



Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Συγκοινωνιακών Έργων και Μεταφορών

Εργαστηριακά Θέματα Οδοποιίας - Οδοστρωμάτων

Χαρακτηριστικά και ιδιότητες του εδάφους [γ]



Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους

Εισαγωγικά

Η φέρουσα ικανότητα ή απλώς αντοχή του εδάφους εκφράζεται στην οδοποιία συναρτήσει του Καλιφορνιακού Δείκτη φέρουσας αντοχής CBR (California Bearing Ratio).

Μέθοδος μέτρησης CBR στο εργαστήριο:

- Αναπτύχθηκε το 1930 από τη Διεύθυνση Οδοποιίας της Καλιφόρνια και στη συνέχεια υιοθετήθηκε σε όλο τον κόσμο.
- Η αρχική μέθοδος τροποποιήθηκε ως προς την υγρασία του συμπυκνωμένου εδαφικού υλικού κατά τη δοκιμή και την ενέργεια συμπύκνωσης που επιβάλλεται στο δοκίμιο.

Καθορισμός της φέρουσας ικανότητας εδαφικών υλικών όταν συμπυκνωθούν στο εργαστήριο στη βέλτιστη υγρασία (πρότυπη μέθοδος Proctor) και σε διάφορους βαθμούς πυκνότητας (εναλλαγή αριθμού χτυπημάτων κατά τη συμπύκνωση).



Δοκίμιο εδαφικού υλικού
σε πρότυπη μήτρα



Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους

Διαδικασία Δοκιμής CBR

Συμπύκνωση δοκιμίου:

- Το εδαφικό υλικό θρυμματίζεται ώστε να διέρχεται από το κόσκινο 19mm.
- Αν συγκρατηθεί στο κόσκινο ποσοστό $> 10\%$ αντικαθίσταται από ισοβαρές μίγμα πιο λεπτόκοκκο από το ίδιο εδαφικό υλικό (συγκρατείται στο κόσκινο 4,75mm).
- Περίπου 35kg εδαφικού υλικού με συγκεκριμένη υγρασία για τη βέλτιστη συμπύκνωση τοποθετείται σε μεταλλικές μήτρες (Δ: 152,4mm – Υ: 177,8mm).
- Συμπύκνωση με κόπανο όμοιο με την πρότυπη μέθοδο Proctor (B: 2,49kg – Υ: 304,8mm).
- Συμπύκνωση σε τρεις στρώσεις με αριθμό χτυπημάτων ώστε να επιτευχθεί ανά δοκίμιο πυκνότητα μικρότερη και μεγαλύτερη από την πρότυπη μέθοδο Proctor.
- Συνήθως 10, 30 και 65 χτύποι για τρία διαφορετικά δοκίμια.



Μέθοδος δοκιμής Proctor

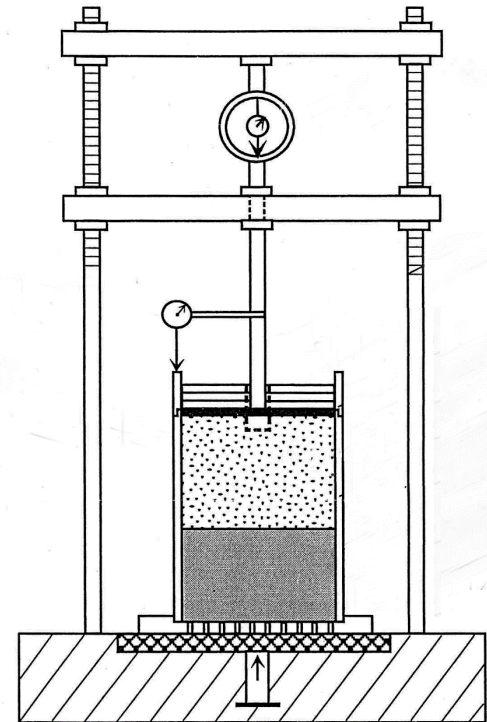


Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους

Διαδικασία Δοκιμής CBR

Υδρεμοτισμός:

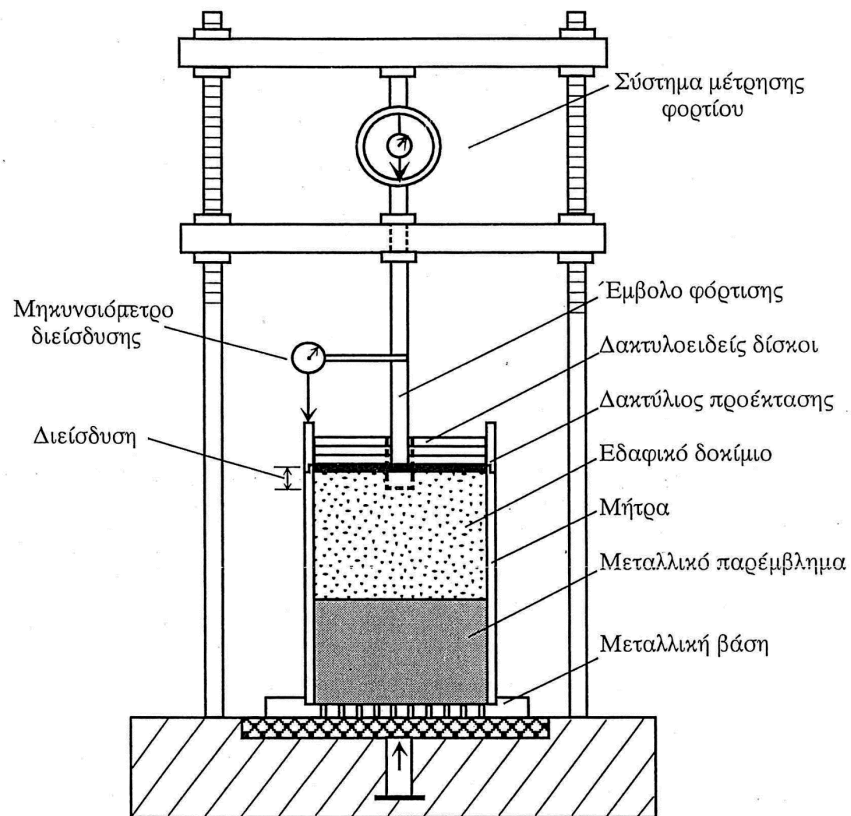
- Μετά τη συμπύκνωση απομακρύνεται ο μεταλλικός κύλινδρος προέκτασης και η επιφάνεια ισοπεδώνεται.
- Η μήτρα με το εδαφικό υλικό αναστρέφεται και τοποθετείται σε ειδική διάτρητη βάση.
- Μέσα στη μήτρα και επί του συμπυκνωμένου εδαφικού υλικού τοποθετούνται τρία δακτυλιοειδή βάρη για την προσομοίωση του βάρους των υπερκείμενων στρώσεων.
- Εμβαπτισμός σε νερό για 96 ώρες.
- Τοποθέτηση τρίποδα με μηκυσιόμετρο – Λήψη αρχικής και τελικής ένδειξης, έπειτα από 96 ώρες.
- Απομάκρυνση συστήματος από υδρόλουτρο και στράγγιση για 15 λεπτά.
- Μετρήσεις μηκυσιόμετρου καθορίζουν το ποσοστό διόγκωσης.



