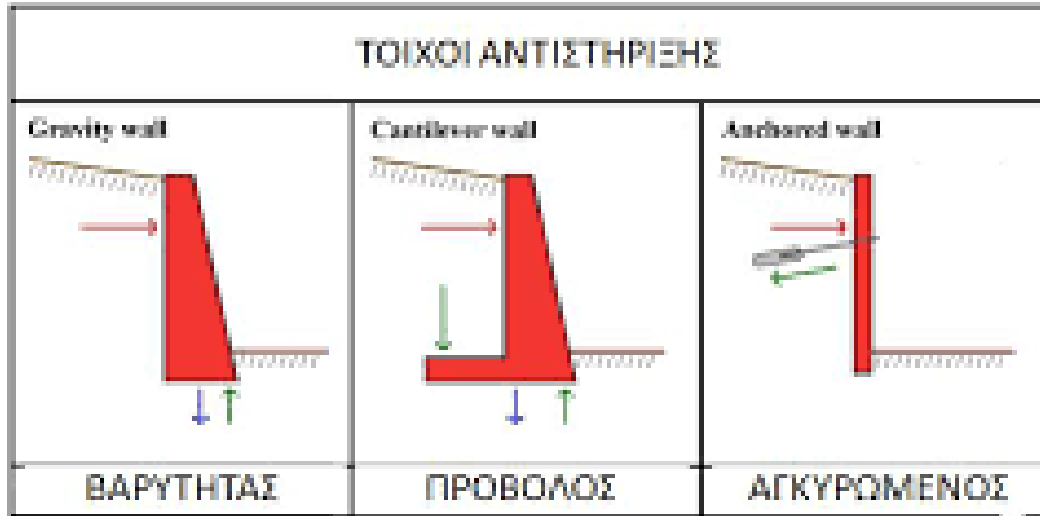


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ-- ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ
9^η ΔΙΑΔΕΞΗ - ΕΡΓΑ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ ΟΔΩΝ -
ΟΧΕΤΟΙ -
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2021

18. Έργα Αποστράγγισης Οδών

18.1. Ο ρόλος των υδραυλικών τεχνικών έργων

- ✓ Η κατασκευή έργων απομάκρυνσης του ύδατος από την επιφάνεια, το σώμα και το έδαφος έδρασης της οδού αποτελεί προϋπόθεση για την διατήρησή της σε ικανοποιητική κατάσταση από πλευράς λειτουργικότητας.
- Τα αίτια των επιφανειακών φθορών στην στρώση κυκλοφορίας του οδοστρώματος (αποφλοιώσεις, αστοχίες επιπεδότητας, αυλακώσεις και κοιλώματα) πρέπει να αναζητηθούν εν μέρει στον διαβρωτικό ρόλο του ύδατος που επιδρά καταστροφικά τόσο στα εδαφικά όσο και στα ασφαλτικά υλικά.
- Αποτέλεσμα της επίδρασης αυτής είναι η μείωση της φέρουσας ικανότητας της στρώσης έδρασης οδοστρώματος και των στρώσεων βάσης και υπόβασης, καθώς και η παραμόρφωση ή αποσύνθεση του επιφανειακού ασφαλτοτάπητα με δυσμενείς επιπτώσεις στην επιφάνεια κυκλοφορίας. Εξ άλλου οι συνθήκες οδικής ασφάλειας επηρεάζονται άμεσα από την ολισθηρότητα της οδού, που παρουσιάζεται αυξημένη όταν τα νερά της βροχής δεν απομακρύνονται από το οδόστρωμα σε σύντομο χρονικό διάστημα.
- Το νερό στην επιφάνεια του οδοστρώματος, ακόμη και στην περίπτωση σωστού γεωμετρικού σχήματος της διατομής της οδού, δημιουργεί πρόβλημα στη διερχόμενη κυκλοφορία.
- Ο έλεγχος, συνεπώς, της ροής και της δράσης των όμβριων, στο πλαίσιο της υλοποίησης ενός έργου οδοποιίας, είναι απαραίτητος και πραγματοποιείται μέσω των υδραυλικών τεχνικών έργων.
- ❖ Ο ρόλος, ωστόσο, αυτών των τελευταίων είναι πολύ ευρύτερος.

