλων μορφών αποβολής του νερού από το εσωτερικό του και τέλος προστασία των εδαφικών επιφανειών από φυτά πίσω από τον τοίχο.

1.6 Κατάταξη εδαφών

Τα εδάφη είναι σημαντικό να τα κατατάξουμε σε ορισμένες κατηγορίες γιατί κάθε κατηγορία εδάφους έχει συγκεκριμένες ιδιότητες και συμπεριφορές. Στην περίπτωση μας τα χωματουργικά έργα λόγω της φύσης τους, ότι το βασικό συστατικό τους είναι το χώμα η έννοια της κατάταξης παίρνει άλλη διάσταση καθώς το έδαφος συμπεριφέρεται διαφορετικά από κατηγορία σε κατηγορία. Η γνώση των ιδιοτήτων της κάθε κατηγορίας των εδαφών είναι σημαντική επειδή πολλές φορές στα έργα οδοποιίας συναντάμε σημεία που πρέπει να χρησιμοποιήσουμε μια συγκεκριμένη κατηγορία εδαφών. Επομένως, για την καλύτερη κατανόηση των χωματουργικών έργων οδοποιίας πρέπει να καταλάβουμε ότι ο διαχωρισμός των εδαφών σε κατηγορίες είναι σημαντικός και αναγκαίος για την επιτυχή έκβαση του έργου. Στο παρακάτω κεφάλαιο θα προσπαθήσουμε να καταλάβουμε πως το έδαφος ανάλογα με την κατηγορία που ανήκει επηρεάζει το έργο που εκτελούμε θα δούμε πως η κάθε κατηγορία του εδάφους συμπεριφέρεται διαφορετικά σε τμήματα του έργου. Σκοπός του παρακάτω κεφαλαίου είναι να καταλάβουμε πόσο σημαντική είναι η κατάταξη των εδαφών καθώς θα δούμε ότι τα διαφορετικά εδάφη ασκούν και διαφορετική επιρροή στο έργο.

1.6.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τα εδάφη ανάλογα με το είδος τους

Τα εδάφη παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τους ως προς τα χαρακτηριστικά τους ανάλογα με την στάθμιση των παραγόντων αυτών συμπεριφέρονται και διαφορετικά. Για παράδειγμα τα εδάφη περιέχουν κόκκους διαφόρων μεγεθών μάλιστα ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες στα χονδρόκοκκα εδάφη και στα λεπτόκοκκα. Πιο συγκεκριμένα, αν η διάμετρος των κόκκων του είναι μεγαλύτερη από 4,76 τα εδάφη ανήκουν στα χονδρόκοκκα αν όμως η διάσταση των κόκκων είναι μικρότερη του 4,76 τα εδάφη ανήκουν στα λεπτόκοκκα. Επομένως, τα εδάφη περιέχουν κόκκους διαφόρων μεγεθών. Μπορούν να έχουν διαφορετική σύσταση σκληρότητα και δομή και γενικώς να έχουν διαφορετική υπόγεια και επιφανειακή δίαιτα.

Ανάλογα με την στάθμιση των παραγόντων αυτών επηρεάζεται και η γενικότερη αντοχή τους έναντι αστοχιών. Πιο συγκεκριμένα, επηρεάζεται η αντοχή τους σε καθιζήσεις συνιζήσεις και ολισθήσεις δηλαδή όλα τα εδάφη κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες δεν συμπεριφέρονται το ίδιο. Για παράδειγμα διαφορετικά συμπεριφέρεται ένα χαλαρό έδαφος όταν έρχεται σε επαφή με το νερό και διαφορετικά όταν έρχεται σε επαφή με το νερό ένα ημιβραχώδες ή γαιώδες έδαφος. Βλέπουμε, ότι από έδαφος σε έδαφος ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του έχουμε και διαφορετική συμπεριφορά έναντι διαφόρων καταστάσεων.

Δεν είναι όμως μόνο οι αστοχίες που επηρεάζονται από το είδος του εδάφους αλλά και η δυνατότητα εκσκαφής. Η ίδια η εκσκαφή ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους μπορεί να γίνει με δυσκολία ή όχι. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι ανάλογα με τις επιτόπου συνθήκες τη γεωμετρία της περιοχής τα διαθέσιμα μέσα και τα χαρακτηριστικά του εδάφους όπως είναι η σκληρότητα η σύσταση και το μέγεθος των κόκκων μπορεί να επιλεγεί και διαφορετικός τρόπος εκσκαφής. Μπορούμε, επίσης, να επιλέξουμε και διαφορετικά μηχανήματα, το τελευταίο επηρεάζεται κυρίως από τα χαρακτηριστικά του εδάφους και την γεωμετρία της περιοχής. Κατ'αυτόν τον τρόπο ένας βράχος δεν μπορεί να απομακρυνθεί από το εργοτάξιο με τα ίδια μηχανήματα που θα γινόταν η απομάκρυνση και η εκσκαφή ενός χαλαρού εδάφους το τελευταίο δεν αποκλείεται αλλά το μηχανήματα θα δυσκολεύονταν να απομακρύνει τον βράχο και

ενδεχομένως να είχαμε καθυστερήσεις και φθορές του μηχανήματος. Κάθε μηχανήμα έχει κατασκευαστεί για την εκσκαφή συγκεκριμένου είδους εδάφους. Ακόμη και η γεωμετρία και οι επί τόπου συνθήκες επηρεάζουν το μηχανήμα που θα επιλέξουμε.

Τα επιχώματα είναι ένας τομέας της οδοποιίας που επηρεάζεται από το είδος του εδάφους και τα χαρακτηριστικά του. Μπορούμε να πούμε ότι η κατασκευή του επιχώματος επηρεάζεται από την στάθμιση των παραγόντων αυτών. Οι παράγοντες αυτοί θα παίξουν σπουδαίο ρόλο στην κατασκευή του επιχώματος. Ο κατασκευαστικός τομέας που επηρεάζεται περισσότερο στα επιχώματα είναι το ύψος του η διάστρωση των υλικών και η συμπίκνωση. Το ύψος του επιχώματος σε κάθε περίπτωση καταρτίζεται από την μηκοτομή. Αυτό όμως που πρέπει να μάθουμε είναι ότι ανάλογα με το ύψος που θέλουμε να κατασκευάσουμε το επίχωμα απαιτούνται και διαφορετικές ομάδες εδαφών. Αυτό συμβαίνει γιατί δεν μπορούν όλα τα εδάφη να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις ενός υψηλού επιχώματος, αφού τα συγκεκριμένα υλικά μπορεί να μην αντέχουν να φέρουν σε πέρας την αποστολή τους. Έτσι, για κάθε ύψος του επιχώματος υπάρχουν συγκεκριμένες ομάδες. Ακόμη, η διάστρωση των υλικών για την κατασκευή του επιχώματος επηρεάζεται από το είδος του εδάφους οπότε, κάθε υλικό ανάλογα με το είδος έχει και διαφορετικούς κανόνες διάστρωσης. Για παράδειγμα διαφορετικό μηχανήμα διαστρώνει τα βραχώδη εδάφη και διαφορετικό τα αργιλώδη. Ακόμη, η συμπίκνωση που θα ακολουθήσει θα επηρεαστεί από το είδος του εδάφους. Στον τομέα του επηρεασμού της συμπίκνωσης περιλαμβάνεται η αναλογία σε νερό στο υπό κατασκευή μίγμα του εδάφους η ενέργεια συμπίκνωσης, οι φορές που θα οδοστρώσει το μηχανήμα συμπίκνωσης την επιφάνεια του επιχώματος και το βάρος και το είδος του οδοστρωτήρα. Πολλές φορές επηρεάζει και η ταχύτητα καθώς υψηλές ταχύτητες συμπίκνωσης μπορεί να μην έχουν ανάλογα αποτελέσματα. Βλέπουμε ότι η συμπίκνωση επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από το είδος του εδάφους. Με λίγα λόγια το επίχωμα επηρεάζεται σε όλους τους τομείς του από τα χαρακτηριστικά και το είδος των εδαφών.

Ενδεχομένως, τα πρηνά να επηρεάζονται από τα χαρακτηριστικά και το είδος του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα, σε ένα πρηνές οι αστοχίες που θα υποστεί εξαρτώνται από το είδος του εδάφους που είναι κατασκευασμένο. Αυτό αφορά τόσο τα φυσικά πρηνά όσο και τα τεχνικά πρηνά. Εύκολα αντιλαμβανόμαστε ότι ανάλογα με το είδος του εδάφους κάποια πρηνά επηρεάζονται και αστοχούν περισσότερο και άλλα επηρεάζονται και αστοχούν λιγότερο. Επίσης, οι εργασίες που πρέπει να κάνουμε για να εξομαλύνουμε αυτά επηρεάζονται από το είδος των εδαφών. Ακόμη και τα μέτρα προστασίας που θα κάνουμε επηρεάζονται από την κατηγορία των εδαφών που έχουμε.

Επομένως, το έδαφος είναι πολύ σημαντικό καθώς αποτελεί το βασικό συστατικό και υλικό των χωματουργικών εργασιών. Άρα, η κατάταξη του και ο διαχωρισμός του σε κατηγορίες είναι σημαντικοί καθώς έχουν γίνει μελέτες σύμφωνα με τις οποίες κάθε έδαφος ανάλογα με την κατάταξη που έχει επιτελεί και συγκεκριμένο στόχο. Πιο αναλυτικά η κατηγοριοποίηση των εδαφών έχει στόχο να κατηγοριοποιήσει τα αποτελέσματα που θα έχουν τα εδάφη πάνω στα χωματουργικά έργα.

Τα εδάφη μπορούν να καταταγούν στις ακόλουθες κατηγορίες ανάλογα με την σύσταση τους, τη δομή τους την σκληρότητα τους και το μέγεθος των κόκκων τους. Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται σε χαλαρά εδάφη, σε γαιώδη ημιβραχώδη και σε βράχους. Ως χαλαρά εδάφη χαρακτηρίζονται οι φυτικές γαίες, η ιλύς η τύρφη και τα λοιπά εδάφη που έχουν προέλθει από επιχωματώσεις με ανομοιογενή υλικά. Ως γαίες και ημιβράχος χαρακτηρίζονται τα χώματα, τα αμμοχάλικα, οι κροκάλες, τα σκληρά και συμπαγή υλικά, ο μαλακός η αποσαθρωμένος βράχος, οι μεμονωμένοι ογκόλιθοι και τα τμήματα συμπαγούς βράχου με όγκο όχι μεγαλύτερο από (0,5)κμ και γενικά τα εδάφη που μπορούν να σκαφτούν αποτελεσματικά. Ως βράχος χαρακτηρίζεται το συμπαγές πέτρωμα που δεν μπορεί να σκαφτεί εάν δεν χαλαρωθεί με εκρηκτικές ύλες χρήση λοστού ή σφηνών. Σαν βράχοι χαρακτηρίζονται επίσης οι ογκόλιθοι ή τα αποσπασμένα τμήματα συμπαγούς

βράχου όγκου όχι μεγαλύτερου του (0.5κ.μ).

1.7 Γενικές εκσκαφές

Πριν την έναρξη των γενικών εκσκαφών πραγματοποιείται καθαρισμός εκρίζωση και εκχέρσωση σε όλη την επιφάνεια εκσκαφής. Ο καθαρισμός συνίσταται στην αφαίρεση της φυτικής γης και λοιπών χαλαρών εδαφών, στην εκχέρσωση του επιφανειακού στρώματος της φυτικής γης, στην εκρίζωση, στην εκθάμνωση και κοπή κάθε είδους δένδρων κορμών ριζών κτλ. Επίσης, πραγματοποιείται η κατεδάφιση τυχόν υπαρχόντων κτισμάτων ή πάσης φύσεως κατασκευών. Όλα τα ακατάλληλα υλικά που προκύπτουν κατά τον καθαρισμό την εκρίζωση την κοπή των δένδρων των κορμών και άλλων και από την κατεδάφιση κτηρίων ερειπίων φρακτών παλαιών οδοστρωμάτων κτλ απομακρύνονται από την περιοχή του έργου στην απαιτούμενη απόσταση και στις κατάλληλες θέσεις της εγκρίσεως της υπηρεσίας. Αντιθέτως, σε περίπτωση που τα επιφανειακά στρώματα της φυτικής γης είναι κατάλληλα για επένδυση πρανών επιχωματώνονται με μέριμνα και ευθύνη του αναδόχου και εναποτίθενται στις θέσεις της επιλογής προκειμένου να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα. Για την προστασία του περιβάλλοντος επιβάλλεται η επαναφύτευση ορισμένων σπάνιων δένδρων. Τέλος, η εκσκαφή της φυτικής γης γίνεται κυρίως με προωθητές αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις η εκρίζωση βασίζεται σε ισοπεδωτές. Η εκρίζωση με λίγα λόγια είναι μια διαδικασία που προηγείται από οποιαδήποτε άλλη χωματουργική εργασία και είναι η απαρχή της όλης εκτέλεσης του έργου άρα είναι σημαντική και αναγκαία.

Η εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών αρχίζει με τις γενικές εκσκαφές. Από την στιγμή που θα έχει γίνει η εκρίζωση και η εκχέρσωση και γενικά θα έχουν πραγματοποιηθεί οι προκαταρκτικές εργασίες ως γενικές εκσκαφές ορίζονται οι εκσκαφές και οι εξορύξεις σε οποιοδήποτε βάθος και πλάτος μεγαλύτερο των 3m. Οι εκσκαφές ανάλογα με το είδος του προς εκσκαφή εδάφους διακρίνονται σε γενικές εκσκαφές χαλαρών εδαφών σε γενικές εκσκαφές γαιών και ημιβράχων και σε γενικές εκσκαφές βράχων. Εδώ πρέπει να τονίσουμε ειδικά για τις εκσκαφές χαλαρών εδαφών δεν υφίσταται θέμα πλάτους και σαν τέτοιες νοούνται και εκείνες οποιοδήποτε πλάτους ακόμη και μικρότερου των 3m. Ο ρόλος των εκσκαφών στα χωματουργικά έργα είναι σημαντικός μιας και τα προϊόντα των εκσκαφών θα χρησιμοποιηθούν αργότερα για επιχώσεις ή για άλλες εργασίες. Τα υλικά που προκύπτουν από τις εκσκαφές κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με τις ιδιότητές τους και την μελλοντική χρήση τους ή όχι. Τα ακατάλληλα υλικά τοποθετούνται σε προβλεπόμενες θέσεις, ενώ τα κατάλληλα συμμετέχουν στην κατασκευή του επιχώματος των αναχωμάτων ή ενσωματώνονται σε οποιοδήποτε άλλο τμήμα του έργου.

Για την εκτίμηση του βαθμού δυσκολίας μιας εκσκαφής χρησιμοποιείται συνήθως ο όρος εκσκαψιμότητα και ορίζεται σαν τη δυνατότητα που παρέχει μια περιοχή για την εκσκαφή σε προκαθορισμένη έκταση και βάθος. Τα κριτήρια που καθορίζουν την εκσκαψιμότητα μιας περιοχής είναι μόνο ποιοτικά, επειδή οι επιμέρους παράγοντες που την επηρεάζουν είναι γενικά μεταβλητοί και δεν περιορίζονται αριθμητικά (π.χ. σύσταση των υλικών, βαθμός αποσάθρωσης του, κερματισμούς, μηχανικός εξοπλισμός). Η κατάταξη της εκσκαψιμότητας των εδαφών γίνεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές κατασκευής που ισχύουν για το κάθε έργο.

Διεθνώς χρησιμοποιούνται διάφορες κατηγορίες για τον σκοπό αυτό, ενδεικτικά παρουσιάζεται η κλίμακα ευκολίας εκσκαφής που χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα στην Βρετανία και κατατάσσει το έδαφος σε 4 κατηγορίες. Στην Ελλάδα τα εδάφη ανάλογα με την φύση τους και την δυσκολία εκσκαφής, κατατάσσονται σε χαλαρά εδάφη, σε γαίες, σε ημιβράχους και σε βράχους. Αυτές οι κατηγορίες αναπτύχθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Πίνακας 1.1 Κλίμακα ευκολίας εκσκαφής

Κατηγορία	Χαρακτηρισμός	Περιγραφή
E	Εύκολα εκσκάψιμα	Χαλαρά εδάφη πχ άμμος λεπτά χαλίκια
M	Μέσης δυσκολίας	Συνεκτικά εδάφη πχ αργιλώδη χαλίκια χαμηλής πλαστικότητας
M-H	Μέσης ως υψηλής δυσκολίας	θραυσμένοι βράχοι χαλίκια με ογκόλιθους
H	υψηλής δυσκολίας	Υλικά που απαιτούν ανατίναξη και σκληρές άργιλοι υψηλής πλαστικότητας

1.8 Αποθήκευση των προϊόντων της εκσκαφής

Τα υλικά ανάλογα με την χρήση τους διαχωρίζονται σε υλικά κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν για επιχώσεις και αναχώματα, υλικά βράχων κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν για επίχωση βράχων, υλικά κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν για αδρανή σκυροδέματος άλλα υλικά κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν σε ειδικά τμήματα του έργου σύμφωνα με τις οδηγίες του εργοταξίαρχη.

Εδώ πρέπει να επισημάνουμε ότι οι κατηγορίες των υλικών αυτών δεν θα πρέπει να υποστούν ανάμιξη γιατί κάθε κατηγορία εκτελεί μία συγκεκριμένη εργασία. Για παράδειγμα στην κατηγορία των βραχωδών επιχωμάτων απαιτούνται μόνο βροχή και κάποια άλλα υλικά για να πληρωθούν τα κενά των βράχων. Άρα κατά την εκσκαφή των βραχωδών ορυγμάτων αυτά θα τοποθετούνται όλα μαζί κατά τρόπο που το μοναδικό υλικό στον χώρο προσωρινής αποθήκευσης να είναι ο βράχος που χρειαζόμαστε. Και στην περίπτωση των αδρανών αν για παράδειγμα προχωρήσουμε εκσκαφή κάποιου ορύγματος και από αυτό το ορυγμα πάρουν κάποια αδρανή τότε τα αδρανή αυτά θα ήταν καλό να τα αποθηκεύσουμε όλα μαζί. Για να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον είτε για επιχωμάτωση είτε για την κατασκευή μιας βάσης και υποβάσης(θα χρειαστεί ενδεχομένως να τα αναζητήσουμε)άρα θα πρέπει να είναι όλα μαζί και απαλλαγμένα από παράσιτα υλικά.

1.9Στραγγιστήρια

Μια από τις βασικότερες αιτίες γαιολισθήσεων είναι η ύπαρξη του νερού, το οποίο με την πίεση που ασκεί στους κόκκους τους απομακρύνει το έναν από τον άλλο και δημιουργεί κενά στο σώμα του πρανούς. Έτσι, έχουμε γαιολισθήσεις που είναι συχνό φαινόμενο στα υψηλά και απότομα πρανή. Το νερό αυτό μπορεί να βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους είτε λόγω των βροχών είτε λόγω των μόνιμων χειμάρρων. Επίσης, το νερό μπορεί να βρίσκεται και υπογείως με την μορφή υπόγειων ρυακιών. Το νερό επομένως, πρέπει να αντιμετωπισθεί. Άρα, απαιτούνται μέτρα προστασίας του εδάφους. Η αποστράγγιση πρέπει να είναι υπόγεια για την απομάκρυνση του

υπόγειου νερού και επιφανειακή για την απομάκρυνση του επιφανειακού. Η αποστράγγιση στον τομέα των χωματουργικών έργων πρέπει να περιλαμβάνει πλην της αποστράγγισης του πρανού και την αποστράγγιση του επιχώματος καθώς το νερό μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα ευστάθειας του επιχώματος και ενδεχομένως να έχουμε κάποιου είδους αστοχία λόγω του νερού στο επίχωμα.

1.9.1 Σκοπός της επιφανειακής αποστράγγισης

Η απομάκρυνση του νερού από την επιφάνεια του πρανού και της στέψης του επιχώματος ή του επιχώματος γίνεται εξαιτίας της κλίσης του πρανού όπου είναι κατακόρυφη προς την μεριά του δρόμου αφού σε άλλη περίπτωση θα συγκέντρωνε το νερό στο οδόστρωμα. Έτσι, θα παρατηρούνταν πλημμυρικά φαινόμενα με αποτέλεσμα την δυσκολία της κυκλοφορίας των οχημάτων. Οπότε, εμείς μέσω των τάφρων που κατασκευάζουμε συγκεντρώνουμε το νερό από τα γειτονικά πρανή και την επιφάνεια του δρόμου στις τάφρους οι οποίες οδηγούν το νερό εκτός δρόμου.

Το νερό όμως δεν δυσκολεύει μόνο την κίνηση των οχημάτων αλλά και την εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών. Είναι φυσικό κατά την εκτέλεση των έργων να απαιτείται απομάκρυνση του επιφανειακού νερού με τα κατάλληλα μέτρα. Οι τάφροι συνήθως είναι προκατασκευασμένοι και μπορούν να τοποθετηθούν και στο σώμα του πρανού αν αυτό είναι αναγκαίο.

1.9.2 Σκοπός της υπόγειας αποστράγγισης

Δεδομένου ότι το υπόγειο νερό είναι κύριος παράγοντας αστάθειας των εδαφών η υπόγεια αποστράγγιση αποτελεί ένα από τα πλέον αποτελεσματικά μέτρα προστασίας. Στα πρανή εάν επιτύχουμε την υπόγεια αποστράγγιση τότε θα μπορούσαμε να τους δώσουμε μεγαλύτερο ύψος και να τα κάνουμε πιο απότομα. Σαν υπόγεια αποστράγγιση νοείται η αποστράγγιση που γίνεται για την απομάκρυνση του υπόγειου νερού καθώς και του διηθούμενου υπόγειου ύδατος. Η αποστράγγιση των υπόγειων υδάτων γίνεται με γραμμικά στραγγιστήρια τάφρους αποστράγγισης και στρώσεις αποστράγγισης.

Τα στραγγιστήρια είναι σωλήνες με διάμετρο 50-60cm που γεμίζουν με άμμο τα στραγγιστήρια έχουν φορά κάθετη προς τον δρόμο και καταλήγουν σε αγωγούς αποβολής του υπόγειου νερού. Μετά την τοποθέτηση των στραγγιστηρίων στο έδαφος και την πλήρωσή τους με άμμο αυτά καλύπτονται στο εσωτερικό του εδάφους από θραυστό υλικό σε στρώματα πάχους ενός έως ενάμιση μέτρου. Οι αποστάσεις των στραγγιστηρίων μπορεί να είναι από δυο έως έξι μέτρα. Σκοπός της πλήρωσης των στραγγιστηρίων με άμμο είναι να μην αφήνει η άμμος το λεπτόκοκκο υλικό του πρανού να εισέλθει μέσα στο στραγγιστήριο και να εμποδίζει την αποστράγγιση του νερού. Όπως, καταλαβαίνουμε και η επίστρωση του στραγγιστηρίου με θραυστό υλικό έχει ανάλογο σκοπό. Ακόμη πρέπει να τονίσουμε κάτι σημαντικό ότι σε κάθε έδαφος προτείνεται και διαφορετική διαβάθμιση για το φίλτρο του σωλήνα αποστράγγισης του υπόγειου νερού.

Τα στραγγιστήρια τοποθετούνται στην άκρη του οδοστρώματος στο σώμα του πρανού. Αυτά τοποθετούνται στις διατομές που είναι κυρίως σε όρυγμα αν η διατομή είναι σε ημιόρυγμα τοποθετούνται από την μια πλευρά που έχουμε το έκχωμα. Επίσης, τα στραγγιστήρια μπορούν να τοποθετηθούν στις κεντρικές νησίδες ενός δρόμου με ή χωρίς φυτοκάλυψη.

Τέλος υπάρχει κίνδυνος καθίζησης. Επίσης, μπορεί να υπάρχει το ενδεχόμενο κάτω από το οδόστρωμα να υπάρχει κίνδυνος καθίζησης λόγω ύπαρξης υπόγειου νερού ή άλλων λόγων. Το πρόβλημα της καθίζησης εξαιτίας νερού μπορούμε να το αντιμετωπίσουμε πολύ απλά με τοποθέτηση των κατάλληλων στραγγιστηρίων τα οποία έχουν την κατάλληλη διάμετρο που διαλέγουμε με βάση την μελέτη που έχουμε κάνει και τα συμπεράσματα τα οποία έχουμε βγάλει.

Στα επιχώματα η τοποθέτηση στραγγιστηρίων δεν είναι απαραίτητη αφού τα έχουμε

κατασκευάσει και έχουμε προσέξει να μην υπάρχει υπόγειο νερό καθώς έχουμε επιλέξει και τα κατάλληλα υλικά που προτείνουν οι μελέτες. Για την κάθε περίπτωση έχουμε βάλει μόνοι μας με την κατασκευή του επιχώματος στρώσεις στράγγισης νερού. Μπορούμε να πούμε ότι δεν υπάρχει κίνδυνος καθίζησης διότι αυτό το απαγορεύουν τα υλικά που έχουμε βάλει. Υπάρχει όμως η περίπτωση να ανέβει κάποια υγρασία από περιοχές που έχουν υψηλό υδροφόρο ορίζοντα αλλά και εξαιτίας της κακής ποιότητας υλικών που έχουμε τοποθετήσει, εάν δεν είχαμε επάρκειά υλικών. Σε αυτή την περίπτωση η τοποθέτηση στραγγιστηρίων στο επίχωμα επιβάλλεται. Αυτά όπως και στα επιχώματα θα έχουν φόρα τέτοια που να είναι κάθετα προς το οδόστρωμα και θα καταλήγουν προς τις τάφρους απομάκρυνσης.

Όταν η στάθμη των χωματουργικών είναι μεικτή, όταν δηλαδή η μια είναι σε όρυγμα και η άλλη είναι σε επίχωμα, τότε τα στραγγιστήρια τοποθετούνται και στις δυο πλευρές. Στα επιχώματα η τοποθέτηση των στραγγιστηρίων επιβάλλονται στην στάθμη της βάσης και της υπόβασης.

Το υπόγειο νερό απομακρύνεται μέσω των στρώσεων στράγγισης, οι οποίες βρίσκονται πάνω από τα χωματουργικά έργα και κάτω από την βάση και την υποβάση, είναι φίλτρα που απομακρύνουν το νερό και το οδηγούν στα στραγγιστήρια ή σε άλλα μέσα απομάκρυνσης του νερού. Οι στρώσεις στράγγισης κατασκευάζονται με σκοπό να προστατεύουν το οδόστρωμα από τα νερά που εισέρχονται μέσω των ρωγμών του οδοστρώματος και έχουν εγκλωβιστεί σ'αυτό και υπάρχει η περίπτωση να το καταστρέψουν τον Χειμώνα με την πήξη και την τήξη. Υπάρχει και η περίπτωση σε περιοχές με υψηλό υδροφόρο ορίζοντα να ανέλθει το νερό λειτουργώντας καταστρεπτικά για το οδόστρωμα. Έτσι, χάρις της στρώσης στράγγισης το οδόστρωμα προστατεύεται από μια ενδεχόμενη άνοδο του νερού.

Η στρώση στράγγισης του πρανούς είναι ένα σημαντικό κεφάλαιο που αξίζει να δούμε πιο αναλυτικά. Η στρώση στράγγισης ενός πρανούς κατασκευάζεται με σκοπό να απομακρύνει το νερό από το πρανές και να το οδηγήσει στις τάφρους απορροής και κατά αυτόν τον τρόπο να εμποδίσει την καταστροφή του πρανούς από την διαδικασία της διάβρωσης.

1.10 Προβλήματα στα χωματουργικά έργα πιο συγκεκριμένα στην κατασκευή των έργων Από πλευράς δυσκολίας

Μπορούμε να πούμε ότι στα έργα οδοποιίας δημιουργούνται αρκετά προβλήματα τα οποία δεν είναι πάντα δυσεπίλυτα. Εμείς θα πρέπει να κινούμαστε έτσι ώστε να λύνουμε τα προβλήματα καθώς σε ορισμένες περιπτώσεις ο δρόμος είναι απαραίτητος να κατασκευαστεί οπότε θα πρέπει να κάνουμε μελέτες και να ελέγχουμε τα δεδομένα που έχουμε και εάν ένα πρόβλημα δεν λύνεται με έναν συγκεκριμένο τρόπο, να επιλέγουμε τον τρόπο που θα μας οδηγήσει στην λύση. Και για την περίπτωση των δύσκολων προβλημάτων θα ήταν σκόπιμο εάν μπορεί να γίνει αυτό να επιλέγονται εναλλακτικά σχέδια. Στα χωματουργικά έργα που θα εξετάσουμε μπορεί να παρουσιαστούν προβλήματα. Θα ήταν σκόπιμο να γίνονται όλες εκείνες οι ενέργειες και οι εργασίες που θα μας δίνουν κάθε φορά την λύση στο πρόβλημά μας. Για παράδειγμα μπορεί σε ένα όρυγμα να υπάρχει πρόβλημα με την ισορροπία του πρανούς τότε θα πρέπει να κάνουμε όλες εκείνες τις ενέργειες για να το λύσουμε. Και σε ένα επίχωμα μπορεί να παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα για παράδειγμα το επίχωμα μπορεί να κληθεί να κατασκευαστεί σε ένα έδαφος που έχει υψηλό υδροφόρο ορίζοντα τότε και σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να κάνουμε όλα εκείνα που απαιτούνται για να λύσουμε το πρόβλημα. Με λίγα λόγια σε ένα χωματουργικό έργο δεν είναι όλα εύκολα και δεν εκτελούνται όλα τα έργα αμέσως αλλά σε κάποια απαιτούνται διαφορετικοί τρόποι πέρα από τους συνηθισμένους.

Από πλευράς χρόνου

Σε κάθε έργο οδοποιίας υπάρχει ένα χρονικό διάγραμμα εκπόνησης. Θα πρέπει να τηρούμε το

διάγραμμα αυτό και να κινούμαστε στο πλαίσιο του. Έτσι και στην περίπτωση των χωματουργικών εργασιών αυτές θα πρέπει να ρυθμιστούν με τέτοιο τρόπο που να ανταποκρίνονται στις μελέτες που έχουν γίνει για τον χρόνο εκτέλεσης. Η τήρηση του χρονικού διαγράμματος στα χωματουργικά θα πρέπει να είναι αυστηρή.

Ορολογία στην οδοποιία

Η παραδοσιακή ορολογία στην οδοποιία περιέχει μία ασάφεια και οδηγεί σε σύγχυση που με την σειρά του οδηγεί σε υποβάθμιση της σημασίας των χωματουργικών έργων. Αναφέρεται ως χωματουργικό έργο το τεχνικό αποτέλεσμα των ενεργειών και των εργασιών που προκύπτει από κατασκευαστικές διεργασίες με κύριο αν όχι μοναδικό συστατικό το έδαφος. Έτσι, τα χωματουργικά έργα οδοποιίας είναι το όρυγμα και το επίχωμα. Οι προαναφερθέντες χωματουργικές διεργασίες, οι εκσκαφές, οι διαστρώσεις, οι επιχωματώσεις οι συμπυκνώσεις λέγονται χωματουργικές διεργασίες. Συχνά, όπως, είναι φυσικό γίνεται σύγχυση μεταξύ χωματουργικών έργων και χωματουργικών εργασιών. Είναι σημαντικό στην σημερινή συγκυρία να μην γίνεται αυτή η σύγχυση καθώς, τα χωματουργικά έργα με αυτόν τον τρόπο υποβαθμίζονται. Άρα, θα πρέπει να ξεχωρίζουμε τις έννοιες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ2

ΟΡΥΓΜΑΤΑ



Εικόνα1: δρόμος σε όρυγμα

2.1 Έισαγωγή στα ορύγματα

Η εκσκαφή των ορυγμάτων παρουσιάζει ενδιαφέρον επειδή τα ορύγματα είναι αναπόσπαστο κομμάτι των χωματουργικών εργασιών και αυτές με την σειρά τους είναι ένα από τα

σημαντικότερα σημεία των έργων οδοποιίας. Τα ορύγματα τις περισσότερες φορές είναι απαραίτητο να κατασκευαστούν για ένα δρόμο καθώς ενδεχομένως το φυσικό ύψος του εδάφους μιας περιοχής από την οποία θα περάσει ο δρόμος να βρίσκεται πάνω από το ύψος της μηκοτομής. Την μηκοτομή την έχουμε καταρτίσει και σχεδιάσει κατά την διαδικασία μελέτης και σχεδιασμού του έργου πριν αρχίσουν οι εργασίες κατασκευής του. Επομένως, η μηκοτομή και το ύψος της σε σχέση με το φυσικό ύψος του εδάφους υπαγορεύουν εάν θα γίνει εκσκαφή ή όχι. Στην περίπτωση που η μηκοτομή βρίσκεται κάτω από το φυσικό ύψος του εδάφους τότε θα γίνει εκσκαφή και απομάκρυνση του εδαφικού υλικού μέχρι να φτάσουμε στο επίπεδο, το ύψος της μηκοτομής και του εδάφους να συμβαδίζουν. Άρα, για να φτάσει ο δρόμος στο ύψος της μηκοτομής πρέπει να προσπελάσουμε αυτό το εμπόδιο. Τις περισσότερες φορές το εμπόδιο αυτό μπορεί να είναι κάποιο εμπόδιο εδαφικής σύστασης όταν πρόκειται για ακατοίκητη περιοχή.

Πολλές φορές ένας δρόμος για να κατασκευαστεί χρειάζεται τόσο τα ορύγματα όσο και τα επιχώματα. Μπορούμε να πούμε ότι και τα δυο είναι το ίδιο σημαντικά και μάλιστα το ένα εξαρτάται από το άλλο. Καθώς τα προϊόντα ενός ορύγματος χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των επιχωμάτων μπορούμε να πούμε ότι το επίχωμα εάν δεν είχαμε τα προϊόντα των ορυγμάτων δεν θα μπορούσε να κατασκευαστεί ή θα μπορούσε να κατασκευαστεί αλλά με υλικά από αλλού. Όμως, θα δημιουργούνταν προβλήματα στην οικονομία του έργου και για το σημείο που θα βρίσκαμε τα υλικά. Άρα, κατανοούμε ότι τα ορύγματα δεν είναι μόνο σημαντικά για να φτάσουμε το ύψος της μηκοτομής αλλά είναι σημαντικά και για τα επιχώματα. Η κατασκευή των ορυγμάτων σήμερα έχει απλοποιηθεί και γίνεται σχετικά εύκολα εξαιτίας του ότι έχουμε στην διάθεσή μας ένα ισχυρό μηχανολογικό εξοπλισμό που αποτελείται από έναν μεγάλο αριθμό μηχανημάτων. Τα μηχανήματα αυτά είναι ισχυρά και εξειδικευμένα. Για παράδειγμα έχουμε άλλο μηχάνημα για την εκσκαφή αργιλωδών εδαφών και άλλο μηχάνημα για την εκσκαφή των πιο σκληρών εδαφών όπως των ημιβραχωδών εδαφών. Στις μέρες μας δεν έχουμε μόνο έναν άριστο μηχανολογικό εξοπλισμό αλλά έχουμε και τις γνώσεις και την εμπειρία που έχουν αποκτηθεί από την ενασχόλησή μας με τα χωματουργικά έργα και τα ορύγματα. Οι γνώσεις και η εμπειρία που έχουμε μας βοηθάνε να κατασκευάσουμε ένα όρυγμα και να αντιμετωπίσουμε τα εκάστοτε προβλήματα. Πλέον μπορούμε να εφαρμόσουμε με βάση την εμπειρία τις γνώσεις μας και την τεχνολογία που έχουμε ένα σύνολο από τεχνικές και εργασίες που θα οδηγήσουν σε ένα όρυγμα που να ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις. Το όρυγμα δεν το σκάβουμε μόνο και το παρατάμε στην τύχη του αλλά για να φέρει σε πέρας την αποστολή του χρειάζεται να εργαστούμε πλην την εκσκαφής και της απομάκρυνσης των προϊόντων αυτής από το εσωτερικό και σε άλλους τομείς. Ένας τομέας πλην της εκσκαφής που χρειάζεται να εργαστούμε για να κατασκευάσουμε ένα όρυγμα είναι τα πρανή. Δηλαδή να καθορίσουμε την κλίση αυτών και να κάνουμε διόρθωση κλίσεων εάν απαιτείται. Επιπλέον, ότι έχει να κάνει με τα πρανή θα πρέπει να το λύσουμε και να κάνουμε ότι είναι απαραίτητο για να δημιουργήσουμε ένα πρανές που δεν θα είναι ευάλωτο σε αστοχίες. Για να κατευθυνθούμε σε μια τέτοια πορεία θα πρέπει να εκτελέσουμε τις ανάλογες εργασίες, όπως είναι οι εργασίες εξομάλυνσης του πρανούς και απομάκρυνσης των ευάλωτων εδαφών. Ακόμη, θα μπορούσαμε να ενισχύσουμε το πρανές με την δημιουργία αναβαθμών όπως επίσης και με άλλες τεχνικές ενίσχυσης των μαζών. Στην κατασκευή ενός ορύγματος θα πρέπει να συμπεριληφθεί και η προστασία του οδοστρώματος από πτώση λίθων. Κάποια μέτρα προστασίας για αποφυγή μιας τέτοιας κατάστασης είναι οι τοίχοι παρίδευσης το πλέγμα προστασίας και ο μεταλλικός φράχτης. Σε ένα όρυγμα εκτός αυτών που είπαμε παραπάνω θα πρέπει να γίνεται σωστή αποστράγγιση και υπόγεια και επιφανειακή για την απομάκρυνση των υδάτων. Η αποστράγγιση είναι πολύ σημαντική τόσο για τα πρανή όσο και για όλο το όρυγμα. Θα πρέπει να γίνεται και κατά την διάρκεια κατασκευής του ορύγματος αλλά και μετά το πέρας των εργασιών. Ακόμη θα πρέπει να το φροντίζουμε κατά τέτοιο τρόπο που η στέψη του ορύγματος να έχει της κατάλληλες

προδιαγραφές για να μην οδηγηθεί σε αστοχίες το έργο.

Με τα παραπάνω διαπιστώσαμε ότι τα ορύγματα είναι πολύ σημαντικά για την οδοποιία. Και η κατασκευή τους είναι ένα ζητούμενο που για να λυθεί και να ανταποκρίνεται στις προσδοκίες μας πρέπει να λύσουμε τα επιμέρους ζητήματα όπως η ισορροπία των πρανών, η αποστράγγιση κ.ά.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει το όρυγμα είναι ο χρόνος αν δηλαδή ανταποκρίνεται στο χρονοδιάγραμμα του έργου. Επίσης, άλλος παράγοντας που επηρεάζει στο όρυγμα είναι ο οικονομικός αυτός ασκεί καθοριστικό ρόλο στην κατάρτιση των σχεδίων, καθώς δεν μπορεί να περάσει ο δρόμος από ένα όρυγμα που για να κατασκευαστεί και να έχει συνάφεια με τα σχέδια θα πρέπει να σκαφτεί σε μεγάλο βάθος, αυτό γίνεται επειδή κάτι τέτοιο δεν μας συμφέρει οικονομικά.