Συσκευή CBR



Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους



Συσκευή CBR

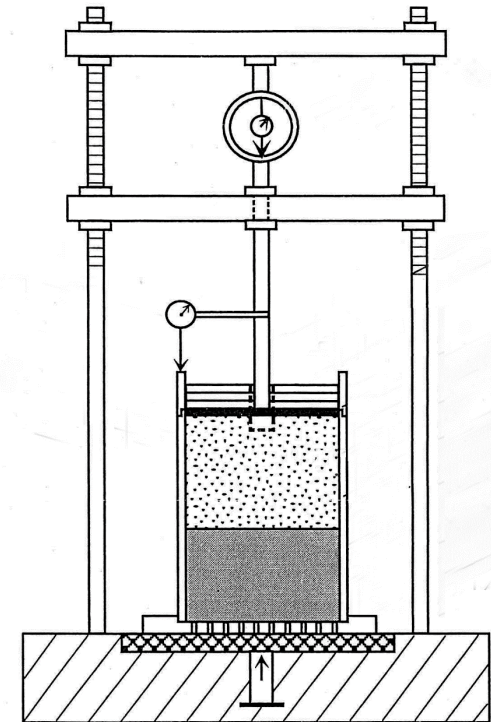


Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους

Διαδικασία Δοκιμής CBR

Επιβολή φορτίου – Μέτρηση διείσδυσης:

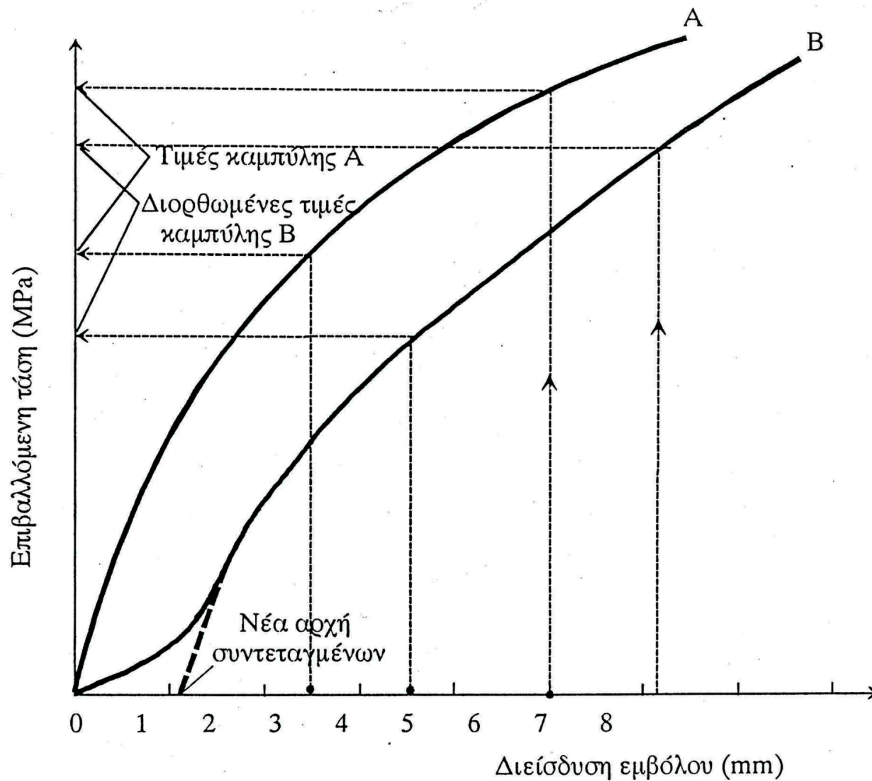
- Το συμπυκνωμένο και υγρό εδαφικό δοκίμιο τοποθετείται στη συσκευή CBR.
- Τοποθετούνται επί αυτού τα δακτυλιοειδή βάρη (μεταλλικοί δίσκοι με κυκλική οπή).
- Η συσκευή επιβάλλει σταθερά αυξανόμενο θλιπτικό φορτίο μέσω κυλινδρικού εμβόλου.
- Το έμβολο διείσδυσης έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του δοκιμίου – μηδενίζονται οι ενδείξεις των οργάνων μέτρησης της διείσδυσης και του φορτίου και αρχίζει η επιβολή του φορτίου.
- Η φόρτιση σταματά όταν επιτευχθεί διείσδυση περίπου 8mm.



Συσκευή CBR



Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους



Διάγραμμα υπολογισμού CBR

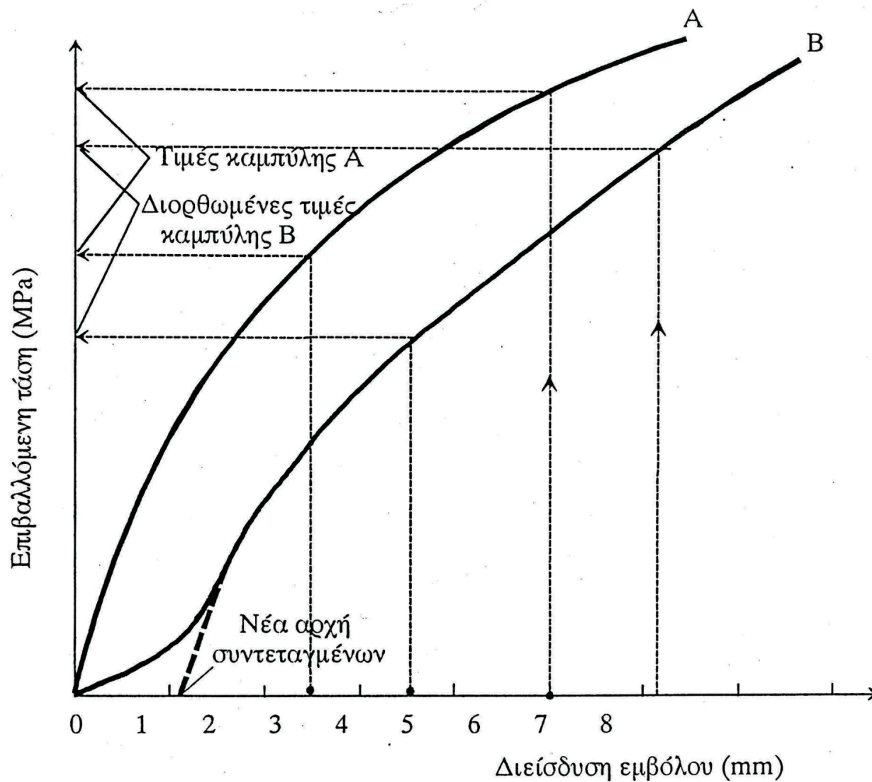
Διαδικασία Δοκιμής CBR

Υπολογισμός CBR:

- Τα ζεύγη τιμών τοποθετούνται σε διάγραμμα.
- Οι καμπύλες είναι συνάρτηση της επιβαλλόμενης τάσης (ίση με την αντίσταση σε διείδυση).
- Για την Καμπύλη A δεν απαιτείται καμία διόρθωση.
- Για την Καμπύλη B απαιτείται διόρθωση στο αρχικό διάστημα φόρτισης (κοίλη προς τα πάνω).



Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους



Διάγραμμα υπολογισμού CBR

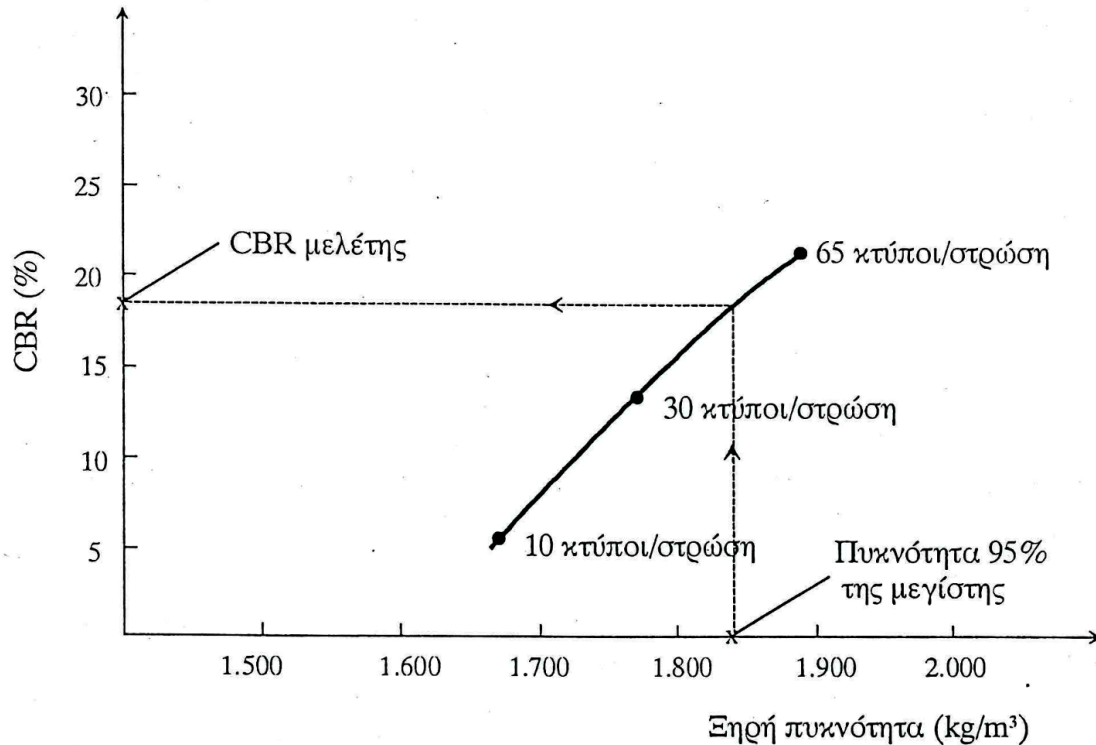
Διαδικασία Δοκιμής CBR

Υπολογισμός CBR:

- Από καμπύλη A ή B καθορίζονται οι επιβαλλόμενες τάσεις για να επιτευχθεί διείδυση 2,5mm και 5,00mm αντίστοιχα.
- Η τιμή CBR αντιστοιχεί σε διείδυση 2,5mm εφόσον η τιμή που λαμβάνεται είναι μεγαλύτερη αυτής που αντιστοιχεί σε διείδυση 5,0mm.
- Η δοκιμή επαναλαμβάνεται. Αλλιώς λαμβάνεται τιμή που αντιστοιχεί σε διείδυση 5,0mm.
- Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε ακέραιους αριθμούς.



Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους



Καθορισμός CBR μελέτης

Διαδικασία Δοκιμής CBR

Καθορισμός CBR μελέτης:

- Καθορίζεται από τη σχέση CBR και ξηρής πυκνότητας συμπυκνωμένου εδαφικού υλικού.
- Αναπαράσταση σε διάγραμμα αποτελεσμάτων των τριών δοκιμών που συμπυκνώθηκαν με διαφορετικούς χτύπους και επομένως έχουν διαφορετική πυκνότητα.
- Λαμβάνεται η τιμή που αντιστοιχεί σε πυκνότητα ίση με το 95% της μέγιστης πυκνότητας κατά πρότυπη μέθοδο Proctor.

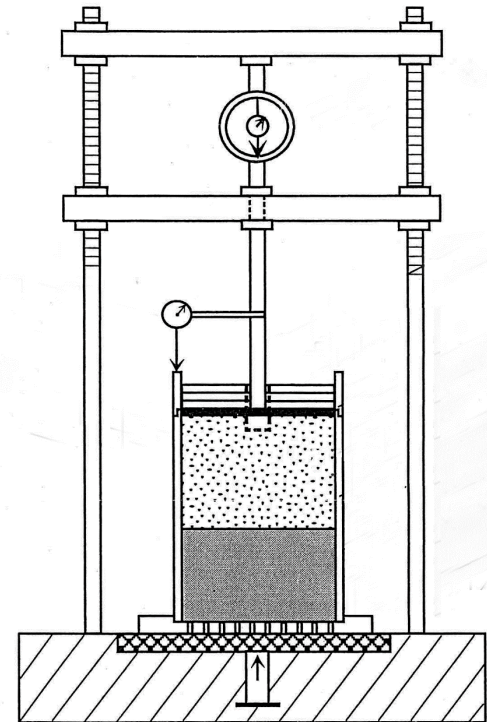


Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους

Διαδικασία Δοκιμής CBR

Παραλλαγές στη μέτρηση CBR:

- Ορισμένες χώρες δεν ακολουθούν την προηγούμενη μεθοδολογία.
- Οι αποκλίσεις εστιάζονται στην υγρασία κατά τη συμπύκνωση των δοκιμίων, στη μη υποβολή σε υδρεμποτισμό και στον τρόπο συμπύκνωσης.
- Η σχεδιαστική τιμή του CBR σε αυτή την περίπτωση καθορίζεται από τη σχέση CBR και υγρασίας. Λαμβάνεται η τιμή που αντιστοιχεί στη μέγιστη πιθανή υγρασία του υπεδάφους.
- Η στατική συμπύκνωση απαιτεί λιγότερη χειρωνακτική δουλειά και τα δοκίμια μπορούν να συμπυκνωθούν επακριβώς στην επιθυμητή ξηρή πυκνότητα.
- Μειονέκτημα αποτελεί η πιθανή ανομοιομορφία της πυκνότητας του δοκιμίου σε σχέση με το βάρος του.