18.1. Ο ρόλος των υδραυλικών τεχνικών έργων

- Τα υδραυλικά τεχνικά έργα τα οποία προβλέπονται στο πλαίσιο της κατασκευής μιας οδικής αρτηρίας έχουν ως στόχο:
 - την προστασία της οδού και του οδοστρώματος από τη δράση υπόγειων και επιφανειακών υδάτων
 - τον έλεγχο της ροής σε υδραυλικούς αγωγούς ώστε να αποφευχθεί αιφνίδια εκφόρτιση προς παρακείμενες καλλιέργειες και ιδιοκτησίες
 - την ομαλή παροχέτευση του νερού προς τα κατάντη μέσω τεχνικών αγωγών και φυσικών αποδεκτών ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος πλημμυρών
 - την προστασία υπογείων υδροφορέων και της ποιότητας αντλήσιμου ή πόσιμου νερού.
- ❖ Ως προς τις γεωκατασκευές οδοποιίας, η παρουσία νερού είναι βασικός παράγοντας μείωσης της αντοχής του εδάφους.
 - Καθιζήσεις, κατολισθήσεις και καταρρεύσεις οφείλονται συνήθως σε κορεσμό του υπεδάφους ή σε ραγδαία αύξηση του όγκου των υπόγειων νερών.
 - Ως εκ τούτου και η σταθερότητα της υποδομής των οδών κινδυνεύει σημαντικά από τις πολλαπλές επιδράσεις του, όπως είναι τα φαινόμενα υποσκαφής, διάβρωσης και παγοπληξίας.
- ✓ Οι αναμενόμενες επιδράσεις του νερού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εκπόνηση της μελέτης οδοποιίας, ώστε, το αργότερο μέχρι την εκτέλεση των εργασιών, να είναι δυνατό να ληφθούν τα προτεινόμενα από αυτήν κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισής τους.