2.2 Εκσκαφές ορυγμάτων

2.2.1 Σημασία της εκσκαφής των ορυγμάτων

Είναι λογικό μετά τον σχεδιασμό ενός ορύγματος να προχωρήσουμε στην κατασκευή του. Η κατασκευή του ορύγματος είναι ένα από τα βασικότερα σημεία των έργων οδοποιίας. Είναι μια αλληλουχία από ενέργειες που πρέπει να γίνουν προκειμένου να πάρουμε το τελικό αποτέλεσμα που είναι το όρυγμα. Το κυριότερο σημείο της κατασκευής ενός ορύγματος είναι η εκσκαφή του. Η εκσκαφή είναι μια εργασία που πρέπει να γίνει με προσοχή και μεθοδικότητα προκειμένου να πάρουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η εκσκαφή χρήζει ανάλυσης και πρέπει να αφιερώσουμε χρόνο καθώς έχει πολλά σημεία που αξίζει να επιμείνουμε καθώς οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν και ο εξοπλισμός που πρέπει να χρησιμοποιηθεί πρέπει να τηρούν κάποιους βασικούς κανόνες. Αν δεν το πράξουμε αυτό μπορεί να εμφανιστούν εμπόδια και προβλήματα. Πριν το ξεκίνημα των εκσκαφών πρέπει να προχωρήσουμε σε βασικές εργασίες που είναι απαραίτητες να γίνουν και ονομάζονται, προκαταρκτικές εργασίες. Οι προκαταρκτικές εργασίες είναι η αποψίλωση η εκχέρσωση των δέντρων και των θάμνων και η κατεδάφιση λοιπών κτισμάτων. Θα ήταν καλό να τις αναλύσουμε καθώς περιλαμβάνονται στις χωματουργικές εργασίες αφού αναμοχλεύουν το έδαφος με τα φυτά και τα δέντρα.

2.2.2 Προκαταρκτικές εργασίες

Η εκσκαφή κατασκευή διαμόρφωση και σταθεροποίηση των πρανών ορυγμάτων αποτελεί το πρώτο ουσιαστικό στάδιο εκτέλεσης χωματουργικών έργων σε ένα εργοτάξιο οδοποιίας. Η διαδικασία της εκτέλεσης των χωματουργικών εργασιών για εκσκαφή των ορυγμάτων αρχίζει κατά το πρώτο στάδιο με την αφαίρεση της φυτικής γης από την ζώνη κάλυψης της οδούς. Ανάλογα με το είδος της βλάστησης και του εδαφικού υλικού η στρώση βλάστησης που αφαιρείται έχει πάχος που κυμαίνεται μεταξύ 20-60cm. Η πρακτική των μελετών οδοποιίας υποδεικνύει συνήθως αφαίρεση της φυτικής γης σε πλάτος 2-3m πέρα του ορίου εύρους κατάληψης. Η επιλογή αυτή θεωρείται λάθος όταν η βλάστηση είναι ανεπτυγμένη και αποτελεί κατά κύριο λόγο μέσο προστασίας έναντι διαβροχής. Η αφαίρεση της φυτικής γης εάν δεν τη πραγματοποιηθεί μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις για το έργο. Το νερό της βροχής θα μαλακώσει το έδαφος και υπάρχει κίνδυνος ολίσθησης. Η μοναδική περίπτωση που επιτρέπεται αφαίρεση της φυτικής γης πέρα από τα όρια που έχουμε θέσει είναι η περίπτωση που έχουμε χαλαρά αποκολλημένα στρώματα που κινδυνεύουν να πέσουν.

2.2.3 Κανονισμοί εκσκαφών

Στην εκσκαφή ο ανάδοχος υποχρεούται να χρησιμοποιήσει τον κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό για τη εμπρόθετη και την έντεχνη εκτέλεση των εργασιών. Ο εξοπλισμός θα πρέπει να είναι σε άριστη κατάσταση λειτουργίας και να συντηρείται σύμφωνα με τις οδηγίες των εργοστασίων κατασκευής. Δηλαδή σε κάθε έργο ο υπεύθυνος της εκτέλεσης των εργασιών είναι

υποχρεωμένος να χρησιμοποιεί μηχανήματα που λειτουργούν άριστα προκειμένου να εκτελούν την εκσκαφή του ορύγματος αλλιώς θα είχαμε χάσιμο χρόνου και χρήματος. Τα μηχανήματα και τα οχήματα θα καλύπτουν τις απαιτήσεις που καθορίζονται από την ελληνική νομοθεσία σε ότι έχει να κάνει με την στάθμη θορύβου την εκπομπή καυσαερίου και τα συστήματα ασφάλειας θα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με πινακίδες μηχανημάτων τεχνικών έργων (ME) και να είναι ασφαλισμένα. Οι χειριστές οδηγοί να διαθέτουν τις προβλεπόμενες από τη κείμενη νομοθεσία άδειες. Αυτό το τελευταίο αν και δεν ανήκει εξ ολοκλήρου στα χωματουργικά έργα πρέπει να το αναφέρουμε γιατί τα μηχανήματα εάν θέλουμε να πραγματοποιήσουμε μια εκσκαφή θα πρέπει να τηρούν ορισμένους κανόνες.

Η εκσκαφή των ορυγμάτων γίνεται σύμφωνα με την μελέτη το έργου. Οι διαστάσεις που φαίνονται στα σχέδια δεν επιτρέπονται να μεταβάλλονται. Εάν όμως κριθεί απαραίτητο κατά την διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών είναι δυνατόν να δοθούν εντολές υπό επίβλεψη για τροποποίηση των γραμμών των πρανών και γενικά των διαστάσεων που φαίνονται στα σχέδια. Όμως, τις περισσότερες φορές αν όχι όλες οι εκσκαφές θα γίνουν σύμφωνα με τις γραμμές, τα πρανή τις κλίσεις και τις διαστάσεις που φαίνονται στα σχέδια των εγκεκριμένων μελετών ή στις γραπτές εντολές του εργοδότη. Πριν την εκσκαφή ο επιβλέπων μηχανικός θα πρέπει να πάρει το υψόμετρο του φυσικού εδάφους αλλά και τα αναγκαία στοιχεία για την πλήρωση των εργασιών.

2.2.4 Βασικές έννοιες για την εκσκαφή

Η δημιουργία ορυγμάτων δια εκσκαφής των εδαφικών σχηματισμών αρχίζει από τα υψηλότερα επίπεδα και κατευθύνεται προς τη σκάφη. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό και κρίσιμο ο υπεύθυνος μηχανικός του έργου να έχει πλήρη εικόνα της κατασκευής των τυχόν μέτρων αντιστήριξης που πρέπει να ληφθούν και των αναβαθμών που πρέπει να χαραχθούν επειδή όταν το επίπεδο εργασίας κατέβει είναι πολύ δύσκολο να επανέλθει σε υπερκείμενες θέσεις του πρανού για εκτέλεση εργασιών. Επιπρόσθετα, επειδή η φάση της εκτέλεσης εκσκαφών παρουσιάζει μεγάλους κινδύνους γεωτεχνικών αστοχιών ο μηχανικός του έργου θα πρέπει να είναι σε θέση σταδιακά και με την πρόοδο των εργασιών να πιστοποιεί την επάρκεια και την ακρίβεια των παραδοχών της μελέτης.

2.2.5 Αποστράγγιση κατά την εκσκαφή

Ένα ακόμη που πρέπει να προσέξουμε κατά την εκσκαφή είναι να αποστραγγιστεί ο πυθμένας του ορύγματος. Οι αποστραγγίσεις θα αφορούν κυρίως το νερό της βροχής. Το νερό αυτό συγκεντρώνεται στα πρανή τα οποία είναι κατηφορικά και το οδηγούν στο σκάμμα του ορύγματος. Αυτό το νερό που συγκεντρώνεται στον πυθμένα πρέπει να απομακρυνθεί αφού εμποδίζει την εκσκαφή. Η απομάκρυνση γίνεται με προσωρινές τάφρους αποστράγγισης. Επομένως, η αποστράγγιση θα πρέπει να έχει σκοπό την προστασία της επιφάνειας του εδάφους από την διάβρωση τη διευκόλυνση στην εκτέλεση των εργασιών εκσκαφής αλλά και άλλων εργασιών που συνδέονται με την εκσκαφή όπως είναι η μετακίνηση των φορτηγών που μεταφέρουν τα προϊόντα της εκσκαφής προς τους χώρους απόθεσης και η εύκολη μετακίνηση των ανθρώπων. Τέλος, πρέπει να τονίσουμε ότι τα συνεκτικά εδάφη δεν πρέπει να διαποτίζονται με νερά.

2.2.6 Ειδική περίπτωση ορύγματος

Στην περίπτωση που οι εκσκαφές γίνονται σε απότομες πλαγιές πρέπει να συνοδεύονται από μελέτη που υποβάλλεται στην υπηρεσία και να αναφέρει τα μέτρα που λαμβάνονται για να προστατευθεί το χαμηλότερο τμήμα του πρανού. Η εκσκαφή αυτή μπορεί για παράδειγμα να δημιουργεί προβλήματα με την πτώση βράχων ή άλλων εδαφικών σχηματισμών. Στην περίπτωση αυτή οι βράχοι λόγω της απότομης κλίσης εύκολα μπορούν να μετακινηθούν από τα ανάντη προς

τα κατάντη του πρανούς. Δεν είναι μόνο οι καταπτώσεις βράχων στα απότομα πρανή αλλά και οι κατολισθήσεις. Μια προσπάθεια εκσκαφής σε ένα απότομο πρανές διαταράσσει την ισορροπία των εδαφικών σχηματισμών και αυτή η αλλαγή σε συνδυασμό με τις μεγάλες βαρυτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται λόγω της απότομης πλαγιάς μας κατευθύνουν εύκολα προς την κατολίπηση. Αν και η προστασία και τα μέτρα που λαμβάνονται από τις κατολισθήσεις και τιςπτώσεις βράχων δεν αφορά τα χωματουργικά έργα πρέπει να αναφερθούν καθώς αποτελούν προϋπόθεση και κανόνα για την κατασκευή του.

2.2.7 Μέθοδοι εκσκαφής ορυγμάτων

Πολλές φορές για την κατασκευή ενός ορύγματος για να περάσει από εκείνο το σημείο ο δρόμος και για να φέρουμε το έδαφος στο ύψος της μηκοτομής απαιτείται και διαφορετικός τρόπος εκσκαφής. Η εκλογή του τρόπου εκσκαφής εξαρτάται από την κατηγορία του εδάφους δηλαδή αν είναι γαιώδης, ημιβραχώδης βραχώδης ή απλό έδαφος. Αν για παράδειγμα είναι βραχώδης επιλέγουμε την εκσκαφή διά εκρηκτικών. Επίσης, η επιλογή του τρόπου εκσκαφής εξαρτάται από την εγκάρσια κλίση του φυσικού εδάφους. Αν για παράδειγμα έχουμε μεγάλη κλίση τότε ο προτεινόμενος τρόπος εκσκαφής είναι αυτός της εγκάρσιας προσβολής. Ακόμη εξαρτάται από το βάθος του εκχώματος, από την διάταξη των στρωμάτων και από τα διαθέσιμα μέσα δηλαδή ποια μηχανήματα διαθέτουμε.

Διακρίνουμε πέντε βασικές μεθόδους εκσκαφής, αν και σε κάθε έργο, η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου μπορεί να προέλθει και από παραλλαγή ή συνδυασμούς των μεθόδων αυτών σύμφωνα με την κρίση του υπεύθυνου μηχανικού.

Εκσκαφή κατά δώματα

Αρχικά σκάπτεται εντομή σε μια πλευρά του ορύγματος μέχρι την επιθυμητή στάθμη, η οποία αποτελεί και την οδό για την μεταφορά των προϊόντων της εκσκαφής, στη συνέχεια η εκσκαφή προεκτείνεται κατά μέτωπο και συγχρόνως κατασκευάζονται δώματα σε αποστάσεις 1.50-3.00 μέτρων, τα οποία αποτελούν άλλες οδούς για την μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής και συναντώνται με τη πρώτη εντομή στην αρχή της εκσκαφής του ορύγματος.

Εκσκαφή κατά στρώματα

Κατά την μέθοδο αυτή που ονομάζεται και μετωπική προσβολή η εκσκαφή πραγματοποιείται σταδιακά κατά οριζόντιες στρώσεις πάχους 2m σε όλο το μήκος και πλάτος της οδού. Τα αυτοκίνητα κινούνται στην κάτω στάθμη της υπό εκσκαφής στρώσης ενώ τα μηχανήματα εκσκαφής τοποθετούνται ανάλογα με το είδος τους. Η εκσκαφή αυτή ονομάζεται και μετωπική. Οι εκσκαφείς ανεστραμμένοι πτύου εδράζονται στην άνω επιφάνεια της στρώσης ενώ οι εκσκαφείς μετωπικού πτύου τοποθετούνται στο ίδιο επίπεδο με τα οχήματα μεταφοράς.

Εκσκαφή κατά βαθμίδες

Το ορύγμα σκάβεται κατά μήκος και κατά πλάτος σε βαθμίδες. Οι βαθμίδες αυτές έχουν ύψος 3-4 μέτρα τα τοιχώματα των βαθμίδων που στον πρόποδά τους φορτώνονται τα προϊόντα της εκσκαφής για να μεταφερθούν στα επιχώματα ή στους αποθεσιοθαλάμους μπορούν να διαθέτουν κάθετη ή πλάγια κλίση προς την κατά μήκος διεύθυνση του ορύγματος.

Εκσκαφή κατά μέτωπο

Το έκωμα σκάβεται κατά μέτωπο σε όλο το πλάτος του ορύγματος.

Εκσκαφή δια εκρηκτικών

Η εκσκαφή δια εκρηκτικών χρησιμοποιείται για να σπάσουμε ή και να χαλαρώσουμε βράχους δηλαδή χρησιμοποιείται συνήθως σε βραχώδη εδάφη. Εκεί όμως που πρέπει να προσέξουμε είναι να μην καταρρεύσουν παρακείμενες κατασκευές. Κατά την μέθοδο αυτή ανοίγουμε μια οπή στο πέτρωμα και τοποθετούμε εκεί μέσα την εκρηκτική ύλη.

2.3 ΠΡΑΝΗ ΟΡΥΓΜΑΤΟΣ



Εικόνα2: πρανές δρόμου

2.3.1 Διαμόρφωση πρανών

Η γενική πορεία της διαμόρφωσης των πρανών παρακολουθείται στην φάση των κύριων χωματουργικών εργασιών και επιχωματώσεων όπου πραγματοποιείται η χονδροειδής μόρφωση των πρανών. Αυτό σημαίνει ότι η κλίση του κάθε πρανούς έστω και κατά προσέγγιση πρέπει να δίδεται είτε στην φάση των εκσκαφών(πρανή ορύγματος) είτε στην φάση των επιχωματώσεων(πρανή επιχωμάτων.)Μετά την ολοκλήρωση των κύριων χωματουργικών εργασιών είναι πολύ δύσκολο να αλλάξει η κλίση της επιφάνειας του πρανούς.

Με άλλα λόγια η κλίση ενός πρανούς σε όρυγμα βασίζεται φυσικά σε μελέτες που στηρίζονται σε διάφορα δεδομένα που έχουμε όπως είναι το είδος του εδάφους, η υπόγεια δίαυτα, το ύψος του πρανούς κ.ά. Έτσι ξέρουμε τι κλίση πρέπει να έχει ένα πρανές. Από τη στιγμή που γνωρίζουμε την κλίση που πρέπει να έχει το πρανές είμαστε σε θέση να το διαμορφώσουμε. Η διαμόρφωση της κλίσης γίνεται με την εκσκαφή κατά την οποία θα κατασκευαστεί το όρυγμα, οπότε αφαιρώντας σιγά σιγά το έδαφος διαμορφώνεται η κλίση που επιθυμούμε. Η διαμόρφωση στηρίζεται στο να αφήνουμε στα άκρα όλο και περισσότερο έδαφος όσο προχωράει η εκσκαφή από τα ανάντη προς τα κατόντη. Εύκολα για ένα όρυγμα καταλαβαίνουμε ότι στο μέγιστο ύψος του είναι πολύ πιο πλατύ και παρουσιάζει το μέγιστο πλάτος του ενώ στον πυθμένα έχει κατά κανόνα το μικρότερο πλάτος που είναι και το ελάχιστο για το όρυγμα.

Αξίζει να αναφερθούμε περαιτέρω στη μόρφωση της κλίσης των πρανών καθώς αυτή αποτελεί

αναπόσπαστο κομμάτι των ορυγμάτων των χωματογενικών εργασιών. Αξίζει να αφιερώσουμε χρόνο για τα πρανή και να πούμε ότι τα πρανή κατά την αφαίρεση του χώματος από το όρυγμα θα πρέπει να αποκτήσουν την τελική τους μορφή δηλαδή θα πρέπει να πάρουν την αναγκαία κλίση πριν η εκσκαφή προχωρήσει στα κατώτερα στρώματα. Σε διαφορετική περίπτωση θα ήταν αδύνατη ή δύσκολη η προσπάθεια του μηχανήματος. Πιο συγκεκριμένα, αν έχουμε ένα μεγάλο όρυγμα και έχουμε προχωρήσει χωρίς να έχουμε διαμορφώσει την κλίση του πρανούς τότε η επαφή με τα ανώτερα στρώματα του ορύγματος είναι αδύνατη όπως και η διαμόρφωση της κλίσης. Οι εργασίες της τελικής μορφώσεως των πρανών των ορυγμάτων ανήκουν στις δευτερεύουσες εργασίες και ακολουθούν την αρχική χονδροειδή μορφή.

Η κλίση των πρανών παρακολουθείται και καταγράφεται είτε με τοπογραφικές μεθόδους είτε με το απλό ειδικό όργανο την μεδίνα. Συνήθως, η τελική μορφώση της επιφάνειας των πρανών γίνεται με την εξωτερική πορεία του κάδου του εκσκαφέα. Όταν η κλίση των πρανών είναι πολύ ήπια είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί και προωθητής. Βλέπουμε λοιπόν κλείνοντας για τα πρανή των ορυγμάτων ότι είναι μία διαδοχική διαδικασία που εάν τηρηθούν οι κανόνες και τηρηθούν οι κατάλληλες κλίσεις θα έχουμε θετικά αποτελέσματα. Το επόμενο βήμα της κατασκευής των ορυγμάτων είναι η συμπύκνωση.

2.3.2 Πρανή ορύγματος- κλίση

2.3.2.1 Επιλογή κλίσης

Μια ενότητα που αξίζει να εξετάσουμε είναι οι παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η επιλογή της κλίσης των πρανών. Μπορούμε να πούμε ότι το θέμα της επιλογής των κλίσεων των πρανών είναι πολύ σοβαρό και αποτελεί τεχνικό αντικείμενο γεωτεχνικής μελέτης. Είναι συνάρτηση του είδους του εδάφους των συνθηκών υπόγειας διαίτας και του ύψους του πρανούς. Μολονότι και άλλοι παράγοντες μπορούν να παίξουν ρόλο στην ευστάθεια του πρανούς. Οι ελληνικοί κανονισμοί προβλέπουν διαμόρφωση κλίσεων σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας ενδεικτικές τιμές κλίσεων πρανών

Κατηγορία εδάφους	Ύψος πρανούς(m)	Κλίση πρανούς υ/β
Συνεκτικά γαιώδη ημιβραχώδη	Μέχρι 2 μέτρα	1 2
Συνεκτικά γαιώδη, ημιβραχώδη	>2m	1 1
Πολύ συνεκτικά, ημιβραχώδη		2 1 έως 10 1
Βραχώδη		
Χαλαρά με κίνδυνο διαβρώσεως		

Οι ελληνικοί κανονισμοί προβλέπουν διαμόρφωση κλίσεων σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, ο οποίος μπορεί να αποτελέσει οδηγό για ήσσονος σημασίας κατασκευές και πρανή μικρού ύψους. Αντίστοιχα διεθνείς αναφορές[30] δίνουν μια πρώτη προσέγγιση για την διαμόρφωση κλίσεων πρανών βραχωδών και γαιωδών ορυγμάτων δεύτερος πίνακας. Οι κλίσεις αυτές αναφέρονται ως μια μέγιστη πιθανή τιμή υπό την προϋπόθεση ομοιογένειας πετρώματος και ικανοποιητικής αποστράγγισης. Σε αντίθετη περίπτωση, μικρότερες τιμές των κλίσεων θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στον γεωτεχνικό σχεδιασμό.

Πίνακας Ενδεικτικές κλίσεις πρανών σε διάφορους σχηματισμούς [30]

πέτρωμα	Ύψος πρανούς			
	h<5m	h=5-10m	h=10-15m	h>15m

γρανίτης	Υγιής	4/1	4/1	4/1	4/1
	Διατετημημένος	2/1	1,5/1	1,5/1	1,5/1
	Αποσαθρωμένος	1,5/1	1,51÷1/1	1/1	1/1
βασάλτης	Υγιής	4/1	4/1	4/1	4/1
	Με διακλάσεις και υλικό πλήρωσης	2/1	2/1	2/1÷1/1	2/1÷1/1
	Αποσαθρωμένος	2/1	2/1	1,5/1	1,5/1
ασβεστόλιθος	Παχυστρωματώδης	2/1	4/1	4/1	4/1
	Υγιής, αντίρροπες διακλάσεις	4/1	2/1	2/1	1,75/1
	Αποσαθρωμένος	2/1	1,75/1	1,75/1	1,75/1
σχιστόλιθος	Σκληρός	4/1	4/1	4/1	4/1÷2/1
	Μαλακός, ρηγματωμένος	2/1	2/1	1,75/1	1/1
Γαιώδη υλικά	Συνεκτικά κροκαλοπαγή	4/1	4/1	2/1	1,75/1
	Συμπαγής άργιλος	2/1	2/1	1,75/1	1,75/1
	Μαλακή άργιλος	1/1	1/1,25	1/1,5	1/1,5
ψαμμίτης	Υγιής	4/1	4/1	4/1	4/1
	Αποσαθρωμένος	4/1	4/1	2/1	2/1÷1,75/1

Παρατήρηση

Όταν το ύψος του επιχώματος ξεπερνάει τα 10 μέτρα τότε απαιτούνται συνεχείς έλεγχοι στο έδαφος και στα εδαφολογικά στοιχεία να δούμε αν το έδαφος του πρανού με την δοθείσα κλίση ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις. Δηλαδή απαιτείται ένας πλήρης έλεγχος ευστάθειας με πραγματικά δεδομένα γεωτεχνικού χαρακτήρα. Για παράδειγμα στην περίπτωση που έχουμε βραχώδη πρανή καλυπτόμενα από επιφανειακό αποσαθρωμένο μανδύα είναι δυνατόν το πρανές να διαμορφώνεται με μεταβαλλόμενη κλίση 1/1 στα πρώτα επιφανειακά στρώματα και 2/1 στο αμιγώς βραχώδες τμήμα.

Ένα άλλο στάδιο που πρέπει να δώσουμε προσοχή είναι η πρακτική της στρογγύλευσης των πρανών στο φρύδι του ορύγματος. Σε περιοχές με σημαντικές βροχοπτώσεις. Η στρογγύλευση των πρανών δημιουργεί περισσότερα προβλήματα χωρίς πρακτικώς να βελτιώνει την ευστάθεια των πρανών.

2.3.2.2Επιλογή ηπιότερων κλίσεων

Η επιλογή της κατασκευής ηπιότερων κλίσεων στα πρανή των ορυγμάτων μπορεί να έχει σκοπό την αύξηση της ορατότητας ή να γίνεται κατά την εκσκαφή των πρανών με σκοπό αυτά να χρησιμοποιηθούν για επιχώσεις. Δηλαδή όταν δεν υπάρχει επαρκές έδαφος για την κατασκευή του επιχώματος τότε επιβάλλεται να προχωρήσουμε στην εκσκαφή των πρανών για την κατασκευή ηπιότερων κλίσεων.

Όπως είδαμε οι κλίσεις των ορυγμάτων είναι σημαντικές. Είναι σημαντικές γιατί μια αστοχία σε ένα πρανές θα δημιουργήσει προβλήματα στην κατασκευή και θα μας αναγκάσει να ξαναφτιάξουμε το έργο το οποίο έχει καταστρέψει το πρανές. Οι κλίσεις βλέπουμε ότι είναι πολύ σημαντικές. Εμείς στα προηγούμενα κεφάλαια δώσαμε να καταλάβουμε πως διαμορφώνονται οι

κλίσεις και είδαμε πως είναι συνάρτηση κάποιων βασικών παραγόντων όπως είναι το είδος του εδάφους των συνθηκών υπόγειας δίκαιας και του ύψους του πρανού. Με τους πίνακες που παραθέσαμε πιο πάνω μάθαμε για κάθε υλικό ανάλογα με το ύψος του την κλίση του. Για παράδειγμα ο υγιής γρανίτης $h < 5$ διαμορφώνεται με ύψος 4%.

Πέρα από αυτό θα ήταν καλό να βάλουμε κάποια όρια στους ελέγχους για παράδειγμα για το κάθε υλικό τότε απαιτείται γεωτεχνικός έλεγχος. Έτσι, για πρανή που ξεπερνούν τα 15 μέτρα απαιτείται πλήρης έλεγχος ενώ για αργιλώδη πρανή ο έλεγχος είναι στα 6 μέτρα. Η εκλογή της κλίσης που εφαρμόζεται στα βραχώδη πρανή ορύγματος είναι συνάρτηση της κατάστασης του πετρώματος της κλίσης των σχηματισμών των κλιματολογικών συνθηκών της περιοχής και της σημαντικότητας του έργου.

2.3.3 Μέτρα προστασίας πρανών

Κάτι ακόμη σημαντικό για τα πρανή είναι οι τρόποι προστασίας έναντι αστοχιών. Ένα πρανές μπορεί εύκολα να αστοχήσει. Η αστοχία του μπορεί να εντοπίζεται σε ένα μικρό του τμήμα ή σε ένα μεγαλύτερο τμήμα. Μπορεί να έχουμε για παράδειγμα μια μεμονωμένη αστοχία βράχου ή να έχουμε μία γενικότερη κατολίσθηση. Η προστασία από τέτοια φαινόμενα είναι σπουδαίας σημασίας, καθώς κάθε αστοχία επηρεάζει όλο το έργο. Εμείς το μόνο που μένει να κάνουμε είναι να βρούμε τρόπους να μειώσουμε ή και να μηδενίσουμε την πιθανότητα αποτυχίας. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να πάρουμε τα κατάλληλα μέτρα που θα αυξήσουν την αντοχή του πρανού. Ένας τρόπος προστασίας αρκετά καλός είναι να αποστραγγίζουμε τα πρανή. Η αποστράγγιση έχει να κάνει και με τα υπόγεια νερά αλλά και με τα επιφανειακά νερά. Επειδή το νερό είναι ένας παράγοντας που ευνοεί τις κατολισθήσεις απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή. Η επιστημονική προσέγγιση για την αποστράγγιση των πρανών είναι η ακόλουθη.

2.3.3.1 Αποστράγγιση πρανών

Κατά τη διάρκεια των εκσκαφών των ορυγμάτων θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα προστασίας των πρανών από την δράση του νερού. Το νερό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο πρανές. Τα προβλήματα μπορούν να είναι συνέπεια του υπόγειου νερού ή μπορεί να είναι συνέπεια του επιφανειακού. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να προχωρήσουμε στην προστασία του πρανού από την δράση του επιφανειακού και υπόγειου νερού.

Για την προστασία των πρανών κυρίως εκείνων που διαμορφώνονται με ισχυρές κλίσεις, προς μείωση των πιέσεων ροής του ύδατος θα πρέπει να προβλεφθούν φίλτρα πρανών σε συνδυασμό με αποστραγγιστικές τάφρους που κατασκευάζονται στην βάση του ορύγματος. Σημαντικά προβλήματα δημιουργούνται όταν η εκσκαφή και η δημιουργία ορύγματος και πρανού διακόπτεται από υπόγεια ροή. Η κατασκευή στην θέση ροής θα πρέπει να γίνεται πολύ αργά και προσεκτικά επειδή ο κίνδυνος αστοχίας είναι μεγάλος. Μέτρα αποστράγγισης και απαγωγής των υπόγειων υδάτων είναι απαραίτητα στις περιπτώσεις αυτές. Ένας ακόμη τρόπος για να αποφύγουμε την αστοχία σε ένα πρανές είναι οι τοίχοι με συρματοκυβώτια.

2.3.3.2 Τοίχοι με συρματοκυβώτια

Οι τοίχοι από συρματοκυβώτια τοποθετούνται σε σημεία του πρανού που υπάρχει ανάγκη. Πιο συγκεκριμένα, όταν υπάρχει ανάγκη να αυξήσουμε την ευστάθεια του πρανού στην περίπτωση που είναι πολύ υψηλό και ευάλωτο σε αστοχίες. Τα συρματοκυβώτια μπορούν να χαρακτηριστούν εύκαμπτα και να ανεχθούν μεγάλες πλευρικές πιέσεις πριν παραμορφωθούν και τελικά αστοχήσουν. Μπορούν επίσης να χαρακτηριστούν ως εύκολα στραγγίσιμα καθώς το νερό διέρχεται εύκολα από το εσωτερικό των δομικών του στοιχείων. Πρέπει να τονισθεί ότι η τοποθέτηση των συρματοκυβωτίων συνδυάζεται με κατάλληλη θεμελίωση αυτών στο έδαφος και

με τοποθέτηση στο εσωτερικό της βάσης του κατάλληλου στραγγιστηρίου. Με λίγα λόγια μπορούμε να πούμε ότι τα συρματοκυβώτια σήμερα είναι αναγκαία σε πολλά έργα οδοποιίας καθώς αυξάνουν την αντοχή του εδάφους. Τα υλικά που το αποτελούν δεν είναι ιδιαίτερα δαπανηρά. Τέλος θα πρέπει να τονίσουμε ότι και στα πρανή των επιχωμάτων όταν κρίνεται αναγκαίο θα πρέπει να τοποθετούνται συρματοκυβώτια.

2.3.3.3 Ενίσχυση της προστασίας του πρανούς

Μια ακόμη μέθοδος προστασίας των οδικών έργων που αφορά τα πρανή είναι η εξής. Τα πρανή μπορούν να αυξήσουν την ευστάθειά τους όταν αφαιρεθεί ένα τμήμα από την κεφαλή του πρανού και γίνει η τοποθέτησή του στον πόδα του πρανού.

2.3.4 Προστασία δρόμου από πτώση βράχων

Θα ήταν σκόπιμο να αναλυθεί και να καταταγεί στα χωματουργικά έργα οδοποιίας η προστασία του δρόμου από πτώσεις βράχων. Είναι απαραίτητο όταν έχουμε βράχους στα πρανή να προστατεύσουμε τον δρόμο από την πτώση αυτών εντός του οδοστρώματος. Θα πρέπει να επιμείνουμε στους τρόπους προστασίας.

Για την προστασία του δρόμου θα πρέπει να απομακρυνθούν αυτοί που συνιστούν κίνδυνο. Ένας τρόπος για να τους απομακρύνουμε από το πρανές είναι με κατάλληλη γόμωση αλλά και με προσοχή για να μην έχουμε καταστροφή και χαλάρωση των παρακείμενων εδαφών από την πραγματοποίηση της έκρηξης. Παρόλα αυτά αν έχουμε χαλάρωση των παρακείμενων εδαφών συνίσταται η απομάκρυνση αυτών από το πρανές. Άλλοι τρόποι προστασίας του δρόμου από ένα βραχώδες πρανές είναι οι τοίχοι παγίδευσης, το μεταλλικό πλέγμα, ο μεταλλικός φράχτης κ.ά.

2.3.4.1 Τοίχος παγίδευσης

Η πτώση βράχων είναι σύνηθες φαινόμενο στα βραχώδη πρανή και πολλές φορές έχουμε καταστρεπτικά αποτελέσματα στο οδικό έργο και στα διερχόμενα μέσα μεταφοράς. Στην περίπτωση πτώσης βράχων μικρών διαστάσεων από τα πρανή μεγάλου σχετικού ύψους κατασκευάζεται όρυγμα στον πόδα του πρανού παράλληλο προς τον άξονα του αυτοκινητοδρόμου ενώ στην εξωτερική πλευρά προς τον αυτοκινητόδρομο θεμελιώνεται τοίχος παγίδευσης. Ο τοίχος αυτός εμποδίζει τους βράχους που πέφτουν να εισέλθουν στο οδόστρωμα.

2.3.4.2 Μεταλλικό πλέγμα

Ένας άλλος τρόπος προστασίας είναι το μεταλλικό πλέγμα που καλύπτει την επιφάνεια του πρανού και χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση κατάπτωσης βράχων μικρών διαστάσεων.

2.3.4.3 Μεταλλικός φράχτης

Ακόμη ένας συνηθισμένος τρόπος προστασίας είναι ο μεταλλικός φράχτης ο οποίος έχει σκοπό να σταματήσει την πτώση των βράχων εντός του οδοστρώματος και χρησιμοποιείται σε ψηλά πρανή τα οποία έχουν απότομη κλίση. Επίσης, όταν έχουμε στενότητα χώρου χρησιμοποιούμε αυτόν τον τρόπο προστασίας. Το πλέγμα αυτό αποτελείται από σύρμα το οποίο είναι πλεγμένο και έχει σκοπό να σταματήσει την πτώση βράχων. Το ύψος αυτής της κατασκευής κυμαίνεται γύρω στα τρία μέτρα. Βλέπουμε ότι η πτώση βράχων μπορεί να σταματήσει με τον έναν ή με τον άλλο τρόπο.

2.4 Βραχώδη πρανή

Τα βραχώδη πρανή των ορυγμάτων διαμορφώνονται με ομαλές επιφάνειες στις προβλεπόμενες από την μελέτη κλίση. Καταρχήν, θα πρέπει να αναφερθούμε στα βραχώδη πρανή καθώς

παρουσιάζουν μία ιδιομορφία. Η ομαλότητα των επιφανειών των βραχωδών πρανών των ορυγμάτων θα είναι τέτοια ώστε κατά την τοποθέτηση στα ενιαίας κλίσης τμήματα του ευθύγραμμου κανόνα μήκους 5 μέτρων κατά οποιαδήποτε διεύθυνση να μην σχηματίζουν μεταξύ της επικαθούμενης επιφάνειας και του κανόνα της επιφάνειας του πρανούς κοιλότητα μεγαλύτερη των 20cm βάθους για ομοιογενή βραχώδη σχηματισμό ή 50cm για μη ομοιογενή σχηματισμό. Ακόμη, θα ήταν σκόπιμο εάν απαντηθούν χαλαροί βραχώδεις σχηματισμοί εκτός των ορίων των εκσκαφών θα πρέπει να αφαιρούνται μετά από εντολή της υπηρεσίας και θα προσμετρούνται σαν κανονικές εκσκαφές. Αυτό γίνεται για να μην έχουμε αποκόλληση του βράχου και κύλιση αυτού προς το έργο. Επίσης, τμήματα ή αιχμές βράχων που διεισδύουν εντός της θεωρητικής διατομής των ορυγμάτων ή επικρεμμώμενα τμήματα που συνιστούν κίνδυνο θα αποκόπτονται (τυπικές εξομάλυνσης με χρήση υδραυλικού σφυριού) αεροσφύρι ή εκρήξεις. Για τα βραχώδη πρανή του ορύγματος αλλά και γενικότερα για όλα τα πρανή εάν διαπιστωθεί ότι υπάρχει ένας εδαφικός σχηματισμός που παρεκκλίνει και δεν ταιριάζει με τον υπόλοιπο εδαφικό σχηματισμό και ενδεχομένως να δημιουργεί προβλήματα θα πρέπει αμέσως να αφαιρείται.

2.4.1 Εκσκαφή σε βραχώδη πρανή

Οι εκσκαφές σε βραχώδη πρανή όπως και οι εκσκαφές διάτρησης σπράγγων ακολουθούν μια ειδική κατηγορία προρηγμάτωσης και χαλάρωσης και εν συνεχεία εκσκαφής με ειδικά μηχανήματα όπως ισχυρούς προωθητές. Για τα βραχώδη πρανή η διαδικασία της προρηγμάτωσης έχει αναφερθεί παραπάνω και ακολουθεί μια διαδικασία που γίνεται κατά κύριο λόγο με δυναμίτη ή χρήση υδραυλικής σφύρας. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε τον δυναμίτη ο βραχώδης όγκος χαλαρώνει με την έκρηξη και το εκρηκτικό κύμα και ο βράχος σπάει σε κομμάτια. Ενώ, στην περίπτωση που χρησιμοποιείται η υδραυλική σφύρα ο βράχος σπάει πάλι σε κομμάτια από την δύναμη. Τέλος και από την στιγμή που έχει προρηγματοωθεί ο βράχος ισχυροί προωθητές αναλαμβάνουν να απομακρύνουν τον βράχο από το σημείο.

2.5 Ορύγμα-Διαμόρφωση πυθμένα

Όταν κατά την προσπάθεια μόρφωσης των επιφανειών του πυθμένα του ορύγματος συναντήσουμε ακατάλληλα υλικά αυτά αφαιρούνται σε βάθος 0,5μ και εν συνεχεία γίνεται αντικατάσταση αυτών με υλικά τα οποία είναι κατάλληλα ώστε να υποδεχτούν το οδόστρωμα. Τα υλικά τα οποία θα λάβουν μέρος στην αντικατάσταση έχουν μέγεθος που κινείται κατά τον μέγιστο κόκκο σε 63,5mm χωρίς πλαστικότητα. Επίσης, κατά την μόρφωση του πυθμένα βραχωδών ορυγμάτων όλα τα χαλαρά ή ασταθή μεμονωμένα τεμάχια βράχων και τα κενά καλύπτονται με κατάλληλα υλικά όπως αυτά ορίστηκαν παραπάνω. Ο πυθμένας των ορυγμάτων θα πρέπει να είναι ομαλός προς όλες τις διευθύνσεις όπως επίσης προς όλες τις κλίσεις του. Στην περίπτωση πυθμένα βραχωδών ορυγμάτων αντί για υπόβαση κατασκευάζεται μια συμπυκνωμένη ισοπεδωτική στρώση μέγιστου πάχους 10cm από υλικό που έχει υποστεί πολλαπλή θραύση.

2.6 Κατολισθήσεις

Είναι σκόπιμο και καλό να γνωρίζουμε περί τον κατολισθήσεων σε ένα πρανές δρόμου τι είναι τότε συμβαίνει και ποιοι παράγοντες συντελούν στο να συμβεί. Μια κατολίσθηση μπορεί να συμβεί εύκολα ή δύσκολα αυτό εξαρτάται από κάποιους παράγοντες και με βάση αυτούς παίρνουμε κάποια μέτρα για την προστασία του δρόμου. Σε κάθε πρανές πρέπει να τονισθεί κάτι σημαντικό ότι ανάλογα με το πρανές ο δρόμος θα πρέπει να προστατευθεί και διαφορετικά. Ενδεικτικά κάποιοι τρόποι προστασίας όπως αναφέραμε παραπάνω είναι η χρήση συρματοκυβωτίων, οι τοίχοι παγίδευσης, το μεταλλικό πλέγμα και ο μεταλλικός φράχτης.

2.6.1 Αίτια κατολισθήσεων

Με τον όρο κατολίσθηση χαρακτηρίζουμε τις διάφορες βαρυτικές μετακινήσεις των γαιών από τα ανάντη προς τα κατόντη. Η κατολίσθηση εκφράζει το αποτέλεσμα μια νέας κατάστασης ισορροπίας που γίνεται εξαιτίας του ανθρώπου ή άλλων εξωτερικών παραγόντων όπως η βροχή και ο άνεμος.

Για να το καταλάβουμε πρέπει να θεωρήσουμε ότι το βάρος του εδάφους αναλύεται σε δύο δυνάμεις την διατμηκή τάση και την διατμηκή αντοχή. Οι δυνάμεις αυτές καθορίζουν αν ένα έδαφος θα παραμείνει στην θέση του ή θα μετακινηθεί η διατμηκή αντοχή, η οποία είναι κάθετη στο πρηνές και η διατμηκή τάση που είναι παράλληλη και τείνει να ξεκολλήσει το έδαφος από την θέση του. Αν η διατμηκή τάση υπερσχύσει της διατμηκής αντοχής έχουμε κατολίσθηση. Η διατμηκή αντοχή καθορίζεται από την εσωτερική τριβή την συνοχή του εδάφους. Αν η διατμηκή αντοχή νικηθεί έχουμε κατολίσθηση. Οι κυριότερες αιτίες κατολίσθησης είναι οι ακόλουθες.