Συσκευή CBR



Στρώσεις εύκαμπτων οδοστρωμάτων

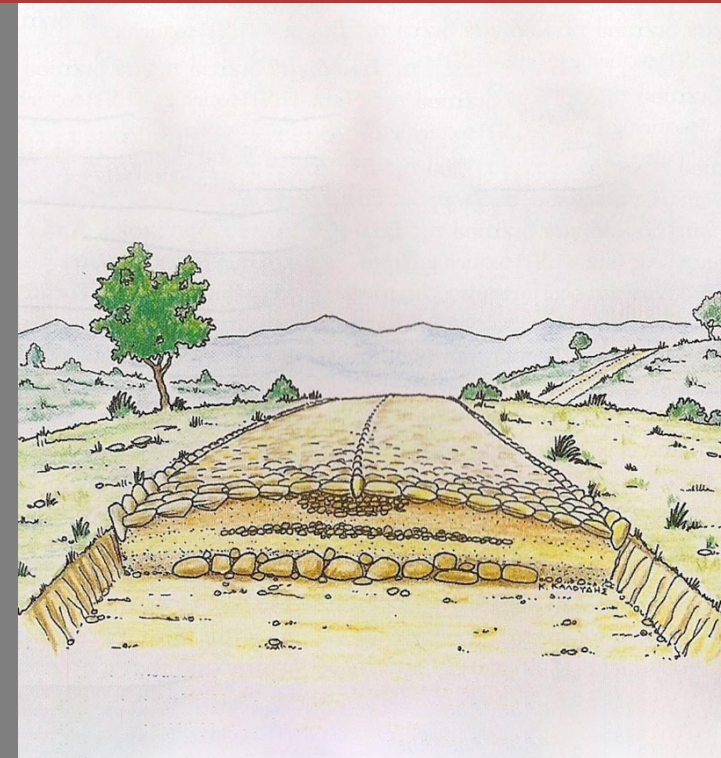
Εισαγωγικά

Οδόστρωμα:

Σύνθετη κατασκευή από ένα σύνολο επάλληλων στρώσεων τοποθετημένων πάνω από το φυσικό έδαφος για τη δημιουργία της οδού.

Σκοπός:

- Παραλαβή φορτίων της κυκλοφορίας και κατανομή τους στο υπέδαφος.
- Οι μεταβιβαζόμενες στο υπέδαφος τάσεις πρέπει να μειώνονται ώστε να μην επιφέρουν μετατοπίσεις ή παραμορφώσεις στις εδαφικές στρώσεις.
- Δομή αδιαπέραστη από το νερό.
- Η επιφάνεια του οδοστρώματος πρέπει να είναι αντιολισθητική και ανθεκτική για την κύλιση των ελαστικών.



Θεμελίωση οδοστρώματος στο έδαφος



Στρώσεις εύκαμπτων οδοστρωμάτων

Εισαγωγικά

Δομή:

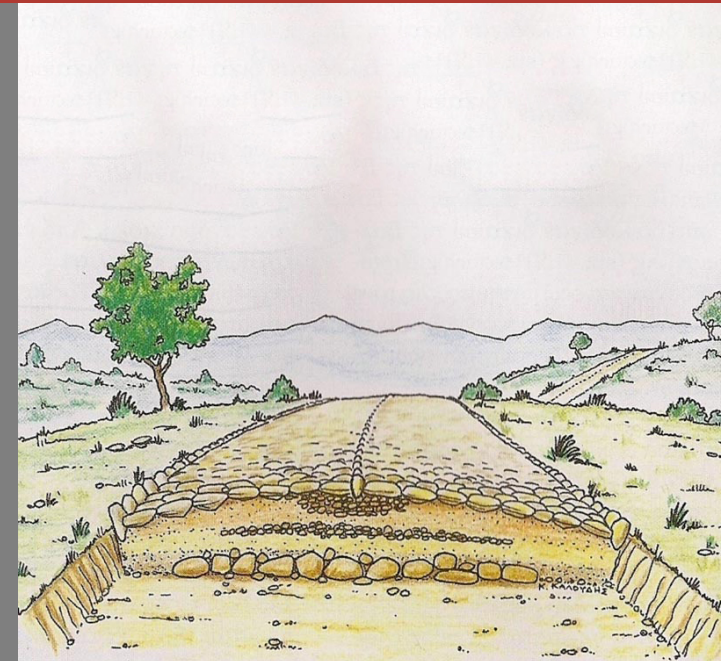
Δύο χαρακτηριστικές ομάδες στρώσεων με διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες και συμπεριφορά:

- Ομάδα στρώσεων από ασύνδετα ή σταθεροποιημένα αδρανή που εδράζεται πάνω στο υπέδαφος.
- Ομάδα στρώσεων από ασφαλτομίγματα.

Ο διαχωρισμός της δομής βασίζεται στη διαφορετική μηχανική συμπεριφορά των στρώσεων και αξιοποιείται στη μεθοδολογία διαστασιολόγησης των οδοστρωμάτων.

Κατασκευαστικά το εύκαμπο οδόστρωμα διακρίνεται σε τρεις ομάδες στρώσεων:

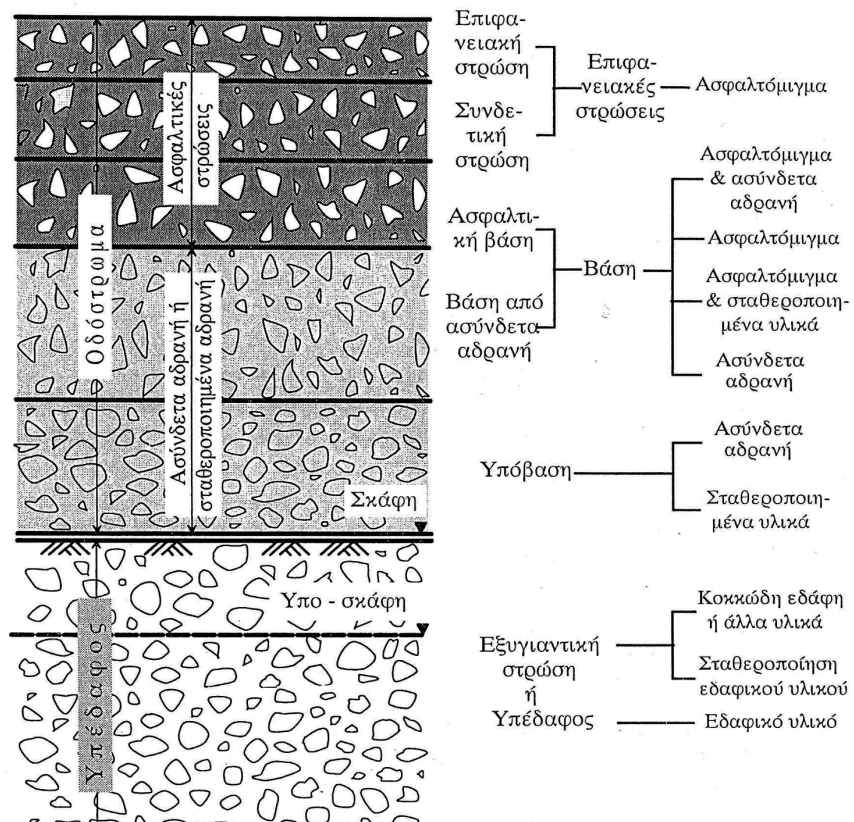
Επιφανειακή στρώση – Βάση – Υπόβαση



Θεμελίωση οδοστρώματος στο έδαφος



Στρώσεις εύκαμπτων οδοστρωμάτων



Τυπική κατασκευαστική διατομή εύκαμπτου οδοστρώματος



Υπέδαφος

Εισαγωγικά

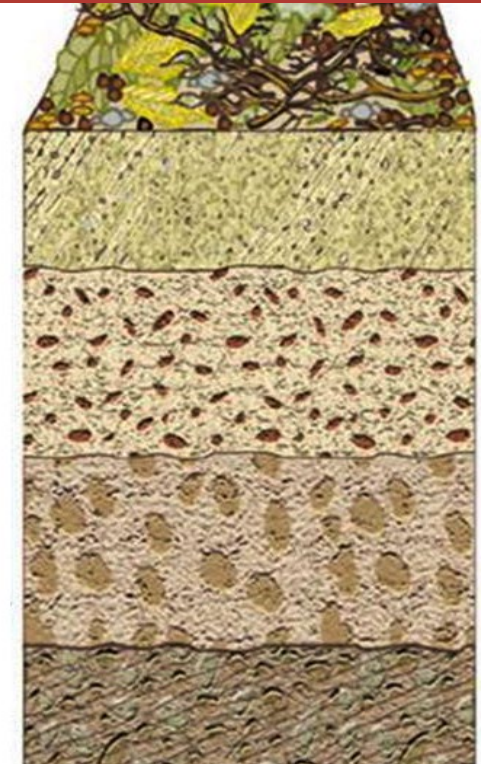
Υπέδαφος:

Το διαμορφωμένο και συμπυκνωμένο έδαφος πάνω στο οποίο κατασκευάζεται το οδόστρωμα – σύννηθες βάθος 600mm.

- ❖ Όταν δε χρειάζεται καμία διαμόρφωση η επιφάνεια του υπεδάφους ταυτίζεται με την επιφάνεια του φυσικού εδάφους.
- ❖ Στις περιπτώσεις επικωματώσεων η επιφάνεια του υπεδάφους είναι η τελική επιφάνεια του επικώματος που προκύπτει.

Επίπεδο έδρασης οδοστρώματος = Πλατφόρμα έδρασης

Στις περιπτώσεις εξυγιαντικών στρώσεων η πλατφόρμα έδρασης είναι η ανώτερη επιφάνεια της στρώσης.



**Αναπαράσταση των στρώσεων
του υπεδάφους**



Υπέδαφος

Φέρουσα ικανότητα υπεδάφους

Η αντοχή του υπεδάφους είναι συνάρτηση του μεγέθους των κόκκων και της συνεκτικότητας, της φυσικής υγρασίας και του βαθμού συμπύκνωσης του εδαφικού υλικού.

Παράμετροι έκφρασης αντοχής του υπεδάφους:

- Καλιφορνιακός Δείκτης (CBR)
Πλέον διαδεδομένη μέθοδος
- Μέτρο Αντίδρασης (K)
Διαστασιολόγηση δύσκαμπτων οδοστρωμάτων
- Τιμή Αντίστασης ή Ευστάθειας (R)
Περιορισμένη χρήση στις ΗΠΑ
- Μέτρο Ελαστικότητας ή Επανάκτησης (E ή Mr)
Πλέον διαδεδομένη μέθοδος





Υπέδαφος

Φέρουσα ικανότητα υπεδάφους

Πρόβλημα:

Καθορισμός αντιπροσωπευτικής τιμής της αντοχής του υπεδάφους.

Εκτίμηση ποσοστού υγρασίας τόσο κατά τη συμπύκνωση του εδάφους όσο και κατά τη λειτουργία του οδοστρώματος, καθώς επηρεάζει την συμπυκνωμένη ξηρή πυκνότητα.

Καθορισμός υγρασίας κατά τη συμπύκνωση από την τροποποιημένη μέθοδο Proctor. – Εξασφάλιση ίδιου ποσοστού υγρασίας κατά την κατασκευή.

Ευκολότερη η εφαρμογή κατά τους καλοκαιρινούς μήνες καθώς το χειμώνα το έδαφος έχει περισσότερη υγρασία.





Υπέδαφος

Φέρουσα ικανότητα υπεδάφους

Black και Lister απέδειξαν:

Τα αργιλικά και αργιλώδη υπεδάφη αν βρεθούν σε κατάσταση κορεσμού κατά την κατασκευή μειώνεται η διάρκεια ζωής του οδοστρώματος περίπου στο μισό.

- ❖ Η ταυτόχρονη διάστρωση εξυγιαντικής στρώσης με την εκτέλεση χωματουργικών εργασιών αυξάνει το ποσοστό υγρασίας και τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος.
- ❖ Η εκτέλεση χωματουργικών εργασιών πρέπει να υλοποιείται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.
- ❖ Η βάση με ασύνδετα αδρανή δεν πρέπει να αφήνεται ακάλυπτη κατά τους χειμερινούς μήνες και οι εργασίες να συνεχίζονται το καλοκαίρι.





Υπέδαφος

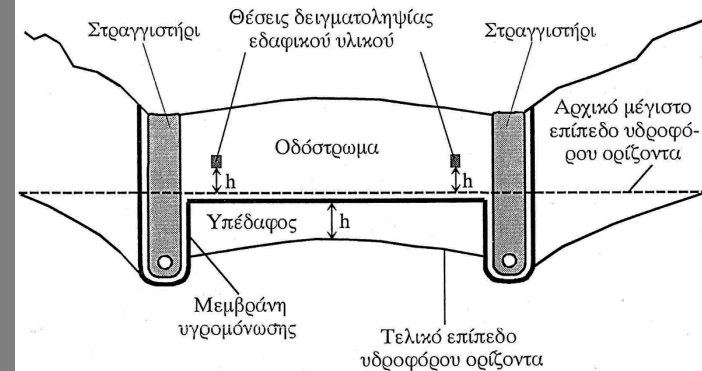
Φέρουσα ικανότητα υπεδάφους

Η υγρασία του υπεδάφους επηρεάζεται από την εκάστοτε εποχή, την ποιότητα του εδαφικού υλικού, την καλή ή κακή εκτέλεση της κατασκευής και το πάχος των υπερκείμενων στρώσεων.