18.1. Ο ρόλος των υδραυλικών τεχνικών έργων

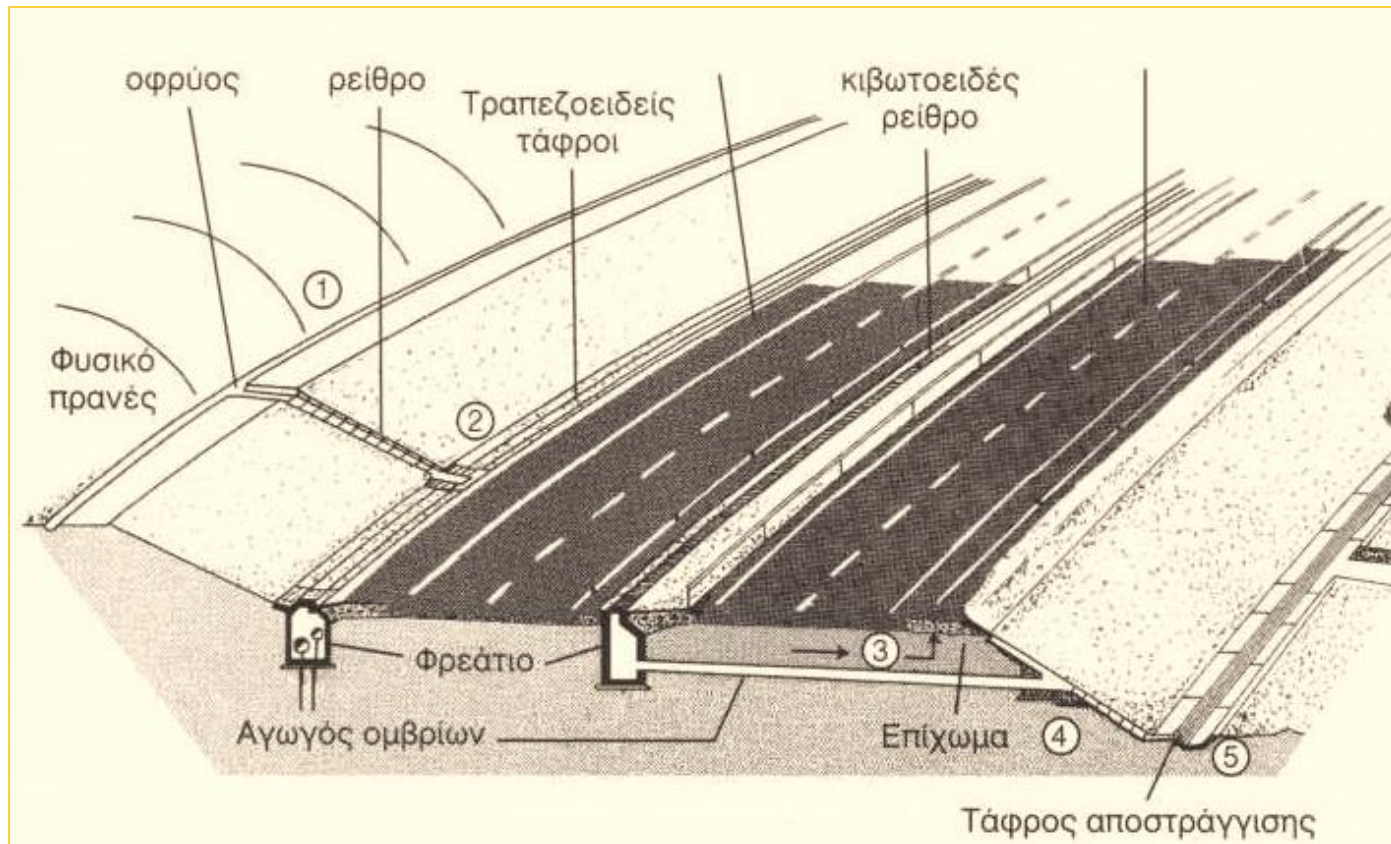
- ❑ Σε ένα σωστά μελετημένο και άρτια κατασκευασμένο οδικό έργο, επί του καταστρώματος της οδού επιτρέπεται να φθάνουν μόνον τα όμβρια ύδατα. Τα προερχόμενα από άλλες περιοχές, και ειδικά από τα εκατέρωθεν της οδού φυσικά ή τεχνητά πρηνή, πρέπει να εμποδίζονται με κατάλληλα μέτρα όπως για παράδειγμα:
 - αποστραγγιστικές ή συλλεκτήριες τάφρους οφρύος
 - αυλάκια και τάφρους στους πόδες των πρηνών ορυγμάτων
 - οχετούς με τεχνικά έργα εισόδου και εξόδου για παροχέτευση φυσικών ροών κάτω από επιχώματα.
- ✓ Τα υδραυλικά τεχνικά έργα που ενσωματώνονται στις οδικές κατασκευές έχουν ως κύρια αποστολή την απομάκρυνση των υδάτων, υπογείων και επιφανειακών. Συχνά στην κατηγορία των επιφανειακών υδάτων γίνεται διάκριση μεταξύ όμβριων υδάτων (απορροής) και φυσικών ροών (χειμάρρων, ποταμών).
- Τα υδραυλικά τεχνικά έργα διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:
 - έργα απαγωγής επιφανειακών υδάτων (τάφροι, αυλάκια, ρείθρα), που ονομάζονται και έργα επιφανειακής αποστράγγισης ή έργα αποχέτευσης της οδού
 - έργα αποκατάστασης φυσικών ροών (γέφυρες, οχετοί)
 - έργα υπόγειας αποστράγγισης (αποστραγγιστικές τάφροι, στραγγιστήριои σωλήνες), που αποκαλούνται και έργα υπεδάφιας αποστράγγισης ή απλώς έργα αποστράγγισης.