2.6.2 Κλίση πρηνούς

Η κλίση του πρηνούς επηρεάζει τις κατολισθήσεις. Σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο είναι συχνό φαινόμενο και είναι γύρω στο 65% ενώ σε περιοχές με ήπιο ανάγλυφο κινούνται γύρω στο 2.5%. Είναι εμφανές σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο οι κατολισθήσεις να είναι συχνό φαινόμενο. Λέγοντας, κλίση εννοούμε την υψομετρική διαφορά των άκρων ως προς την οριζόντια απόσταση. Οι κατολισθήσεις των πρηνών καθορίζονται από ανθρώπινους παράγοντες ή από φυσικούς. Οι φυσικοί παράγοντες μπορεί να είναι η διάβρωση ενός εδάφους λόγω βροχής ή οι τεκτονικές μετακινήσεις λόγω σεισμού. Στους ανθρώπινους παράγοντες συμπεριλαμβάνονται τα έργα οδοποιίας που μας αφορούν.

2.6.3 Σύσταση και κλίση του πρηνούς

Ένα πρηνές αποτελείται από ένα μείγμα πετρωμάτων και αποσαθρωμένου μανδύα και εδαφών με ποικίλες ποσότητες φυτών και νερού. Όταν το πρηνές δομείται αποκλειστικά από συνεκτικά πετρώματα τότε μπορεί να σχηματίζει έως και κατακόρυφα πρηνή. Κάθε πέτρωμα αποσαθρώνεται σχηματίζοντας έναν μανδύα αποσάθρωσης: φέρει εσωτερικές επιφάνειες ασυνέχειας που όταν η κλίση του είναι ομόρροπη με αυτή του πρηνούς προκαλείται ολίσθηση και συμβάλλει στον σχηματισμό των κορημάτων. Η σταθερότητα αυτών των κορημάτων εξαρτάται από το μέγεθος το σχήμα και την διάταξη των επιμέρους κλαστικών υλικών. Γενικώς, τα κορήματα με μεγάλους γωνιώδεις και ακανόνιστους κόκκους διατεταγμένους χαοτικώς σχηματίζουν πρηνή μεγαλύτερων κλίσεων από τι τα κορήματα με μικρούς αποστρογγυλωμένους κόκκους διατεταγμένους σε παράλληλα επίπεδα.

2.6.4 Νερό

Το νερό είτε είναι επιφανειακό είτε είναι υπόγειο επηρεάζει τις κατολισθήσεις με τον κορεσμό και την φόρτιση των υλικών την υδροστατική πίεση, την αυξομείωση της πίεσης των πόρων, την εσωτερική διάβρωση, τις διαβρωτικές αποσαθρωτικές διεργασίες, την χαλάρωση του πετρώματος κατά μήκος των επιφανειών ασυνέχειας, στην περίπτωση δημιουργίας παγετού κλπ. Το νερό όταν βρίσκεται σε μικρές ποσότητες μέσα στο έδαφος αυξάνει την αντοχή του. Αυτό συμβαίνει διότι με το νερό οι κόκκοι του εδάφους έλκουν ο ένας τον άλλο και επομένως συγκρατούνται οπότε έχουμε αύξηση της συνεκτικότητας του εδάφους. Μεγαλύτερη αύξηση της ποσότητας του νερού δημιουργεί προβλήματα συνοχής στο έδαφος καθώς ο ένας κόκκος του εδάφους απομακρύνεται από τον άλλο.

2.6.5 Σεισμική φόρτιση

Αν έχουμε μη συνεκτικά εδάφη έχουμε προβλήματα διότι δεν αναπτύσσονται δυνάμεις

μεταξύ του εδάφους και έχουμε καταπτώσεις. Επίσης, σε περιοχές με απότομες κλίσεις όταν γίνονται σεισμοί η πτώση λίθων είναι συχνό φαινόμενο.

2.6.6 Πήξη νερού

Κατά την διάρκεια του Χειμώνα μπορεί να προκληθεί σφήνωμα του όγκου του νερού που βρίσκεται μέσα στις ρωγμές και εξαιτίας της θερμοκρασίας να μετατραπεί σε πάγο. Η πήξη του νερού στα πρανή μπορεί να φράξει τους διαδρόμους αποστράγγισης οδηγώντας έτσι σε μια αύξηση της πίεσης του νερού στο πρανές με αποτέλεσμα την μείωση της ευστάθειας.

Οι κατολισθήσεις μπορούν να καταταγούν σε ορισμένες κατηγορίες οι οποίες είναι η πτώση λίθων, οι ολισθήσεις (περιστροφικές μεταθετικές) οι καθιζήσεις και οι συνιζήσεις.

2.6.7 Πτώση λίθων

Με τον όρο πτώση λίθων εννοούμε της αποκολλήσεις βράχων μικρών ή μεγάλων από τα ανάντη προς τα κατόντη ενός πρανού. Οι βράχοι αυτοί συσσωρεύονται στον πόδα του πρανού. Οι πτώσεις οφείλονται σε φυσικά αίτια που χαλαρώνουν τους βράχους από το πρανές και μπορεί να είναι η βροχή, τα πλυμμηρικά φαινόμενα, τα ποτάμια σχηματισμός πρόσκαιρων χείμαρρων, ο άνεμος και οι σεισμοί (συνιστάται σε περιοχές με έντονη σεισμική δραστηριότητα να παίρνονται τα κατάλληλα μέτρα για την αποφυγή των ζημιών). Οι πτώσεις λίθων μπορεί να οφείλονται και στον ανθρώπινο παράγοντα.

2.6.8 Ολίσθηση

Μια άλλη κατηγορία κατολισθήσεων που είναι ευρύτερα γνωστή είναι οι ολισθήσεις που συναντώνται σε δυο μορφές στην περιστροφική και στη μεταθετική. Με τον όρο ολίσθηση ορίζουμε την κίνηση των γαιών από πάνω προς τα κάτω. Η ολίσθηση δεν πραγματοποιείται σε όλη την επιφάνεια της αστοχίας ταυτόχρονα αλλά σιγά σιγά και διαδοχικά. Η ολίσθηση καθώς οδεύει προς τον πόδα του πρανού αυξάνει το μέγεθος της και καταλήγει από ένα μικρό κομμάτι σε ένα ολόκληρο τμήμα.

Η περιστροφική ολίσθηση συμβαίνει σε επιφάνειες που έχουν ομοιογενή υλικά ή είναι επιχώματα. Είναι κυκλοειδής δηλαδή όποτε συμβαίνει η ολίσθηση αυτή η επιφάνεια καταρρέει από μέσα προς τα έξω σχηματίζοντας κύκλους.

Η μεταθετική ολίσθηση ορίζεται και σαν επίπεδη και συμβαίνει όταν έχουμε μια ή δυο ασυνέχειες. Στην επιφάνεια του πρανού οι ασυνέχειες έχουν σαν αποτέλεσμα την κατάρρευση του πρανού που τις περικλείει λόγω μείωσης της αντίστασης στο βάρος του εδάφους. Με λίγα λόγια οι μεταθετικές ολισθήσεις συμβαίνουν σε επίπεδο σχήμα σχηματίζοντας μια σφήνα

2.7 Δευτερεύουσες εκσκαφές

2.7.1 Εκσκαφές θεμελίων τεχνικών έργων

Η εκσκαφή των θεμελίων των τεχνικών έργων αλλά και η εκσκαφή των θεμελίων των τάφρων αποστράγγισης είναι πολύ σημαντική καθώς επιτελεί έναν συγκεκριμένο σκοπό στο να κατασκευάσουμε το τεχνικό έργο. Αυτό σε συνδυασμό με τη μεγάλη και σπουδαία σημασία που έχουν τα τεχνικά έργα για την οδοποιία καθιστά την χωματουργική αυτήν εργασία ιδιαίτερα σημαντική. Μπορούμε να δώσουμε κα ένα παράδειγμα προκειμένου να καταλάβουμε τα παραπάνω. Για παράδειγμα ένας τοίχος αντιστήριξης που κατασκευάζεται έχει την δική του αποστολή και δεν είναι αυθαίρετος αλλά επιτελεί το έργο της συγκράτησης ενός επιχώματος που έχουμε κατασκευάσει κατά την διαδικασία των χωματουργικών. Άρα, ενδεχομένως και κάθε άλλο τεχνικό έργο να είναι σημαντικό καθώς επιτελεί μια συγκεκριμένη αποστολή. Από την στιγμή που τα τεχνικά έργα είναι σημαντικά θα χρειαστεί να τα κατασκευάσουμε. Η κατασκευή όμως

περνάει από ένα στάδιο που έχει σαν κύριο υλικό επεξεργασίας το έδαφος. Αυτό το στάδιο δεν πρόκειται για τίποτα άλλο από την εκσκαφή. Άρα, καταλαβαίνουμε από την στιγμή που έχουμε την επεξεργασία του εδαφών με την μορφή εκσκαφών ότι πρόκειται για χωματουργική εργασία. Στο στάδιο της εκσκαφής για την θεμελίωση των τεχνικών έργων μπορεί να περιλαμβάνονται οι εργασίες για την αύξηση της μηχανικής αντοχής του εδάφους για να υποδεχτεί το έδαφος αφού μπορεί να μην έχει την κατάλληλη μηχανική αντοχή για να αντέξει το βάρος είτε του τεχνικού έργου είτε των φρεατίων. Η αντοχή του εδάφους άμα κριθεί απαραίτητο ότι το έδαφος δεν έχει την κατάλληλη μηχανική αντοχή τότε θα γίνει αντικατάσταση με κάποιο που έχει τη κατάλληλη αντοχή. Εκτός όμως από την κατάλληλη μηχανική αντοχή που πρέπει να έχει θα πρέπει για την θεμελίωση να προχωρήσουμε σε ένα είδος εκσκαφής και διάνοιξης ενός είδους ορύγματος μέσα στο οποίο θα θεμελιωθεί το τεχνικό έργο. Για παράδειγμα μια γέφυρα για να θεμελιωθεί θα πρέπει να προχωρήσουμε στην εκσκαφή. Άρα, βλέπουμε την σημασία των χωματουργικών έργων στην κατασκευή των τεχνικών έργων. Η εκσκαφή θεμελίων τεχνικών έργων(γέφυρες, τοίχοι αντιστήριξης κ.τ.λ.) με επιφάνεια μέχρι 100τετραγωνικά και με πλάτος μέχρι 3 μέτρα.

2.7.2 Εκσκαφές θεμελίων τάφρων

Επίσης, στις χωματουργικές ανήκουν και οι εκσκαφές των τάφρων. Αυτές οι εκσκαφές έχουν να κάνουν με την κατασκευή των τάφρων που απομακρύνουν το νερό από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Πιο συγκεκριμένα, το νερό που πέφτει πάνω στον δρόμο απομακρύνεται από αυτόν λόγω της μικρής κλίσης που έχει αυτός προς την πλευρά των τάφρων, δεν απομακρύνεται το νερό μόνο από την επιφάνεια των τάφρων αλλά και από τα πρανή. Έτσι, το νερό διοχετεύεται μέσω των τάφρων προς τους αγωγούς οι οποίοι το απομακρύνουν από το έργο.

2.7.3 Εκσκαφές σε νησίδες

Τέλος, στις χωματουργικές εργασίες ανήκουν και οι εκσκαφές εντός τριγωνικών νησίδων για την τοποθέτηση κηπευτικού χώματος από την στιγμή που δεν θα έχει πραγματοποιηθεί μαζί με τις υπόλοιπες γενικές εκσκαφές. Επίσης, στις χωματουργικές ανήκουν και οι εκσκαφές σε κεντρικές νησίδες με πλάτος μέχρι 5 μέτρα για την τοποθέτηση κηπευτικού χώματος και από την στιγμή που η εκσκαφή δεν έχει πραγματοποιηθεί μαζί με τις υπόλοιπες γενικές. Σε γενικές γραμμές οι εκσκαφές των θεμελίων των τεχνικών έργων καθώς και οι εκσκαφές των έργων αποστράγγισης δίνονται σε απόλυτο γεωμετρικό περίγραμμα με τον εκσκαφέα. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μικρής έκτασης έργου ή στις κατασκευές τις αστικής οδοποιίας μικρό σκαπτικό. Τέλος, βλέπουμε ότι η εκσκαφή των τεχνικών και των έργων αποστράγγισης είναι αντικείμενο των χωματουργικών εργασιών. Τις περισσότερες φορές τα χωματουργικά έργα στα τεχνικά έργα δεν συναντώνται μόνο με την μορφή εκσκαφών αλλά και με την μορφή άλλων δευτερευόντων εργασιών.

2.7.4 Εκσκαφές-Εμπόδια

Κατά τη διάρκεια των χωματουργικών εργασιών μπορεί να υπάρχει η ανάγκη από τα μηχανήματα να προχωρήσουν στην εκσκαφή κάποιων εδαφικών εμποδίων τα οποία μπορεί να είναι διάφοροι βράχοι διάφορα γαιώδη ημιβραχώδη εδάφη ή κάποια φυτά από δέντρα και θάμνους. Αυτά εμποδίζουν τις εργασίες στο εργοτάξιο όπως την εκσκαφή και θα πρέπει να απομακρυνθούν. Πιο συγκεκριμένα, ο εκσκαφέας μπορεί να εμποδίζεται από έναν βράχο και να μην υπάρχει η δυνατότητα να πάει στο σημείο για να πραγματοποιήσει την εκσκαφή ή μπορεί να υπάρχει η ανάγκη να μεταφέρουμε τα εδάφη μιας εκσκαφής μέσω κάποιου ανατρεπόμενου φορτηγού από το σημείο εκσκαφής στο σημείο απόθεσης και αυτό να μη μπορεί να γίνει. Όμως, δεν εμποδίζονται μόνο οι μεταφορές των υλικών αλλά και ένα σωρό άλλες εργασίες. Επομένως,

υπάρχει η ανάγκη για απομάκρυνση των εμποδίων. Τέλος, για τα εμπόδια σε κάθε περίπτωση κάθε εκσκαφή που θα γίνεται από τον ανάδοχο για τη εξασφάλιση χώρων εκτέλεσης εργασιών ή άλλων χώρων θα περιορίζεται στα εγκεκριμένα από την υπηρεσία όρια. Άρα, καμία εργασία δεν επιτρέπεται να πραγματοποιείται πέρα από τα όρια απαλλοτριώσης.

2.8 Διαχείριση των προϊόντων εκσκαφών

Τα προϊόντα των εκσκαφών των ορυγμάτων ή τα προϊόντα των άλλων εκσκαφών πρέπει να απομακρυνθούν από τον χώρο εκσκαφής. Η απομάκρυνση των προϊόντων είναι αρκετά σημαντική για τα ορύγματα καθώς αυτά τα προϊόντα πρέπει να απομακρυνθούν από το ορύγμα για να συνεχιστεί απρόσκοπτα η εκσκαφή των ορυγμάτων αλλά και γενικότερα η εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών. Τα προϊόντα των εκσκαφών δεν πρέπει να τα απομακρύνουμε απλά από το έργο και να τα αφήσουμε αναξιοποίητα αλλά μπορούμε να τα αξιοποιήσουμε σε ένα σημαντικό βαθμό. Στα χωματουργικά έργα τα προϊόντα των εκσκαφών των ορυγμάτων χρησιμεύουν στην κατασκευή των επιχωμάτων. Τα επιχώματα θέλουν ποσότητες εδάφους για να κατασκευαστούν. Αυτές τις ποσότητες εδάφους τις έχουμε από τις εκσκαφές. Σε ένα δρόμο δεν υπάρχουν μόνο ορύγματα ή μόνο επιχώματα αλλά υπάρχουν και ορύγματα και επιχώματα που μάλιστα εναλλάσσονται το ένα με το άλλο. Άρα, βλέπουμε ότι τα προϊόντα του εδάφους που παίρνουμε από τα ορύγματα μπορούμε να τα αξιοποιήσουμε για την κατασκευή των επιχωμάτων. Πρέπει να επισημάνουμε ότι μια πολύ μικρή ποσότητα από τα προϊόντα των ορυγμάτων χρησιμεύει και για άλλες δευτερεύουσες χωματουργικές εργασίες. Δεν είναι πάντοτε κατάλληλα αλλά μερικές φορές μπορεί να είναι ακατάλληλα για αξιοποίηση. Βλέπουμε, ότι τα προϊόντα εκσκαφής όταν είναι κατάλληλα χρησιμεύουν για την κατασκευή των επιχωμάτων. Όταν, όμως τα προϊόντα των ορυγμάτων είναι ακατάλληλα για αξιοποίηση τότε επιλέγουμε να τα αποθηκεύσουμε μόνιμα σε χώρους μόνιμης απόθεσης. Υπάρχει όμως και η περίπτωση να έχουμε πλεονάζον έδαφος ή να μην μπορούμε να αξιοποιήσουμε αμέσως τότε η απόθεση των προϊόντων γίνεται σε χώρους προσωρινής ή μόνιμης απόθεσης.

Ο γενικός κανόνας της διαχείρισης των προϊόντων των εκσκαφών είναι ότι τα προϊόντα μετά την αφαίρεση των επιφανειακών στρωμάτων της φυτικής γης θα επιλέγονται σύμφωνα με τα εδαφολογικά και φυσικά τους χαρακτηριστικά και θα μετακινούνται προς θέσεις κατασκευής επιχώματος από την στιγμή που είναι κατάλληλα με απλή προώθηση ή με φόρτωση επί αυτοκινήτου. Επίσης, τα προϊόντα των εκσκαφών θα επιλέγονται για να μετακινούνται προς θέσεις οριστικής απόθεσης από την στιγμή που είναι πλεονάζοντα ή ακατάλληλα. Ακόμη, θα επιλέγονται προς θέσεις προσωρινής απόθεσης από την στιγμή που προβλέπεται η ενσωμάτωσή τους στο έργο αλλά κατά την περίοδο της εκσκαφής οι θέσεις ενσωμάτωσης είτε δεν έχουν προετοιμαστεί είτε δεν είναι προσπελάσιμες.

Σαν ακατάλληλα προϊόντα χαρακτηρίζονται τα προϊόντα εκσκαφής των οποίων οι ιδιότητες διαβάθμισης και τα λοιπά γεωτεχνικά χαρακτηριστικά τα καθιστούν ακατάλληλα για εκτέλεση οποιασδήποτε επίχωσης. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται τα ιλυώδη τα οργανικά φυτικά και τα λοιπά υψηλής πλαστικότητας υλικά.

Σαν υλικά κατάλληλα προς αξιοποίηση χαρακτηρίζονται τα προϊόντα εκσκαφής τα οποία έχουν δείκτη πλαστικότητας μικρότερη του 10. Επίσης, τα γαιώδη με δείκτη πλαστικότητας 10 και όλα τα βραχώδη και ημιβραχώδη υλικά. Τα βραχώδη και ημιβραχώδη υλικά όταν είναι κατάλληλα μπορούν να αξιοποιηθούν σαν θραυστά υλικά στην οδοποιία. Στα κατάλληλα υλικά συμπεριλαμβάνονται οι ποσότητες εδαφικής στρώσης για την επένδυση πρανών και την δημιουργία νησίδων και ερισμάτων. Με λίγα λόγια σαν κατάλληλα χαρακτηρίζονται τα υλικά, που μπορούν να αξιοποιηθούν για την κατασκευή επιχώματος όμως βασική προϋπόθεση για να γίνει αυτό είναι τα υλικά να αντέχουν έναντι συνιζήσεων, καθιζήσεων κάτω από το βάρος του

οδοστρώματος. Με λίγα λόγια πρέπει να μην παραμορφώνονται και να μην έχουν μεγάλη πλαστικότητα.

Τα προϊόντα των εκσκαφών κάποιες φορές μπορούν να χαρακτηριστούν πλεονάζοντα. Αυτό μπορεί να γίνει είτε επειδή τα προϊόντα αυτά είναι ακατάλληλα για οποιαδήποτε εργασία είτε επειδή από τις εργασίες που εκτελέσαμε μας έμεινε μια ποσότητα κατάλληλου εδάφους που δεν μπορέσαμε να αξιοποιήσουμε επειδή είχαμε παραπάνω ποσότητα εδάφους από αυτή που χρειαζόμασταν. Αυτά τα πλεονάζοντα προϊόντα κάπου θα πρέπει να τα τοποθετήσουμε, ο χώρος στον οποίο θα τα τοποθετήσουμε ονομάζεται αποθεσιοθάλαμος. Οι χώροι στους οποίους τοποθετούμε τα πλεονάζοντα προϊόντα εκσκαφής χαρακτηρίζονται σαν αποθεσιοθάλαμοι. Στους αποθεσιοθαλάμους απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, αυτό γίνεται γιατί στον χώρο αποθήκευσης των προϊόντων αυτών ενδέχεται κάτω από τις δυνάμεις του βάρους του εδάφους να προκληθεί ολίσθηση και κατολίσθηση του υπεδάφους γι'αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στο έδαφος έδρασης. Και επιπλέον πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι συνθήκες υπόγειας και επιφανειακής διαίτας.

Η καταλληλότητα των προϊόντων εκσκαφής για την κατασκευή επιχώματος θα διαπιστωθεί με εργαστηριακούς ελέγχους κοκκομετρική διαβάθμιση όρια atterberg σύμφωνα με τις μελέτες για επιχώματα. Τα βραχώδη προϊόντα που προορίζονται για επί τόπου παραγωγή θραυστών υλικών για τις ανάγκες του έργου θα ελεγχθούν εργαστηριακά ως προς την υγεία του πετρώματος.

2.9 Μεταφορά προϊόντων εκσκαφής



Εικόνα3: ανατρεπόμενο φορτηγό

Η μεταφορά των προϊόντων είναι εύκολη, γίνεται με τα ανατρεπόμενα φορτηγά. Τα οχήματα μεταφοράς των προϊόντων της εκσκαφής αναλαμβάνουν την μεταφορά και εναπόθεση από το σημείο που σκάβουμε το όρυγμα ή το σημείο που έχουμε αποθηκεύσει προσωρινά το έδαφος προς

το τελικό σημείο που θέλουμε να το διαστρώσουμε. Τα προϊόντα που θα φορτωθούν από το σημείο αυτό θα κατευθυνθούν προς το σημείο εναπόθεσης του προϊόντος εκσκαφής δηλαδή το επίχωμα. Εμείς από την μεριά μας θα πρέπει να ρυθμίσουμε την φόρτωση εκφόρτωση κατά τέτοιο τρόπο που να διευκολύνουμε την όλη διαδικασία. Με αυτόν τον τρόπο θα χρειαστεί να δουλεύσουμε σε μικρότερα χρονικά διαστήματα δηλαδή απαιτείται ένας βέλτιστος συνδυασμός μηχανημάτων με τον οποίο θα κερδίσουμε χρόνο. Δεν είναι όμως μόνο ο χρόνος που θα κερδίσουμε αλλά θα επιτύχουμε και λιγότερο κόστος στο έργο μας. Το όλο γεγονός της ρύθμισης του καλύτερου συνδυασμού των μηχανημάτων δηλαδή αυτών που σκάβουν αυτών που φορτώνουν και αυτών που μεταφέρουν τα προϊόντα της εκσκαφής θα πρέπει γίνει με συνέπεια ώστε να επιτύχουμε το ζητούμενο αποτέλεσμα. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να παραθέσουμε κάποιες έννοιες οι οποίες είναι σημαντικές και η κατανόηση αυτών και η εφαρμογή τους κατά τρόπο που να βελτιώνει την όλη διαδικασία θα λειτουργήσει ευνοϊκά στο έργο που θέλουμε να κατασκευάσουμε.

Ο συντελεστής επιπλήσματος ορίζεται σαν ο λόγος του όγκου του εδάφους που έχουμε προχωρήσει στην εκσκαφή του και συνεπώς έχει χαλαρώσει προς τον λόγο του όγκου του χώματος πριν την εκσκαφή δηλαδή του όγκου που ήταν με βάση την φυσική του συμπίκνωση. Κατά τους υπολογισμούς βελτιστοποίησης των συνθηκών μεταφοράς των προϊόντων της εκσκαφής η τιμή του F που λαμβάνουμε υπόψη είναι ο συντελεστής επιπλήσματος και έχει τιμή που διαμορφώνεται από την σχέση $F=V1/V0$ που αντιστοιχεί στην διόγκωση της μάζας του εδάφους μετά την εκσκαφή. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφέρουμε κάτι που συναντήσαμε στην εξίσωση χωματισμών και είναι το εξής: ότι στην εξίσωση χωματισμών θα πρέπει να συνυπολογισθεί η μείωση του όγκου συνίχισης που θα υποστούν τα προϊόντα εκσκαφής κατά την συμπίκνωση του επιχώματος λόγω της συμπίκνωσης και μια ελαττωμένη τιμή θα υπεισέλθει στους υπολογισμούς η $F2=V2/V0$. Με τον όρο συνίχιση εννοούμε κατά κάποιο τρόπο την συμπίκνωση του εδάφους σε σχέση με αυτή την συμπίκνωση που βρίσκονταν στην φυσική του κατάσταση. Δηλαδή πριν την εκσκαφή και την μεταφορά στον χώρο απόθεσης για την κατασκευή του επιχώματος. Σαν συμπίκνωση μπορούμε να παραθέσουμε και τον εξής ορισμό ότι είναι ο λόγος της συμπεκνωμένης μάζας προς τον λόγο της μάζας στην φυσική του συμπίκνωση. Οι τιμές του συντελεστή επιπλήσματος κινούνται πάντα πάνω από την μονάδα. Αυτό γίνεται επειδή ένα έδαφος από την στιγμή που έχει σκαφτεί θα έχει περισσότερο όγκο από τότε που βρίσκονταν στην φυσική του συμπίκνωση. Αυτό συμβαίνει γιατί με την εκσκαφή χαλαρώνουν οι δυνάμεις που συγκρατούν το έδαφος. Από την άλλη ο συντελεστής συνίχισης μπορεί να έχει τιμή ή κάτω από την μονάδα ή πάνω από την μονάδα αυτό συμβαίνει γιατί η συμπίκνωση για την κατασκευή του επιχώματος μπορεί είτε να είναι μεγαλύτερη από την φυσική είτε μικρότερη.

Έχοντας υπολογίσει τον συντελεστή επιπλήσματος και τον συντελεστή συνίχισης μπορούμε με βάση κάποια δεδομένα να οδηγηθούμε στον χρόνο που κάνει να φορτωθεί ένα φορτηγό με ανατροπή. Αυτό εάν το πετύχουμε θα είναι σημαντικό καθώς θα καθορίσουμε με βάση την μελέτη και τα δεδομένα που έχουμε το χρόνο που κάνει το μηχάνημα να φορτώσει το φορτηγό. Με βάση κάποια δεδομένα που γνωρίζουμε και είναι η απόδοση του εκσκαφέα την οποία θα θέσουμε ως V όπου V είναι η ωριαία απόδοση του μηχανήματος και N οι κύκλοι εργασίας του κάδου. Έτσι, γνωρίζοντας την απόδοση του εκσκαφέα και τους συντελεστές $F1$ και $F2$ μπορούμε να θέσουμε τα θεμέλια για να οργανώσουμε καλύτερα το εργοτάξιο και να μην καθυστερήσουμε σε φόρτωμα ξεφόρτωμα.

Είμαστε έτοιμοι να προχωρήσουμε σιγά σιγά για να προγραμματίσουμε καλύτερα τις εργασίες. Αρχικά, θα υπολογίσουμε πόσο όγκο δίνει ο κάθε κύκλος εργασίας εκσκαφέα στο φορτηγό. Αυτό θα το πράξουμε με τον τύπο $V1=V/N1$ όπου V είναι η ωριαία απόδοση του εκσκαφέα σε m^3/h , δηλαδή V είναι η συνολική ποσότητα εδάφους σε όγκο που μπορεί να φορτώσει ο εκσκαφέας σε μια ώρα επί αυτοκινήτου και N οι κύκλοι εργασίας που πετυχαίνουν την

συγκεκριμένη απόδοση. Το V_1 είναι ο κάθε κύκλος εργασίας πόσο όγκο εδάφους δίνει επί του αυτοκινήτου. Στην συνέχεια, θα δούμε αν τα αυτοκίνητα έχουν χωρητικότητα v , τότε κάθε αυτοκίνητο φορτώνεται σε n κύκλους εργασίας του κάδου, όπου $n=V_1/v$. Ένας πρώτος στόχος είναι ο αριθμός n να είναι ακέραιος πράγμα που μειώνει σημαντικά τις καθυστερήσεις. Ο χρόνος πλήρωσης του αυτοκινήτου είναι $t_1=n/N_1$ σε ώρες.

Στην συνέχεια αν t_2 ο χρόνος μεταφοράς αποφόρτωσης και επιστροφής ο συνολικός χρόνος ενός κύκλου εργασίας υπολογίζεται από την σχέση $t=t_1+t_2$

Κάθε αυτοκίνητο πραγματοποιεί $1/t$ διαδρομές σε μια ώρα και μεταφέρει $v/t=(n*V_1/t)$ προϊόντα εκσκαφής. Ο αριθμός των αυτοκινήτων που θα χρειαστεί για να μεταφέρει το σύνολο της ωριαίας απόδοσης του εκσκαφέα είναι $N_2=V*t/n*v_1=N_1*v_1*t/n*V_1=N_1*t/n_1=t/t_1=(1+t_2/t_1)$

Σε κάθε στιγμή με αυτές τις δοκιμές που πραγματοποιήσαμε υπάρχει ένα αυτοκίνητο υπό φόρτωση και t_2/t_1 αυτοκίνητα τα οποία κινούνται στο εργοτάξιο. Εάν τώρα θέλουμε να μειώσουμε τα αυτοκίνητα τα οποία κινούνται θα πρέπει να μειώσουμε το t_1 πράγμα που σημαίνει αυτοκίνητα με μεγαλύτερη χωρητικότητα.

Τέλος, είδαμε κάτι σε αυτή την ενότητα που αξίζει να αναφέρουμε πως εμείς μπορούμε να οργανώσουμε καλύτερα το εργοτάξιο στο θέμα της εκσκαφής και μεταφοράς. Αυτό που είδαμε είναι μέσω ενός συντελεστή φτάνουμε στο σημείο να γνωρίζουμε πόσα αυτοκίνητα μπορούν να κινηθούν σε ένα εργοτάξιο για μια δεδομένη χρονική στιγμή. Επίσης, είδαμε πόσος χρόνος αντιστοιχεί στο φόρτωμα. Έτσι με αυτόν τον τρόπο γίνεται καλύτερα η οργάνωση του εργοταξίου.

Είδος εδάφους	Αρχικός συντελεστής F_1	Τελικός συντελεστής F_2
Φυτική άμμος	1,10-1,15	0,95-1,05
Αμμοχάλικα	1,5-1,120	1,0—1,10
Αργιλικά εδάφη	1,25-1,35	0,9-1,10
Μαργαικά εδάφη	1,35-1,40	0,9-1,10
Κερματισμένος βράχος	1,3-1,40	1,05-1,20
Συμπαγής βράχος	1,40-1,65	1,15-1,35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ



Εικόνα4: δρόμος σε επίχωμα

3.1 Δομή επιχώματος

Τα επιχώματα διακρίνονται σε γαιώδη που κατασκευάζονται με διάστρωση και συμπύκνωση γαιώδους υλικού και σε βραχώδη που κατασκευάζονται με διάστρωση και συμπύκνωση βραχωδών εδαφικών υλικών και σε αργιλώδη.

Τα επιχώματα αποτελούνται από τα τμήματα που δίνονται στον κάτω πίνακα

Πίνακας 3.1 Τμήματα επιχωμάτων (από ΤΣΥ, Εναντία οδός α.ε.,1988)

	Όνομασία	Γαιώδη επιχώματα	Βραχώδη επιχώματα
1	ΘΕΜΕΛΙΟ	Το τμήμα που βρίσκεται κάτω από την αρχική του εδάφους κατόπιν της εκρίζωσης και εκχέρσωσης και απομάκρυνσης των ακατάλληλων υλικών ώστε να στερεωθεί το επίχωμα στο έδαφος και επιπλέον	Τα πρώτα 0,3m του επιχώματος και το τμήμα κάτω από αυτό μετά την απομάκρυνση των ακατάλληλων υλικών όπως τα δένδρα κ.ά.

		στρώση πάχους 0,3m πάνω από την επιφάνεια του φυσικού εδάφους	
2	ΠΥΡΗΝΑΣ	Το τμήμα του επιχώματος μεταξύ θεμελίου και στέψης	Το τμήμα του επιχώματος μεταξύ θεμελίου και μεταβατικού τμήματος
3	ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ		Το τμήμα εκείνο που η διαβάθμιση του υλικού των στρώσεων που το αποτελούν πληρούν ορισμένες απαιτήσεις (φίλτρο) για την αποφυγή διεύθυνσης του υλικού της στέψης στο υποκείμενο βραχώδες τμήμα, το πάχος του είναι 1m, εκτός αν ορίζεται διαφορετικά από τα λοιπά συμβατικά τεύχη.
4		Το μέρος του επιχώματος κάτω από την στρώση έδρασης ή θεμελίωσης του οδοστρώματος	Το επίχωμα πάνω από το μεταβατικό τμήμα όπου αποτελεί το έδαφος έδρασης του οδοστρώματος

3.2 Υλικά επιχώματος

Ένα από τα πιο σημαντικά σε ένα επίχωμα είναι η εύρεση των υλικών για την κατασκευή του. Καθώς σε ορισμένες περιπτώσεις το επίχωμα ενδέχεται να έχει αρκετό ύψος. Επομένως, πρέπει να μελετηθεί πιο διεξοδικά η εύρεση των υλικών τα οποία θα πρέπει να είναι και κατάλληλα ώστε να μην παρατηρηθούν αστοχίες που θα οδηγήσουν στην καταστροφή του έργου που θα έχουμε πραγματοποιήσει. Μπορούμε να πούμε ότι η κατασκευή ενός επιχώματος είναι δύσκολη όταν δεν έχουμε τα κατάλληλα υλικά σε αυτό εάν σταθμίσουμε και τη δυσκολία που θα συναντήσουμε από την μεταφορά των υλικών για επίχωση οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η κατασκευή ενός επιχώματος είναι αρκετά σύνθετο πρόβλημα και είναι στάθμιση πολλών παραγόντων όπως είναι το ύψος του επιχώματος η εύρεση των υλικών, η μεταφορά αυτών η τοποθέτηση και η διάστρωση. Ακόμη η συμπύκνωση αυτών είναι ένα βήμα για την κατασκευή και τελική διαμόρφωση του επιχώματος.

Η εύρεση των υλικών του επιχώματος είναι μια διαδικασία που στηρίζεται κατά κύριο λόγο στο ορύγμα, και στην χρησιμοποίηση των προϊόντων που παίρνουμε με την εκσκαφή από τα ορύγματα. Η κατασκευή ενός δρόμου δεν έχει μόνο εκχώματα ή μόνο επιχώματα αλλά σε έναν δρόμο με φυσιολογικές συνθήκες υπάρχουν και επιχώματα και ορύγματα που μάλιστα μπορεί να εναλλάσσονται το ένα με το άλλο. Έτσι, δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες για μια εξίσωση χωματισμών ανάμεσα στα επιχώματα και τα ορύγματα, μια εξίσωση η οποία θέλει τα προϊόντα εδάφους που παίρνουμε από τα ορύγματα να τα χρησιμοποιούμε για την κατασκευή των επιχωμάτων. Έτσι, γίνεται μια εναλλαγή ανάμεσα στα επιχώματα και στα ορύγματα με εναλλαγή

μπαζωμάτων και εκσκαφών του εδάφους. Πιο αναλυτικά, τα προϊόντα εκσκαφής μπορούμε να τα αποθηκεύσουμε ακόμη και σε αποθεσιοθαλάμους ή να τα εναποθέσουμε κατευθείαν στο επίχωμα που θέλουμε να κατασκευάσουμε, δηλαδή αν το έδαφος είναι πάνω από την μηκοτομή σημαίνει ότι πρέπει να προχωρήσουμε σε εκσκαφή για να φέρουμε το ύψος του εδάφους στο ύψος της μηκοτομής. Έτσι, προκύπτει ποσότητα υλικών τα οποία μελετώνται και αν είναι κατάλληλα χρησιμοποιούνται για επίχωση. Μια εξαίρεση που αξίζει να αναφερθεί είναι η περίπτωση που οι εγκάρσιες κλίσεις του φυσικού εδάφους είναι έντονες(ορεινές) περιοχές, οι διατομές σε επίχωμα θα πρέπει να αποφεύγονται γιατί παρουσιάζουν κίνδυνο ολίσθησης ένας τέτοιος σχεδιασμός μπορεί να οδηγήσει σε περίσσεια όγκου προϊόντος εκσκαφών. Αξίζει να σημειωθεί ότι αν και ο βασικός προμηθευτής εδάφους των επιχωμάτων είναι τα ορύγματα, εμείς χρησιμοποιούμε για την κατασκευή των επιχωμάτων και τα εδάφη που προέρχονται από άλλες εκσκαφές, όπως είναι οι εκσκαφές σηράγγων οι εκσκαφές σε πρανή, οι εκσκαφές από δανειοθαλάμους κ.ά. Η χρησιμοποίηση υλικών από δανειοθαλάμους μπορεί να γίνει στην περίπτωση που τα προϊόντα που παίρνουμε από τα ορύγματα δεν είναι κατάλληλα ή δεν έχουμε επάρκεια υλικών για να πραγματοποιήσουμε τις επιχωματώσεις. Επίσης, στην περίπτωση που δεν είναι δυνατός ο συντονισμός των εργασιών ορυγμάτων επιχωμάτων μπορούμε να ανατρέξουμε σε προμήθεια υλικών από δανειοθαλάμους.

3.2.1 Υλικά γαιώδους επιχώματος

Η επιλογή των υλικών με τα οποία κατασκευάζονται τα επιμέρους τμήματα ενός επιχώματος καθώς επίσης και ο βαθμός συμπίκνωσης τους γίνεται με βάση τον ΠΤΠΧ-1. Η κατηγοριοποίηση των υλικών, ό,τι έχει να κάνει με την καταλληλότητα χρήσης τους στα επιμέρους τμήματα των επιχωμάτων, στηρίζεται στην κατάταξη των εδαφικών AASHTO.

Πιο συγκεκριμένα η κατάταξη των εδαφών δίνεται στον παρακάτω πίνακα. Στην κατάταξη κατά AASHTO διακρίνουμε 7 κύριες ομάδες και 8 υποομάδες, όπως φαίνονται και στον πίνακα όπου δίνονται οι κυριότεροι τύποι υλικών που αντιστοιχούν σε κάθε ομάδα, καθώς επίσης και μια εκτίμηση της καταλληλότητας τους ως υλικά υπεδάφους των επιχωμάτων.

Σύμφωνα με τον ΠΤΠ Χ-1 τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στα διάφορα τμήματα θα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από επιβλαβή οργανικά υλικά(φύλλα χλόης, ρίζες βορβορώδης ύλης κ.ά.) και υλικά που ανήκουν στην ομάδα A-5 δεν θα πρέπει να περιέχουν γη διατομών. Παρακάτω παρουσιάζονται βάση της κατάταξης AASHTO και της ΠΤΠ Χ-1 οι κατηγορίες των υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε επιχώματα ύψους 15>μετρα και 15< μέτρα καθώς επίσης και οι απαιτήσεις συμπίκνωσης των υλικών.

Κατάταξη κατά (ΠΤΠ Χ-1,1996)

Για ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ>15ΜΕΤΡΩΝ Συμπυκνώνουμε κατά 90% της μέγιστης πυκνότητας και χρησιμοποιούμε τις παρακάτω ομάδες A-1, A-2-4, A-2-5, A-3.