Δειγματοληψία εδαφικού υλικού σε αντιπροσωπευτικά χρονικά διαστήματα για τον καθορισμό της υγρασίας και τον προσδιορισμό της φέρουσας ικανότητας. – Σχέση CBR.

Οι συνθήκες υγρασίας πρέπει να διασφαλίζεται ότι παραμένουν σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του οδοστρώματος. Ιδιαίτερα σε αργιλικά ή αργιλο-ιλυώδη εδάφη.

Προστασία της υγρασίας από πιθανή ανύψωση του υδροφόρου ορίζοντα και από τη διείσδυση επιφανειακών υδάτων στο υπέδαφος.



Διατομή προστασίας υπεδάφους σε όρυγμα



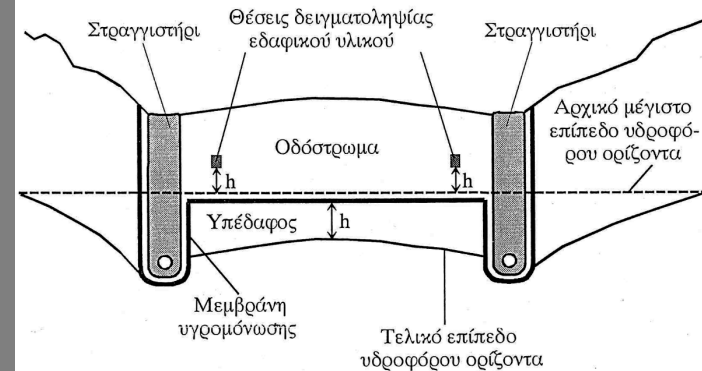
Υπέδαφος

Φέρουσα ικανότητα υπεδάφους

Όταν το υπέδαφος είναι ευαίσθητο στην υγρασία (Δείκτης Πλαστικότητας < 25) κατασκευάζουμε μια στραγγιστική στρώση κάτω από το επίπεδο σκάφης με κοκκώδη υλικά (150-200mm).

Σταθερότητα ομοιομορφίας υπεδάφους καθ' όλο το μήκος της κατασκευής:

- Το έδαφος «αλλάζει» σε κατασκευές μεγάλης κλίμακας.
- Διαφοροποίηση της διαστασιολόγησης του οδοστρώματος ομαδοποιώντας την ποιότητα του υπεδάφους σε δυο ή τρεις ομάδες. – Επιλογή δυσμενέστερης περίπτωσης ανά ομάδα.
- Όταν το υπέδαφος παρουσιάζει πρόβλημα σε μεμονωμένα σημεία συνίσταται η τοπική σταθεροποίηση του.



Διατομή προστασίας υπεδάφους σε όρυγμα



Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους

Κατηγορία εδάφους	PI	CBR Υπεδάφους Υψηλός υδροφόρος ορίζοντας						CBR Υπεδάφους Χαμηλός υδροφόρος ορίζοντας					
		Συνθήκες κατασκευής						Συνθήκες κατασκευής					
		Κακές		Μέτριες		Καλές		Κακές		Μέτριες		Καλές	
		Μι	Με	Μι	Με	Μι	Με	Μι	Με	Μι	Με	Μι	Με
Αργιλώδες	70	1.5	2	2	2	2	2	1.5	2	2	2	2	2.5
	60	1.5	2	2	2	2	2.5	1.5	2	2	2	2	2.5
	50	1.5	2	2	2.5	2	2.5	2	2	2	2.5	2	2.5
	40	2	2.5	2.5	3	2.5	3	2.5	2.5	3	3	3	3.5
Ιλυοαργιλώδες Αμμοαργιλώδες	30	2.5	3.5	3	4	3.5	5	3	3.5	4	4	4	6
	20	2.5	4	4	5	4.5	7	3	4	5	6	6	8
	10	1.5	3.5	3	6	3.5	7	2.5	4	4.5	7	6	8
Ιλυώδες		1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2
Άμμος - κακής διαβ. - καλής διαβ. Αμμοχάλικο -καλής διαβ.								20					
								40					
								60					

Μι = μικρό πάχος οδοστρώματος

Με = μεγάλο πάχος οδοστρώματος

Σχεδιαστικές τιμές CBR υπεδάφους

CBR του υπεδάφους

Δημιουργία πινάκων για την εκτίμηση CBR του υπεδάφους.

Τα αποτελέσματα του πίνακα εξήχθησαν με βάση τη δυνατότητα άντλησης εδαφικού υλικού σε συνάρτηση με τους παράγοντες:

- Επίπεδο του υδροφόρου ορίζοντα
- Συνθήκες υγρασίας
- Πάχος οδοστρώματος

Υψηλός υδροφόρος ορίζοντας = Βάθος σκάφης 300mm.

Χαμηλός υδροφόρος ορίζοντας = Βάθος σκάφης 600mm.



Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους

Κατηγορία εδάφους	PI	CBR Υπεδάφους Υψηλός υδροφόρος ορίζοντας						CBR Υπεδάφους Χαμηλός υδροφόρος ορίζοντας					
		Συνθήκες κατασκευής						Συνθήκες κατασκευής					
		Κακές		Μέτριες		Καλές		Κακές		Μέτριες		Καλές	
		Μι	Με	Μι	Με	Μι	Με	Μι	Με	Μι	Με	Μι	Με
Αργιλώδες	70	1.5	2	2	2	2	2	1.5	2	2	2	2	2.5
	60	1.5	2	2	2	2	2.5	1.5	2	2	2	2	2.5
	50	1.5	2	2	2.5	2	2.5	2	2	2	2.5	2	2.5
	40	2	2.5	2.5	3	2.5	3	2.5	2.5	3	3	3	3.5
Ιλυοαργιλώδες Αμμοαργιλώδες	30	2.5	3.5	3	4	3.5	5	3	3.5	4	4	4	6
	20	2.5	4	4	5	4.5	7	3	4	5	6	6	8
	10	1.5	3.5	3	6	3.5	7	2.5	4	4.5	7	6	8
Ιλυώδες		1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2
Άμμος - κακής διαβ. - καλής διαβ.													20 40
Αμμοχάλικο -καλής διαβ.													60

Μι = μικρό πάχος οδοστρώματος

Με = μεγάλο πάχος οδοστρώματος

CBR του υπεδάφους

Κακές συνθήκες υγρασίας:

➤ Κατασκευή με βροχή χωρίς αποστράγγιση

Μέτριες συνθήκες υγρασίας:

➤ Προστασία της υπόβασης και αποστράγγιση

Καλές συνθήκες υγρασίας:

➤ Κατασκευή τους καλοκαιρινούς μήνες

Πάχη οδοστρώματος:

Μικρός πάχος = 300mm

Μεγάλος πάχος = 1200mm

Σχεδιαστικές τιμές CBR υπεδάφους



Υπέδαφος

CBR και μέτρο ελαστικότητας

Θεμελιώδη μονάδα έκφρασης της αντοχής του υπεδάφους αποτελεί το μέτρο ελαστικότητας ή επανάκτησης (E ή M_r) που εκφράζει τη δυσκαμψία του υλικού ή της στρώσης.