18.2. Η απορροή των υδάτων

- ❖ Η ανάγκη για εκτέλεση έργων υδροσυλλογής και επιφανειακής αποστράγγισης στην οδοποιία προκύπτει από το φαινόμενο της απορροής, της επιφανειακής φυσικής ροής, δηλαδή όμβριων υδάτων επάνω σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, βοσκότοπους, πρανή, κατασκευές.
- Τα έργα υδροσυλλογής έχουν ως αποστολή να συγκεντρώσουν και να κατευθύνουν τις ποσότητες των όμβριων που απορρέουν προς φυσικούς αποδέκτες, ταμιευτήρες ή αρδευτικά έργα.
- Στα έργα επιφανειακής αποστράγγισης και αποχέτευσης της οδού, ένα κρίσιμο μέγεθος σχεδιασμού είναι η παροχή απορροής, η ποσότητα, δηλαδή, του νερού που φθάνει σε ένα συγκεκριμένο σημείο στη μονάδα του χρόνου και θα πρέπει να συλλεχθεί και να οδηγηθεί σε φυσικούς αποδέκτες μέσω των υδραυλικών έργων.
- Ο όγκος των όμβριων υδάτων που παραμένουν στην επιφάνεια του εδάφους αποτελεί ένα μικρό μέρος της συνολικής ποσότητας της βροχόπτωσης.
- Το μεγαλύτερο μέρος της ποσότητας αυτής εξατμίζεται, διηθείται ή ρέει επί της επιφάνειας και απομακρύνεται ενώ ένα μικρό μόνο μέρος παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους.
- Ο όγκος του ύδατος που απομακρύνεται με φυσική επιφανειακή ροή, δηλαδή που απορρέει, αποτελείτο αντικείμενο των έργων επιφανειακής αποστράγγισης και αποχέτευσης της οδού στις εφαρμογές της Οδοποιίας και συνιστά τη βάση των δεδομένων για τη διαστασιολόγηση τους.

18.2. Η απορροή των υδάτων

- Αντίστοιχα οι ποσότητες του ύδατος που διηθούνται στο έδαφος και επηρεάζουν τις επιφανειακές κατασκευές αποτελούν δεδομένα για τη διαστασιολόγηση των έργων υπόγειας αποστράγγισης.
- Τα θέματα που σχετίζονται με την ποσοτική εκτίμηση της παροχής απορροής και τη διαστασιολόγηση των έργων αναφέρονται στη συνέχεια.



Σχήμα 146. Υδραυλικά τεχνικά έργα οδού [36].

18. 3. Επιφανειακή αποστράγγιση

- Οι διατάξεις και τα μέτρα τα οποία λαμβάνονται για τον έλεγχο της ροής των επιφανειακών όμβριων υδάτων εντάσσονται στα έργα επιφανειακής αποστράγγισης ή αποχέτευσης της οδού (surface drainage). Στα έργα αυτά ανήκουν επιφανειακά και υπόγεια έργα που συλλέγονται και αποχετεύουν επιφανειακά νερά.
- Στα έργα αυτά εντάσσονται τάφροι, φρεάτια, ρείθρα και αγωγοί που δημιουργούν ενιαία δίκτυα, των οποίων ο ρόλος είναι η υδροσυλλογή, η μεταφορά και η διάθεση των όμβριων σε ένα φυσικό αποδέκτη ή ακόμη και σε δίκτυα άρδευσης.
- ❖ Τα έργα επιφανειακής αποστράγγισης διακρίνονται σε επιμέρους κατηγορίες που συνδέονται μεταξύ τους και συνήθως αποτελούν ένα ενιαίο δίκτυο:
 - γραμμικά έργα υδροσυλλογής και μεταφοράς (ρείθρα, τάφροι)
 - κεντρικά (ή κομβικά) έργα υδροσυλλογής (φρεάτια εισροής)
 - έργα υπόγειας μεταφοράς (στεγανοί αγωγοί μετά των φρεατίων τους)
 - έργα τελικής διάθεσης (φρεάτια πτώσης και ηρεμίας - αντλιοστάσια - τάφροι συνέχειας - βαθμιδωτά ρείθρα)
 - ειδικά έργα, όπως οι δεξαμενές διήθησης, οι διατάξεις ανάσχεσης της κινητικής ενέργειας σε τάφρους .