Για ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ<15 ΜΕΤΡΩΝ χρησιμοποιούμε τις ομάδες A-1, A-2-4, A-2-5, A-3 Συμπυκνώνουμε με 90% της μέγιστης πυκνότητας

Για υπεδάφη A-1, A-2-4, A-2-5, A-3

Πίνακας 3.3 κατάταξη εδαφών κατά την AASHTO

Γενική κατάταξη	Κοκκώδη υλικά(35% ή λιγότερο διερχομένου από το κόσκινο No 200)							Ιλυοαργιλώδη υλικά(περισσότερα) του 35% διερχομένου από το κόσκινο No >200	
Ομάδες	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5
	A-1-α	A-1-β		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7		
Κοκκομετρική ανάλυση% ποσοστό διερχόμενο από									
Κόσκινο No 10	50max	-		-	-	-	-	-	-
Κόσκινο No 40	30max	50max	51max	-	-	-	-	-	-
Κόσκινο No200	15max	25max	10max	35max	35max	35max	35max	36min	36min
Χαρακτηριστικός κλάσματος εδάφους									
όρια υδαρότητας	-	-	40max	40max	41min	40min	41min	40max	41min
Δείκτης πλαστικότηταςPI	6 max	NP	10max	10max	10max	10min	11min	10max	10max
Δείκτης ομάδας IG	0	0	0	0	0	4max	4max	8max	12max
Συνηθισμένη τύποι υλικών	Λιθοσυντρίμμια χαλίκια και άμμος		Λεπτή άμμος	Ιλυώδη ή αργιλώδη χαλίκια και άμμοι				Ιλυώδη εδάφη	
Καταλληλότητα σαν υπέδαφος	Εξαιρετική ως καλή					Μέτρια έως καλή			

Γενική κατάταξη	Ομάδες	Κοκ. ανάλ	Κοσκ No10	Κοσ No40	Κοσ No200	Χαρ. Κλσμ	Όριο υδαρ	Δεικτ πλ	Δεικτ ομδIG	
Ιλυοαργιλώδη υλικά	A-6		-	-	36min		40max	11min	16max	
	A-7 A-7-5 A-7-6		-	-	36min		41min	11min	20max	

Περιγραφή των ομάδων κατάταξης

ΟΜΑΔΑ A-1

Μίγμα με καλή διαβάθμιση λιθοσυντριμμίων ή χαλικιών χονδρόκοκκης άμμου λεπτόκοκκης άμμου χωρίς ή με λίγη πλαστική εδαφική συνδετική ύλη. Επίσης, περιλαμβάνει χαλίκια λιθοσυντρίμμια χονδρόκοκκη άμμο κτλ χωρίς συνδετική ύλη.

Υποομάδα A-1-α

Περιλαμβάνει υλικά από λυθοσυντρίμμια ή χαλίκια με ή χωρίς καλά διαβαθμισμένη εδαφική συνδετική ύλη.

Υποομάδα A-1-β

περιλαμβάνει υλικά από χονδρόκοκκη άμμο με ή χωρίς καλά διαβαθμισμένη εδαφική συνδετική ύλη.

ΟΜΑΔΑ A-3

Το τυπικό υλικό της ομάδας αυτής είναι η λεπτόκοκκη θαλάσσια άμμος χωρίς ιλυώδες ή αργιλώδες λεπτόκοκκο υλικό ή με πολύ μικρή αναλογία μη πλαστικής ιλύος.

ΟΜΑΔΑ A-2

Περιλαμβάνει υλικά που βρίσκονται στο όριο μεταξύ των υλικών των ομάδων A-1 και A-3 και των ομάδων A-4, A-5, A-6 και A-7 περιλαμβάνει όλα τα υλικά που έχουν διερχόμενο ποσοστό λιγότερο 35% από το κόσκινο Νο 200 που όμως δεν μπορούν να ταξινομηθούν σαν υλικά των ομάδων A-1 και A-3.

Υποομάδες A-2-4 και A-2-5

Αυτές περιλαμβάνουν διάφορα κοκκώδη υλικά που έχουν διερχόμενο ποσοστό λιγότερο ή ίσο του 35% από το κόσκινο Νο 200 και που το κλάσμα του διερχόμενου από το κόσκινο Νο 40 έχει τα χαρακτηριστικά των ομάδων A-4 ή A-5.

Υποομάδες A-2-6 και A-2-7

Αυτές περιλαμβάνουν υλικά παρόμοια με τα υλικά των υποομάδων A-2-4 και A-2-5 εκτός του ότι το λεπτόκοκκο κλάσμα περιέχει πλαστική άργιλο που έχει τα χαρακτηριστικά των ομάδων A-6 ή A-7

ΟΜΑΔΑ A-4

Το τυπικό υλικό αυτής της ομάδας είναι ένα μη πλαστικό ή μετρίως πλαστικό ιλυώδες έδαφος που έχει διερχόμενο ποσοστό περισσότερο του 75% από το κόσκινο Νο 200

ΟΜΑΔΑ A-5

Περιλαμβάνει υλικό όμοιο με αυτό της ομάδας A-4 με την διαφορά ότι αυτό έχει μαρμαρυγιακό ή διατομηκό χαρακτήρα που μπορεί να είναι πολύ ελαστικό.

ΟΜΑΔΑ A-6

Το τυπικό υλικό αυτής της ομάδας είναι αργιλώδες πλαστικό έδαφος με 75% ή περισσότερο ποσοστό κόκκων που διέρχονται από τα κόσκινα Νο 20 τα υλικά αυτής της ομάδας δείχνουν γενικά μεγάλη μεταβολή όγκου μεταξύ υγρής και ξηρής κατάστασης

ΟΜΑΔΑ A-7

Το τυπικό υλικό της ομάδας αυτής είναι όμοιο με το υλικό της ομάδας A-6 με την διαφορά ότι έχει μεγάλο όριο υδαρότητας και μπορεί να είναι συγχρόνως ελαστικό και να υπόκειται σε μεγάλες μεταβολές όγκου.

Υποομάδα A-7-5

Περιλαμβάνει υλικά που έχουν μέτριους δείκτες πλαστικότητας συγκριτικά με το όριο υδαρότητας υπόκεινται σε μεγάλες μεταβολές όγκου.

Υποομάδα A-7-6

Περιλαμβάνει υλικά που έχουν μεγάλους δείκτες πλαστικότητας συγκριτικά με το όριο

υδαρότητας και υπόκεινται σε μεγάλες μεταβολές όγκου.

Καταλληλότητα υλικών για υπεδάφη και επιχώματα

Τα υλικά θα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από οργανικές ύλες(φύλλα, χλόη, κτλ),ακατάλληλα είναι επίσης τα οργανικά εδάφη. Τα υλικά που θα παίρνουμε από ορύγματα ή από δανειοθαλάμους θα πρέπει να πληρούν τις παρακάτω προϋποθέσεις.

Κατηγορίες γαιωδών εδαφών

Ένας άλλος σημαντικός πίνακας στα γαιώδη υλικά είναι ο παρακάτω. Αυτός ο πίνακας ανάλογα με την στάθμιση κάποιων στοιχείων και χαρακτηριστικών των εδαφών διαχωρίζεται σε έξι κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές περιλαμβάνουν τις ομάδες E5, E4,E3,E2,E1,E0 η κάθε ομάδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συγκεκριμένα τμήματα επιχωμάτων. Έτσι το ανώτερο τμήμα του επιχώματος κάτω από το οδόστρωμα που περιλαμβάνει την στρώση έδρασης του οδοστρώματος (Σ.Ε.Ο) έχει συνήθως πάχος 40-50 cm και κατασκευάζεται από υλικά της κατηγορίας E4,E3.Ενώ το τμήμα κάτω από την στρώση έδρασης του επιχώματος και μέχρι βάθους 1 μέτρου κατασκευάζεται από υλικά της ομάδας E1.Μπορούμε ακόμη να πούμε ότι όταν τα επιχώματα έχουν ύψος μέχρι ένα μέτρο κατασκευάζονται από εδάφη της ομάδας E0.Ενώ όταν τα επιχώματα έχουν ύψος μεγαλύτερου των 6 μέτρων κατασκευάζονται εξ ολοκλήρου από εδάφη της ομάδας E1.

Πίνακας 3.3 Κατηγορίες γαιωδών εδαφικών υλικών (Δεν περιλαμβάνονται τα προϊόντα των βραχωδών ορυγμάτων

A A	Κατηγορία εδαφικού υλικού	Χαρακτηριστικά	Όρια atterberg	Μέγιστη τα πυκνότητα κατ την τροπ δοκ συμπ Mg/κιβ μ	CBR	Περκ σε οργαν	παρατηρήσεις
1	2	3	4	5	6	7	8
1	E5	Μέγιστος κόκκος 80<mm διερχόμενο% από το κόσκινο ISO565 ανοίγματος0,063 mm<25%	LL<30 και PI<10		>20 Και μηδενική διόγκωση	0%	Επίλεκτο II
2	E4	Μέγιστος κόκκος 80<mm διερχόμενο% από το κόσκινο ISO565 ανοίγματος0,063 mm<25%	LL<30 και PI<10		>10και μηδενική διόγκωση	0%	Επίλεκτο I

3	E2	Μέγιστος κόκκος 100<mm διερχόμενου από το κόσκινο ISO 565 ανοίγματος 0,063 mm < 25%	LL<40	>19,6	>5 και διόγκωση <2%	<1%	κατ
4	E1	Γαιώδες υλικό με μέγιστη διάσταση κόκκου D<150mm περιεκτικότητα σε κόκκους 150>D100 μέχρι 25%	LL<40 ή LL<65 και PI<(0,6x LL-9)	>16	3> και διόγκωση <3%	<3%	αποδεκτό
5	E0						ακατ

3.2.2 Καταλληλότητα εδαφών

Κάποιες φορές για να κατασκευάσουμε ένα επίχωμα λαμβάνουμε από το όρυγμα υλικά τα οποία δεν μας κάνουν. Η εμπειρία που έχουμε αποκομίσει με την ενασχόλησή μας με τα έργα οδοποιίας μας έχει κατευθύνει σε κάποια συμπεράσματα. Τα συμπεράσματα αυτά μπορεί να είναι γενικά και να αφορούν όλο το έργο οδοποιίας ή να είναι ειδικά και να αφορούν κάποιους συγκεκριμένους τομείς. Στην περίπτωση μας εξετάζουμε την χρησιμότητα των υλικών επίχωσης, όπως έχουμε δει για κάθε επίχωμα ανάλογα με τις επιτόπου συνθήκες που έχει το έργο τα διαθέσιμα υλικά και το ύψος που θέλουμε να κατασκευάσουμε το επίχωμα διαλέγουμε και συγκεκριμένες ομάδες. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονίσουμε, ότι εκτός από τα χρήσιμα υλικά για επίχωση υπάρχουν και τα υλικά τα οποία δεν είναι χρήσιμα και απαγορεύεται να τα χρησιμοποιούμε. Η απαγόρευση αυτή πηγάζει από πολλούς και διάφορους λόγους μερικοί από τους οποίους είναι σκόπιμο να αναλυθούν εν συντομία. Ενδέχεται το εν λόγω υλικό να μην αντέχει να φέρει τα υπερκείμενα φορτία είτε λόγω βάρους οδοστρώματος είτε λόγω βάρους αμαξιών που κυκλοφορούν πάνω σε αυτόν. Υπάρχει και η περίπτωση το υλικό που θα χρησιμοποιήσουμε να έχει τάση διόγκωσης και με αυτόν τον τρόπο να τείνει να διαλύσει το έδαφος. Έτσι, είναι χρήσιμο να μην χρησιμοποιούμε υλικά τα οποία καθιζάνουν ή διογκώνουν το έδαφος. Μπορεί ακόμη να έχουν άλατα τα οποία δεν ενδείκνυται να χρησιμοποιούνται για κατασκευή επιχώματος ή για οδοστρώση. Πιο συγκεκριμένα, έχουμε καταλήξει σε κάποιες κατηγορίες εδαφών οι οποίες για κάθε περίπτωση είναι και χρήσιμες.

Υπάρχουν υλικά τα οποία έχουμε καταλήξει ότι δεν κάνουν για την οδοποιία και αυτά τα είδη των εδαφών είναι τα εξής. Τυρφώδη ή οργανικά εδάφη με ποσοστό σε οργανικά υλικά >5% κ.β ή όταν το όριο υδαρότητας του εδάφους μετά από ξήρανση του στον φούρνο είναι κατά 75% μικρότερο από το όριο υδαρότητας του πριν από την ξήρανση. Επίσης, απαγορεύεται να χρησιμοποιούμε για υλικά επιχωμάτων τα λεπτόκοκκα εδάφη που παρουσιάζουν τάση διόγκωσης

>100kpa, σε συνδυασμό με παραμόρφωση ελεύθερης διόγκωσης>3% κατά την δοκιμή CBR. Ακόμη, δεν ενδείκνυται να χρησιμοποιούμε για υλικά επιχώσεων θιξωτροπικά εδάφη(π.χ. υπερευαίσθητη άργιλος) καθώς και εδάφη με περιεχόμενο ποσοστό διατομηκής γης ή φυλλαρίων μαρμαρυγίας μεγαλύτερου του 20% ,εδάφη που περιέχουν υδατοδυσλυτά ορυκτά όπως ορυκτό αλάτι ή γύψο σε ποσοστό μεγαλύτερο του 2%.Τέλος, τα ρυπογόνα εδάφη δεν ενδείκνυται για υλικά επιχώσεων.

3.2.3 Υλικά βραχωδών επιχωμάτων

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των βραχωδών επιχωμάτων προέρχονται από εκσκαφές ορυγμάτων που έχουν σαν κύριο συστατικό τους βράχους. Σε ορισμένες περιπτώσεις ενδέχεται τα συστατικά του επιχώματος να προέρχονται από εκσκαφές σε σήραγγες και σε ειδικές περιπτώσεις από εκσκαφές σε δανειοθαλάμους. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται κατά την φάση της εκσκαφής των βραχωδών ορυγμάτων επειδή πρέπει να γίνεται απομάκρυνση των υλικών που είναι προσκολλημένα στους βράχους είτε αυτά βρίσκονται στην επιφάνεια του βράχου είτε αυτά βρίσκονται στο εσωτερικό του. Ακόμη, οι αποσαρωμένες επιφανειακές στρώσεις των βράχων που κρίνονται ακατάλληλοι θα απομακρύνονται. Η εκσκαφή του βράχου γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε η μορφή και η κοκκομετρία να βρίσκεται μέσα στα επιτρεπόμενα όρια. Στη συνέχεια γίνεται θραύση των βραχωδών υλικών αν αυτό απαιτείται.

Στα βραχώδη επιχώματα ισχύουν κάποιες προϋποθέσεις οι οποίες είναι απαραίτητες να εφαρμοστούν για να έχουμε επιτυχία στο έργο. Πιο αναλυτικά θα πρέπει η μέγιστη διάσταση των κόκκων του επιχώματος να μην υπερβαίνει τα 2/3 του συνολικού πάχους της συμπτυκνωμένης στρώσης. Επίσης, στα επιχώματα που κατασκευάζουμε η μέγιστη διάσταση των κόκκων δεν πρέπει να είναι ανώτερες των 800mm εάν πρόκειται για υλικά που δεν είναι ευαίσθητα στο νερό. Τέλος, ό,τι έχει να κάνει με τις περιεκτικότητες στην συγκράτηση από τα κόσκινα ισχύει ότι η περιεκτικότητα κατά βάρος του υλικού που διέρχεται από το κόσκινο των 22,4mm να είναι μικρότερη από 30% και το διερχόμενο από το κόσκινο iso565 ανοίγματος 0,0063mm θα είναι μικρότερο από 7%.Οι ανώτερες απαιτήσεις έχουν να κάνουν με το μη συμπτυκνωμένο υλικό, το οποίο θα ελέγχεται πριν την διάστρωση του προς εξακρίβωση της τήρησης αυτών διότι κατά την διάστρωση και συμπύκνωση το υλικό μπορεί να υποστεί αλλαγές που θα μεταβάλλουν την αρχική κοκκομετρική διαβάθμιση.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει ο ακόλουθος πίνακας καθώς είναι ενδεικτικός και παρουσιάζει τα ζητούμενα ποσοστά που πρέπει να έχουν τα κόσκινα σε σχέση με τα υλικά που συγκρατούν από το σύνολο των υλικών που έχουμε στην διάθεσή μας.

Πίνακας 3.4 κοκκομετρική καμπύλη υλικών βραχωδών επιχωμάτων(από ΤΣΥ της ΕΟΑΕ)

Διάσταση	Ποσοστό κατά βάρος διερχόμενων υλικών
D	90-100
D/4	45- 60
D/16	25-45
D/64	15-35

Οι καμπύλες της κοκκομετρίας θα πρέπει να είναι σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα. Η κοκκομετρική αυτή διαβάθμιση είναι ενδεικτική και μπορεί να τροποποιηθεί με βάση τα αποτελέσματα που λαμβάνονται κατά την κατασκευή του δοκιμαστικού τμήματος.

Ακαταλληλότητα βραχωδών υλικών

Εμείς μπορούμε να λύσουμε το πρόβλημα της ακαταλληλότητας των υλικών μέσω ενός τύπου ο

οποίος είναι ο εξής $[(L+G)/(2*E)] \geq 3$ αυτός ο τύπος όταν παραβιάζεται τότε το βραχώδες υλικό θεωρείται ακατάλληλο.

L= είναι η μέγιστη απόσταση δύο παράλληλων επιπέδων που εφάπτονται στον κόκκο

G= είναι η ελάχιστη διάμετρος κυκλικής οπής δια της οποίας μπορεί να διέλθει ο κόκκος

E= η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δυο παράλληλων επιπέδων που εφάπτονται στον κόκκο.

Βάσει της εμπειρίας μας έχουμε καταλήξει στο γεγονός ότι κάποια υλικά είναι χρήσιμα και άλλα όχι. Στα κατάλληλα βραχώδη πετρώματα περιλαμβάνονται οι γρανίτες, οι πορφυρίτες, οι γρανοδιορίτες, οι γάβροι, οι οφίτες, οι ανδεσίτες, οι βασάλτες, οι δολομίτες κ.ά. Υπάρχουν όμως και πετρώματα που δεν συνιστάται να χρησιμοποιούνται και είναι οι σερπενίτες, οι φυλίτες, οι ανυδρίτες, ο γύψος και οι διαλυτοί βράχοι. Δεν συνιστάται να χρησιμοποιούμε υλικά τα οποία καταστρέφονται με την έκθεσή τους στον καιρό ή αυτά που θραύονται εύκολα κάτω από την επίδραση φορτίων.

3.2.4 Κατασκευή γαιωδών και βραχωδών επιχωμάτων

Μετά την εκσκαφή για να δημιουργήσουμε τα ορύγματα προκύπτουν υλικά τα οποία είναι κυρίως εδαφικής σύστασης. Τα εδάφη αυτά διαχωρίζονται σε αργιλώδη χαλαρά σε γαιώδη, ημιβραχώδη και σε βραχώδη. Η εύρεση των υλικών στηρίζεται σε ορύγματα και αποθεσιοθαλάμους στους οποίους έχουμε αποθηκεύσει κάποια υλικά με σκοπό να τα χρησιμοποιήσουμε αργότερα. Τα υλικά που έχουμε στην διάθεσή μας κάποιες φορές μπορεί να είναι κατάλληλα και άλλες φορές όχι. Όπως, για παράδειγμα στα βραχώδη υλικά ο γρανίτης είναι κατάλληλος ενώ ο σερπενίτης όχι. Και για τα γαιώδη εδάφη μπορούμε να ανατρέξουμε σε παράδειγμα και να πούμε ότι δεν ενδείκνυται να χρησιμοποιούμε υλικά με υψηλά ποσοστά άλατος. Εύκολα κατανοούμε ότι δεν αρκεί μόνο να βρούμε τα υλικά για να κατασκευάσουμε ένα επίχωμα αλλά θα πρέπει να ανατρέξουμε σε πίνακες κανόνες για να δούμε αν τα υλικά που έχουμε στην διάθεσή μας ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις για ένα επίχωμα. Υπάρχει και το ενδεχόμενο οι συνθήκες που θα εδράζεται το επίχωμα να μας καταδείξουν ποιά υλικά είναι τα κατάλληλα για την συγκεκριμένη περίπτωση. Για παράδειγμα εάν ένα επίχωμα κατασκευάζεται σε μια περιοχή με υψηλό υδροφόρο ορίζοντα σε αυτή την περίπτωση πρέπει να χρησιμοποιήσουμε συγκεκριμένα υλικά.

Με λίγα λόγια στις προηγούμενες παραγράφους είδαμε ότι για να κατασκευάσουμε ένα επίχωμα χρειάζονται εδαφικά υλικά. Επίσης, χρειάζεται έρευνα και ανάλυση για την χρησιμοποίηση των κατάλληλων υλικών. Ήταν σκόπιμο να δούμε την χρησιμότητα των υλικών στην κατασκευή ενός επιχώματος. Το επόμενο στάδιο είναι να κάνουμε όλες εκείνες τις ενέργειες για να κατασκευάσουμε ένα επίχωμα. Η κατασκευή ενός επιχώματος πέρα από την εύρεση των κατάλληλων υλικών περιλαμβάνει και κάποιες ενέργειες οι οποίες είναι απαραίτητες προκειμένου να κατασκευαστεί το επίχωμα. Πιο συγκεκριμένα, οι ενέργειες αυτές είναι η προετοιμασία του εδάφους θεμελίωσης η κατασκευή δοκιμαστικού τμήματος, η διάστρωση υλικών επιχώματος και η συμπύκνωση κατά στρώσεις.

3.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ



Εικόνα5: κατασκευή επιχώματος

3.3.1 ΓΑΙΩΔΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ

3.3.1.1 Προετοιμασία εδάφους θεμελίωσης γαιώδους επιχώματος

Ένα πολύ σημαντικό κεφάλαιο από την κατασκευή των επιχωμάτων μετά την εύρεση των υλικών επίχωσης είναι να προετοιμάσουμε την περιοχή όπου θα εδράσουμε το επίχωμα. Η προετοιμασία του εδάφους έδρασης περιλαμβάνει την αφαίρεση της φυτικής γης στο πλάτος κατάληψης της οδού στην συνέχεια αυτή η επιφάνεια συμπυκνώνεται. Η επιφάνεια έδρασης του επιχώματος συμπυκνώνεται τουλάχιστον σε πυκνότητα ίση με 90% της μέγιστης ξηρής πυκνότητας που επιτυγχάνεται με την τροποποιημένη δοκιμή PROCTOR. Η συμπύκνωση αυτή εκτείνεται σε βάθος 30cm και σε πλάτος 2 μέτρα μετά το πόδι του επιχώματος ή λιγότερο μέχρι τα όρια απαλλοτρίωσης όπου υπάρχουν οι σχετικοί περιορισμοί πλάτους.

Υπάρχει ένα ορατό ενδεχόμενο κατά το οποίο το έδαφος θεμελίωσης να μην έχει τα κατάλληλα υλικά. Υλικά δηλαδή που να μην αντέχουν να φέρουν το βάρος του επιχώματος. Από την στιγμή όμως που είναι απαραίτητη η κατασκευή επιχώματος σε ασταθή εδάφη θα λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την σταθεροποίηση της στρώσης έδρασης του επιχώματος. Και η απομάκρυνση του ακατάλληλου υλικού και η αντικατάστασή του με υλικό που είναι σε θέση να φέρει το βάρος του επιχώματος και του οδοστρώματος χωρίς να παραμορφωθεί. Το πάχος της στρώσης των κατάλληλων υλικών που θα αντικαταστήσουν τα ακατάλληλα υλικά δεν είναι μικρότερο από 0,50 μέτρα και ανέρχεται στο 20% του ύψους του επιχώματος. Μια περίπτωση που παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον είναι η ειδική περίπτωση κατά την οποία πρόκειται να κατασκευάσουν επίχωμα σε έδαφος όπου η εγκάρσια κλίση του ως προς το οριζόντιο επίπεδο είναι μεγαλύτερη των 10 μοιρών. Απαιτείται να κατασκευαστούν πάνω στο έδαφος βαθμίδες

αγκύρωσης ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος ολίσθησης του επιχώματος. Το είδος και το πλάτος των βαθμίδων εξαρτάται από το είδος του υπεδάφους. Ειδικότερα, το πλάτος των βαθμίδων πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να επιτρέπεται η άνετη κίνηση των μηχανημάτων συμπίκνωσης(περίπου 2,5 μέτρα)ενώ η κλίση του προς το εσωτερικό του επιχώματος να είναι 6% ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Σε ειδικές περιπτώσεις και παρουσία νερού μετά την εκτέλεση της εδαφοτεχνικής μελέτης μπορεί να χρειαστεί η κάθε βαθμίδα να έχει σύστημα αποστράγγισης. Στις προκαταρκτικές εργασίες ανήκει και η περίπτωση του βράχου κατά την οποία όταν αυτός βρίσκεται μέχρι βάθους ενός μέτρου από την στάθμη έδρασης του επιχώματος πρέπει να απομακρύνεται μαζί με το υπερκείμενο έδαφος. Ένα ακόμη σημείο των προκαταρκτικών εργασιών είναι η απομάκρυνση του νερού δηλαδή η αποστράγγιση. Η αποστράγγιση έχει σκοπό να απομακρύνει το επιφανειακό νερό που συναντάμε με την μορφή ρυακιών αλλά και του υπογείου. Την υπόγεια απομάκρυνση την πραγματοποιούμε με στραγγιστήρια αλλά και στρώση στράγγισης..Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή όσον αφορά τα ύδατα είτε αυτά είναι υπόγεια είτε είναι επιφανειακά για να μην δημιουργούν προβλήματα στο επίχωμα.

3.3.2 Διάστρωση γαιωδών υλικών για την κατασκευή των επιχωμάτων

Ένα επόμενο στάδιο είναι η διάστρωση των υλικών του. Συνοπτικά, για τα επιχώματα έχουμε δει τον τρόπο που βρίσκουμε τα υλικά επίχωσης τις μεθόδους και τους πίνακες που μας παρουσιάζουν ποια υλικά είναι κατάλληλα για κάθε περίπτωση ξεχωριστά. Πριν την διάστρωση των υλικών γνωρίσαμε τις ενέργειες που πρέπει να κάνουμε για να φέρουμε την στρώση έδρασης στο σημείο που επιθυμούμε. Εκκερσώσαμε και εκριζώσαμε και γενικώς απομακρύναμε τα εμπόδια που μας ενοχλούσαν καθώς θα ήταν αδύνατον να πραγματοποιηθεί η κατασκευή της οδού. Επιπλέον, συμπυκνώσαμε τα θεμέλια του επιχώματος και γνωρίσαμε τις εξαιρέσεις που συνοδεύονται με αυτό. Το επόμενο που μένει να κάνουμε είναι να διαστρώσουμε τα υλικά του επιχώματος.

Καταρχήν, θα πρέπει να αναφέρουμε κάτι αξιοσημείωτο που έχει να κάνει με την μεταφορά των υλικών επίχωσης για την κατασκευή του επιχώματος ότι αυτή ξεκινάει από το πλησιέστερο προς πηγή απόληψης σημείο του επιχώματος ή αντίθετα από το περισσότερο απομακρυσμένο. Και οι δύο περιπτώσεις παρουσιάζουν πλεονεκτήματα. Όταν επιλέγεται το πλησιέστερο σημείο για την έναρξη της κατασκευαστικής διαδικασίας τα οχήματα μεταφοράς κινούνται επί της διαστρωμένης επιφάνειας την οποία και υποχρεωτικά συμπυκνώνουν. Η εν συνεχεία δράση των οδοστρωτήρων μπορεί να μειωθεί επειδή οι στρώσεις εν μέρει έχουν συμπυκνωθεί. Στην περίπτωση που η κατασκευή αρχίζει από το πιο μακρινό σημείο τότε τα μηχανήματα εξακολουθούν να περνάνε από την στρώση του επιχώματος την οποία έχουν διάστρωση και την συμπυκνώνουν ενώ οι μεταφορές των υλικών δεν εμποδίζονται από την κατασκευαστική διαδικασία.

Η διάστρωση των υλικών γίνεται σε στρώσεις. Οι στρώσεις αυτές έχουν το χαρακτηριστικό ότι είναι συνεχείς και παράλληλες ως προς την υποδομή του επιχώματος. Επίσης, τα στρώματα είναι ομοιόμορφου πάχους, τέτοιου ώστε να μπορεί να επιτευχθεί ο απαιτούμενος βαθμός συμπίκνωσης με τα υπάρχοντα μηχανήματα. Το χαλαρό πάχος της κάθε στρώσης δεν πρέπει να είναι μικρότερο των 20cm για γαιώδη υλικά και 45cm για τα βραχώδη. Ένα χαρακτηριστικό είναι ότι πρέπει να προτιμούμε να τοποθετούμε τα καλύτερης ποιότητας υλικά στην κορυφή του επιχώματος.

Κατά την φάση της διάστρωσης εάν διαπιστωθεί ότι η περιεχόμενη υγρασία των υλικών δεν είναι η βέλτιστη αλλά είναι μικρότερη συνιστάται να γίνεται διαβροχή του υλικού. Εάν, αντίθετα έχουμε υψηλότερο ποσοστό υγρασίας συνιστάται να γίνεται ξήρανση του υλικού με αερισμό ή με ανάμιξη με στεγνά υλικά ή με χημικά πρόσθετα όπως άσβεστος υδράσβεστος κ.ά. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί κατά την περίπτωση όπου το επίχωμα θα πρέπει να θεμελιωθεί σε έδαφος με χαμηλή φέρουσα ικανότητα καθώς υπάρχει ο κίνδυνος να γίνει υπέρβαση του ορίου

αντοχής του εδάφους. Μια τέτοια κατάσταση μπορεί να προληφθεί εάν προηγηθεί μια διαστασιολόγηση του πάχους των πρώτων στρώσεων για την προστασία του εδάφους από της φόρτισης των οχημάτων μεταφοράς του υλικού και των μηχανημάτων συμπίκνωσης. Επίσης, κατά την εκτέλεση των εργασιών η επιφάνεια των στρώσεων θα πρέπει να έχει την απαραίτητη εγκάρσια κλίση (ελάχιστη κλίση +4% σε ευθύγραμμο προς το εξωτερικό τμήματα του επιχώματος) για την εξασφάλιση της ταχείας απορροής των επιφανειακών νερών χωρίς να υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης ή υπερβολικής διαβροχής του επιχώματος. Μια επιπλέον απαγόρευση που συναντάμε στα έργα οδοποιίας είναι η απαγόρευση της διάστρωσης υλικών εδάφους που έχει μαλακώσει με το νερό της βροχής. Σε μια τέτοια περίπτωση χρειαζόμαστε αντικατάσταση του υλικού ή επανασυμπύκνωση μετά τον περιορισμό του ποσοστού της υγρασίας. Ακόμη, για την διάστρωση θα πρέπει να αναφέρουμε ότι εκτελείται κατά κύριο λόγο με το εξειδικευμένο μηχάνημα για αυτή την δουλειά που ονομάζεται ισοπεδωτής ή διαμορφωτής και ο οποίος όπως λέει και το όνομά του διαμορφώνει τις επιφάνειες σε στρώσεις με έδαφος το οποίο μεταφέρουμε με τα ανατρεπόμενα φορτηγά με σκοπό να κατασκευάσουμε το επίχωμα. Η διάστρωση όμως δεν γίνεται μόνο κατά κανόνα με του διαμορφωτές αλλά εξαρτάται από το είδος των διαστρωθέντων υλικών. Έτσι, εάν έχουμε να διαστρώσουμε βραχώδη ή ημιβραχώδη υλικά τότε το προτεινόμενο μηχάνημα για να πράξουμε κάτι τέτοιο είναι ο προωθητής. Έχει την κατάλληλη δύναμη για να πράξει το έργο της μετακίνησης των βραχωδών σχηματισμών που είναι λογικό να θέλουν μηχανήματα με περισσότερη ισχύ. Τέλος, θα ήταν καλό να τονισθεί μια λεπτομέρεια που ανήκει στα χωματουργικά έργα αλλά δεν ανήκει εντελώς στην διάστρωση ότι δηλαδή πριν την συμπίκνωση αλλά και κατά την διάρκειά της απαγορεύεται η διέλευση οχημάτων από την υπό κατασκευή στρώση του επιχώματος. Εάν κάτι τέτοιο είναι αδύνατον τότε κατά κανόνα τα οχήματα δεν θα πρέπει να περνούν από την ίδια μεριά του επιχώματος δημιουργώντας αυλακώσεις. Έτσι με κατάλληλη διαχείριση δεν θα μας δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα η διέλευση των οχημάτων. Με αυτό κατανοούμε ότι θα πρέπει να δίνουμε βάση στις λεπτομέρειες καθώς σε ορισμένες περιπτώσεις θα αποδειχτούν σημαντικές. Το έργο της κατασκευής ενός επιχώματος πέρα από αυτά που είδαμε έχει και άλλα στάδια. Ένα βασικότατο στάδιο περιλαμβάνει την συμπίκνωση των διαστρωθέντων στρώσεων του επιχώματος αυτή την συμπίκνωση θα την δούμε σε ξεχωριστή ενότητα καθώς είναι πολύ σημαντική.

3.3.3 Εξαίρεση για τα γαιώδη επιχώματα

Υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις στην κατασκευή των γαιωδών επιχωμάτων που για την καλή και σωστή κατασκευή τους θα πρέπει αυστηρά να τις τηρούμε, επειδή υπάρχει η περίπτωση να δημιουργηθεί πρόβλημα στο έργο και να έχουμε εμφανή αρνητικά αποτελέσματα. Έτσι, σε κάθε προσπάθειά μας για την κατασκευή του επιχώματος θα πρέπει αυστηρά όταν η θερμοκρασία υπό σκιά είναι μικρότερη των 2 βαθμών κελσίου να μην κατασκευάζουμε το επίχωμα. Επίσης, όταν γενικότερα οι καιρικές συνθήκες δεν είναι οι κατάλληλες, μπορεί να έχουμε έντονα καιρικά φαινόμενα όπως καταιγίδες οπότε η διάστρωση και συμπίκνωση των επιχωμάτων δε συνιστάται.

3.4 Βραχώδη επιχώματα

3.4.1 Βραχώδη επιχώματα - έδαφος θεμελίωσης επιχώματος- διάστρωση επιχώματος

Η κατασκευή των βραχωδών επιχωμάτων είναι και αυτή με την σειρά της μια ιδιαίτερη περίπτωση που χρειάζεται να αναλύσουμε και να επιμείνουμε. Καταρχήν, το πρώτο μέλημα μας είναι η εύρεση των υλικών και η μεταφορά τους στο σημείο κατασκευής του επιχώματος. Τα υλικά θα πρέπει να είναι σε επάρκεια και να τηρούν τους κανόνες για την κάθε περίπτωση ξεχωριστά. Από την στιγμή που έχουμε τα κατάλληλα υλικά είμαστε σε θέση να προχωρήσουμε στην κατασκευαστική διαδικασία. Πριν αρχίσει η διάστρωση και η συμπίκνωση των βραχωδών υλικών στο σημείο που θα κατασκευάσουμε το επίχωμα γίνεται ο καθαρισμός η εκρίζωση και η

απομάκρυνση των επιφανειακών ακατάλληλων υλικών ή της φυτικής γης μέχρι το απαιτούμενο βάθος. Σε γενικές γραμμές η διαδικασία της προετοιμασίας του εδάφους θεμελίωσης του επιχώματος ακολουθεί την ίδια διαδικασία με αυτήν που έχει αναφερθεί στην αντίστοιχη ενότητα για τα γαιώδη επιχώματα.

Η πρώτη ενέργεια κατασκευής που κάνουμε μετά την προετοιμασία της επιφάνειας θεμελίωσης του επιχώματος είναι η διάστρωση των υλικών. Η διάστρωση των βραχωδών επιχωμάτων γίνεται και αυτή σε στρώσεις, οι οποίες είναι παράλληλες μεταξύ τους και ομοιόμορφου πάχους για την καλύτερη συμπύκνωσή τους. Οι στρώσεις αυτές όμως είναι και παράλληλες προς την στρώση έδρασης του επιχώματος. Γι' αυτό, η αρχική επιφάνεια θα πρέπει να μορφώνεται με την κατάλληλη κλίση η οποία θα επιτρέπει την άμεση αποστράγγιση .

Το επίχωμα που κατασκευάζουμε θα έχει κατ'ελάχιστο 30-40% ποσοστό σε λεπτόκοκκα υλικά. Τα υλικά αυτά χρησιμεύουν ώστε να γεμίζουν τα κενά μεταξύ των βραχωδών επιχωμάτων. Τα ύψη των λίθων δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 2/3 του πάχους της εκάστοτε στρώσης. Το χαλαρό πάχος της κάθε στρώσης εξαρτάται από τα διαθέσιμα υλικά και μέσα συμπύκνωσης και δεν θα πρέπει είναι μικρότερο από 45cm ενώ δεν πρέπει να υπάρχουν λίθοι που υπερβαίνουν σε μέγεθος τα 210mm της κάθε στρώσης του επιχώματος. Επίσης, το μέγιστο πάχος του πυρήνα του επιχώματος μετά την συμπύκνωση του είναι ένα μέτρο ενώ το πάχος για το μεταβατικό τμήμα πρέπει να μειώνεται από κάτω προς τα πάνω ώστε να υπάρχει βαθμιαίο βήμα από τον πυρήνα προς την ανώτερη στάθμη του επιχώματος. Ειδικότερα, για το ανώτερο τμήμα του επιχώματος πάχους 2 μέτρων η κατώτερη στάθμη θα πρέπει να έχει διάσταση κόκκων όχι μεγαλύτερη των 200mm ενώ η τελευταία στρώση πάχους 15cm η διάσταση των κόκκων να είναι μικρότερη των 75mm. Για την στρώση των βραχωδών επιχωμάτων αυτές έχουν και ένα άλλο χρήσιμο στοιχείο ότι δηλαδή το πάχος τους σε ορισμένες περιπτώσεις εξαρτάται από την αντοχή των υλικών τους. Πιο συγκεκριμένα, όταν έχουμε υλικά υψηλής αντοχής τότε τα επιχώματα διαμορφώνονται σε στρώσεις ύψους 50-100cm, ενώ όταν έχουμε υλικά χαμηλής αντοχής τότε τα υλικά διαμορφώνονται σε στρώσεις πάχους 20-45cm

Τα υλικά της κάθε στρώσης θα εκφορτώνονται στο έργο πάνω σε τμήμα ήδη διαστρωμένο της ίδιας στρώσης και κοντά στο άκρο της προώθησης. Από την θέση αυτή θα διαστρώνεται το υλικό με μέτωπο προς την επιφάνεια που θέλουμε να διαστρώσουμε κατά τρόπο που να ελαχιστοποιείται ο διαχωρισμός του. Το πάχος της κάθε στρώσης θα διαμορφώνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι στρώσεις να μπορούν να συμπυκνωθούν με τα υπάρχοντα μηχανήματα συμπύκνωσης. Τα βραχώδη επιχώματα θα πρέπει να έχουν κατάλληλη διαπερατότητα και είναι κατασκευασμένα με μηχανισμούς αποστράγγισης για την απομάκρυνση νερού καθώς και να γίνεται η απομάκρυνση του επιφανειακού νερού. Τέλος, η διάστρωση των υλικών για την κατασκευή των βραχωδών επιχωμάτων δεν γίνεται με τους διαμορφωτές αλλά τα πιο κατάλληλα μηχανήματα για να διαστρώσουν τα βραχώδη εδάφη είναι οι προωθητές.