Ακριβής συσχέτιση CBR και E δύσκολα να υπάρξει λόγω της πολυμορφίας του εδάφους.

$$E = 17,6 \text{ CBR (MN/m}^2\text{)}$$

Καθορίστηκε από το Βρετανικό Ερευνητικό Κέντρο TRL για λεπτόκοκκα υλικά.

$$E (=M_r) = 10,3 \text{ CBR (MN/m}^2\text{)}$$

$$E (=M_r) = 8 + 3,8 R \text{ (MN/m}^2\text{)}$$

Καθορίστηκαν από το Asphalt Institute των ΗΠΑ για λεπτόκοκκα υλικά.

Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν για λεπτόκοκκα εδαφικά υλικά και όχι για χονδρόκοκκα.



Εξυγιαντική στρώση

Εισαγωγικά

Εξυγιαντική στρώση:

Κατασκευάζεται μεταξύ υπόβασης και υπεδάφους με σκοπό να εξυγιάνει και να βελτιώσει τη φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους και να προετοιμάσει μια ανεκτή επιφάνεια πάνω στην οποία θα κατασκευαστεί το οδόστρωμα.

Εξυγιαντική στρώση χρησιμοποιείται όταν το CBR του υπεδάφους $< 5\%$, ενώ είναι απαραίτητη όταν το CBR $< 2,5\%$.

Η εξυγιαντική στρώση αποτελείται από κοκκώδη υλικά. Απομάκρυνση ασθενούς εδαφικού υλικού πάχους 500 - 1000mm όταν το CBR $< 2\%$.

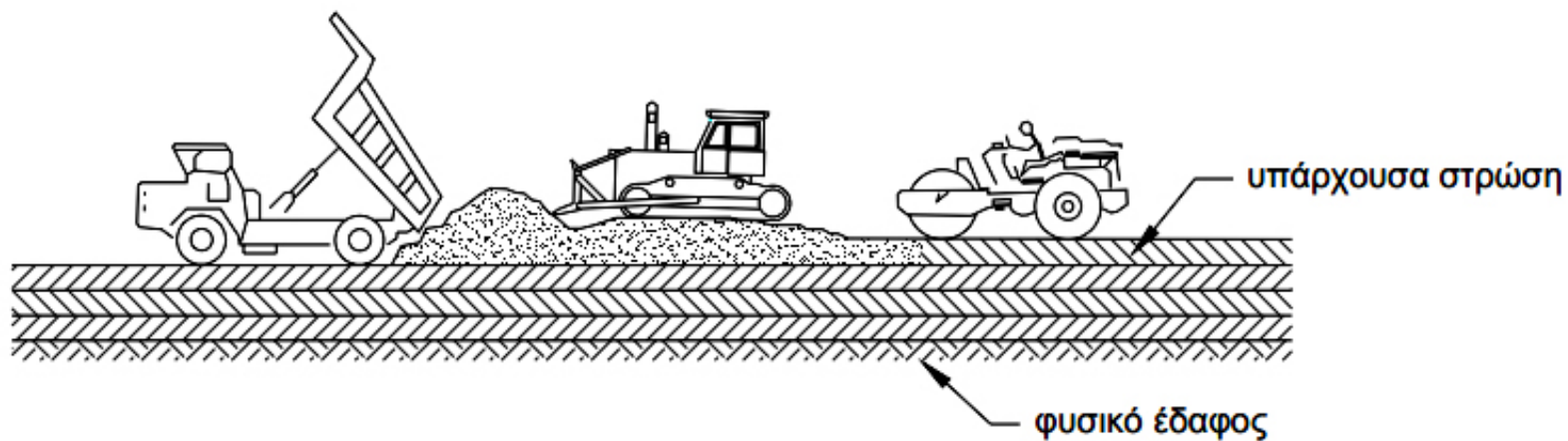
Σταθεροποίηση του υπεδάφους με τσιμέντο ή ασβέστη όταν το CBR $< 2\%$.



Εκφόρτωση αμμοχάλικου σε σωρούς μπροστά από το μέτωπο προώθησης



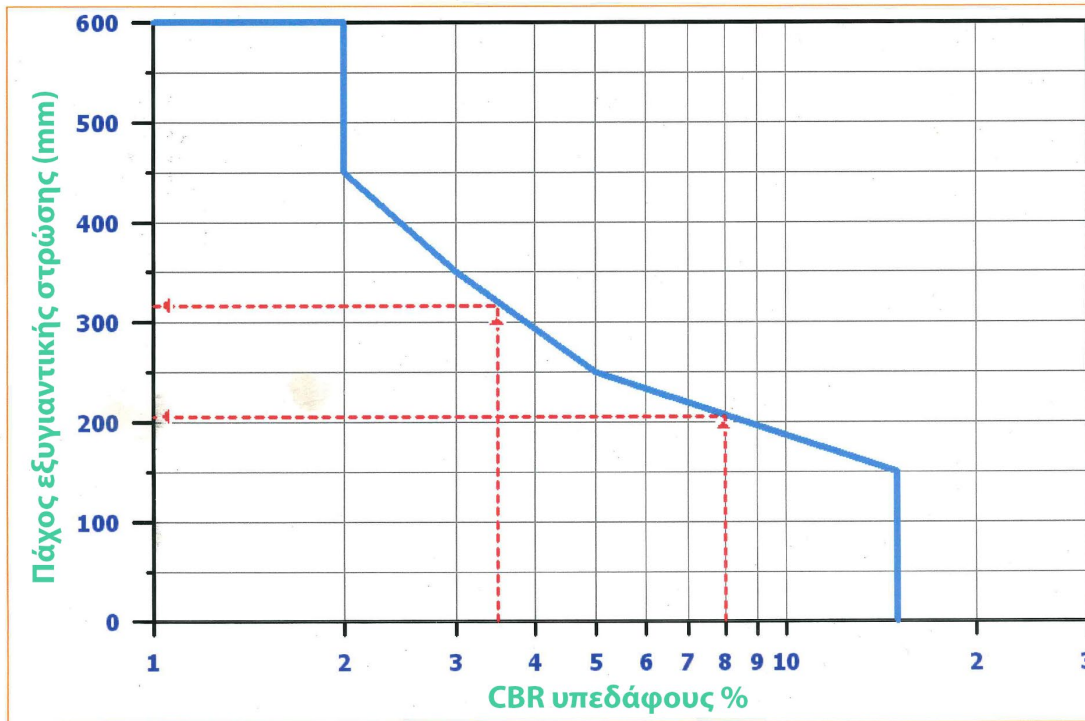
Στρώσεις εύκαμπτων οδοστρωμάτων



Σχηματική παράσταση σωστού τρόπου διάστρωσης διαβαθμισμένου υλικού με λεπτόκοκκο κλάσμα και όριο μέγιστης διαμέτρου



Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους



Υπολογισμός πάχους εξυγιαντικής στρώσης

Εισαγωγικά

Πάχος εξυγιαντικής στρώσης:
Καθορίζεται με τη διαστασιολόγηση του οδοστρώματος.