3.5 Τα αργιλικά επιχώματα

3.5.1 Υλικά

Είναι τα υλικά τα οποία προέρχονται από εκσκαφές τα οποία έχουν γίνει σε αργίλους και αργιλικές μάργες καστανού έως τεφρού χρώματος μέσης έως υψηλής πλαστικότητας. Τα υλικά που προκύπτουν από την εκσκαφή των ορυγμάτων του έργου χρησιμοποιούνται για την κατασκευή επιχωμάτων μετά από κατάλληλη διαλογή κατάταξη και έλεγχο. Τα υλικά αυτά περνούν από συστηματικούς ελέγχους οι κυριότεροι από τους οποίους είναι κοκκομέτρηση με κόσκινα και αερόμετρο, προσδιορισμός των ορίων atterberg και προσδιορισμός της φυσικής υγρασίας. Οι τρεις αυτές δοκιμές χρησιμεύουν στην κατάταξη των υλικών κατά USCS και AASHTO. Στην συνέχεια και για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών και τον έλεγχο της

καταλληλότητας των αργιλικών υλικών εκτελούνται σύμφωνα με ΤΣΥ και την ΕΟΑΕ. Οι παρακάτω δοκιμές προσδιορισμός της επί τόπου πυκνότητας, τροποποιημένη δοκιμή συμπίκνωσης, προσδιορισμός του ποσοστού των οργανικών και εργαστηριακή δοκιμή προσδιορισμού λόγω φέρουσας ικανότητας CBR.

3.5.2 Έδραση αργιλικών επιχωμάτων

Η έδραση του αργιλικού επιχώματος γίνεται σε περιοχές στις οποίες έχει αφαιρεθεί η φυτική γη και έχει προετοιμαστεί κατάλληλα για να υποδεχτεί το επίχωμα έχουν γίνει πιο εκτεταμένες αναφορές για αυτό το στάδιο κατασκευής σε προηγούμενα κεφάλαια και θα ήταν σκόπιμο να μην αναφερθούμε στα ίδια.

3.5.3 Διάστρωση αργιλικών επιχωμάτων

Τα υλικά κάθε στρώσης θα είναι ομοιόμορφα με παρόμοια χαρακτηριστικά αλλιώς θα αναμιγνύονται με κατάλληλο μηχανισμό. Οργανικά υλικά που προκύπτουν κατά την εκσκαφή θα πρέπει να συλλέγονται επί τόπου με κατάλληλη διαλογή και να απομακρύνονται. Ευμεγέθη συμπαγή αργιλικά τεμάχια (συσσοματόματα) που θα προκύπτουν από την εκσκαφή και θα πρέπει αυτού του είδους τα τεμάχια να τα θρυμματίζουμε ώστε να αποφεύγεται η ανομοιομορφία και ο κίνδυνος της απώλειας της δομής των τεμαχίων σε περίπτωση διαβροχής μετά την κατασκευή

Κατά την κατασκευή του επιχώματος θα πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα για την προστασία από την διαβροχή. Η διάστρωση του εδαφικού υλικού θα πραγματοποιείται όταν οι καιρικές συνθήκες το επιτρέπουν και εντός μικρού χρονικού διαστήματος ώστε να αποφεύγεται η έκθεση της προσυμπυκνωμένης στρώσης στον ήλιο. Η επιφάνεια μεταξύ δυο στρώσεων θα πρέπει να έχει την κατάλληλη κλίση ώστε να επιτρέπεται η άμεση αποστράγγιση από τα ύδατα. Εάν, η υποκείμενη στρώση έχει μαλακώσει από διαβροχή δεν θα γίνεται διάστρωση της επόνης πριν την αποκατάσταση των απαιτούμενων ιδιοτήτων. Η αντικατάσταση αυτή μπορεί να γίνει είτε με αναμόχλευση και επανασυμπύκνωση είτε σε περίπτωση έντονης διαβροχής με απόξεση και επανασυμπύκνωσης του χαλαρού τμήματος.

Η διάστρωση και η συμπίκνωση θα γίνεται σε στρώσεις οι οποίες είναι συνεχείς και παράλληλες προς την υποδομή και ομοιόμορφου πάχους (προ της συμπίκνωσης) όχι μεγαλύτερου του 0,25 m ώστε να επιτυγχάνεται ο απαιτούμενος βαθμός συμπίκνωσης με τα υπάρχοντα μηχανήματα. Εάν διαπιστωθεί ότι η υγρασία δεν είναι η αναγκαία τότε θα λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ώστε να φέρνουμε την υγρασία στο αναγκαίο σημείο.

3.6. Συμπύκνωση επιχωμάτων

Τη συμπύκνωση την ορίζουμε σαν την διαμηχανική αναδιάταξη του πλέγματος των κόκκων του εδάφους σε μια πυκνότερη δομή, εμείς από την πλευρά μας δεν θα δώσουμε βάση στην συμπύκνωση σε αυτό το σημείο αλλά θα γίνει εκτεταμένη αναφορά σε παρακάτω κεφάλαιο. Θα επιμείνουμε όμως και θα κάνουμε μια αναφορά στην συμπύκνωση των επιχωμάτων και θα αναφέρουμε κάποιες βασικές αρχές που πρέπει να τηρούν ανάλογα με την κατηγορία τους.

Για την επίτευξη βέλτιστων αποτελεσμάτων κατά την διαδικασία συμπίκνωσης επιχωμάτων πρέπει να εξασφαλίζονται οι παρακάτω προϋποθέσεις. Καταρχήν, το υλικό πρέπει να συμπυκνώνεται σε ισοπαχείς στρώσεις για να υπάρχει ομοιόμορφη τελική συμπεριφορά του επιχώματος. Επίσης, το υλικό θα πρέπει να έχει κατάλληλη κοκκομετρία και να έχει πραγματοποιηθεί συστηματική αφαίρεση των υπερμεγεθών κόκκων πριν την συμπύκνωση. Ακόμη, θα πρέπει να έχει επιλεγεί ο κατάλληλος εξοπλισμός συμπίκνωσης ως προς το βάρος το πλάτος και τις δυνατότητες εφαρμογής δόνησης και καθορισμός βάσει των στοιχείων αυτών του

αριθμού των διελεύσεων που απαιτούνται για την προβλεπόμενη συμπίκνωση.

3.6.1 Συμπύκνωση επιχώματος

Κατά την κατασκευή του αργιλικού επιχώματος πρέπει να γίνεται καλή και προσεκτική συμπίκνωση του υλικού, ώστε το σώμα του επιχώματος να αποκτά την απαιτούμενη ομοιομορφία, αντοχή και φέρουσα ικανότητα για να αποφεύγονται οι σημαντικές καθιζήσεις ή αστοχίες στα πρανή. Δηλαδή η συμπίκνωση είναι ένα σημαντικό βήμα για την κατασκευή ενός έργου οδοποιίας. Για παράδειγμα εάν η συμπίκνωση γίνει σωστά και βήμα βήμα τότε το επίχωμά μας θα είναι σε θέση να φέρει το βάρος του οδοστρώματος και των φορτίων κυκλοφορίας. Απαραίτητη όμως προϋπόθεση της αντοχής του επιχώματος δεν είναι μόνο η κατάλληλη συμπίκνωση αλλά και η τήρηση κάποιων άλλων κανόνων όπως είναι ποια υλικά πρέπει να χρησιμοποιηθούν δηλαδή ποια είναι τα πιο κατάλληλα για την κάθε περίπτωση ξεχωριστά και ποιος τύπος οδοστρωτήρα είναι ο καταλληλότερος. Ένα ακόμη στοιχείο που επηρεάζει την συμπίκνωση είναι η ταχύτητα του οδοστρωτήρα και ο αριθμός των διελεύσεων.

Ένα σημαντικό στοιχείο της συμπίκνωσης των αργιλικών επιχωμάτων είναι ότι η συμπίκνωση γίνεται σε στρώσεις οι οποίες είναι και παράλληλες μεταξύ τους. Η συμπίκνωση της κάθε στρώσης γίνεται μετά την διάστρωση των υλικών από τους διαμορφωτές, δηλαδή οι διαμορφωτές στρώνουν τα υλικά και οι οδοστρωτήρες συμπυκνώνουν. Όταν τελειώνει η συμπίκνωση της κάθε στρώσης ακολουθεί και πάλι διάστρωση νέου υλικού και ξανά συμπίκνωση. Αυτή η διαδικασία ακολουθείται μέχρι να συμπληρωθεί ο απαιτούμενος αριθμός στρώσεων και να φτάσουμε στο αναγκαίο ύψος το επίχωμα.

Κατά την συμπίκνωση των αργιλικών στρώσεων που βρίσκονται σε βάθος ενός μέτρου από την έδραση του οδοστρώματος πρέπει να εξασφαλίζεται ελάχιστη φαινόμενη ξηρή πυκνότητα ίση με το 90% της μέγιστης ξηρής πυκνότητας που επιτυγχάνεται κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπίκνωσης proctor. Η υγρασία του υλικού κατά την συμπίκνωση πρέπει να είναι 2-3% μεγαλύτερη της βέλτιστης κατά proctor. Η υψηλή υγρασία κατά την συμπίκνωση εξασφαλίζει τον κορεσμό του υλικού και την προστασία από τις μεταβολές της υγρασίας και διόγκωσης. Αν η υγρασία του υλικού είναι διαφορετική της επιδιωκόμενης τιμής τότε διορθώνεται με κατάλληλη ύγρανση ή ξήρανση.

3.6.2 Συμπύκνωση βραχιδών επιχωμάτων

Η μέθοδος συμπίκνωσης που θα επιλέγεται θα πρέπει να διασφαλίζει την επίτευξη του απαιτούμενου βαθμού συμπίκνωσης. Προς τούτο θα επιλέγεται ανάλογα με την κοκκομετρία του υλικού και το πάχος της στρώσης ο τύπος του εξοπλισμού συμπίκνωσης και ο αριθμός διελεύσεων του. Όταν, προβλέπεται σημαντικό επίχωμα από τη μελέτη του έργου η εφαρμοστέα μεθοδολογία θα προσδιορίζεται με βάση τα συμπεράσματα που θα ανάγονται κατά την κατασκευή.

Οι πιο κατάλληλοι οδοστρωτήρες για να κάνουν την συμπίκνωση σε ένα βραχώδη επίχωμα είναι οι ακόλουθοι. Είναι οι βαρείς δονητικοί οδοστρωτήρες ρυμουλκούμενοι ή αυτοκινούμενοι στατικού γραμμικού φορτίου τουλάχιστον 45kg/cm.Ως στατικό γραμμικό φορτίο ορίζεται το φορτίο που αντιστοιχεί στο τύμπανο δια το πλάτος του. Ένας άλλος τύπος οδοστρωτήρα που χρησιμεύει στα βραχώδη επιχώματα είναι ο στατικός οδοστρωτήρας με κύλινδρο αποτελούμενος από δικτύωμα σιδηρών ράβδων βάρους 5-12 τόνων γραμμικού στατικού φορτίου 80kg/cm. Τέλος, ένας ακόμη τύπος οδοστρωτήρα που μπορεί να χρησιμοποιήσουμε στη συμπίκνωση των βραχιδών επιχωμάτων είναι ο οδοστρωτήρας με προεξοχές ή κατσικοπόδαρα. Γενικώς, η συμπίκνωση θα θεωρείται ότι ολοκληρώθηκε όταν μεταξύ δυο διαδοχικών διελεύσεων του εξοπλισμού συμπίκνωσης, η υποχώρηση δεν υπερβαίνει της ακόλουθες τιμές.

Τμήμα επιχώματος	Μέγιστη υποχώρηση μεταξύ δυο διαδοχικών διελεύσεων του οδοστρωτήρα σε (mm)
	Οδικά έργα με συμπύκνωση 90% της τροποποιημένης δοκιμής proctor
Θεμέλιο πυρήνας	10
Μεταβατικό τμήμα	5

Έλεγχος συμπύκνωσης

Για τον έλεγχο συμπύκνωσης θα χρησιμοποιούνται χαλύβδινοι μάρτυρες ελέγχου υποχωρήσεων διαστάσεων 42*42cm από λαμαρίνα πάχους 15mm με κατάλληλη διαμόρφωση έδρασης της εγκρίσεως της υπηρεσίας.

Ενδεικτικά για την συμπύκνωση σε ποσοστό 95% της τροποποιημένης δοκιμής proctor απαιτούνται 12 διέλευσης φορτίο 42kg/cm, ενώ για τον βαθμό συμπύκνωσης 90 απαιτούνται 6 διελεύσεις.

3.7 Προστασία πρανών επιχωμάτων από αργιλικά υλικά

Θα ήταν αναγκαίο να αναφέρουμε μια ιδιαίτερη περίπτωση που αφορά τα αργιλικά επιχώματα και αυτή η περίπτωση δεν έχει να κάνει με τίποτα άλλο πέρα από την προστασία των πρανών αργιλικών επιχωμάτων. Τα πρανή των αργιλικών επιχωμάτων λόγω της ευαισθησίας τους στο νερό θα πρέπει να προστατεύονται. Ένας τρόπος προστασίας είναι η φυτική προστασία κατά την οποία το πρανές καλύπτεται από ένα φυτικό στρώμα. Καυαυτόν τον τρόπο αποφεύγουμε τις αρνητικές συνέπειες οι οποίες μπορεί να είναι η διάβρωση η χαλάρωση του εδάφους του πρανού και ενδεχομένως η διόγκωσή του. Όμως με αυτόν τον τρόπο προστασίας υπάρχει και η περίπτωση αποτυχίας. Υπάρχει το ενδεχόμενο λόγω της χαμηλής υδατοπερατότητας του αργιλικού επιχώματος όταν ξεσπάσει κάποια καταγίδα να προκληθεί υπερκορεσμός και αστοχία της φυτικής στρώσης στο πρανές. Ένας τρόπος προστασίας είναι η τοποθέτηση κατάλληλου μηχανισμού απομάκρυνσης του νερού από το έργο. Ο μηχανισμός για να το πράξουμε αυτό είναι τα στραγγιστήρια. Τα στραγγιστήρια του είδους είναι συμπυκνωμένου αμμοχάλικου πάχους 50cm σε όλη την επιφάνεια των πρανών και κάτω από το στρώμα της φυτικής γης. Κατά αυτόν τον τρόπο τα νερά που συλλέγονται οδηγούνται μέσω κατάλληλων διατάξεων εκτός έργου. Τέλος, θα πρέπει να τονίσουμε ότι η σημασία αυτών των διατάξεων είναι πολύ σημαντική και αξίζει να την αναφέρουμε.

Οπλισμένο επίχωμα

Τα οπλισμένα επιχώματα είναι μια ειδική τεχνική κατασκευής επιχωμάτων που εφαρμόζονται σε περιπτώσεις περιορισμένου εύρους κατάληψης της οδού και συνήθως σε επιχώματα μεγάλου ύψους. Τα οπλισμένα επιχώματα ονομάζονται γεοκατασκευές στις οποίες τα υλικά επίχωσης ενισχύονται με παρεμβολή μεταλλικών κυρίως συνθετικών στοιχείων.

Σήμερα η ενίσχυση των επιχωμάτων γίνεται πρωτίστως με γεωφάσματα και γεωπλέγματα. Η εφαρμογή της αρχής της οπλισμένης γης στην κατασκευή των επιχωμάτων καλύπτει ένα ευρύ πεδίο, ωστόσο, αναφέρονται συνήθως ως οπλισμένα επιχώματα οι γεοκατασκευές με πρανή που έχουν ενισχυθεί με συνθετικά ή μεταλλικά στοιχεία. Με τα οπλισμένα επιχώματα μπορούμε να έχουμε αύξηση της κλίσης των πρανών και να φτάσει τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 1/1,5 και 1/2 μπορεί να έχουμε ακόμη και κατακόρυφο πρανές με γωνία 90 μοιρών. Επίσης, με τα οπλισμένα επιχώματα μπορεί να έχουμε μείωση των παραμορφώσεων των καθιζήσεων και γενικότερα να έχουμε μια καλύτερη ευστάθεια.

Τα οπλισμένα επιχώματα συνήθως είναι αρκετά σημαντικά και οι εφαρμογές του οπλισμένου εδάφους στην περίπτωση των οδικών επιχωμάτων είναι οι ακόλουθες. Η όπλιση των πρανών (αποτέλεσμα αυτού είναι να αυξάνεται η ευστάθεια του επιχώματος και δύσκολά να παρατηρούνται αστοχίες), η ενίσχυση της παρειάς για βελτίωση της ευστάθειας του επιχώματος έναντι επίπεδης επιφανειακής/τοπικής αστοχίας, ακόμη μια εφαρμογή είναι η όπλιση του σώματος του επιχώματος για μείωση της συνίζησης. Επίσης, έχουμε την ενίσχυση της επιφάνειας έδρασης του επιχώματος για αποφυγή των καθιζήσεων και βελτίωση της ευστάθειας. Τέλος έχουμε την ενίσχυση του υλικού επίχωσης του τοίχου αντιστήριξης. Στην τελευταία παράγραφο είδαμε σε ποια τμήματα του επιχώματος έχουμε όπλιση.

Γενικώς, τα πλεονεκτήματα τα οποία παρουσιάζουν οι διάφορες τεχνικές όπλισης του εδάφους στην οδοποιία είναι οι εξής: πρώτον η μεγάλη ευκαμψία και ικανότητα προσαρμογής σε παραμορφώσεις καθιζήσεις της γεοκατασκευής, δεύτερον το μικρό κόστος κατασκευής, τρίτον η απλή και σύντομη διαδικασία τοποθέτησης και τέταρτον η δυνατότητα αποστράγγισης.

3.8.1 Όπλιση πρανών- οπλισμένου επιχώματος

Η όπλιση των πρανών του επιχώματος είναι η περισσότερο διαδεδομένη εφαρμογή οπλισμένου εδάφους στην οδοποιία. Τα οπλισμένα επιχώματα διαμορφώνονται με πιο απότομες κλίσεις από τα συμβατικά επιχώματα με αποτέλεσμα την μείωση του εύρους κατάληψης της οδού και την εξοικονόμηση υλικών. Εναλλακτικά, η όπλιση των πρανών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διαπλάτυνση των οδών σε ένα επίχωμα και για την αύξηση του πλάτους του οδοστρώματος σε φάση κατασκευής οδικών έργων.

3.8.2 Διαμπερής ενίσχυση οπλισμένου επιχώματος

Γεωσυνθετικά υλικά τοποθετούνται στο σώμα του επιχώματος για την μείωση της παραμορφωσιμότητας και της συνίζησης. Η πρακτική αυτή εφαρμόζεται σε υψηλά επιχώματα $>10m$ που κατασκευάζονται από συνεκτικά εδαφικά υλικά μεγάλης παραμορφωσιμότητας. Στις περιπτώσεις αυτές τα στοιχεία τοποθετούνται ανά 2-3 μέτρα (καθ' ύψος) ανάλογα με την φύση του υλικού και τη γεωμετρία της διατομής. Η παρεμβολή γεωφασμάτων είναι δυνατόν να συνδυασθεί και με την κατασκευή στρώσης στράγγισης από την στιγμή που το υλικό επίχωσης είναι μικρής διαπερατότητας και η πιθανότητα διείσδυσης όμβριων είναι σοβαρή.

3.8.3 Ενίσχυση θεμελίωσης οπλισμένου επιχώματος

Η ενίσχυση της θεμελίωσης του επιχώματος μέσω γεωφασμάτων γίνεται σε περιπτώσεις έδρασης των γεωκατασκευών σε συμπιεστά εδαφικά στρώματα μεγάλου πάχους (αργιλοίλιες, μαλακές άργιλοι, οργανικά εδάφη). Ένα πρώτο γεωφάσμα τοποθετείται στον πυθμένα της εξυγιαντικής κλίνης στην συνέχεια τοποθετείται η εξυγιαντική στρώση (αποτελείται από κροκάλες ή θραυστό υλικό διαστάσεων 100-200mm) έπειτα η εξυγιαντική στρώση καλύπτεται από ενισχυμένο γεωφάσμα και κατ' αυτόν τον τρόπο έχουμε βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του εδάφους. Έτσι, το επίχωμα μπορεί να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις και να μην έχουμε αστοχίες.

Εξίσου σημαντική μπορεί να είναι η συμβολή του γεωφάσματος ή του γεωπλέγματος στην έδραση του επιχώματος επί φυσικού πρανούς. Ανάλογα με την γεωμετρία της κατασκευής και την φύση των υλικών η παρεμβολή γεωσυνθετικών υλικών σε συνδυασμό με την αποστραγγιστική κλίση μειώνει σημαντικά τις πιθανότητες ολίσθησης του επιχώματος.

3.8.4 Μέθοδος κατασκευής-οπλισμένου επιχώματος

Η κατασκευή των οπλισμένων επιχωμάτων ακολουθεί την ίδια διαδικασία με τα συμβατικά

επιχώματα. Δηλαδή τα οπλισμένα επιχώματα ακολουθούν τους ίδιους κανόνες με τα συμβατικά επιχώματα στα υλικά, στην διάστρωση των υλικών, στην συμπύκνωση καθώς και στους τελικούς ελέγχους. Παρόλα αυτά υπάρχει μια διαφορά που ξεχωρίζει τα συμβατικά επιχώματα από τα οπλισμένα αυτή είναι ότι στα οπλισμένα επιχώματα έχουμε παρεμβολή φύλλων ενίσχυσης, ενώ στα συμβατικά όχι. Παρακάτω δίνονται οι κανόνες που πρέπει να ισχύουν για τα φύλλα ενίσχυσης κατά την φάση της κατασκευής του οπλισμένου επιχώματος.

3.8.5 Κανόνες διάταξης φύλλων ενίσχυσης

Τα φύλλα των γεωσυνθετικών υλικών διατάσσονται σε διεύθυνση κάθετη προς τον άξονα της οδού. Σε περίπτωση γεωσυνθετικών υλικών διαφορετικής αντοχής προς τις δυο διευθύνσεις θα πρέπει η κύρια διεύθυνση να διατάσσεται κάθετα στον άξονα της οδού. Η τοποθέτηση των στοιχείων της όπλισης πραγματοποιείται από την στιγμή που έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία διάστρωσης και συμπύκνωσης του υλικού επίχωσης. Ότι έχει να κάνει με την στερέωση των γεωσυνθετικών υλικών αυτή είναι απαραίτητη. Απλές μεταλλικές ράβδοι μήκους 50cm, χρησιμοποιούνται για την στερέωση των γεωσυνθετικών υλικών. Η στερέωση δεν είναι απαραίτητη όταν προβλέπεται αναδίπλωση του γεωσυνθετικού υλικού.

Υπάρχουν όμως και κανόνες για να μην καταστραφούν τα γεωφάσματα κατά της εργασίες κατασκευής του επιχώματος. Έτσι, η διάστρωση και η συμπύκνωση της στρώσης του επιχώματος πάνω από το γεωφάσμα θα γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή για να μην καταστραφεί το γεωφάσμα. Η διάστρωση των υλικών πάνω από το φύλλο ενίσχυσης μπορεί να προκαλέσει καταστροφές. Έτσι για την διάστρωση θα πρέπει να προτιμώνται τα ελαφρά μηχανήματα και η διάστρωση θα πρέπει να γίνεται μόνο επί του υλικού επίχωσης πάχους κατ'ελάχιστο 20cm και με απόλυτη προσοχή προς αποφυγή τραυματισμού του γεωσυνθετικού υλικού. Το ίδιο ισχύει και για τα μηχανήματα συμπύκνωσης. Ακόμη λίθοι με γωνίες, αντικείμενα, ράβδοι, σίδερα μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στο γεωφάσμα γι'αυτό θα πρέπει να αποφεύγονται. Επιπλέον όμως και η απλή διέλευση οχημάτων πάνω στα φύλλα γεωσυνθετικών υλικών προκαλεί απόσπαση και αναδίπλωση των φύλλων τα οποία θα χρειασθεί να επανατοποθετηθούν από την στιγμή που δεν έχουν καταστραφεί.

3.9 Κλίση πρανούς συμβατικού επιχώματος

Ο καθορισμός της κλίσης του πρανούς ενός επιχώματος είναι πολύ σημαντικός και απαιτεί ενασχόλησή με αυτό το ζητούμενο. Θα πρέπει η έρευνα να είναι εκτεταμένη και μεθοδική και να μας καταδεικνύει ποια κλίση θα χρησιμοποιήσουμε για το κάθε επίχωμα ξεχωριστά. Καθώς όλα τα επιχώματα δεν διαμορφώνονται με την ίδια κλίση αλλά μερικά έχουν άλλη κλίση. Αυτή η κλίση διαμορφώνεται με βάση κάποιους παράγοντες η οποίοι είναι το ύψος του πρανούς τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά του υπεδάφους και γενικότερα τα χαρακτηριστικά των εδαφών του επιχώματος. Τέλος η επιλογή της κατάλληλης κλίσης είναι σημαντική επειδή ένα πρανές αν καταρρεύσει όπως είδαμε στα πρανή του ορύγματος θα αντιμετωπίσει προβλήματα όλο το έργο. Το πρόβλημα αυτό όμως απασχολεί και τα επιχώματα καθώς και αυτά έχουν πρανή.

Πίνακας 3.6 κλίση πρανών επιχωμάτων

περίπτωση	Ύψος πρανούς επιχώματος σε m	Κλίση πρανούς (ύψους προς την βάση)
κατά γενικό κανόνα (από την στιγμή που το επιτρέπει το έδαφος)	Εως 1,5m	1 3
	Από 1,5 έως 3	1 2
	Άνω των 3 μέτρων	2 3
Βραχώδη προϊόντα		1 1

Σε περίπτωση κινδύνου διάβρωσης		13
---------------------------------	--	----

Σε περιπτώσεις επιχωμάτων ύψους μεγαλύτερου από τα 10 μέτρα, όπως και σε ειδικές περιπτώσεις μικρότερου ύψους(ασταθή εδάφη, υψηλός υδροφόρος ορίζοντας, μαλακά εδάφη με κίνδυνο υποχωρήσεων)συνιστάται να συντάσσεται μελέτη ευστάθειας επιχωμάτων με υπολογισμό γενικευμένης και εσωτερικής ευστάθειας σύμφωνα με τους ισχύοντες κανόνες.

3.10Κατασκευή δοκιμαστικών επιχωμάτων

3.10.1Κατασκευή δοκιμαστικού επιχώματος

Για να δημιουργήσουμε ένα αργιλικό επίχωμα με μεγαλύτερες αντοχές και να βελτιώσουμε τον τρόπο που εκτελούμε τις εργασίες θα ήταν καλό να σχεδιάσουμε και να κατασκευάσουμε ένα δοκιμαστικό αργιλικό επίχωμα. Το δοκιμαστικό επίχωμα είναι μια σμίκρυνση του κανονικού επιχώματος που αποσκοπεί στο να δούμε μέσω κάποιων δοκιμών κάποια πράγματα που ισχύουν στο δοκιμαστικό επίχωμα και μπορούμε να τα εφαρμόσουμε στο μεγάλο επίχωμα. Δεν θα δούμε όμως μόνο κάποια πράγματα που ισχύουν για το δοκιμαστικό επίχωμα αλλά θα δούμε με ποιούς τρόπους θα έχουμε το βέλτιστο αποτέλεσμα για το μεγάλο επίχωμα. Πιο συγκεκριμένα θα βοηθηθούμε στο να διαλέξουμε τα κατάλληλα μηχανήματα συμπίκνωσης, στο να προσδιορίσουμε τον ρυθμό διέλευσης των μηχανών, στο εκτιμήσουμε πως θα έχουμε ικανοποιητικό βαθμό συμπίκνωσης. Τέλος, με το δοκιμαστικό επίχωμα μπορούμε να διαπιστώσουμε και να προχωρήσουμε στον έλεγχο του συμπτκνωθέντος υλικού δηλαδή να δούμε εάν ανταποκρίνεται στις μελέτες που έχουν γίνει.

Η διαδικασία της δοκιμής

Για την δοκιμή κατασκευάζουμε δυο αργιλικά επιχώματα τα οποία έχουν διαστάσεις20cm*42cm τα οποία ανήκουν στην κατηγορία του εδάφους Εο. Η συμπίκνωση του ενός γίνεται σε 5 στρώσεις ομοιόμορφου πάχους 0,25 m(πριν την συμπίκνωση),ενώ η συμπίκνωση του άλλου γίνεται σε 5 στρώσεις όμοιου πάχους 0,35m.

Πίνακας3.7 Συχνότητα σκοπός και είδος δοκιμών των συμπτκνωμένων στρώσεων του δοκιμαστικού επιχώματος για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του(από ΤΣΥ της ΕΟΑΕ)

Δοκιμή	Συχνότητα	Σκοπός
Κοκκομετρική ανάλυση	Από δυο δοκιμές για κάθε επίχωμα	Κατάταξη υλικού
Προσδιορισμός ορίων atteberg	Από δυο δοκιμές για κάθε επίχωμα	Κατάταξη υλικού
Τροποποιημένη μορφή συμπίκνωσης	Δυο δοκιμές σε κάθε δοκιμαστικό επίχωμα	Έλεγχος χαρακτηριστικών με βάση τις προδιαγραφές
Προσδιορισμός επιτόπου υγρασίας	Από δυο δοκιμές σε κάθε στρώση κατασκευαστικού επιχώματος	Προσδιορισμός χαρακτηριστικών συμπτκνωμένου επιχώματος
Προσδιορισμός επί τόπου πυκνότητας	Τρεις δοκιμές σε κάθε δοκιμαστικό επίχωμα	Προσδιορισμός χαρακτηριστικών συμπτκνωμένου επιχώματος
Δοκιμαστική φόρτιση πλάκας	Τρεις δοκιμές σε κάθε δοκιμαστικό επίχωμα	Προσδιορισμός μέτρων συμπίεσης
Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης	Από δυο δοκιμές σε αδιατάρακτα	Προσδιορισμός διατμηκής αντοχής
Τριαξονική δοκιμή curp	Δείγμα από καθένα δοκιμαστικό επίχωμα	Προσδιορισμός διατμηκής αντοχής

3.10.2 Κατασκευή δοκιμαστικού βραχώδους επιχώματος

Η κατασκευή δοκιμαστικού επιχώματος αποσκοπεί στην επιλογή του κατάλληλου μηχανικού εξοπλισμού, της μεθόδου φόρτωσης και μεταφοράς των βραχωδών υλικών, της πιο συμφέρουσας διάστρωσης του κατάλληλου πάχους των στρώσεων, των κατάλληλων μεθόδων συμπύκνωσης όπως επίσης και στην επιλογή του αριθμού των διελεύσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Μηχανήματα χωματουργικών έργων

Η κατασκευή των έργων οδοποιίας στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στα μηχανήματα. Εμείς θα εξετάσουμε ποιά έργα εκτελεί το κάθε μηχάνημα ξεχωριστά. Θα δούμε πως είναι κατασκευασμένα τα μηχανήματα. Ακόμη θα προσεγγίσουμε και θα μάθουμε την απόδοση που έχει το κάθε μηχάνημα, αυτό το τελευταίο είναι αρκετά σημαντικό γιατί με βάση αυτό μπορούμε να οργανώσουμε καλύτερα τις χωματουργικές εργασίες του εργοταξίου και να μειώσουμε τις δαπάνες και τον χρόνο εκτέλεσης των έργων. Αναμφίβολα, τα μηχανήματα σήμερα κατέχουν βασική θέση στην εκτέλεση των χωματουργικών έργων. Τα μηχανήματα εκτελούν ένα πλήθος εργασιών και είναι αναγκαία σε κάθε φάση της εκτέλεσης των εργασιών. Μπορούμε να δούμε μηχανήματα τα οποία μπορούν να συμπυκνώνουν ένα έδαφος με μεγάλη ευκολία και να μεταφέρουν σε μεγάλες αποστάσεις τα προϊόντα της εκσκαφής είναι σε θέση να εκτελέσουν τα έργα σε μικρά χρονικά διαστήματα και μάλιστα με ακρίβεια. Αυτό συμβαίνει λόγω των μεγάλων δρόμων που κατασκευάζονται.

Με λίγα λόγια τα χωματουργικά έργα οφείλουν πολλά στα μηχανήματα οδοποιίας. Μερικά από τα σημαντικότερα μηχανήματα οδοποιίας είναι οι προωθητές, οι χωματοσυλλέκτες, οι διαμορφωτές ή ισοπέδωτες και οι φορτωτές ενώ υπάρχουν και τα μηχανήματα τα οποία συμπυκνώνουν το έδαφος όπως είναι οι οδοστρωτήρες και τα μηχανήματα μεταφοράς όπως είναι τα ανατρεπόμενα οχήματα. Τέλος, εμείς θα προσπαθήσουμε να αναλύσουμε την σημαντικότητα του κάθε μηχανήματος ξεχωριστά, καθώς όλα τα μηχανήματα είναι σημαντικά στην εργασία την οποία εκτελούν.



Εικόνα6: μηχανήματα χωματουργικών εργασιών

4.2 Εκσκαφείς

Ο εκσκαφέας είναι ένα μηχάνημα στις μέρες μας που χρησιμεύει σε πολλές εργασίες σε ένα εργοτάξιο των έργων οδοποιίας. Είναι αν όχι το σπουδαιότερο μηχάνημα των χωματουργικών εργασιών ένα από τα σπουδαιότερα. Σήμερα έχει ευρεία χρήση και όπως λέει και το όνομα του χρησιμεύει στο να σκάβει και να απομακρύνει το έδαφος από μία περιοχή. Καταρχήν, οι εκσκαφείς έχουν μεγάλη σημασία καθώς έχουν αντικαταστήσει τα παλαιά μέσα εκσκαφής που χρησιμοποιούνταν στα έργα οδοποιίας. Για παράδειγμα τα παλαιά χρόνια χρησιμοποιούσαμε έναν απαρχαιωμένο εξοπλισμό όπως τσάπες τσουγκράνες, γκασμάδες, κ.ά. Αυτό όμως έχει αλλάξει καθώς η τεχνολογία μας έχει προσφέρει αυτό το σύγχρονο και με μεγάλες δυνατότητες μηχάνημα. Το μηχάνημα αυτό αξίζει να τονίσουμε και πάλι ότι είναι αναπόσπαστο κομμάτι των χωματουργικών εργασιών καθώς διευκολύνει και συντομεύει την εκτέλεσή τους.



Εικόνα7: εκσκαφέας με ερπύστριες

Οι εκσκαφείς είναι μηχανήματα συνήθως αυτοπροώθουμενα και σπανιότερα αποτελούν πρόσθετο εξοπλισμό εγκατεστημένο επί φορτηγών μεταφοράς υλικών ή άλλων μηχανημάτων. Οι εκσκαφείς ανάλογα με τον τρόπο κίνησής τους διακρίνονται σε ερπυστριοφόρους. Οι ερπυστριοφόροι όπως λέει και το όνομα τους κινούνται επί μεταλλικών ερπυστριών. Επίσης, έχουμε τους ελαστιχοφόρους που κινούνται επί ελαστικών τροχών. Το πλεονέκτημά τους είναι ότι οι ερπυστριοφόροι εκσκαφείς λόγω της κατασκευής τους δεν ασκούν μεγάλη πίεση στο έδαφος, διότι οι δυνάμεις λόγω της μεγάλης επιφάνειας στην οποία κινούνται κατανέμουν τις δυνάμεις σε μεγαλύτερο πλάτος. Από την άλλη πλευρά το κυριότερο πλεονέκτημα των ελαστιχοφόρων εκσκαφέων είναι ότι χάρις τους ελαστικούς τροχούς κινούνται εύκολα ενώ μπορούν να αναπτύξουν μεγάλες ταχύτητες.

Οι εκσκαφείς είναι ίσως τα μηχανήματα τεχνικών έργων που χαρακτηρίζονται από ένα πλήθος μορφών και παραλλαγών. Αυτό πηγάζει από το γεγονός ότι πρέπει να εκτελούν κάποιες διαφορετικές λειτουργίες και εργασίες. Οι κυριότερες μορφές ανάλογα με την εργασία που εκτελούν είναι οι εκσκαφείς με πτύο φορτώσεως, οι εκσκαφείς με ανατρεπόμενο πτύο, οι εκσκαφείς με συρόμενο κάδο ή λεπίδα, οι εκσκαφείς με αρπαγή, οι εκσκαφείς φορτώσεως ή περονοφόροι, οι εκσκαφείς γερανοί και οι εκσκαφείς πασαλομπήχτες. Οι εκσκαφείς με μετωπικό πτύο χρησιμοποιούνται κυρίως στην περίπτωση κατά την οποία η εκσκαφή συντελείται σε υψηλότερο ύψος από την στάθμη έδρασης του μηχανήματος, δηλαδή το μηχανήμα βρίσκεται σε χαμηλότερη στάθμη από το σημείο που βρίσκεται ο κάδος με τον οποίο πραγματοποιείται η εκσκαφή. Αντίθετα με αυτή την εκσκαφή η εκσκαφή σε βάθος πραγματοποιείται καλύτερα με εκσκαφέα με ανεστραμμένο πτύο. Οι εκσκαφείς αυτού του τύπου καλύπτουν σήμερα την συντριπτική πλειοψηφία των εφαρμογών οδοποιίας. Οι εκσκαφείς με διάταξη συρόμενου κάδου χρησιμοποιούνται κυρίως σε περίπτωση χαλαρών εδαφών και όταν το μέτωπο εκσκαφής βρίσκεται χαμηλότερα από την στάθμη έδρασης του μηχανήματος. Ενώ, ανάλογες εφαρμογές με αυτή του συρόμενου κάδου έχει και ο εκσκαφέας με αρπαγή. Στις περισσότερες φορές ο βασικός εξοπλισμός του εκσκαφέα συνοδεύεται από πρόσθετα στοιχεία και ανταλλακτικά που προσαρμόζονται, ώστε να ικανοποιείται το πλήθος των αναγκών που μπορεί να προκύψουν στο εργοτάξιο.

Οι εκσκαφείς είναι μηχανήματα στα οποία προσαρμόζεται κατάλληλος κάδος για την εκσκαφή. Ο κάδος αυτός δεν είναι μόνο ενός είδους ανάλογα με το έδαφος που έχουμε απαιτείται και διαφορετικός κάδος. Οι κάδοι έχουν κατασκευαστεί σε πολλά είδη και κάθε ένα έχει σκοπό να εξυπηρετήσει συγκεκριμένες ανάγκες οι οποίες αφορούν το είδος του εδάφους. Τα πιο σημαντικά είδη κάδων είναι ο κάδος εκσκαφής, ο κάδος βραχίου τύπου εκσκαφής, ο κάδος βραχώδους τύπου, ο κάδος ταχυσυνδέσμου ο κάδος καθαρισμού τάφρων και ο κάδος RIPER. Ο κάδος εκσκαφής σκάβει και φορτώνει μαλακά έως μεσαία εδάφη όπως λάσπη και χώμα, χαρακτηρίζεται από τους συγκολλητούς προσαρμογείς των ακραίων τμημάτων τις σκληρές καμπτικές άκρες και τις πλευρικές ενισχύσεις. Ένα άλλο είδος κάδου είναι ο κάδος βραχίου τύπου εκσκαφής, ο οποίος σκάβει και φορτώνει συμπαγή και σκληρά εδάφη όπως χώμα, βράχους, άμμο, λάσπη, χαλίκια, κάρβουνο κιμωλία και μεταλλεύματα μικρής σκληρότητας. Χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερα ακραία τμήματα καθώς επίσης και από χάλυβα υψηλής αντοχής στην τριβή για όλα τα τριβόμενα μέρη. Ακόμη έχουμε τον κάδο βραχώδους τύπου, αυτός ο τύπος κάδου προχωρά στην εκσκαφή κυρίως βράχων βραχώνων εδαφών και άλλων σκληρών πετρωμάτων δεν έχει μόνο την δυνατότητα να προχωρά στην εκσκαφή αλλά πλην της εκσκαφής φορτώνει σε φορτηγά. Χαρακτηρίζεται μηχανολογικά από την καμπτική λάμα τύπου v, την παχύτερη βάση και τις πρόσθετες ενισχύσεις. Ένα άλλο είδος είναι ο κάδος ταχυσυνδέσμου, οι ταχυσυνδέσμοι επιτρέπουν στον χειριστή την εύκολη διαχείριση των κάδων, να αλλάξει τους κάδους σύμφωνα με τις απαιτήσεις και ανάλογα με το είδος του εδάφους. Ακόμη επιτρέπουν την προσαρμογή και την αλλαγή διαφόρων βοηθητικών εξαρτημάτων. Με τον τρόπο αυτόν βελτιώνουμε την παραγωγικότητα του μηχανήματος καθώς δεν καθυστερούμε με τις αλλαγές των κάδων. Τέλος, οι δύο τελευταίοι κάδοι που δεν αναλύσαμε είναι οι κάδοι καθαρισμού τάφρων και το Ripper. Στην πρώτη περίπτωση ο κάδος χρησιμοποιείται για την διαμόρφωση των εδαφικών αναχωμάτων κ.ά. ενώ στην δεύτερη το ρίπερ χρησιμοποιείται για να σπάει τους βράχους. Είδαμε που χρησιμεύει ο εκσκαφέας, τα είδη των εκσκαφέων ανάλογα με την λειτουργία τους και την γενική διαμόρφωση τους, τα είδη των κάδων που χρησιμοποιούμε ανάλογα με το είδος του εδάφους οπότε θα ήταν σκόπιμο να δούμε και την απόδοση του εκσκαφέα. Η απόδοση ενός εκσκαφέα εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το μέγεθος του κάδου, ενώ συγχρόνως επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες όπως είναι το είδος του εδάφους το ύψος και η απόσταση του κάδου.

Απόδοση εκσκαφέα

$$R = q \cdot f_a \cdot s_b / t_o$$

- t_o** ο χρόνος κύκλου του εκσκαφέα
q η χωρητικότητα του κάδου σε κ.μ
f_a ο συντελεστής χαλάρωσης του εδάφους
s ο συντελεστής ποιότητας του εδάφους

4.3 Προωθητές



Εικόνα8: προωθητής

Ο προωθητής είναι από τα σημαντικότερα μηχανήματα ενός εργοταξίου, ενώ στις μέρες μας η χρήση του είναι σε ευρεία κλίμακα. Όσον αφορά την κατασκευή του φέρει μετωπικό κοπτήρα ο οποίος σκάβει το έδαφος και το προωθεί προς την θέση απόθεσης παράλληλα προς τον διαμήκη άξονά του. Η λεπίδα του προωθητή είναι γωνιούμενη ώστε η λεπίδα του να μπορεί να τοποθετηθεί κατά μια γωνία ως και 125 μοιρών προς τα αριστερά ή τα δεξιά της οριζόντιας καθέτου προς τον κατά μήκος άξονα του ελκυστήρα. Η λεπίδα μπορεί να ρυθμιστεί επίσης κάθετα προς τον κατά μήκος άξονα του ελκυστήρα για μετωπική προώθηση. Τα κύρια τμήματα του ερπυστριοφόρου προωθητή είναι τα εξής το σκάφος, ο κινητήρας, τα στοιχεία μετάδοσης της κινητικής ενέργειας, το χειριστήριο, το σύστημα πορείας και τα σκαπτικά εργαλεία. Τα κύρια σκαπτικά εργαλεία διακρίνονται σε ένα πλήθος λεπίδων οι κυριότερες από τις οποίες είναι η μετωπική λεπίδα, η λεπίδα γενικής χρήσεως, η λεπίδα ημιγενικής χρήσεως και η λεπίδα ώθησης. Η μετωπική λεπίδα είναι πλέον η πιο χρησιμοποιούμενη καθώς έχει υψηλό βαθμό απόδοσης και μπορεί να ωθήσει υλικά μεγάλου ειδικού βάρους. Οι λεπίδες γενικής χρήσεως μπορούν να ωθήσουν μεγάλα φορτία

σε μεγάλες αποστάσεις και να διαμορφώσουν σωρούς όμως μειονεκτούν έναντι της μετωπικής λεπίδας καθώς έχει μικρότερη ωριαία απόδοση. Οι προωθητές διαθέτουν υδραυλικό σύστημα ανάρτησης της λεπίδας για να μπορεί να αναπτυχθεί μεγαλύτερη δύναμη για την ώθηση της λεπίδας στο έδαφος. Επίσης, είναι πιο εύκολος ο χειρισμός και η διατήρηση της λεπίδας σε σταθερή θέση ως προς την μηχανή. Οι προωθητές ανάλογα με το είδος των τροχών που χρησιμοποιούν για να στηρίζονται και να κινούνται διακρίνονται στους τροχοφόρους και στους ερπυστριοφόρους οι πρώτοι είναι αυτοί που κινούνται επί ελαστικών τροχών ενώ οι δεύτεροι επί μεταλλικών ερπυστριών.

Οι προωθητές πέρα από τα μηχανολογικά στοιχεία που είδαμε μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα πλήθος εργασιών στην οδοποιία. Οι εργασίες αυτές μπορεί να είναι κύριες και δευτερεύουσες. Οι προωθητές καταρχήν χρησιμοποιούνται για την επιφανειακή εκσκαφή σκληρών εδαφών με παράλληλη μετακίνηση αυτών σε κοντινές αποστάσεις. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για εκρίζωση και εκχέρσωση. Με τον όρο εκρίζωση εννοούμε την εκρίζωση των δένδρων, ενώ με την εκχέρσωση εννοούμε την εκχέρσωση των χόρτων και μικρών θάμνων από τον υπό κατασκευή δρόμο. Μπορούμε να πούμε ότι χάρις της βοήθειας των μηχανών μπορούμε να κατασκευάσουμε από ημιβραχώδη ή βραχώδη υλικά επιχώματα καθώς τα μηχανήματα αυτά πραγματοποιούν την διάστρωση των υλικών του βραχώδους και ημιβραχώδους επιχώματος σε στρώσεις. Δηλαδή τα μηχανήματα αυτά διαστρώνουν τα βραχώδη και ημιβραχώδη υλικά σε στρώσεις με σκοπό την συμπίκνωση. Όπως καταλαβαίνουμε μπορούν να μετακινούν τα ημιβραχώδη και βραχώδη εδάφη σε κοντινές αποστάσεις. Ακόμη, μπορούν να εκτελούν εργασίες όπως είναι η διάνοιξη βοηθητικών δρόμων που είναι απαραίτητοι σε κάθε εργοτάξιο καθώς απαιτείται για τον έναν ή τον άλλον λόγο να μετακινούμαστε συνεχώς. Η συντήρηση βοηθητικών δρόμων και η αναμόρφωση αυτών επιτυγχάνεται χάρη στους προωθητές. Επίσης μπορούμε να πούμε ότι οι μηχανές αυτές χρησιμοποιούνται για την απόξεση και την διαμόρφωση επιφανειών καθώς και την ισοπέδωση ανωμαλιών. Άρα, βλέπουμε ότι με τους προωθητές προχωράμε ομαλά την εκτέλεση των εργασιών. Έτσι, με την τεχνολογία που μας προσφέρει αυτό το κατασκεύασμα διανοίγουμε τους δρόμους από τους θάμνους απομακρύνουμε τους βράχους και γενικώς για να μην αναφέρουμε ξανά τα ίδια εκτελούμε όλες τις εργασίες μικρές και μεγάλες.

Το τελικό στάδιο της ανάλυσης των προωθητών θα αφορά κάτι εξίσου σημαντικό με τα προηγούμενα και είναι η απόδοση. Με την απόδοση θα μπορούσαμε να ρυθμίσουμε την εκτέλεση των εργασιών.

Απόδοση προωθητή

$$R=q*fa*fs/to$$

to=ο χρόνος λειτουργίας

fa=ο συντελεστής χαλάρωσης του εδάφους

q=η χωρητικότητα της λεπίδας,

fs= ο συντελεστής φόρτωσης

4.4 Διαμορφωτές

Η εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών συνεχίζεται εκτός από τους προωθητές και τους εκσκαφείς και με τους διαμορφωτές. Οι διαμορφωτές είναι ένα άλλο μηχάνημα της οδοποιίας το οποίο και αυτό έχει κατασκευαστεί με σκοπό να εκτελεί κάποιες συγκεκριμένες εργασίες. Οι εργασίες αυτές είναι σημαντικές καθώς συμβάλλουν στην επιτυχή έκβαση του έργου. Οι διαμορφωτές σήμερα λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας είναι σε θέση να εκτελούν έργα καθώς διαθέτουν υπερσύγχρονες μηχανές.

Ανήκουν στην κατηγορία των επίπεδων εκσκαφέων με διάφορες σύγχρονες εφαρμογές στα χωματουργικά και στα έργα οδοποιίας. Είναι τα μηχανήματα διάστρωσης υλικών και διαμόρφωσης επιφανειών των χωματουργικών εργασιών. Η ικανότητα στην καλή διάστρωση του

υλικού οφείλεται στην θέση της λεπίδας που βρίσκεται μεταξύ των εμπρόσθιων και οπίσθιων τροχών. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός θα ήταν χρήσιμο να αναπτυχθεί καθώς χάρη σε αυτόν εκτελούνται οι χωματουργικές εργασίες. Αυτός ο εξοπλισμός αποτελείται από διάφορα μέρη που όλα μαζί αποτελούν τον ισοπεδωτή. Καταρχήν ο ισοπεδωτής όπως γνωρίζουμε διαθέτει την λεπίδα διάστρωσης, η οποία βρίσκεται πίσω από τους μπροστινούς τροχούς και μπροστά από τους πίσω. Το μήκος της λεπίδας βρίσκεται μεταξύ των τιμών 2,5 μέτρα έως 5μέτρα ενώ από την άλλη το ύψος της είναι περίπου 0,50-0,75 μέτρα. Η κύρια ασχολία της λεπίδας αυτής είναι να διαστρώνει τα υλικά και να διαμορφώνει τις επιφάνειες. Μπορούμε να πούμε ότι η λεπίδα αυτή που έρχεται σε επαφή με το έδαφος και με την ισχύ του κινητήρα δίνει ώθηση στους τροχούς την κάνει να κινείται και να μετακινεί και το χώμα.

Οι ισοπεδωτές σε γενικές γραμμές είναι τα μηχανήματα που έχουν σαν βασικό στόχο να διαστρώνουν τα διάφορα εδάφη που συναντώνται στα έργα οδοποιίας. Για παράδειγμα διαστρώνουν το έδαφος που μεταφέρουν τα ανατρεπόμενα φορτηγά. Τα φορτηγά μεταφέρουν τα προϊόντα του εκχώματος στην συνέχεια οι ισοπεδωτές διαστρώνουν και τέλος οι συμπτυκνωτές συμπτυκνώνουν. Για να κατανοήσουμε που χρησιμεύουν οι ισοπεδωτές θα πρέπει να δούμε τον μηχανολογικό εξοπλισμό τους και πως αυτός δουλεύει. Αυτό εάν το πράξουμε θα κατανοήσουμε και τις εργασίες που εκτελούν.



Εικόνα9: διαμορφωτής

Η όλη διαδικασία της παρουσίασης των μηχανολογικών εξαρτημάτων του ισοπεδωτή περιλαμβάνει εκτός της λεπίδας διάστρωσης και τον μηχανισμό πορείας με το πλαίσιο που αποτελείται από τρεις άξονες έναν μπροστά και δυο πίσω (κινητήριοι). Οι άξονες των κινητήριων τροχών συνδέονται ανά ζεύγη αρθρωτά με το πλαίσιο, έτσι ώστε το φορείο τους να έχει δυνατότητα μικρής περιστροφής γύρω από την άρθρωση, όταν οι μπροστινοί τροχοί κινούνται πάνω σε μία ανωμαλία εδάφους. Ένα άλλο εξάρτημα του μηχανολογικού εξοπλισμού το οποίο και αυτό με την σειρά του είναι πολύ σημαντικό είναι ο κινητήρας. Ο κινητήρας με τα στοιχεία της μετάδοσης της κινητικής ενέργειας. Στην περίπτωση τριαξονικού πλαισίου το οποίο χρησιμεύει περισσότερο στο εργοτάξιο και οι δυο πίσω τροχοί είναι κινητήριοι. Η μετάδοση της ισχύος από

τον κινητήρα στους τροχούς δίνεται από τον υδραυλικό μετατροπέα ροπής στρέψεως και το δυναμικό κιβώτιο ταχυτήτων. Ένα επιπλέον στοιχείο του μεταλλικού κοπήρα(λεπίδα διάστρωσης)που δεν έχουμε αναφέρει παραπάνω είναι ο κοπήρας που έχει μικρή κυρτότητα και είναι στερεωμένος στο κάτω τμήμα μιας στεφάνης με εσωτερική οδόντωση, η οποία αναρτάται από το πλαίσιο στην μέση περίπου. Με την ανάρτηση αυτή ο κοπήρας έχει την δυνατότητα να περιστρέφεται περί του άξονα κάθετα προς το επίπεδο της οδοντωτής στεφάνης και περί του άξονα παράλληλα προς τον διαμήκη άξονα του μηχανήματος. Έτσι, μπορεί να ολισθαίνει έξω από το μηχάνημα και προς τις δυο πλευρές και να παίρνει ανάλογες προς την μορφή του εδάφους θέσεις.

Πέρα από τα μηχανολογικά εξαρτήματα του ισοπεδωτή πρέπει να σταθούμε κυρίως στις χωματουργικές εργασίες, τις οποίες εκτελούν καθώς στην οδοποιία δεν μας νοιάζει τόσο από τι αποτελείται ο ισοπεδωτής αλλά μας νοιάζει κυρίως τα έργα τα οποία εκτελεί. Εμείς από την μεριά μας σταθήκαμε στα μηχανολογικά στοιχεία του ισοπεδωτή για να δούμε πως το μηχάνημα εκτελεί τις εργασίες αυτές. Στον τομέα μας που είναι η εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών, οι ισοπεδωτές είναι αυτοί που κυρίως ισοπεδώνουν δηλαδή εάν έχουμε μια ποσότητα χώματος που είναι συγκεντρωμένη σε ένα σημείο και αυτή η ποσότητα πρέπει να στρωθεί σε κάποιο τμήμα τότε την εργασία αυτή την αναλαμβάνει ο ισοπεδωτής, ο οποίος γκρεμίζει και διαστρώνει το συγκεκριμένο έδαφος από ένα σημείο. Επίσης ο διαμορφωτής έχει την δυνατότητα να διαστρώνει τα εδάφη και ειδικότερα μπορεί να διαμορφώνει επίπεδες εδαφικές στρώσεις ίσου πάχους(προ συμπίκνωσης). Έτσι, δημιουργούνται στρώσεις ίσου πάχους που έχει θετικά αποτελέσματα για το έργο καθώς θα ήταν εντελώς λάθος μια στρώση να έχει αλλού λίγο και αλλού πολύ έδαφος. Ακόμη ένας ισοπεδωτής μπορεί να κάνει απόξεση και εκχέρσωση εδάφους. Για παράδειγμα εάν κατά την κατασκευή ενός επιχώματος η πάνω επιφάνεια έχει διαβροχή τότε δεν συνιστάται διάστρωση την επόμενης στρώσης αλλά απομάκρυνση αυτής. Την απόξεση αυτή μπορεί να την κάνει ο διαμορφωτής. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο διαμορφωτής δεν μπορεί να κάνει απόξεση για μεγάλα βάθη αλλά για επιφανειακά. Υπάρχει και η περίπτωση σε ένα τμήμα του δρόμου να χρειάζεται το υπάρχον υλικό του δρόμου να αναμοχλευθεί και να αναμειχθεί. Την αναμόχλευση και την ανάμειξη αυτή μπορεί να την αναλαμβάνει όταν χρειάζεται σε κάποιο σημείο ο ισοπεδωτής. Ο ισοπεδωτής με την λεπίδα μπορεί ακόμη να συντηρεί βοηθητικούς δρόμους αυτό το κάνει με την λεπίδα που έχει την δυνατότητα να ξεριζώνει χόρτα μικρούς θάμνους και γενικώς να απομακρύνει μικρά εμπόδια εδαφικής σύστασης που μπορεί να έχουν παρεισφρήσει στον βοηθητικό δρόμο. Μια άλλη εργασία των ισοπεδωτών είναι να καθαρίζουν και να διαμορφώνουν τα πρηνή όταν αυτά βρίσκονται σε ήπια κλίση. Τέλος, συχνά τον χειμώνα παρατηρούμε στους δρόμους ότι υπάρχουν τα μηχανήματα αυτά, τα οποία μπορούν να τους καθαρίζουν από το χιόνι αυτή την αποστολή την αναλαμβάνουν και την κάνουν με την λεπίδα. Πιο συγκεκριμένα το χιόνι απομακρύνεται με την βοήθεια της λεπίδας από τη μέση του δρόμου και καταλήγει στην έξω μεριά δηλαδή έξω από το οδόστρωμα.

Μέχρι αυτό το σημείο είδαμε για τους διαμορφωτές τον μηχανολογικό εξοπλισμό από τον οποίο αποτελούνται. Επίσης, είδαμε ότι αυτός ο μηχανολογικός εξοπλισμός δουλεύει και υπάρχει με σκοπό να εκτελεί κάποιες συγκεκριμένες εργασίες. Στην συνέχεια αναπτύξαμε τις χωματουργικές εργασίες που εκτελούν τα μηχανήματα αυτά. Γενικώς, βλέποντας αυτά καταλάβαμε ότι το κάθε μηχάνημα είναι σημαντικό στην οδοποιία και στην περίπτωση των ισοπεδωτών είναι αναγκαία γιατί εκτελεί με μοναδικό τρόπο κάποιες εργασίες.

4.5 Φορτωτές

Οι φορτωτές είναι ένα ακόμη σπουδαίο μηχάνημα χωματουργικών εργασιών, όπως λέει και το όνομα τους αναλαμβάνουν να φορτώσουν τα υλικά των εκσκαφών σε φορτηγά ή σε άλλα μέσα μετακίνησης των προϊόντων της εκσκαφής που μπορεί να είναι και οι βαγονέτες. Πριν προχωρήσουμε και αναφερθούμε στις εργασίες που εκτελούν οι φορτωτές θα ήταν χρήσιμο να

κάνουμε μια σύντομη αναφορά σε κάποια άλλα στοιχεία που αφορούν τους φορτωτές. Ένα χαρακτηριστικό των φορτωτών που τους διακρίνει από τους εκσκαφείς γενικής χρήσης είναι το πλάτος του κάδου το οποίο είναι ίσο προς το πλάτος του μηχανήματος. Πιο συγκεκριμένα η τσάπα του εκσκαφέα είναι μικρότερη από την τσάπα του φορτωτή. Χάρη σ'αυτή την δυνατότητα που προσφέρεται στον φορτωτή γίνεται και μεγαλύτερη η ποσότητα φορτώσεως από τον φορτωτή στο φορτηγό ανά κύκλο εργασίας. Με αυτόν τον κάδο που έχει ο φορτωτής μπορεί ακόμη και να έχει μεγαλύτερη δυνατότητα εκσκαφής σε χαλαρά εδάφη απ'ότι έχει ο εκσκαφέας. Επίσης, ένας φορτωτής ανάλογα το είδος των ελαστικών που έχει διακρίνεται σε ερπυστριοφόρο κινείται δηλαδή επί μεταλλικών ερπυστριών και ο ελαστιχοφόρος ο οποίος κινείται επί ελαστικών τροχών. Όσον αφορά την χωρητικότητα του κάδου του φορτωτή αυτή κινείται στα εξής επίπεδα, όταν πρόκειται για ερπυστριοφόρους φορτωτές η χωρητικότητα είναι περίπου 2,8κ.μ,όταν έχουμε ελαστιχοφόρους φορτωτές η χωρητικότητα μπορεί να φτάσει τα 2κ.μ.Ο ελαστιχοφόρος φορτωτής έχει ισχυρούς τροχούς ειδικής κατασκευής για να έχει ισχυρή πρόσφυση με το έδαφος και να δίνει στο μηχάνημα την απαιτούμενη δύναμη ωθήσεως για την μέγιστη πληρωμή του κάδου. Από πλευράς κόστους ο ελαστιχοφόρος φορτωτής χρησιμεύει περισσότερο στα χωματουργικά έργα λόγω μικρού κόστους συντηρήσεως και γρήγορης αλλαγής θέσεων χωρίς βοηθητικά μεταφορικά μέσα. Ακόμη ο φορτωτής μπορεί να είναι μετωπικός ή να είναι αρθρωτός. Σαν μετωπικός φορτωτής ορίζεται εκείνος στον οποίο ο κάδος βρίσκεται στην εμπρόσθια πλευρά του μηχανήματος η ανάρτησή του γίνεται με αρθρωτούς βραχίονες και υδραυλικούς κυλίνδρους για το ανέβασμα κατέβασμα και την ανατροπή του υλικού. Το υλικό ρίπτεται στα φορτηγά πάντα κατά τον διαμήκη άξονά του. Ο κάδος μπορεί να κατέβει προς τα κάτω και με την ώθηση που δίνεται από τα ελαστικά φορτώνεται. Από την πλευρά του ο αρθρωτός φορτωτής αποτελείται από δύο τμήματα το εμπρόσθιο τμήμα με τους δύο μπροστινούς τροχούς και τον κάδο και το πίσω τμήμα με τον μηχανισμό που του δίνει ώθηση και τον κάνει να κινείται. Το πίσω τμήμα φέρει επίσης δυο τροχούς. Τα δυο τμήματα αυτά συνδέονται με μια ισχυρή κατακόρυφη άρθρωση και δυο υδραυλικούς κυλίνδρους για την κίνηση δεξιά και αριστερά. Ο φορτωτής για τον οποίο θα ερευνήσουμε είναι διαξονικός με τέσσερα ελαστικά. Κάποιες φορές συναντάμε φορτωτές που κινούν τα δυο από τα τέσσερα ελαστικά συνήθως τα μπροστινά. Συνήθως εμείς στα εργοτάξια χρησιμοποιούμε φορτωτές που κινούνται και με τα τέσσερα ελαστικά.

Είδαμε κάποια βασικά πράγματα για τους φορτωτές όπως είναι τα μηχανολογικά τους χαρακτηριστικά και το είδος των ελαστικών τους. Ακόμη γνωρίσαμε τους μεταλλικούς και αρθρωτούς φορτωτές. Είμαστε σε θέση να δούμε και την εργασία που εκτελεί ο φορτωτής. Ο φορτωτής μπορεί να φορτώνει με τον κάδο που έχει και να τα εναποθέτει μέσα στα φορτηγά αυτό το πραγματοποιεί βάσει αυτών που είδαμε πιο πάνω. Σε ένα εργοτάξιο ο εκσκαφέας σκάβει και επειδή ο κάδος του δεν είναι μεγάλος την δουλειά αυτή την αναλαμβάνει ο φορτωτής που είναι εξειδικευμένος για την δουλειά της φόρτωσης. Ένας φορτωτής δεν περιορίζεται μόνο στην φόρτωση των υλικών του εδάφους αλλά μπορεί να μεταφέρει υλικά εκσκαφής σε κοντινές αποστάσεις. Παράδειγμα αυτού είναι το εξής όταν θέλουμε να επιχώσουμε ένα τμήμα που βρίσκεται κοντά σε εσκαμμένα εδάφη ή θέλουμε να απομακρύνουμε το έδαφος από μια μεριά για να περάσει κάποιος δρόμος για διευκόλυνση των μηχανημάτων, όπως των φορτηγών μοναδική προϋπόθεση αυτών, είναι η απομάκρυνση των υλικών σε κοντινές αποστάσεις. Ένας φορτωτής μπορεί να σκάβει. Από την μεριά του αυτό προϋποθέτει το έδαφος που θα αναλάβει να προχωρήσει στην εκσκαφή να είναι χαλαρό. Μάλιστα η απόδοση του φορτωτή στην εκσκαφή χαλαρών εδαφών είναι μεγαλύτερη από αυτή του εκσκαφέα. Τέλος, ένας φορτωτής είναι σε θέση να συμπυκνώσει το έδαφος αυτό γίνεται λόγω του βάρους που έχει ο φορτωτής που είναι αρκετό. Συγκεντρωτικά, για τους φορτωτές γνωρίσαμε κάποια χαρακτηριστικά τους κυρίως μηχανολογικά αλλά γνωρίσαμε και τις δουλειές που κάνουν και είναι αρκετά σημαντικές. Επομένως, οι φορτωτές

είναι αρκετά σημαντικά μηχανήματα καθώς παίζουν καθοριστικό ρόλο στις χωματουργικές εργασίες.



Εικόνα10: φορτωτής

4.6 Χωματοσυλλέκτης

Ένα άλλο μηχάνημα των χωματουργικών έργων είναι ο χωματοσυλλέκτης. Ο χωματοσυλλέκτης είναι σπουδαίος καθώς και αυτός είναι ιδιαίτερα χρήσιμος στην οδοποιία με την σειρά του εκτελεί κάποιες συγκεκριμένες εργασίες στην οδοποιία. Πιο συγκεκριμένα, είναι μηχάνημα κατάλληλο για εκσκαφή μεταφορά και διάσπρωση υλικών. Επομένως, μπορεί να αντικαταστήσει τον εκσκαφέα στην εκσκαφή και τα μέσα μεταφοράς των εδαφών και να διαστρώσει. Το μειονέκτημα των χωματοσυλλεκτών στην εκσκαφή είναι ότι δεν έχουν τις δυνατότητες των εκσκαφέων και δεν μπορούν να προχωρήσουν στην εκσκαφή σκληρών εδαφών αλλά περιορίζονται στην εκσκαφή χαλαρών εδαφών. Κάτι που αφορά τον χωματοσυλλέκτη και αξίζει να σημειωθεί είναι όταν σκάβει σκληρά και βραχώδη εδάφη χρειάζεται μαζί να δουλεύει και ο προωθητής. Ανακεφαλαιώνοντας, για τον χωματοσυλλέκτη μπορούμε να πούμε ότι είναι οι μηχανές οι οποίες σκάβουν και φορτώνουν παράλληλα μαλακά εδάφη και διαστρώνουν το έδαφος. Όσον αφορά τα μηχανολογικά τους χαρακτηριστικά είναι χρήσιμο να αναπτυχθούν σε ένα πίνακα, ο οποίος δείχνει κάποια βασικά πράγματα για τον χωματοσυλλέκτη όπως είναι η ισχύς και η χωρητικότητα.

ΠΙΝΑΚΑΣ1

Ισχύς	P=100-600 ps
Ωφέλιμο βάρος	G=11-37 t
Χωρητικότητα κάδου	Μέση=15κ.μ
Μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας	50Km/h
Ακτίνα λειτουργίας	1000m

ΠΙΝΑΚΑΣ2

Ισχύς κινητήρα	p=100-300ps
Βάρος	g=15-30t
Λεπίδα	Μήκος=2,5-5m Ύψος=0,5-0,8m
Ταχύτητα	Πορεία=42km/h Λειτουργία 5-10km/h

Επομένως, ο χωματοσυλλέκτης είναι ένα αξιόλογο μηχάνημα που χρησιμεύει και αυτό στην εκτέλεση των έργων οδοποιίας και είναι απαραίτητο αν όχι σε όλα τα εργοτάξια στα περισσότερα καθώς κάνει την δουλειά πολλών μηχανημάτων. Μοναδική προϋπόθεση για την χρησιμοποίηση αυτών των μηχανημάτων είναι να υπάρχουν στον υπό κατασκευή δρόμο χαλαρά εδάφη καθώς δεν μπορούν να λειτουργήσουν σε σκληρά εδάφη.



Εικόνα11: χωματοσυλλέκτης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ

5.1 Εισαγωγή στην συμπύκνωση-ορισμός

Την συμπύκνωση την ορίζουμε σαν την διαμηχανική αναδιάταξη του πλέγματος των κόκκων του εδάφους σε μια πυκνότερη δομή. Η συμπύκνωση είναι μια απλή τεχνική βελτίωσης του εδάφους στην οποία το έδαφος γίνεται πυκνότερο μέσω κάποιας εξωτερικής προσπάθειας, την ενέργεια συμπύκνωσης. Δηλαδή έχουμε μια αναδιάταξη των κόκκων, στην οποία αναδιάταξη των κόκκων, ο ένας κόκκος πλησιάζει πολύ κοντά στον άλλο κατά τον τρόπο αυτό έχουμε βελτίωση της μηχανικής συμπεριφοράς του εδάφους. Η συμπύκνωση στον τομέα των χωματουργικών εργασιών περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την συμπύκνωση κυρίως των επιχωμάτων αλλά και των ορυγμάτων. Θα ήταν καλό να σημειωθεί ότι η συμπύκνωση των ορυγμάτων γίνεται κυρίως στον τομέα της στέψης του ορύγματος αλλά και στα πρανή. Το τελευταίο έχει σκοπό να αποκτήσουν αυτά καλύτερη μηχανική συμπεριφορά. Στον τομέα των χωματουργικών εργασιών μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να περιλαμβάνονται και κάποιες δευτερεύουσες συμπυκνώσεις διαφόρων τεχνικών έργων που όμως δεν είναι τόσο σπουδαίας σημασίας και γι'αυτό δεν θα δώσουμε τόσο βάση.

Σε γενικές γραμμές στην συμπύκνωση βελτιώνονται κάποιοι παράγοντες όπως ότι έχουμε μείωση της παραμορφωσιμότητας δηλαδή το έδαφος λόγω της πυκνότητας που έχει αποκτήσει δύσκολα είναι ευάλωτο σε δυνάμεις παραμορφωσιμότητας διότι έχει αποκτήσει τέτοια δομή που το κάνει αδύνατο. Το έδαφος δεν μπορεί να παραμορφωθεί από το βάρος του οδοστρώματος και των αυτοκινήτων.

Επίσης, έχουμε αύξηση της διατμητικής αντοχής, το έδαφος δύσκολα θα υποστεί διάτμηση.

Δηλαδή με την δράση δυο ίσων και αντίθετων δυνάμεων δεν θα είναι εύκολο το έδαφος να διαιρεθεί στο σημείο που ασκούνται αυτές καθώς έχει αποκτήσει αντοχή. Με λίγα λόγια με δυνάμεις που έχουν τέτοιο μέγεθος που ορίζουν οι μελέτες δεν δίνεται να πραγματοποιηθεί διάτμηση.

Έχουμε ακόμη αύξηση της φέρουσας ικανότητας. Με αυτόν τον όρο εννοούμε ότι πάνω στην επιφάνεια αυτή που έχει υποστεί συμπίκνωση θα μπορούν να κυκλοφορήσουν οχήματα και περισσότερα πιο βαριά και για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Δηλαδή το έδαφος έχει αποκτήσει τέτοια δομή που είναι σχεδόν αδύνατον να υποστεί διάτμηση καθίζηση και γενικώς κάθε είδους παραμόρφωση.

Έχουμε μείωση της διαπερατότητας με αυτό το τελευταίο νοείται κάτι ακόμη σημαντικό, ότι σε πολλά επιχώματα μπορεί να δράσει το νερό και να τα διογκώσει ή να εισέλθει και να τα μαλακώσει και να τα κάνει ευάλωτα σε καθιζήσεις κτλ. Όμως χάρις της συμπίκνωσης οι κόκκοι του εδάφους είναι τόσο κοντά ο ένας με τον άλλο που δεν αφήνει το νερό να εισέλθει στο σώμα του επιχώματος και πιθανώς να του προκαλέσει ζημιές.

Η συμπίκνωση είναι μια διαδικασία που εξασφαλίζει πολλά όπως είδαμε. Καταρχήν, χρησιμοποιείται σε όλα τα έργα υποδομής σε δρόμους αεροδρόμια κ.ά. Με βάση την συμπίκνωση εξασφαλίζουμε καλύτερη μηχανική συμπεριφορά στους δρόμους και προκαλείται μείωση των παραμορφωσιμότητων του εδάφους όπως είναι οι καθιζήσεις και γενικώς κάθε είδους αστοχίες. Είναι η πιο παλιά και η πιο οικονομική από τις εν λόγω τεχνικές, ενώ είναι η πιο σημαντική μέθοδος σταθεροποίησης. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει στις εδαφικές δομές σε σχέση με την βραχυχρόνια και μακροχρόνια συμπεριφορά είναι πολλά. Έτσι, αποτελεί μια πάγια τακτική για όλες τις γεοκατασκευές τις οδοποιίας αλλά και για άλλα έργα υποδομής(φράγματα αναχώματα)ενώ συγχρόνως συνιστά και ένα κρίσιμο ζήτημα ποιοτικού ελέγχου που συνδέεται από μια ποικιλία ως προς τις μεθοδολογικές εφαρμογές. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι όλα τα υλικά δεν επηρεάζονται με τον ίδιο τρόπο. Σε κάποια δεν ενδείκνυται η υπερβολική συμπίκνωση καθώς υπάρχει το ενδεχόμενο διόγκωσης που μπορεί να αποδειχθεί περισσότερο επικίνδυνο από ότι η αύξηση της διατμητικής αντοχής. Αναμφίβολα, μπορούμε να πούμε ότι είναι το τελευταίο στάδιο της κατασκευής ενός επιχώματος και έπεται της διάστρωσης υλικών. Γίνεται σε στρώσεις και στη διαδικασία της συμμετέχουν μηχανήματα όπως είναι ο οδοστρωτήρας. Χωρίς αυτή η υποδοχή του οδοστρώματος θα ήταν αδύνατη καθώς το οδόστρωμα δεν θα είχε μια σταθερή βάση αλλά μια βάση εύκολη σε παραμορφώσεις. Οι απαιτήσεις επομένως για τα έργα υποδομής για να έχουν στατική βάση και γενικά να εξασφαλίζουν τις απαιτούμενες μηχανικές ιδιότητες πετυχαίνεται μέσα από την συμπίκνωση. Όσον αφορά τους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται ένα συγκεκριμένο έδαφος είναι τρεις είναι η περιεχόμενη υγρασία, η ενέργεια συμπίκνωσης και ο τρόπος συμπίκνωσης. Ο βέλτιστος συνδυασμός των τριών αυτών παραγόντων είναι συνάρτηση της φύσης του εδάφους αλλά και του είδους του έργου. Ο μηχανικός ανάλογα τα αποτελέσματα τα οποία επιθυμεί να έχει, ρυθμίζει στο έδαφος την περιεχόμενη υγρασία των υλικών. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν τις ιδιότητες της εδαφικής δομής που υπόκεινται σε συμπίκνωση και ιδιαίτερα την διαπερατότητα, την συμπίεστότητα την αντοχή και τους νόμους τάσεων παραμορφώσεων. Ο βέλτιστος συνδυασμός των τριών παραγόντων είναι συνάρτηση της φύσης του εδάφους και του είδους του έργου. Τα λεπτότερα εδάφη είναι περισσότερο ευαίσθητα στην επίδραση των συνθηκών συμπίκνωσης από ότι τα χονδρόκοκκα. Στα σημαντικά οδικά έργα θα πρέπει κατά το στάδιο της μελέτης να διευρύνεται η επίδραση των συνθηκών συμπίκνωσης στις ιδιότητες των εδαφικών υλικών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν με στόχο την επιλογή των κατάλληλων μηχανημάτων προς επίτευξη της οδικής κατασκευής.

5.2 Παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η συμπύκνωση

5.2.1 Υγρασία-Ξηρή πυκνότητα

Η συμπύκνωση των εδαφών βάσει της εμπειρίας μας και μελετών που έχουν γίνει επηρεάζεται από την υγρασία. Πιο συγκεκριμένα το κάθε έδαφος για να συμπυκνωθεί έχει μία συγκεκριμένη υγρασία που συμπυκνώνεται τέλεια κάτω από μία προκαθορισμένη ενέργεια, την ενέργεια συμπύκνωσης. Η συμπύκνωση επηρεάζεται και από την ξηρή πυκνότητα. Καθοριστικό κριτήριο για την ποιότητα της συμπύκνωσης αποτελεί η μέγιστη τιμή της ξηρής πυκνότητας γ_d . Ο συνδυασμός αυτών των δυο παραγόντων είναι που δίνει στην συμπύκνωση την τέλεια μορφή για να έχουμε την τέλεια συμπύκνωση. Ειδικότερα, την τέλεια συμπύκνωση που μπορεί να έχουμε την παίρνουμε με υγρασία που αντιστοιχεί στην μέγιστη ξηρή πυκνότητα που διαπιστώθηκε ότι μπορεί να πάρουμε με δοκιμές που έγιναν με συγκεκριμένες υγρασίες υπό καθορισμένη ενέργεια συμπύκνωσης. Επίσης, μπορούμε να δούμε πως επηρεάζεται το ένα μέγεθος σε σχέση με το άλλο με ένα διάγραμμα. Το διάγραμμα (w , γ_d) έχει μορφή μιας καμπύλης που στρέφει τα κοίλα προς τα κάτω ενώ η μέγιστη ξηρή πυκνότητα επιτυγχάνεται για μια συγκεκριμένη τιμή της φυσικής υγρασίας. Η τιμή αυτή ονομάζεται βέλτιστη υγρασία και για κάθε υλικό είναι συνάρτηση της ενέργειας συμπύκνωσης. Βλέπουμε με τον συνδυασμό των παραγόντων αυτών ότι άλλες φορές εξασφαλίζεται η απαιτούμενη μηχανική συμπεριφορά της συμπυκνωμένης στρώσης και άλλες φορές δεν μας εξασφαλίζεται το ζητούμενο που είναι η μηχανική συμπεριφορά της συμπύκνωσης να ανταποκρίνεται στις μελέτες που έχουν καταρτιστεί για τα συγκεκριμένα έργα. Επομένως, ο συνδυασμός ξηρής πυκνότητας και υγρασίας μας επηρεάζουν και είναι οι βασικοί παράγοντες από τους οποίους θα καθοριστεί η υγρασία. Απαιτείται παρακολούθηση του διαγράμματος που έχει καταρτιστεί για μια συγκεκριμένη ενέργεια συμπύκνωσης.

Δηλαδή το νερό παίζει καθοριστικό ρόλο στην μέγιστη δυνατή συμπύκνωση καθώς υπάρχει συγκεκριμένη ποσότητα νερού που πρέπει να βρίσκεται στο έδαφος για να αποκτήσει αυτό την μέγιστη συμπύκνωση κάτω από προκαθορισμένη ενέργεια συμπύκνωσης. Αυτό το νερό αντιστοιχεί στην βέλτιστη υγρασία. Σαν βέλτιστη υγρασία ορίζεται εκείνη κατά την οποία η τιμή της περιεχόμενης υγρασίας είναι τέτοια ώστε το υλικό να γίνεται αρκετά εργάσιμο ώστε υποκείμενο σε θλιπτικά φορτία να οδηγείται σε μια πυκνότερη δομή κόκκων και σε απομάκρυνση του αέρα από την μάζα του. Για τα περισσότερα εδαφικά υλικά με εξαίρεση τις καθαρές άμμους όταν η φυσική υγρασία είναι μικρότερη της βέλτιστης το έδαφος είναι δύσκολο να συμπυκνωθεί. Κατά την διαδικασία της συμπύκνωσης στόχος είναι η υγρασία του εδαφικού υλικού να είναι όσο κατά το δυνατόν κοντά στην βέλτιστη. Για τιμές φυσικής υγρασίας μεγαλύτερης της βέλτιστης τα περισσότερα εδαφικά υλικά δεν μπορούν να αποκτήσουν πυκνή δομή επειδή το νερό εμποδίζει την προσέγγιση των στερεών κόκκων. Η συμπεριφορά ορισμένων εδαφικών υλικών για τιμές φυσικής υγρασίας μεγαλύτερης της βέλτιστης χαρακτηρίζονται από το σταθερό κενό στη δομή των υλικών ακόμη και όταν αυξάνεται η περιεχόμενη υγρασία. Επομένως, η υγρασία είναι αυτή που επηρεάζει την συμπύκνωση. Όταν αυτή είναι μεγαλύτερη της βέλτιστης δεν επιτυγχάνεται μέγιστη ξηρή πυκνότητα καθώς το νερό απομακρύνει τον έναν κόκκο από τον άλλο. Αντίστοιχα, όπως είδαμε η υγρασία δεν πρέπει να είναι μικρότερη της βέλτιστης το ζητούμενο είναι η υγρασία του προς συμπύκνωση εδάφους να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην βέλτιστη υγρασία.