Καθορίζεται από το CBR του υπεδάφους.

CBR 2-4% το πάχος της στρώσης είναι 400-600mm.

Κατασκευή υπόβασης παράλληλα με τη στρώση πάχους 150mm.

Το επίπεδο της σκάφης είναι εκεί που τελειώνει η εξυγιαντική στρώση.



Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους

Αριθμός κοσκίνου (mm)	Κοκκώδη εδαφικά υλικά		Σταθεροπ. με τσιμέντο	Σταθεροπ. με ασβέστη
	Τύπος 6F1 ^(α)	Τύπος 6F2 ^(α)	Τύπος 6E ^(α)	Τύπος 7E ^(β)
	Διερχόμενα ποσοστά (%) κατά βάρος			
125	-	100	100	-
90	-	80-100	85-100	-
75	100	65-100	-	100
37.5	75-100	45-100	-	-
28	-	-	-	95-100
10	40-95	15-60	25-100	-
5.0	30-85	10-45	-	-
0.600	10-50	0-25	10-100	-
0.063	< 15	0-12	< 15	15-100
Άλλες ιδιότητες				
Βέλτιστο % υγρασίας	> 2 %	> 2 %	-	καθορίζεται
Τιμή για 10% λεπτόκ.	> 30 kN	-	-	-
Όριο υδαρότητας	-	-	< 45	-
Δείκτης πλαστικ/τας	-	-	< 20	> 10
Οργανικές ουσίες	-	-	< 2 %	> 2%
Ποσοστό θειικού άλατος	-	-	< 1 %	ορίζεται
SMC κιμωλίας ^(γ)	-	-	< 20 %	-

^(α) Κοκκώδη υλικά,

^(β) Συνεκτικά υλικά

^(γ) SMC = Υγρασία κορεσμού ασβεστολιθικών σβόλων (κιμωλίας), %

Όρια κοκκομετρικών διαβαθμίσεων και χαρακτηριστικές ιδιότητες υλικών για εξυγιαντικές στρώσεις

Εξυγιαντική στρώση - Υλικά

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της εξυγιαντικής στρώσης είναι συνήθως κοκκώδη από διάφορα πετρώματα και απορριπτά υλικά ανθρακωρυχείων.

Παρόμοια με τα υλικά κατασκευής υποβάσεων.

Μαλακά αδρανή υλικά και μη προδιαγραφόμενα εναλλακτικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εξυγιαντικές στρώσεις.



Εξυγιαντική στρώση

Σταθεροποίηση υπεδάφους

Σταθεροποίηση υπεδάφους με τσιμέντο ή ασβέστη:

- Αναμόχλευση εδάφους
- Προσθήκη συνδετικού υλικού
- Συμπύκνωση

Η περιεκτικότητα τσιμέντου ή ασβέστη στο μίγμα, καθώς και η απαιτούμενη ποσότητα ύδατος καθορίζονται εργαστηριακά με βάση τις αντοχές που επιτυγχάνονται.

Η ανάμιξη των συνδετικών υλικών και του νερού γίνεται επί του έργου αφού το εδαφικό υλικό θρυμματιστεί (κόσκινο 28mm) σε ειδικά μηχανήματα.

Σταθεροποίηση σε στρώσεις μέγιστου συμπυκνωμένου πάχους 250mm. Αν το πάχος της συμπυκνωμένης στρώσης είναι μεγαλύτερο των 250mm η σταθεροποίηση γίνεται σε στρώσεις ελάχιστου πάχους 130mm.



**Δρόμος σταθεροποιημένος
με ιπτάμενη τέφρα**



Εξυγιαντική στρώση

Συμπύκνωση εξυγιαντικής στρώσης

Τα υλικά της εξυγιαντικής στρώσης συμπυκνώνονται με τη βοήθεια κατάλληλων μηχανημάτων σε στρώσεις μέγιστου πάχους 250mm.

Ο βαθμός συμπύκνωσης (αριθμός διελεύσεων μηχανήματος) είναι τόσος ώστε στην προκαθορισμένη υγρασία του υλικού να επιτευχθεί η μέγιστη συμπύκνωση.

Πριν τη διάστρωση της εξυγιαντικής στρώσης η επιφάνεια του υπεδάφους πρέπει να κυλινδρωθεί μετά τη διαμόρφωσή της.

Διέλευση οδοστρωτήρα στατικού λείου κυλίνδρου βάρους $> 2\text{tn}$ ανά μέτρο πλάτους κυλίνδρου.

Διέλευση οδοστρωτήρα βάρους $> 700\text{kg}$ ανά μέτρο πλάτους κυλίνδρου.



Συμπύκνωση με
δονητικό οδοστρωτήρα



Εξυγιαντική στρώση

Χρήση γεωφασμάτων

Χρήση γεωφασμάτων όταν το υπέδαφος είναι πολύ ασθενές:

- $CBR < 2\%$ - αντικαθίσταται μέρος της εξυγιαντικής στρώσης.
- $2\% < CBR < 5\%$ - αντικαθίσταται πλήρως η εξυγιαντική στρώση και μέρος της υπόβασης.

Αυξάνεται η αποτελεσματικότητα της εξυγιαντικής στρώσης και δε χάνεται κανένα ποσοστό χονδρόκοκκων.

Κατασκευή από συνθετικές ίνες και δημιουργία μεμβράνης μικρής διαπερατότητας. — Πολυπροπυλένιο με αντοχή $10,5\text{kN/m}$ και βάρος 450kg/m^2 .

Χρήση όταν το υπέδαφος έχει υψηλό ποσοστό αργιλικού υλικού και η στρώση της υπόβασης χρησιμοποιείται για αποστράγγιση.



Γεωφάσματα πολυπροπυλενίου



Εξυγιαντική στρώση

Χρήση γεωπλεγμάτων

Αποτελεσματική αύξηση της αντοχής του υπεδάφους ή άλλης στρώσης (υπόβασης ή βάσης) επιτυγχάνεται με γεωπλέγματα.

Ένα είδος οπλισμού της στρώσης. Χρησιμοποιείται μόνο του ή με γεωύφασμα.

Κατασκευή πλέγματος τετραγωνικής οπής (10x10mm έως 50x50mm) από πολυεστερικά υλικά ή πλέξη ινών καλυμμένων με PVC. Χρήση ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων του εδαφικού υλικού.

Τα γεωπλέγματα πρέπει να έχουν υψηλή εφελκυστική αντοχή.

Μείωση του πάχους της στρώσης και κατά επέκταση του οδοστρώματος με τη χρήση γεωπλεγμάτων και γεωυφασμάτων.



Γεωπλέγματα



Τέλος ενότητας
Ευχαριστώ για την προσοχή σας!