Από την στιγμή που καταλάβαμε ποια πρέπει να είναι η υγρασία του επιχώματος πρέπει να δούμε και κάποια συμπεράσματα για την ενέργεια συμπύκνωσης. Καταρχήν, η ασκούμενη ενέργεια συμπύκνωσης είναι καθοριστική για κάθε υλικό όσο υψηλότερη είναι η ενέργεια συμπύκνωσης τόσο αυστηρότερος πρέπει να είναι και ο έλεγχος της περιεχόμενης υγρασίας. Για την ίδια τιμή φυσικής υγρασίας η δυσκολία συμπύκνωσης που παρουσιάζεται στην υψηλή ενέργεια είναι μεγαλύτερη και το υλικό τείνει σε κατάσταση κορεσμού. Η συμπύκνωση σήμερα πραγματοποιείται κυρίως με οδοστρωτήρες διαφόρων ειδών. Σε κάθε περίπτωση η ενέργεια

συμπύκνωσης είναι προκαθορισμένη άρα το μόνο που μένει να κάνουμε είναι να ρυθμίσουμε την υγρασία εδάφους και να την φέρουμε στο επίπεδο της βέλτιστης. Εάν, το πράξουμε αυτό δηλαδή να πετύχουμε την βέλτιστη υγρασία, αυτή δηλαδή που αντιστοιχεί στην μέγιστη ξηρή πυκνότητα τότε έχουμε πετύχει τον σκοπό μας για την καλύτερη δυνατή συμπύκνωση.

5.2.1.1 Μέτρα για την εξασφάλιση της βέλτιστης υγρασίας

Η υγρασία, επομένως, είναι καθοριστική για την συμπύκνωση των εδαφών. Αυτή για να θεωρηθεί επιτυχημένη θα πρέπει να έχει επίπεδα που κυμαίνονται κοντά στην βέλτιστη. Εμείς θα δούμε με ποιόν τρόπο εξασφαλίζουμε την βέλτιστη υγρασία όταν δεν την έχουμε.

Όταν η περιεχόμενη υγρασία του διαστρωθέντος υλικού δεν είναι η βέλτιστη προς συμπύκνωση θα γίνεται διαβροχή κατά τρόπο που να εξασφαλίζεται η ζητούμενη. Η διαβροχή μπορεί να πραγματοποιείται επί τόπου ή σε ειδικούς χώρους, όπως είναι οι δανειοθάλαμοι. Τις περισσότερες φορές η επί τόπου διαβροχή δίνει καλύτερα αποτελέσματα για τα χονδρόκοκκα υλικά. Το επόμενο στάδιο μετά την διαβροχή είναι η ανάμιξη των υλικών· γίνεται πλήρης ανάμιξη των υλικών κατά τρόπο που μεταφέρεται σε όλα τα υλικά η απαιτούμενη υγρασία, η ανάμιξη γίνεται με διαμορφωτές. Η διαβροχή όμως μπορεί να πραγματοποιηθεί και μετά την διάσθρωση των υλικών. Η μέθοδος αυτή μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα η περιεχόμενη υγρασία να αυξάνεται στην επιφάνεια του διαστρωθέντος επιχώματος αλλά σε κάποιο βάθος κάτω από την επιφάνεια του διαστρωθέντος εδάφους η υγρασία να μην έχει φτάσει, αυτό γίνεται στα ιδιαίτερα συνεκτικά εδάφη. Επομένως, η πρακτική αυτή είναι λάθος για τον λόγο ότι τα υλικά δεν θα διατηρήσουν την ίδια υγρασία σε όλο το βάθος της υπό συμπύκνωση στρώσης πράγμα που θα δημιουργήσει πρόβλημα. Επομένως, είναι σημαντικό το έδαφος που προσδιορίζεται για συμπύκνωση να έχει υγρασία που να είναι κοντά στην βέλτιστη. Η ύγρανση του εδάφους όπως είδαμε πραγματοποιείται με ανάμιξη του εδάφους με την κατάλληλη ποσότητα νερών. Η ανάμιξη αυτή γίνεται με ειδικά μηχανήματα που λέγονται διαμορφωτές.

Πέρα από το πρόβλημα της υγρασίας που αγγίζει και φτάνει σε πολύ χαμηλά επίπεδα από την βέλτιστη υγρασία ένα ακόμα πρόβλημα που μπορεί να υπάρξει είναι το ενδεχόμενο στα προς συμπύκνωση εδάφη η υγρασία να βρίσκεται σε πολύ μεγαλύτερα επίπεδα από την βέλτιστη. Μπορεί επίσης να μην βρίσκεται σε τόσο υψηλό επίπεδο αλλά να είναι τέτοια η ποσότητα νερού που μπορεί να δημιουργεί προβλήματα στο έδαφος το οποίο θέλουμε να συμπυκνώσουμε. Συγκεκριμένα εάν απαιτείται η υγρασία του εδάφους μας να φτάσει σε χαμηλότερα επίπεδα με σκοπό να πραγματοποιηθεί η συμπύκνωση τότε η μείωση της υγρασίας θα πραγματοποιείται με ξήρανση του εδάφους. Η ξήρανση του υλικού θα γίνεται με αερισμό ή ανάμιξη με στεγνά εδαφικά υλικά ή με χημικά πρόσθετα όπως με μη σβησμένο ασβέστη, υδράσβεστο κ.τ.λ. μετά από σχετική έγκριση της υπηρεσίας.

5.2.2 Καιρικές συνθήκες στην συμπύκνωση

Είδαμε ότι στην συμπύκνωση εδάφους η υγρασία παίζει καθοριστικό ρόλο εάν βρίσκεται σε υψηλότερα ή σε χαμηλότερα επίπεδα από την βέλτιστη και θα πρέπει να ρυθμιστεί με σκοπό αυτή να φτάσει στα επίπεδα της απαιτούμενης. Αυτό πραγματοποιείται με προσθήκη νερού. Οι καιρικές συνθήκες μπορούν με την σειρά τους να επηρεάσουν την κατασκευή των έργων και συγκεκριμένα των χωματουργικών. Πρέπει να αναφερθεί πως οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν την συμπύκνωση σε περιπτώσεις υψηλών θερμοκρασιών και όταν έχουμε υψηλή ξηρασία δηλαδή τις πιο ζεστές μέρες του καλοκαιριού τα υλικά στρώσης θα ανακατεύονται και θα διαβρέχονται ομοιόμορφα πριν την συμπύκνωση μέχρι να επιτευχθεί η βέλτιστη υγρασία η οποία και πρέπει να διατηρηθεί καθ'όλη τη διάρκεια της συμπύκνωσης.

Η υγρασία πρέπει πάντα να ρυθμίζεται με στόχο να φτάνει την βέλτιστη. Μπορεί στην περίπτωση συνεκτικών εδαφών εάν η περιεχόμενη υγρασία είναι υπερβολική και ανώτερη της

βέλτιστης τότε πρέπει να επιδιώκεται η μείωση της περιεχόμενης υγρασίας μέχρι την βέλτιστη με αναμόχλευση και αερισμό με τη βοήθεια των κατάλληλων μηχανημάτων. Λόγω αυτών των κανόνων κατά την διάρκεια βροχόπτωσης απαγορεύεται η εκτέλεση εργασιών συμπύκνωσης. Προσοχή, εδώ πρέπει να ειπωθεί ότι στις περιπτώσεις μεγάλων επιχώσεων εάν προβλέπεται από την μελέτη τα επιχώματα θα διαπλάτυνονται αναλόγως του ύψους μέχρι ένα μέτρο σε κάθε πλευρά για να επιτευχθεί το απαιτούμενο βάθος συμπύκνωσης. Όταν τα επιχώματα κατασκευάζονται χωρίς διαπλάτυνση θα πρέπει να μειώνεται το πάχος διάστρωσης των υλικών προς συμπύκνωση σε πλάτος περίπου 2,0μ από την επιφάνεια του πρανούς και να χρησιμοποιούνται ελαφρύτερα μηχανήματα(ενεργώντας από έξω).

5.2.3 Ενέργεια συμπύκνωσης -οδοστρωτήρες

Από την στιγμή που αναφερόμαστε στην συμπύκνωση έχουμε γνωρίσει τον τρόπο που γίνεται αυτή δηλαδή ότι γίνεται σε στρώσεις αφού πρώτα έχει ξεφορτωθεί τα ανατρεπόμενα αυτοκίνητα. Μέσα από το κεφάλαιο της συμπύκνωσης είδαμε τους παράγοντες που ευνοούν την πραγματοποίησή της που κατά κύριο λόγο είναι το νερό και η ενέργεια συμπύκνωσης αλλά μπορούμε να πούμε ότι στην συμπύκνωση του εδάφους καθοριστικό ρόλο παίζει το έδαφος τόσο με την φύση όσο και με την κοκκομετρική διαβάθμισή του. Εμείς από την πλευρά μας θα προσπαθήσουμε να δούμε και την ενέργεια συμπύκνωσης.

Την συμπύκνωση την εξασφαλίζουμε με επιβολή της κατάλληλης ενέργειας πάνω στην εδαφική στρώση όταν έχει την κατάλληλη υγρασία, βέλτιστη υγρασία. Η επιβολή της αναγκαίας ενέργειας συμπύκνωσης επιτυγχάνεται με την χρήση του κατάλληλου μηχανήματος και την εκφράζουμε σε συνάρτηση με τον αριθμό των διελεύσεων για το συγκεκριμένο βάρος του μηχανήματος. Τα μηχανήματα που πραγματοποιούν την συμπύκνωση τα ονομάζουμε οδοστρωτήρες. Η βέλτιστη υγρασία που πρέπει να έχει ένα έδαφος που θα συμπυκνώσουμε την ορίζουμε με εργαστηριακές δοκιμές και στην περίπτωση μας, με την δοκιμή proctor.

Καταρχήν, η ταχύτητα των μηχανημάτων συμπύκνωσης επηρεάζει την συμπύκνωση του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα, η ταχύτητα κυλίνδρωσης θα πρέπει να είναι γύρω στο όριο των 3km και στην περίπτωση των λαστιχοφόρων ελαστικών δεν πρέπει να παρατηρούνται αυξομειώσεις στην πίεση των ελαστικών. Θα ήταν καλό να αναφερθούμε όχι μόνο στην ταχύτητα του οδοστρωτήρα αλλά και στον αριθμό των διελεύσεων που είναι απαραίτητος να κάνουν οι οδοστρωτήρες ώστε να πραγματοποιηθεί αυτή. Ανάλογα με τον τύπο του οδοστρωτήρα που έχουμε στην διάθεσή μας και ανάλογα με το είδος του εδάφους που θέλουμε να συμπυκνώσουμε καθορίζεται ο αριθμός των διελεύσεων του οδοστρωτήρα για το συγκεκριμένο πάχος στρώσης, έπειτα από επί τόπου δοκιμές όπου καθορίζεται η σχέση μεταξύ του αριθμού των διελεύσεων και της επιτευχθείσας ξηρής πυκνότητας. Επαρκής είναι ο αριθμός των διελεύσεων, όταν η επιτευχθείσα ξηρή πυκνότητα είναι ίση ή λίγο μικρότερη της μέγιστης ξηρής πυκνότητας που επιτυγχάνεται στο εργαστήριο. Συνήθως, επιζητούνται ποσοστά από 95% έως 100% της εργαστηριακής.

5.2.4 Πάχος των στρώσεων συμπύκνωσης

Το πάχος των στρώσεων που συμπυκνώνουμε είναι μία ακόμη καθοριστική παράμετρος για την αποτελεσματική και ομοιόμορφη συμπύκνωση σε όλο το βάθος. Το ενδεδειγμένο πάχος της προς συμπύκνωσης στρώσης(χαλαρό πάχος)ή της τελικής συμπυκνωμένης στρώσης είναι συνάρτηση του τύπου του μηχανήματος που χρησιμοποιείται και της κατηγορίας του εδαφικού υλικού. Οδοστρωτήρες λείου κυλίνδρου με δόνηση μπορούν να συμπυκνώσουν μεγαλύτερα πάχη στρώσεων από ότι οι αντίστοιχοι χωρίς δόνηση. Λαστιχοφόροι οδοστρωτήρες χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο στα συνεκτικά εδάφη ενώ είναι ακατάλληλοι για κοκκώδη μονόμικτα εδαφικά υλικά.

5.2.5 Συμπύκνωση ανάλογα με το είδος του εδάφους

Η συμπύκνωση γίνεται με διάφορες μεθόδους ανάλογα με το υλικό. Για άμμο χαλίκια μπορεί να γίνει με δόνηση διαβροχή ή κυλίνδρωση. Για μετρίως συνεκτικά εδάφη μπορούν να χρησιμοποιηθούν συμπυκνωτές με αεροθαλάμους ή με δόντια(κατσικοπόδαρα). Η συμπύκνωση της αργίλου είναι δύσκολη, ιδιαίτερα εάν η φυσική υγρασία είναι μεγαλύτερη από την βέλτιστη(η οποία βρίσκεται κοντά στο όριο πλαστικότητας). Τα καλύτερα αποτελέσματα δίνουν οι συμπυκνωτές με δόντια ιδίως όταν η φυσική υγρασία είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από το όριο πλαστικότητας. Για φυσικά αμμώδη μη συνεκτικά εδάφη μπορεί να γίνει με δονητικό συμπυκνωτή ή με δυναμική συμπύκνωση.

Επιχώματα συμπύκνωση

Θα πρέπει όμως να αναφερθούμε πιο αναλυτικά στην συμπύκνωση για την επίτευξη βέλτιστου αποτελέσματος. Κατά την διαδικασία συμπύκνωσης του επιχώματος πρέπει να εξασφαλίζουμε καταρχήν ότι θα γίνει σε ισοπαχείς στρώσεις για ομοιόμορφη τελική συμπεριφορά του επιχώματος κατά δεύτερον ότι τα υλικά θα έχουν την κατάλληλη κοκκομετρική διαβάθμιση και αυτήν που ορίζουν οι μελέτες και ότι θα γίνει αφαίρεση των υπερμεγεθών κόκκων από τα προσκομίζοντα υλικά πριν την συμπύκνωση σε στρώσεις.

5.3 Επιπλέον χρήσιμα στοιχεία για την συμπύκνωση

5.3.1 Προβλήματα μεταξύ των στρώσεων

Μεταξύ δυο διαδοχικών στρώσεων λόγω ξήρανσης της υποκείμενης στρώσης μπορεί να δημιουργηθεί ζώνη αυξημένης υγρασίας και μειωμένης αντοχής στα κατώτερα τμήματα της υγιούς στρώσης γι'αυτό πρέπει πριν την τοποθέτηση της επόμενης στρώσης να γίνεται ελεγχόμενη διαβροχή της επιφάνειας της υποκείμενης στρώσης.

Επίσης, μεταξύ δυο λείων επιφανειών από την δράση των οδοστρωτήρων στην προσπάθεια τους να συμπυκνώσουν το έδαφος υπάρχει η περίπτωση να το κάνουν πιο λείο με τους κυλίνδρους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργηθούν προβλήματα διατμηκής αντοχής μεταξύ δυο στρωμάτων επιχώματος. Κατά αυτόν τον τρόπο η γωνία εσωτερικής τριβής μεταξύ των επιφανειών είναι σχεδόν μηδενική που έχει σαν αποτέλεσμα να ολισθαίνει η μια επιφάνεια πάνω στην άλλη και να έχουμε διατμηκή αστοχία στρώσεων. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να κάνουμε αφαίρεση με απόξεση στο πάνω τμήμα της στρώσης που ολισθαίνει, η απόξεση αυτή θα έχει βάθος 5cm.

5.3.2 Απόδοση μηχανήματος συμπύκνωσης

Μπορούμε εύκολα να παρατηρήσουμε από την εμπειρία μας ότι η απόδοση που εκφράζεται σε όγκο συμπυκνωμένου υλικού ανά ώρα είναι αυξημένη για μικρό αριθμό διελεύσεων από ένα συγκεκριμένο σημείο ο αριθμός αυτός για τα συνήθη εδάφη πρέπει να είναι μεταξύ 6 και 8. Η εμπειρία μας έδειξε ότι η αύξηση του αριθμού των διελεύσεων πέραν ενός ορίου συνήθως 8 διελεύσεων δεν προσφέρει ιδιαίτερη ποιότητα στο τελικό προϊόν. Τελικά, η απόδοση του μηχανήματος δίδεται από την σχέση

$$R=K_o*(v*e*L/N)$$

- v Η ταχύτητα του μηχανήματος(m/h)
- e Το πάχος της στρώσης (m)
- L Το πλάτος που καλύπτεται σε μια διέλευση
- N Ο αριθμός διελεύσεων
- K_o Συντελεστής απόδοσης, ίσος περίπου προς 0,7

Το διάγραμμα ξηρής πυκνότητας-περιεχόμενης υγρασίας. Αυτό είναι ένα απλό διάγραμμα που μας δείχνει πως επηρεάζεται η ξηρή πυκνότητα σε σχέση με την περιεχόμενη υγρασία. Αυτό

συμβαίνει υπό την δράση μιας σταθερής δύναμης που επηρεάζει την ξηρή πυκνότητα ανάλογα με την υγρασία. Πιο συγκεκριμένα, το διάγραμμα αυτό παρουσιάζει μια καμπύλη που στρέφει την κοιλιά της προς τα επάνω και το μέγιστο σημείο αντιστοιχεί στην μέγιστη δυνατή πυκνότητα, η οποία με την σειρά της αντιστοιχεί στην βέλτιστη υγρασία.

5.3.3 Πότε σταματάει η συμπύκνωση

Για του κυλίνδρους που φέρουν δόντια δηλαδή για τους οδοντωτούς κυλίνδρους η συμπύκνωση κρίνεται ότι έχει τελειώσει από την στιγμή που τα δόντια παύουν να εισχωρούν στο έδαφος. Για τους υπόλοιπους η συμπύκνωση κρίνεται ότι έχει τελειώσει όταν συμπληρωθεί ο απαιτούμενος αριθμός διελεύσεων που έχει παρατηρηθεί στο εργαστήριο. Επίσης, η συμπύκνωση μπορεί να σταματήσει όταν η ένδειξη του χαλύβδινου μάρτυρα υποδείξει κάτι τέτοιο δηλαδή ότι έχει επιτευχθεί η μέγιστη ξηρή πυκνότητα. Μετά το πέρας της τελευταίας διέλευσης του οδοντωτού οδοστρωτήρα πρέπει να προχωρήσουμε στην συμπύκνωση της στέψης της στρώσης στο πάνω τμήμα της στρώσης που δεν έχει συμπυκνώσει καλά ο οδοστρωτήρας λόγω των δοντιών του. Λόγω των δοντιών του ο οδοστρωτήρας δεν έχει συμπυκνώσει καλά το έδαφος στην στέψη του επιχώματος αλλά το έχει αναμοχλεύσει σε αυτή την περίπτωση πρέπει να συμπυκνωθεί η στέψη με οδοστρωτήρες με λείους κυλίνδρους. Στην πραγματικότητα ο μόνος λόγος για την τελική κυλίνδρωση με οδοστρωτήρα λείου τυμπάνου είναι η δυνατότητα ποιοτικού ελέγχου της συμπύκνωσης επί της διαστρωμένης επιφάνειας. Η δημιουργία λείων επιφανειών δεν ενδείκνυται με τον παραπάνω τρόπο καθώς μεταξύ των στρώσεων όταν είναι λείες οι επιφάνειες παρατηρείται μείωση αντοχής και μπορεί να ολισθήσει η μια πάνω στην άλλη. Η συμπύκνωση στο πάνω τμήμα του εδάφους με οδοστρωτήρες με λείους κυλίνδρους που δεν έχει συμπυκνωθεί καλά εξαιτίας των δοντιών γίνεται για να ελέγχεται η επίτευξη της συμπύκνωσης για παράδειγμα για να ελέγξουμε την συμπύκνωση με το χαλύβδινο μάρτυρα, αν όμως ήταν σε απόξεση η στέψη της τελικής στρώσης τότε οι μετρήσεις δεν θα ανταποκρίνονταν στα αληθινά αποτελέσματα για την επίτευξη της. Αξίζει να αναφερθεί ότι θα αρχίσει παράλληλα προς τον άξονα της οδού και στα ευθύγραμμα τμήματα προς τα έξω και στις καμπύλες (με επίκληση) από την χαμηλότερη προς την υψηλότερη στάθμη. Σε κάθε διαδρομή του οδοστρωτήρα οι οπίσθιοι τροχοί θα πρέπει να επικαλύπτουν πλήρως το ίχνος της προηγούμενης διέλευσης.

5.3.4 Κατηγορίες έργων που συμπυκνώνονται

Την συμπύκνωση την ορίζουμε σαν την αύξηση της πυκνότητας του εδάφους με χρήση μηχανικών μέσων. Με την συμπύκνωση το επίχωμα αποκτά τέτοια μηχανική αντοχή που ακόμη και μετά την αφαίρεση της φυτικής γης δηλαδή των (δένδρων φυτών) το επίχωμα δεν παραμορφώνεται. Λέγοντας παραμόρφωση εννοούμε ότι δεν παρατηρούνται αστοχίες όπως είναι οι αστοχίες λόγω καθιζήσεων. Επίσης, με την συμπύκνωση δεν παρατηρούνται αστοχίες τύπου διατμητικής αντοχής και το νερό ακόμη δεν διαπερνά το έδαφος που θα είχε αρνητικές συνέπειες όπως είναι η διόγκωση του και η μαλάκωσή του. Βλέπουμε ότι με την συμπύκνωση των εδαφών αποκομίζουμε πολλά θετικά. Αξίζει πάντως να αναφερθεί ότι στην οδοποιία δεν περιοριζόμαστε μόνο στην συμπύκνωση των επιχωμάτων αλλά επεκτεινόμαστε και στην συμπύκνωση της βάσης και της υποβάσης του ασφαλτοτάπητα, ακόμη και στην επιφάνεια του υπεδάφους και των τεχνικών έργων. Έτσι δημιουργούνται οι εξής κατηγορίες συμπύκνωσης οι οποίες αναφέρονται στην επιφάνεια του υπεδάφους, στις στρώσεις επιχώματος, στη τελική των χωματουργικών, στην υποβάση και στην βάση του οδοστρώματος και στις επιχώσεις των τεχνικών έργων.

5.4 Οδοστρωτήρες

Η συμπύκνωση είναι σημαντική στη οδοποιία. Εκτός των άλλων μηχανημάτων που είδαμε

συναντάμε και ένα άλλο εξίσου σημαντικό τους οδοστρωτήρες. Τα μηχανήματα συμπύκνωσης στην οδοποιία χρησιμεύουν σε πολλές εργασίες και κατά κύριο λόγο χρησιμεύουν στα χωματουργικά έργα και στην συμπύκνωση είτε της βάσης είτε της υποβάσης αλλά και στην συμπύκνωση του ασφαλτοτάπητα δηλαδή του ασφαλτικού μίγματος. Οι οδοστρωτήρες εύκολα μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι παραμένουν οι πιο πολύτιμοι συνεργάτες στα έργα οδοποιίας και σε όποια άλλη κατασκευή απαιτείται ομοιόμορφη συμπύκνωση του εδάφους μιας και έτσι οι κόκκοι του εδάφους αναδιατάσσονται σε μια πιο πυκνή δομή και έτσι αυξάνεται η πυκνότητα. Μπορούμε να πούμε ότι στην οδοποιία που παρουσιάζονται μεγάλα φορτία τα οποία οφείλονται και στο βάρος του οδοστρώματος(δηλαδή της βάσης και της υποβάσης αλλά και του ασφαλτοτάπητα)αλλά και στο βάρος των οχημάτων. Αυτά τα φορτία για να αντιμετωπισθούν πρέπει να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα ώστε να αντέξει η κατασκευή το υπερκείμενο βάρος. Ένα πρώτο μέτρο που πρέπει να παρθεί είναι να δημιουργηθούν τα κατάλληλα θεμέλια που να φέρουν το υπερκείμενο βάρος της κατασκευής. Η συμπύκνωση του εδάφους ταιριάζει στην περιγραφή ενός έργου που θα είναι σε θέση να αντέξει. Η συμπύκνωση δηλαδή η μηχανική αναδιάταξη των κόκκων του εδάφους είναι μια διαδικασία που μας αποφέρει βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του εδάφους. Με την συμπύκνωση το έδαφος δεν είναι εύκολο να υποστεί αστοχίες όπως καθιζήσεις συνιζήσεις. Επομένως, βλέπουμε ότι με την συμπύκνωση το έδαφος αποκτά την κατάλληλη μηχανική αντοχή έναντι των προαναφερθέντων αστοχιών. Καταλαβαίνουμε τι σημασία έχει για την οδοποιία το κάθε μηχανήμα ξεχωριστά. Τους οδοστρωτήρες μπορούμε να τους εντάξουμε στις κατηγορίες: στατικοί οδοστρωτήρες με λείους κυλίνδρους στατικοί οδοστρωτήρες με ελαστικούς τροχούς, δονητικοί οδοστρωτήρες με λείους κυλίνδρους, δονητικοί οδοστρωτήρες με ελαστικούς τροχούς, δονητικοί οδοστρωτήρες με κυλίνδρους που διαθέτουν προεξοχές.

Η συμπύκνωση όπως είδαμε εξαρτάται από την υγρασία και ιδιαίτερα από την υγρασία του εδάφους που συμπυκνώνεται. Πρέπει να παρουσιάζει τιμές κοντά στην βέλτιστη ή ακόμη και να είναι η βέλτιστη. Η βέλτιστη υγρασία είναι αυτή που πρέπει να έχουμε για να αποκτήσουμε την μέγιστη ξηρή πυκνότητα. Την βέλτιστη ξηρή πυκνότητα δεν την αποκτάμε μόνο με την υγρασία αλλά είναι και συνάρτηση της ενέργειας συμπύκνωσης και του τρόπου συμπύκνωσης. Άρα, διαπιστώνουμε ότι οι οδοστρωτήρες παίζουν σπουδαίο ρόλο στην συμπύκνωση καθώς είναι τα μηχανήματα που συμμετέχουν περισσότερο από κάθε άλλο μηχανήμα σ'αυτή καθώς μας δίνουν την ενέργεια που είναι απαραίτητη για να πραγματοποιηθεί η δοκιμή.

5.4.1 Οδοστρωτήρες με λεία τύμπανα-στατικοί

Η συμπύκνωση πραγματοποιείται με τους οδοστρωτήρες. Είναι αυτοί που ανάλογα με το είδος τους συμπυκνώνουν ένα έδαφος. Μπορούν να συμπυκνώσουν με λείους μεταλλικούς κυλίνδρους που φέρουν· οι λείοι μεταλλικοί κύλινδροι είναι κλειστά τύμπανα που περιέχουν άμμο ή και νερό που έχει σκοπό να ρυθμίσει το βάρος που θα περάσει πάνω από την επιφάνεια του εδάφους που θα συμπυκνώσουν. Οι κύλινδροι μπορούν να κινούνται και οι δυο ή να κινείται μόνο ο ένας.



Εικόνα12: οδοστρωτήρας με λεία τύμπανα

Η συμπίκνωση στους οδοστρωτήρες επηρεάζεται από τους κυλίνδρους που φέρουν και από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που φέρουν τα λεία τύμπανα καθώς και το βάρος των τυμπάνων και πως αυτό ανάλογα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των τυμπάνων μεταδίδεται στο έδαφος. Θα ήταν σκόπιμο να πούμε ότι η ταχύτητα συμπίκνωσης επηρεάζεται από τις διαστάσεις των τροχών και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που έχει ο ίδιος. Τέλος, για το είδος των οδοστρωτήρων που έχουν λεία μεταλλικά τύμπανα πρέπει να αναφερθούν ότι είναι κατάλληλοι για συμπίκνωση εδαφών κάθε κατηγορίας υπό την προϋπόθεση ότι το πάχος της στρώσης παραμένει μικρό. Κλείνοντας, αξίζει να αναφερθεί ότι οι οδοστρωτήρες αυτού του είδους μπορεί να είναι τρίτροχοι βάρους 8-18 τόνων και οδοστρωτήρες με δίδυμους τροχούς βάρους 6-22 τόνων.

5.4.2 Στατικοί οδοστρωτήρες με ελαστικούς τροχούς

Ένας αυτοκινούμενος οδοστρωτήρας ο οποίος εδράζεται επί ελαστικών τροχών αποτελείται από ένα μηχανισμό συμπίκνωσης που έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά. Την συμπίκνωση την πραγματοποιούν κατά κύριο λόγο οι ελαστικοί τροχοί. Ο μηχανισμός συμπίκνωσης του οδοστρωτήρα αποτελείται από έναν μπροστινό άξονα και έναν οπίσθιο και ο καθένας φέρει από 4 έως 9 τροχούς. Οι τροχοί είναι τοποθετημένοι κατά τέτοιο τρόπο που τα κενά που αφήνουν οι μπροστινοί τροχοί να τα καλύπτουν οι πίσω. Σε αυτόν τον μηχανισμό οι κινητήριοι τροχοί είναι οι πίσω. Ο τύπος του οδοστρωτήρα αυτού μπορεί ν'αντέχει βάρος που κυμαίνεται μεταξύ 14-17 τόνων και δέχεται επιπρόσθετο βάρος δέκα τόνων. Σε ότι έχει να κάνει με τα μηχανολογικά χαρακτηριστικά πρέπει να τονισθεί ότι δεν φέρει διαφορικό στους άξονες. Εκτός όμως από τους προαναφερθέντες τροχούς οι οποίοι κατατάσσονται στους στατικούς οδοστρωτήρες με μικρούς ελαστικούς τροχούς. Υπάρχει και η κατηγορία των οδοστρωτήρων με μεγάλους ελαστικούς τροχούς οι οποίοι αποτελούνται από μεγάλους ελαστικούς τροχούς με συνολικό βάρος διακοσίων τόνων οι οποίοι αποτελούνται από ελαστικούς τροχούς και διαθέτουν δυο άξονες εκ των οποίων ο ένας είναι κινητήριος και ο άλλος είναι κινούμενος. Ο αριθμός των τροχών που συναντάμε σε κάθε άξονα μπορεί να είναι και δυο.

Ό,τι έχει να κάνει με την απόδοση των οδοστρωτήρων επηρεάζεται από την επιφάνεια έδρασης των ελαστικών καθώς και από την πίεση των ελαστικών. Ακόμη, η συμπίκνωση που είναι το βασικό και το ζητούμενο επηρεάζεται από το πάχος της εδαφικής στρώσης και από τον αριθμό των

διελεύσεων.

Στην περίπτωση μας από την χρησιμοποίηση των ελαστικών τροχών έχουμε κάποια πλεονεκτήματα. Το βασικό πλεονέκτημα είναι ότι οι λαστιχοφόροι οδοστρωτήρες εκτός των κατακόρυφων δυνάμεων που ασκούν στο έδαφος ασκούν και οριζόντιες, οι οποίες ενεργούν προς όλες τις διευθύνσεις. Έτσι, οι κόκκοι του εδάφους μετατοπίζονται προς όλες τις διευθύνσεις και κατά αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η ομοιόμορφη συμπύκνωση του εδάφους. Κατά έναν τρόπο το έδαφος ζυμώνεται κάτω από την επίδραση των ελαστικών τροχών. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι ότι λόγω της μεγαλύτερης επιφάνειας επαφής με το έδαφος επιτυγχάνεται διείσδυση των τάσεων σε μεγαλύτερο βάθος. Κλείνοντας για τους ελαστικούς τροχούς πέραν αυτών που είδαμε και ήταν σημαντικά μπορούμε να πούμε ότι οι στατικοί οδοστρωτήρες με ελαστικούς τροχούς είναι κατάλληλοι για την συμπύκνωση συνεκτικών εδαφών όπου το πάχος της στρώσης είναι δυνατό να ξεπεράσει τα τριάντα εκατοστά ανάλογα με το βάρος του μηχανήματος.



Εικόνα13: οδοστρωτήρας με ελαστικούς τροχούς

5.4.3 Οδοστρωτήρας με κατσικοπόδαρα



Εικόνα14: οδοστρωτήρας με κατσικοπόδαρα

Εκτός των μηχανημάτων που είδαμε συναντάμε και ένα άλλο είδος οδοστρωτήρα τον οποίο ονομάζουμε οδοστρωτήρα με κατσικοπόδαρα. Οι οδοστρωτήρες με κατσικοπόδαρα είναι εξίσου σημαντικοί. Καταρχήν, για να καταλάβουμε την χρησιμότητά τους θα ήταν σκόπιμο να αναφέρουμε δυο λόγια για την κατασκευή τους. Συνήθως οι οδοστρωτήρες αυτού του είδους είναι ρυμουλκούμενοι και αποτελούνται κατά κύριο λόγο από ένα τύμπανο μεταλλικό που περιστρέφεται γύρω από έναν άξονα. Το τύμπανο αυτό για να έχει μεγαλύτερο βάρος και για να πραγματοποιεί καλύτερα την συμπύκνωση γεμίζει με άμμο ή νερό. Επάνω στο τύμπανο συναντάμε και το σημείο που τον κάνει να ξεχωρίζει από τους υπόλοιπους οδοστρωτήρες· φέρει επάνω στο τύμπανο μεταλλικές προεξοχές σαν μεταλλικά δόντια τα οποία αποτελούνται από σκληρό χάλυβα.

Σε πρώτη φάση πρέπει να δώσουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν την συμπύκνωση της εδαφικής στρώσης και είναι οι διαστάσεις των μεταλλικών προεξοχών που φέρουν και τις ορίσαμε ως δόντια, η πίεση των μεταλλικών προεξοχών(επηρεάζεται από το βάρος του τυμπάνου και γενικότερα από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δοντιών), το πάχος που έχει η εδαφική στρώση που συμπυκνώνουμε αφού ένας οδοστρωτήρας έχει συγκεκριμένο βάθος που μπορεί να φτάσει και να συμπυκνώσει και τέλος ο συγκεκριμένος αριθμός διελεύσεων για να συμπυκνωθεί το έδαφος στο πλαίσιο της μέγιστης ξηρής πυκνότητας για μια βέλτιστη υγρασία.

Ο τρόπος που συμπυκνώνουν οι οδοστρωτήρες αυτοί είναι ότι συμπυκνώνουν με τα δόντια που φέρουν πιο συγκεκριμένα η πίεση που ασκείται από τα δόντια στο έδαφος οδηγεί σε συμπύκνωση του εδάφους. Στην πρώτη διέλευση του στην επιφάνεια που έχει διαστρωθεί πρόσφατα η διείσδυση των δοντιών είναι μεγάλη επειδή το έδαφος είναι ακόμη χαλαρό και η φέρουσα ικανότητα μικρή. Στην συνέχεια με τις επαναλαμβανόμενες διελεύσεις αυξάνεται η πυκνότητα του εδάφους άρα και η φέρουσα ικανότητα. Το αποτέλεσμα των πολλών διελεύσεων είναι τα δόντια να μην εισχωρούν άλλο στο έδαφος ή να εισχωρούν πολύ λίγο έτσι το έδαφος ζυμώνεται ανακατεύεται και συμπυκνώνεται καλύτερα. Η πίεση που ασκούν τα δόντια κυμαίνεται από χαμηλές τιμές ως υψηλές και επηρεάζεται από το βάρος του οδοστρωτήρα.

Οι οδοντωτοί οδοστρωτήρες είναι κατάλληλοι για συμπύκνωση λεπτόκοκκων εδαφών. Το πάχος της στρώσης κυμαίνεται γύρω στα τριάντα εκατοστά των λεπτόκοκκων. Μπορούμε ακόμη να πούμε ότι οι κύλινδροι με προεξοχές είναι κατάλληλοι για συμπύεση συνεκτικών(αργιλωδών)εδαφών και μιγμάτων με άμμο όχι όμως μόνο άμμου ή χαλικιού. Τέλος, πρέπει να σημειωθούν κάποιες παραλλαγές στους οδοστρωτήρες με κατσικοπόδαρα. Σε κάποιους οδοστρωτήρες οι προεξοχές είναι μεγαλύτερες ή παρουσιάζουν μορφή πλέγματος. Οι κύλινδροι του πλέγματος επιτυγχάνουν πολύ υψηλές πιέσεις και είναι κατάλληλοι για συμπύεση εδαφών που περιέχουν σπασμένη πέτρα.

5.4.4 Δονητικοί οδοστρωτήρες

Ένας ακόμη σπουδαίος τύπος οδοστρωτήρα που μπορεί να έχουμε στην διάθεσή μας είναι αυτοί με δόνηση. Αρχικά η κατασκευή των μηχανημάτων αυτών μπορεί να αποτελείται από δυο λείους κύλινδρους έναν εμπρός και έναν πίσω. Στον οδοστρωτήρα αυτόν θα δονείται ο εμπρός ή ο πίσω κύλινδρος ή και οι δυο. Ακόμη έναν τύπο οδοστρωτήρα με δόνηση που μπορεί να έχουμε είναι με έναν κύλινδρο εμπρός και με ελαστικούς τροχούς πίσω. Και οι δυο περιπτώσεις παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον.

Η δονητική συμπύκνωση βασίζεται στην μετάδοση της κινητικής ενέργειας από την δονητική μηχανή στο έδαφος. Κατ'αυτόν τον τρόπο με την ταλάντωση οι κόκκοι μετακινούνται και διατάσσονται κατά τέτοιο τρόπο που να γεμίζουν τους κενούς χώρους οι οποίοι υπάρχουν μεταξύ των μεγαλύτερων κόκκων με αποτέλεσμα την αύξηση της πυκνότητας και επομένως της αντοχής τους. Η δονητική κίνηση της μηχανής προκαλείται από μια ή δυο στρεφόμενες έκκεντρες μάζες οι

οποίες δίνουν φυγόκεντρες δυνάμεις ίσες του στατικού βάρους του δονητή με στρεφόμενες κατακόρυφες συνιστώσες ημιτονοειδούς μεταβολής. Η δονητική συμπίκνωση είναι δυναμικό φαινόμενο και επομένως το αποτέλεσμα δεν εξαρτάται από το μέγεθος της φυγόκεντρης δύναμης και από το στατικό βάρος της μηχανής αλλά από την συχνότητα. Η άσκηση με δόνηση είναι ιδιαίτερη αποδοτική για μη συνεκτικά υλικά που αποτελούνται από σχετικά μεγάλα σωματίδια(χαλίκια, πέτρες)επειδή η δόνηση βοηθάει την αναδιάταξη των κόκκων και την εισχώρηση τους σε υφιστάμενα κενά εντός του υλικού. Επειδή, το ίδιο συμβαίνει και σε πολύ πιο μικρό βαθμό στα μικρά σωματίδια που συνιστούν τα συνεκτικά εδάφη καθώς όταν το υλικό περιέχει συνδετική ύλη όπως τα ασφαλικά μίγματα η χρήση των δονούμενων κυλίνδρων επεκτείνεται συνεχώς. Για την συμπίεση εδαφών χρησιμοποιούνται οδοστρωτήρες με έναν κύλινδρο με μικρό εύρος δόνησης για μη συνεκτικά υλικά και μεγάλο εύρος δόνησης για παχιά στρώματα και για συνεκτικά εδάφη.

Αντιλαμβανόμαστε ότι η δονητικοί οδοστρωτήρες είναι και αυτοί με την σειρά τους σημαντικοί καθώς εκτελούν και ταιριάζουν σε συγκεκριμένες περιστάσεις. Αυτοί οι συμπεκνωτές κερδίζουν χρόνο με το χρόνο όλο και περισσότερο έδαφος στα έργα οδοποιίας. Ο μηχανισμός τους στον οποίο δεν έγινε εκτεταμένη αναφορά μοιάζει με αυτόν των στατικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΔΟΚΙΜΕΣ

6.1Προσδιορισμός υγρασίας

Θα πρέπει να αφιερώσουμε χρόνο στον προσδιορισμό της υγρασίας και της βέλτιστης υγρασίας καθώς αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι στην προσπάθεια που κάνουμε για τον προσδιορισμό της συμπίκνωσης. Καταρχήν, θα ορίσουμε την υγρασία και θα πούμε πως είναι η υγρασία που περιέχεται σε έναν εδαφικό σχηματισμό και ορίζεται ως ποσοστό του λόγου του βάρους του περιεχομένου νερού(w_w)προς το βάρος του στερεού του εδάφους (w_s) $w = w_w/w_s \cdot 100\%$. Όσον αφορά τους εργαστηριακούς ελέγχους έχουμε ποσότητα δείγματος που ζυγίζεται πριν και μετά την ξήρανση του δείγματος , η διαφορά του βάρους αντιστοιχεί στην περιεχόμενη ποσότητα του νερού (w_w),ii)για την ξήρανση τοποθετούμε σε φούρνο σε θερμοκρασία 105-110c. Η δοκιμή πραγματοποιείται το ελάχιστο σε τρία αντιπροσωπευτικά δείγματα. Δηλαδή τα βήματα που κάνουμε είναι τα παρακάτω. Φέραμε στο εργαστήριο τα προς εξέταση δείγματα σε αυτά τα δείγματα πήραμε αντιπροσωπευτική ποσότητα ακολούθως το ζυγίσαμε και καταγράψαμε το βάρος τους σε χαρτί. Στην συνέχεια τα ξηράναμε και καταγράψαμε το νέο βάρος του. Μετέπειτα, υπολογίσαμε την ποσότητα του νερού αφαιρώντας την από το αρχικό βάρος του δείγματος το. Έτσι, βρήκαμε το βάρος του νερού. Τέλος, εφαρμόσαμε τον τύπο $w = w_w/w_s$ βάρος νερού/βάρος στερεών υλικών. Η σημασία της υγρασίας είναι καθοριστική για την οδοποιία και ιδιαίτερα για τα χωματουργικά έργα καθώς με την υγρασία βελτιώνουμε την συμπίκνωση του εδάφους. Μια συμπίκνωση που απαιτείται για όλα τα επιχώματα για να δημιουργήσουμε σταθερές βάσεις με σκοπό να μην παρατηρήσουμε παραμόρφωση κάτω από το βάρος της κυκλοφορίας των οχημάτων και ιδιαίτερα του οδοστρώματος. Έτσι, η υγρασία και οι δοκιμές που πραγματοποιούμε μας οδηγούν στην βέλτιστη υγρασία η οποία είναι καθοριστική για να πετύχουμε την μέγιστη ξηρή πυκνότητα.

Ξηρό βάρος γδ

Ο προσδιορισμός του ξηρού βάρους, είναι σημαντικός στην οδοποιία καθώς το ξηρό βάρος και η υγρασία είναι δυο παράμετροι που από την στιγμή που θα συνδυαστούν τέλεια θα μας οδηγήσουν στην καλύτερη δυνατή συμπίκνωση. Πιο συγκεκριμένα, αυτός ο συνδυασμός απαιτεί να έχουμε

στο εδαφικό δείγμα την βέλτιστη υγρασία, η οποία αντιστοιχεί σε μια ξηρή πυκνότητα που ονομάζεται και είναι η μέγιστη ξηρή πυκνότητα. Επομένως, το μέγιστο ξηρό βάρος όπως αλλιώς ονομάζεται η μέγιστη ξηρή πυκνότητα είναι το ζητούμενο που πρέπει να πετύχουμε σε ένα εδαφικό δείγμα. Θα πρέπει να μάθουμε κάποια στοιχεία για το ξηρό βάρος και πιο συγκεκριμένα πως ορίζεται.

Το ξηρό βάρος ορίζεται σαν ο λόγος του ξηρού βάρους του δείγματος προς τον όγκο και ο τύπος του είναι $\gamma_d = \frac{w_s}{v}$ w_s =ξηρό βάρος, v =συνολικός όγκος

Υπολογισμός εργαστηριακού όγκου δείγματος

Για να υπολογίσουμε τον όγκο του δείγματος η διαδικασία είναι η εξής. Καθορίζουμε καλά τον ογκομετρικό σωλήνα και τον γεμίζουμε κατά τα 3/4 περίπου με αποσταγμένο νερό καταγράφουμε ακριβώς την αρχική στάθμη του νερού, παίρνουμε ένα κομμάτι του εδαφικού δείγματος, το οποίο έχει σχήμα τέτοιο που να χωράει σε ογκομετρικό σωλήνα. Το δείγμα αυτό το ζυγίζουμε με ακρίβεια 0,01 γραμμαρίου. Στην συνέχεια το βαπτίζουμε στο δοχείο με την λιωμένη παραφίνη μέχρις ότου επικαλυφθεί όλη η επιφάνεια του δείγματος με μια λεπτή φλούδα παραφίνης. Στην συνέχεια ζυγίζεται παραφιούμενο το δείγμα και το εισάγουμε με προσοχή στον ογκομετρικό κύλινδρο με το νερό. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μια δυο τρεις φορές για το εκάστοτε δείγμα και παίρνουμε τον μέσο όρο.

Τήρηση στοιχείων

Από την διαφορά της αρχικής και της τελικής αναγνώσεως της στάθμης του νερού μέσα στον σωλήνα βρίσκουμε τον όγκο του εδαφικού δείγματος με την παραφίνη. Από τον όγκο αφαιρούμε τον όγκο της παραφίνης που βρίσκεται δια διαίρεσεως του βάρους της με το ειδικό βάρος της. Έτσι βρίσκεται ο όγκος του εδαφικού δείγματος. Στην συνέχεια με διαίρεση του βάρους του εδάφους με το όγκο του δείγματος βρίσκουμε την ξηρή πυκνότητα.

Την δοκιμή proctor την κατατάσσουμε σαν μία από τις σημαντικότερες δοκιμές στα χωματουργικά υλικά. Οι δοκιμές κατά proctor έχουν σαν σκοπό τον προσδιορισμό της σχέσεως μεταξύ της περιεχόμενης υγρασίας και της πυκνότητας των εδαφών με συμπίκνωση αυτών μέσα σε τύπο καθορισμένων προδιαγραφών. Η δοκιμή proctor είναι μεγάλης σημασίας για τον καθορισμό της βέλτιστης πυκνότητας συνεκτικού εδάφους, γιατί αυτή επιτυγχάνεται μόνο με μια τελείως καθορισμένη περιεκτικότητα σε νερό. Η βασική αρχή της δοκιμής είναι καταρχάς προσθήκη ποσότητας νερού σε εδαφικά υλικά αυξάνοντας την πυκνότητα καθώς οι κόκκοι ολισθαίνουν μεταξύ τους και μεταβαίνουν σε πιο πυκνές δομές αύξηση της ποσότητας του νερού οδηγεί σε αύξηση της πυκνότητας μέχρι ενός μεγαλύτερου σημείου. Από το σημείο αυτό και μετά η πυκνότητα αρχίζει να μειώνεται καθώς θεωρείται ότι οι κόκκοι του εδαφικού υλικού έχουν εκτοπιστεί και αντικατασταθεί από ποσότητες νερού. Με την δοκιμή proctor προσδιορίζεται η ποσότητα νερού με την οποία το εδαφικό υλικό μπορεί να φτάσει την μέγιστη δυνατή πυκνότητα κάτω από συγκεκριμένη ενέργεια συμπίκνωσης.

6.2 Δοκιμή proctor

Την δοκιμή proctor την εκτελούμε με σκοπό να πραγματοποιήσουμε καλύτερη συμπίκνωση. Δηλαδή με ποιο τρόπο πρέπει να κινηθούμε ώστε το έδαφος να αποκτήσει την καλύτερη δυνατή συμπίκνωση. Όπως γνωρίζουμε η συμπίκνωση είναι συνάρτηση τριών παραγόντων της περιεχόμενης υγρασίας της ενέργειας συμπίκνωσης και του τρόπου συμπίκνωσης, η δοκιμή αυτή είναι σε θέση να προσδώσει για ένα συγκεκριμένο υλικό ποια πρέπει να είναι η υγρασία για μια καθορισμένη ενέργεια συμπίκνωσης ώστε να αποκτήσει την μέγιστη δυνατή συμπίκνωση. Αυτή η υγρασία αντιστοιχεί στην βέλτιστη υγρασία και η βέλτιστη υγρασία στην μέγιστη ξηρή πυκνότητα. Άρα, προϋπόθεση αυτών για να συμπτυκνωθούν με την μέγιστη δυνατότητα είναι να προσδοθεί σε αυτά μια συγκεκριμένη υγρασία για την οποία κάτω από μια προκαθορισμένη ενέργεια, και τρόπο συμπίκνωσης να αποκτήσουν την μέγιστη δυνατή

συμπύκνωση. Η δοκιμή προκτορ είναι εκείνη που θα μας δώσει όλα εκείνα τα στοιχεία για να πετύχουμε την μέγιστη δυνατή συμπύκνωση δηλαδή θα μας προσδώσει όλα τα ζεύγη τιμών υγρασίας ξηρής πυκνότητας. Πιο συγκεκριμένα, θα μας προσδώσει την τιμή της υγρασίας για την οποία το έδαφος κάτω από συγκεκριμένη ενέργεια συμπύκνωσης και τρόπου συμπύκνωσης το έδαφος να αποκτήσει την μέγιστη δυνατή ξηρή πυκνότητα δηλαδή την βέλτιστη συμπύκνωση. Η δοκιμή αυτή είναι ένας ποιοτικός έλεγχος των υλικών στο εργαστήριο και μπορεί ακόμη να εκτελεσθεί πριν ακόμη αρχίσει οποιαδήποτε χωματουργική εργασία.

Η δοκιμή προκτορ μπορεί να αρχίσει καθώς έχουμε συγκεντρώσει τον κατάλληλο εργαστηριακό εξοπλισμό. Το πρώτο που κάνουμε είναι ανάλογα με το μέγεθος του χρησιμοποιούμενου τύπου να διαλέξουμε αντιπροσωπευτική ποσότητα δείγματος η οποία πρέπει να περάσει από το κόσκινο Νο4, αν το έδαφος δεν είναι ξηρό ξηραίνουμε στον αέρα ή με άλλον τρόπο ώστε η θερμοκρασία κάθε φορά να μην υπερβαίνει τους 63βαθμούς κελσίου. Στην συνέχεια καταγράφουμε το βάρος του τύπου συμπυκνώσεως και μετά υγραίνουμε το δείγμα με σπρέι και αναμιγνύουμε με το μυστρί μέχρι να γίνει ομοιόμορφο το χρώμα. Δηλαδή είδαμε πως πρέπει να συγκεντρώσουμε τέτοια ποσότητα δείγματος ώστε να γεμίσει το δοχείο στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η δοκιμή. Στην συνέχεια κάναμε όλες τις ενέργειες που απαιτούνται ώστε αυτό να είναι έτοιμο να εισχωρήσει στον κύλινδρο συμπυκνώσεως.

Από την στιγμή που προετοιμάσαμε το δείγμα, είμαστε έτοιμοι να το τοποθετήσουμε στο εσωτερικό του τύπου και να πραγματοποιήσουμε την δοκιμή. Το δείγμα αυτό το τοποθετούμε σε τρεις ομοιόμορφες στρώσεις που συμπυκνώνονται με 25 κτύπους η κάθε στρώση. Πιο συγκεκριμένα, το έδαφος συμπυκνώνεται με κόπανο βάρους 2,45 κιλά που πέφτει από ύψος 304,8 μιλίμετρ. Από την στιγμή που συμπυκνώσαμε είμαστε σε θέση να εξάγουμε το δείγμα και να πραγματοποιήσουμε τις μετρήσεις. Σε πρώτη φάση κόβουμε και απομακρύνουμε το εδαφικό υλικό το οποίο εξέρχεται από τον τύπο ισοπεδώνοντας την επιφάνεια με μικρά κομμάτια που μπορεί να έπεσαν κατά την διαδικασία μορφώσεως. Στην συνέχεια ζυγίζουμε τον τύπο με το συμπυκνωθέν έδαφος και καταγράφουμε το βάρος του σε χαρτί. Μετά προσδιορίζουμε το βάρος του δοκιμίου από την στιγμή που έχουμε αφαιρέσει το βάρος του τύπου. Ακόμη απαιτείται να προσδιορίσουμε το υγρό φαινόμενο βάρος γ ο προσδιορισμός γίνεται με διαίρεση που έχει αριθμητή το βάρος του συμπυκνωθέντος εδαφικού υλικού και παρανομαστή τον όγκο του τύπου. Οι υπολογισμοί συνεχίζονται με τον προσδιορισμό του ξηρού φαινόμενου βάρους γ_d που γίνεται μέσω του τύπου $\gamma_d = \gamma / (1 + w)$. Στην συνέχεια θα πρέπει να υπολογίσουμε την υγρασία του συμπυκνωθέντος εδάφους, η υγρασία υπολογίζεται από δείγμα το οποίο κόβεται στο μέσον του συμπυκνωθέντος εδάφους του τύπου. Στην συνέχεια τοποθετούμε εκ νέου το εδαφικό δείγμα στην λεκάνη και το θρυμματίζουμε μέχρι να εμφανίζεται οπτικά ότι διέρχεται από το κόσκινο Νο4., προστίθετε επιπλέον 2% νερό σε σχέση με την αρχική μάζα του δείγματος πριν την συμπύκνωση του. Με αυτό το επιπλέον νερό αναμιγνύουμε καλά και επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται προσθέτοντας κάθε φορά που τελειώνει η δοκιμή 2% επιπλέον νερό σε σχέση με την προηγούμενη μέτρηση.

Το τελικό στάδιο της δοκιμής προκτορ αφορά το διάγραμμα ξηρής πυκνότητας-υγρασίας. Κατά το στάδιο αυτό τα ζεύγη των τιμών (W, γ_d) τοποθετούνται στο διάγραμμα σχηματίζοντας μια καμπύλη συνήθως τα ζευγάρια είναι πέντε γιατί και η δοκιμές είναι πέντε. Στην συνέχεια τα σημεία αυτά ενώνονται και το σημείο που αντιστοιχεί στο υψηλότερο σημείο αντιστοιχεί στην μέγιστη ξηρή πυκνότητα. Δηλαδή για κάθε δοκιμή έχουμε και διαφορετικά ζεύγη τιμών.

Προσοχή

Γενικά σε διάφορα έργα οδοποιίας ανάλογα με το μέγεθος της μέγιστης κόκκου είναι δυνατόν να επιλέγεται διάμετρος τύπου και διαφορετικός οι ελληνικές προδιαγραφές προβλέπουν τέσσερα είδη δοκιμών.

6.3 Τροποποιημένη δοκιμή προκτορ

Η τροποποιημένη είναι μια ακόμη δοκιμή που σκοπό έχει να προσδιορίσει τη συμπίκνωση του εδάφους, δηλαδή για μια συγκεκριμένη ενέργεια συμπίκνωσης και για ένα συγκεκριμένο τρόπο συμπίκνωσης ποια υγρασία πρέπει να έχει για να αποκτήσει την τέλεια συμπίκνωση, την δοκιμή αυτή για την τέλεια συμπίκνωση την έχουμε πραγματοποιήσει με την πρότυπη δοκιμή προκτορ. Στο εξής θα γνωρίσουμε και την τροποποιημένη δοκιμή προκτορ. Η δοκιμή προκτορ έχει σκοπό να προσδιορίσει για μια συγκεκριμένη ενέργεια συμπίκνωσης και ένα συγκεκριμένο τρόπο συμπίκνωσης την μέγιστη ξηρή πυκνότητα που αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη υγρασία.

Η εργαστηριακή δοκιμή της τροποποιημένης δοκιμής προκτορ μοιάζει με αυτή της πρότυπης προκτορ. Η διαδικασία παρασκευής των δειγμάτων είναι ίδια με αυτή της τυπικής δοκιμής. Πιο συγκεκριμένα, διαλέγουμε ποσότητα δείγματος που θα γεμίσει τον τύπο που θα πραγματοποιηθεί η δοκιμή έπειτα το ξηραίνουμε σε θερμοκρασία όχι πάνω από τους 63 βαθμούς κελσίου το δείγμα πρέπει να διέρχεται από το κόσκινο Νο4. Το επόμενο βήμα μετά την ξήρανση του είναι να το υγράνουμε. Από την στιγμή που το υγράνουμε είμαστε έτοιμοι να το τοποθετήσουμε στον τύπο με σκοπό ν'αρχίσει η δοκιμή. Από το σημείο αυτό και μετά εντοπίζονται οι κύριες διαφορές ανάμεσα στις δυο δοκιμές. Αυτές οι διαφορές είναι οι εξής: στην τροποποιημένη δοκιμή οι στρώσεις είναι πέντε αντί για τρεις δηλαδή το δείγμα χτυπιέται σε πέντε στρώσεις αντί για τρεις. Κάθε στρώση της τροποποιημένης δοκιμής έχει πλάτος ίδιο με αυτό που έχουν οι στρώσεις στην πρότυπη δοκιμή προκτορ. Η κάθε στρώση όμως συμπυκνώνεται με 50 χτύπους αντί για 25 χτύπους. Ένα άλλο στοιχείο της δοκιμής αυτής είναι ότι το βάρος του κοπάνου είναι 4,54 κιλά και πέφτει από ύψος 45 εκατοστά. Από την στιγμή που εντοπίσαμε τις διαφορές είμαστε σε θέση να προχωρήσουμε παρακάτω, μπορούμε επομένως να υπολογίσουμε τα μεγέθη της ξηρής πυκνότητας και της υγρασίας.

Η διαδικασία του υπολογισμού της ξηρής πυκνότητας και της υγρασίας είναι ίδια και για τις δυο δοκιμές. Στην συνέχεια και από την στιγμή που έχει υπολογιστεί η υγρασία και η ξηρή πυκνότητα γίνονται παρόμοιες μετρήσεις για διαφορετικές όμως δοθείσες υγρασίες. Άρα, μπορούμε να αποτυπώσουμε στο χαρτί τα ζεύγη των τιμών της ξηρής πυκνότητας και υγρασίας που πήραμε για κάθε μέτρηση. Αυτά αν τα βάλουμε σε ένα διάγραμμα προκύπτει μια καμπύλη που είναι μετατοπισμένη προς τα πάνω σε σχέση με την πρότυπη δοκιμή προκτορ. Εύκολα αντιλαμβανόμαστε ότι έχουμε μεγαλύτερη ξηρή πυκνότητα για μικρότερη υγρασία. Αυτό οφείλεται στην ενέργεια συμπίκνωσης που για την δοκιμή μας είναι μεγαλύτερη. Μπορούμε να πούμε ότι η διαφορετική ενέργεια ανάμεσα στις δυο δοκιμές επιφέρει τα εξής αποτελέσματα για δεδομένο εδαφικό υλικό η τιμή της μέγιστης πυκνότητας αυξάνεται και της βέλτιστης υγρασίας μειώνεται. Μια συγκριτική μελέτη σε μεγάλο πλήθος εδαφικών δειγμάτων έδειξε ότι η μέγιστη ξηρή πυκνότητα που προσδιορίζεται κατά την συμβατική μέθοδο φθάνει σε ποσοστό 85%-97% της αντίστοιχης τιμής που προκύπτει από την τροποποιημένη δοκιμή. Τέλος, οι δυο δοκιμές που είδαμε είναι πολύ σημαντικές καθώς με βάση αυτές προσδιορίζεται η βέλτιστη υγρασία που αντιστοιχεί στην μέγιστη ξηρή πυκνότητα για μια συγκεκριμένη ενέργεια συμπίκνωσης δηλαδή προσδιορίζεται η τέλεια συμπίκνωση μέσω της βέλτιστης υγρασίας που έχει ένα έδαφος για μια συγκεκριμένη ενέργεια συμπίκνωσης.

6.4 Έλεγχος συμπίκνωσης

Την διάστρωση και την συμπίκνωση των υλικών του επιχώματος αλλά και τις άλλες απαραίτητες συμπεκνώσεις που είναι απαραίτητες για τα έργα οδοποιίας όπως για παράδειγμα οι χωματουργικές συμπεκνώσεις στα τεχνικά έργα απαιτείται έλεγχος του βαθμού συμπίκνωσης. Ο

έλεγχος είναι απαραίτητος για να δούμε αν το χωματουργικό έργο που εκτελέσαμε ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές δηλαδή αντέχει να φέρει τα φορτία του δρόμου και των αυτοκινήτων. Είναι καλό να πραγματοποιείται ο έλεγχος διότι αν κατά την μέτρηση της συμπίκνωσης που έχει πραγματοποιηθεί αντιληφθούμε ότι δεν εγκρίνουν την επιτευχθείσα συμπίκνωση οι μελέτες θα πρέπει να σταματήσουμε το έργο και αν χρειαστεί να κατασκευάσουμε ξανά το σημείο αυτό που δεν επιτεύχθηκε η αναγκαία συμπίκνωση. Αυτό το κάνουμε για να προλάβουμε τις αστοχίες που ενδεχομένως να μη δείξουν το αποτέλεσμα άμεσα αλλά μετά από ένα χρονικό διάστημα που μπορεί να εντοπίζεται και μετά την διάστρωση του ασφαλτοτάπητα. Ο έλεγχος της συμπίκνωσης γίνεται με τον προσδιορισμό της ξηρής πυκνότητας μέσω αυτής θα αντιληφθούμε αν η συμπίκνωση είναι η ζητούμενη. Πιο συγκεκριμένα, θα εφαρμόσουμε τους τύπους $DC1\% = \gamma_d / \gamma_N * 100$ και $DC2\% = \gamma_d / \gamma_M * 100$ όπου DC1, και DC2 ο βαθμός συμπίκνωσης κατά την συμβατική και τροποποιημένη δοκιμή Proctor αντίστοιχα και γ_d είναι η επιτευχθείσα ξηρή πυκνότητα στο έργο και γ_N , γ_M είναι η ξηρή πυκνότητα κατά την συμβατική και τροποποιημένη δοκιμή Proctor που διαπιστώθηκε ότι μπορεί να επιτευχθεί. Κάθε φορά στους διάφορους ελέγχους θα ξύνουμε την ξηρή πυκνότητα θα την εφαρμόζουμε στον τύπο και θα βλέπουμε αν η επιτευχθείσα ξηρή πυκνότητα, ταιριάζει με αυτή των δοκιμών Proctor. Εάν πετύχουμε ξηρή πυκνότητα πολύ κοντά σε αυτές των δοκιμών τότε και η συμπίκνωση θα είναι η ζητούμενη.

6.4.1 Μέθοδος ακτινών γ

Μια από τις κύριες μεθόδους υπολογισμού της ξηρής πυκνότητας είναι η μέθοδος των ακτινών γ που γνωρίζουν ιδιαίτερη άνθηση στις μέρες μας. Η μέθοδος αυτή αποτελεί τον εύκολο τρόπο μέσω της οποίας μετράμε την ξηρή πυκνότητα στα διάφορα στρώματα του οδοστρώματος. Είναι σχετικά ένας εύκολος τρόπος υπολογισμού και ιδιαίτερα ακριβής. Η μέθοδος των ακτινών γ έχουν αντικαταστήσει τις παλιές μεθόδους με μεμβράνες με τις οποίες γινόταν ο υπολογισμός της ξηρής πυκνότητας.

6.4.2 Μέθοδος κώνου και άμμου

Την μέθοδο του κώνου και της άμμου κατατάσσουμε στις πολύ σημαντικές δοκιμές. Η μέθοδος αυτή είναι μια εργαστηριακή δοκιμή που γίνεται επί τόπου στο έργο με σκοπό να ελεγχθεί η επιτευχθείσα συμπίκνωση και να συγκριθεί με την προσδιορισθείσα συμπίκνωση με την μέθοδο προκτορ. Η μέθοδος αυτή προσδιορίζει την πυκνότητα στα ρηχά και συμπαγή εδάφη που χρησιμοποιούνται για τη κατασκευή των εθνικών οδών για χωμάτινα φράγματα και για διάφορες άλλες κατασκευές. Έτσι, προσδιορίζεται η επί τόπου ξηρή πυκνότητα και την συγκρίνουμε με αυτή που διαπιστώσαμε με την μέθοδο πρόκτορ.

6.4.3 Χαλύβδινος μάρτυρας

Ο χαλύβδινος μάρτυρας είναι μια συσκευή που έχει σκοπό να προσδιορίσει την συμπίκνωση του εδάφους δηλαδή κατά πόσο το έδαφος έχει συμπτυκνωθεί. Ο χαλύβδινος μάρτυρας είναι μια μεταλλική τετραγωνική πλάκα 40*40 η οποία τοποθετείται σε τυχαία θέση επί της συμπτυκνωμένης επιφάνειας. Ο οδοστρωτήρας που χρησιμοποιείται για την συμπίκνωση διέρχεται υπεράνω της πλάκας και μέσω τοπογραφικού ταχύμετρου καταγράφεται η βύθιση του μάρτυρα. Ανάλογα με τις χρησιμοποιούμενες προδιαγραφές το μέγεθος της βύθισης πρέπει να είναι $\Delta Z > 1\text{m}$, $\Delta Z < 1/100 * Z_0$ όπου Z_0 το πάχος της προ συμπτυκνωμένης στρώσης. Σύμφωνα με τις ελβετικές προδιαγραφές η διέλευση επί της στερεωμένης επιφάνειας προκαλεί βύθιση $< 0,3\text{m}$ για στρώσεις έδρασης οδοστρώματος, $\Delta Z < 0.5$ εκατοστά για στρώσεις επιχώματος. Όπως είδαμε την επιτευχθείσα συμπίκνωση στα επιχώματα την μετράμε με την μέθοδο κώνου και άμμου κατά κύριο λόγο αλλά και με την μέθοδο της μεμβράνης, την μέθοδο των ακτινών γ και με την μέθοδο του χαλύβδινου μάρτυρα. Μια άλλη μέθοδος που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι η δοκιμή της φορτισμένης πλάκας.

6.4.4 Μέθοδος της φορτισμένης πλάκας

Συχνά για τον προσδιορισμό της συμπίκνωσης χρησιμοποιείται η δοκιμή της φορτισμένης πλάκας. Στην περίπτωση αυτή η διαδικασία της εκτέλεσης της δοκιμής θα πρέπει να είναι εντελώς συγκεκριμένη ούτως ώστε το αποτέλεσμα να συσχετίζεται με το συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς.

Οι Ελληνικές προδιαγραφές ΠΤΠ- ΧΙ προβλέπουν ότι η κλασική διαδικασία ελέγχου συμπίκνωσης δηλαδή με την μέθοδο κώνου και άμμου δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε χονδρόκοκα γαιώδη υλικά που έχουν συγκρατούμενο ποσοστό στο κόσκινο No4 μεγαλύτερου του 60% ακόμη περισσότερο στην περίπτωση βραχωδών και ημιβραχωδών υλικών επιχώματος όταν δηλαδή το συγκρατούμενο κλάσμα στο κόσκινο ένα είναι μεγαλύτερο του 70%. Η δοκιμή πρόκτορ και η μέθοδος κώνου και άμμου δεν είναι κατάλληλες για τον έλεγχο της συμπίκνωσης. Η ΠΤΠ-ΧΙ προβλέπει εκτέλεση δοκιμής φορτισμένης πλάκας για κάθε στρώμα που κατασκευάζεται από τα υλικά αυτά.

Η γερμανική προδιαγραφή προβλέπει δύσκαμπτη πλάκα 30cm και δύο κύκλους φόρτισης για τον προσδιορισμό των μέτρων ελαστικότητας E_{v1} και E_{v2} . Κατά τον πρώτο κύκλο φόρτισης εξασκείται μέγιστη πίεση P ούτως ώστε να προκληθεί βύθιση 2mm. Το μέτρο ελαστικότητας E_{v1} υπολογίζεται $E_{v1} = 1,5 G \Delta p / \Delta Z_1$ όπου Δp η διαφορά πίεσης 3/10 και 7/10 της μέγιστης και ΔZ η διαφορά βυθίσεων που αντιστοιχούν στις παραπάνω πιέσεις. Κατά τον δεύτερο κύκλο η μέγιστη πίεση ισούται με εκείνη του τελευταίου σταδίου του πρώτου κύκλου. Το μέτρο ελαστικότητας E_{v2} κατά ΠΤΠ-ΧΙ υπολογίζεται $E_{v2} = 1,5 G \Delta P / \Delta Z_2$ όπου ΔZ_2 η διαφορά της μέγιστης βύθισης κατά τον δεύτερο κύκλο και της παραμένουσας βύθισης του πρώτου κύκλου, όπου ΔP ορίζεται με τον ίδιο τρόπο που ορίστηκε παραπάνω.

Οι γερμανικές προδιαγραφές αναφέρονται στις ελάχιστες τιμές των μέτρων ελαστικότητας E_{v1} και E_{v2} καθώς και στο βαθμό συμπίκνωσης κατά την συμβατική μέθοδο πρόκτορ. Η μέθοδος της φορτισμένης πλάκας για τον εργοταξιακό έλεγχο της συμπίκνωσης εδαφικών και θραυστών υλικών πρέπει να εμφανίζεται με προσοχή και επιφύλαξη. Ένα υλικό που εμφανίζει υψηλή τιμή του μέτρου ελαστικότητας δεν είναι απαραίτητα το πιο συμπακνωμένο. Ο κίνδυνος που παρουσιάζει σε παραμορφώσεις είναι μεγάλος κατά συνέπεια μια βαθμονόμηση των τιμών του μέτρου E_{v2} για κάθε υλικό σε σχέση με τον βαθμό συμπίκνωσης.

Οι γαλλικές προδιαγραφές καθορίζουν για κάθε εδαφικό υλικό και είδος χρησιμοποιούμενου μηχανήματος συμπίκνωσης το μέγιστο πάχος της στρώσης στο επίχωμα και της τελικής των χωματοργικών καθώς και το λόγο Q/S που αποτελεί κριτήριο για την καλή συμπίκνωση. Ο λόγος Q/S αποτελεί εξέλιξη του κλασικού ελέγχου με βάση του αριθμού των διελεύσεων. Ο λόγος Q/S εκφράζεται σε κυβικά μέτρα ανά τετραγωνικά μέτρα όπου Q ο όγκος του εδάφους που υφίσταται συμπίκνωση και S η επιφάνεια που έχει καλύψει το μηχάνημα συμπίκνωσης. Το ενδιαφέρον που παρουσιάζει η μέθοδος αυτή συνίσταται στο γεγονός ότι η εκτίμηση των μεγεθών αυτών είναι σχετικά απλή. Ο όγκος μπορεί να εκτιμηθεί ή να επιμετρηθεί μετά την συμπίκνωση ενώ η επιφάνεια S είναι το γινόμενο του πλάτους L επί του μηχανήματος. Οι προδιαγραφές περιλαμβάνουν κατάταξη σε κατηγορίες των εδαφικών υλικών και των μηχανημάτων συμπίκνωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 Οικολογική συνείδηση στους δρόμους

Την οικολογική συνείδηση στους δρόμους πρέπει να την έχουμε σε πολύ υψηλό επίπεδο καθώς

είναι πολύ σημαντική. Το περιβάλλον και ο άνθρωπος θα πρέπει να συμβαδίζουν με αρμονία. Όπως έχουμε μάθει ο άνθρωπος εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από το περιβάλλον. Το περιβάλλον και η φύση είναι αυτά που δίνουν ζωή στο είδος μας αλλά όχι μόνο στο δικό μας και στα υπόλοιπα. Η σύγχρονη οδοποιία προσαρμοσμένη στις απαιτήσεις κυκλοφοριακής άνεσης και οικονομίας χρόνου, προκρίνει μία φιλοσοφία τεταγμένων χαράξεων με μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας σε οριζοντιογραφία και μηκοτομή γεγονός που επιφέρει αύξηση του όγκου και της έκτασης των χωματουργικών έργων και προκαλεί μεγαλύτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Το ποσοστό της γήινης επιφάνειας που καλύπτεται από οδικές κατασκευές αυξάνεται διαρκώς. Συνολικά ο χώρος που καταλαμβάνουν τα οδικά δίκτυα σταδιακά επεκτείνεται και οι διάφορες φιλικές προς την φύση χρήσεις γης όπως οι αγροτικές καλλιέργειες οι βοσκότοποι και οι δασικές περιοχές συρρικνώνονται. Η οικολογική άποψη για την σύγχρονη οδοποιία είναι σαφής. Η κατασκευή οδικών δρόμων είναι ένα αναγκαίο κακό. Οι οδικές συνδέσεις και τα οδικά δίκτυα είναι κύριοι μοχλοί της ανάπτυξης και της εμπορικής δραστηριότητας αλλά η κάθε νέα οδική κατασκευή είναι ένας επιπλέον κίνδυνος της οικολογικής ισορροπίας, με ποικίλες και δυσμενείς επιπτώσεις στο οικοσύστημα.

Για να κατασκευάσουμε έναν δρόμο συχνά εμπλεκόμαστε στο περιβάλλον και το διαταράσσουμε. Την εμπλοκή μας αυτή για λόγους οικολογίας αν είναι δυνατόν θα πρέπει να τη μειώσουμε στο επίπεδο που μπορούμε. Η μείωση της διαταραχής στο περιβάλλον στις μέρες μας είναι πολύ σημαντική. Για να κατασκευάσουμε έναν δρόμο υπάρχει το ενδεχόμενο να περάσουμε από μία περιοχή που έχει πυκνή βλάστηση. Την περιοχή αυτήν που έχει πυκνή βλάστηση υποχρεωτικά θα χαλάσουμε ένα τμήμα της για να περάσει ο δρόμος. Άρα, βλέπουμε ότι η κατασκευή ενός δρόμου πολλές φορές έχει δυσάρεστες συνέπειες για το οικοσύστημα. Στο επίπεδο των χωματουργικών εργασιών η εμπλοκή στο περιβάλλον αυξάνεται καθώς περιλαμβάνει την αποψίλωση και την εκχέρσωση. Βλέπουμε ότι η κατασκευή δρόμων καταστρέφει το περιβάλλον εμείς το μόνο που μένει να κάνουμε είναι να μειώσουμε την εμπλοκή των δρόμων στο περιβάλλον. Επομένως, μπορούμε να πούμε ότι τα ορύγματα, τα επιχώματα, οι αποθεσιοθάλαμοι και οι δανειοθάλαμοι ή διαφόρων τύποι εκσκαφών και η διαμόρφωση των πρανών είναι τα συνήθη στοιχεία ενός μεγάλου χωματουργικού έργου που συμβάλλουν στην διαταραχή του περιβάλλοντος. Οι συνέπειες αυτές γίνονται ιδιαίτερα αισθητές όταν το έργο βρίσκεται σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές και σε οικολογικές περιοχές στις οποίες η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί πρωταρχικό στόχο. Δασικές εκτάσεις επηρεάζονται ιδιαίτερα από την διάνοιξη οδικών δρόμων και μάλιστα οδών ταχείας κυκλοφορίας. Άμεσα στην φάση εκτέλεσης των χωματουργικών προκαλείται μια ριζική αποψίλωση και εκρίζωση δέντρων βλάβη που σπανίως αποκαθίσταται στην συνέχεια των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων.

Ένα παράδειγμα εμπλοκής του δρόμου στο περιβάλλον έχει να κάνει με τα πρανή και είναι ότι πολλές φορές για να προστατεύσουμε ένα δρόμο από ένα πρανές το οποίο είναι ευαίσθητο σε κάποια καθίζηση κατολίσθηση ή συνίζηση θα πρέπει να επέμβουμε και να απομακρύνουμε το ευαίσθητο τμήμα του πρανούς. Με αυτή όμως την προσπάθεια δεν διαταράσσεται μόνο το έδαφος αλλά και το περιβάλλον καθώς δέντρα κόβονται φυτά απομακρύνονται και γενικώς έχουμε επέμβαση στο περιβάλλον. Το πρανές όμως μπορεί να μην χρειάζεται απομάκρυνση ενός τμήματος γενικώς αλλά μια διαμόρφωση και διάφορες άλλες επεμβάσεις σε κάθε περίπτωση πάντως διαταράσσεται το περιβάλλον.

7.2 Μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος

Εμείς θα πρέπει να κάνουμε όλες εκείνες τις ενέργειες για την αποκατάσταση στο περιβάλλον καταρχήν το πρώτο μέλημά μας θα πρέπει να είναι η εμπλοκή μας με το περιβάλλον να είναι όλο και λιγότερη. Στην συνέχεια και από την στιγμή που αυτό δεν μπορεί να αποτραπεί θα πρέπει από

μόνοι μας να κάνουμε επεμβάσεις στο περιβάλλον για την αποκατάστασή του στο σημείο που εμείς μπορούμε. Πιο συγκεκριμένα στα διαταραγμένα εδάφη που προκύπτουν από την κατασκευή των χωματουργικών έργων η επανεγκατάσταση της ξυλώδους βλάστησης(θάμνοι, δέντρα)δεν αποτελεί μόνο αναγκαιότητα για την αισθητική επέμβαση αλλά πολύ περισσότερο επέμβαση που εξασφαλίζει την μακροχρόνια σταθεροποίηση του πρανούς του έργου και συμβάλει στην εξέλιξη του περιβάλλοντος χώρου διαμέσω των διαφόρων λειτουργιών που παρέχει η βλάστηση στο έργο. Συνεπώς θα πρέπει να ξαναφυτεύουμε τα φυτά είτε για λόγους οικολογίας είτε για λόγους περιβάλλοντος. Στην χώρα μας τα πρανή είτε παραμένουν όπως έχουν διανοιχτεί(βραχώδη, ημιβραχώδη πρανή)είτε η βλάστηση σε αυτά επανεγκαθίσταται με φυτεύσεις έτοιμων φυτών. Για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος σε ότι έχει να κάνει με την διαταραχή που έχει γίνει στο φυσικό τοπίο, για να κατασκευάσουμε τον δρόμο θα γίνεται κατά κύριο λόγο με φύτεμα δέντρων θάμνων και μικρών φυτών. Το φύτεμα θα γίνεται έπειτα από εμπειριστατωμένη μελέτη που θα γίνεται με σκοπό να κρίνουμε ποια φυτά ταιριάζουν στο τύπο εδάφους που έχουμε. Μπορούμε να πούμε το φύτεμα επηρεάζεται από κάποιους παράγοντες οι οποίοι έχουν να κάνουν με τα χαρακτηριστικά των εδαφών.

Σε κάθε περίπτωση η κατασκευή ενός δρόμου θα πρέπει να γίνεται με κάποιο οικολογικό τρόπο, γιατί το περιβάλλον είναι πολύ σημαντικό στις μέρες μας και θα πρέπει να προχωρήσουμε στην προστασία του. Το να κατασκευάσουμε έναν δρόμο, με μέριμνα την προστασία του περιβάλλοντος είναι πολύ σημαντικό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Συγγραφέας, Αναστάσιος κ. Μουρατίδης, καθηγητής Α.Π.Θ. τίτλος βιβλίου “Οδοποιία η κατασκευή των οδικών έργων” ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΚΔΟΣΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ (2007)

Συγγραφέας, κ. Κοφίτσας Δ. Ιωάννης τίτλος βιβλίου “Στοιχεία οδοποιίας” Δεύτερη έκδοση Αθήνα (2009)

ΥΠΕΧΩΔΕ “ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ” (ΠΕΤΕΠ 02-07-01-00) έκδοση Μάιος 2006 Θέμα: κατασκευή επιχωμάτων με κατάλληλα προϊόντα εκσκαφών δανειοθαλάμων

ΥΠΕΧΩΔΕ “ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ” (ΠΕΤΕΠ 02-05-00-00) Έκδοση (Μάιος 1.0-2006) θέμα: χωματουργικά έργα, διαχείριση προϊόντων εκσκαφών -αξιοποίηση αποσιοθαλάμων

ΥΠΕΧΩΔΕ “ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ” (ΠΕΤΕΠ 02-02-01-00) Έκδοση (Μάιος 1.0-2006) θέμα χωματουργικά, γενικές εκσκαφές

ΕΓΝΑΝΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε Ο.Σ.Μ.Ε.Ο “ κεφ.8 μελέτη υδραυλικών έργων οδοποιίας”