18. 3. Επιφανειακή αποστράγγιση

- ✓ Βασική αρχή σχεδιασμού των έργων και δικτύων επιφανειακής αποστράγγισης [47] είναι η απαγόρευση εγκάρσιας, κατά κύριο λόγο, κατάκλυσης του οδοστρώματος.
- Κατάκλυση οδοστρώματος μπορεί να συμβεί σε σημεία διχασμού κλάδων κόμβων από απορροή της ενδιάμεσης επιφάνειας και του ιδίου του οδοστρώματος, σε οδοστρώματα αυτοκινητοδρόμων σε καμπύλες λόγω ενιαίας κλίσης και σε παράπλευρες αρτηρίες από απορροή της υπερυψωμένης κύριας οδού.
- Κατάλληλες διαμορφώσεις, παρεμβολή τάφρων και υπόγεια έργα συντελούν στην άρση των ως άνω ειδικών προβλημάτων επιφανειακής κατάκλυσης των οδών.
- Σε επίπεδο σχεδιασμού, κατάλληλες διατάξεις θα πρέπει να αποτρέπουν την κατάκλυση του οδοστρώματος από συγκεντρωμένη ροή μεγαλύτερη από 3 lit/s σε εύρος μικρότερο του 1,0 m.

18. 3. Επιφανειακή αποστράγγιση

- Τα όμβρια από την επιφάνεια του οδοστρώματος, τα πρανή των ορυγμάτων και τα φυσικά πρανή ανάντη των ορυγμάτων, καθώς και το σύνολο της λεκάνης απορροής συλλέγονται από [47]:
 - α) Τις αβαθείς πλευρικές τάφρους (τριγωνικές ή τραπεζοειδείς) σε υπεραστικές περιοχές, σε ζώνες διατομών ορυγμάτων και σε ορισμένα τμήματα επιχωμάτων όταν υπάρχουν κίνδυνοι διάβρωσης των πρανών από τα νερά του οδοστρώματος που επιβαρύνουν την απορροή προς τα πρανή,
 - β) Τα ρείθρα οδών σε αστικές περιοχές και τυχόν σε άλλες περιοχές όπου υπάρχουν περιορισμοί διατιθέμενης λωρίδας,
 - γ) Τις τάφρους ορυγμάτων, οι οποίες κατασκευάζονται σε διάφορες θέσεις για προστασία των ευδιάβρωτων πρανών ορυγμάτων στα οποία προσάγονται νερά από την ανάντη λεκάνη. Επίσης κατασκευάζονται με σκοπό την επιφανειακή στράγγιση καθώς και τη σταθεροποίηση πρανών ορυγμάτων που κατολισθαίνουν.
- Οι τάφροι ορυγμάτων διακρίνονται, ανάλογα με τη θέση τους ως προς τα ορύγματα, στις ακόλουθες παραλλαγές:
 - i. τάφρους οφρύος (eyebrow ditches), οι οποίες κατασκευάζονται πάνω από το “φρύδι” (edge) του ορύγματος
 - ii. τάφρους διακοπής (intercepting ditches), οι οποίες κατασκευάζονται σε ενδιάμεσα σημεία υψηλών ευδιάβρωτων πρανών, δηλαδή στα πατάρια
 - iii. τάφρους ποδός (toe ditches), οι οποίες τοποθετούνται σε περιπτώσεις αδυναμίας κατασκευής τάφρου οφρύος λόγω έντονης κλίσης των εδαφών.

18. 3. Επιφανειακή αποστράγγιση

- δ) Τις τάφρους αναχαίτισης καταπτώσεων οι οποίες μετέχουν της μορφής και χρήσης των τάφρων ποδός ορυγμάτων και ερείσματος οδών,
 - ε) Τις τάφρους συνέχειας, με τις οποίες μεταβιβάζεται η ροή από τις παραπάνω τάφρους σε υδατορεύματα ή άλλους αποδέκτες.
 - στ) Τις τάφρους επιχωμάτων, οι οποίες κατασκευάζονται σε διάφορες θέσεις της περιοχής των επιχωμάτων για προστασία των πρανών στα οποία φθάνουν νερά είτε από το οδόστρωμα είτε προσπίπτουν απευθείας κατά την βροχόπτωση είτε οδηγούνται από παράπλευρες επιφάνειες αντίθετης κλίσης.
- ☐ Οι τάφροι επιχωμάτων διαμορφώνονται κατασκευαστικά όπως και οι τάφροι ορυγμάτων και διακρίνονται ανάλογα με τη θέση τους ως προς τα επιχώματα στις ακόλουθες παραλλαγές:
- i. τάφρους ερείσματος της οδού οι οποίες τοποθετούνται στην οφρύ του επιχώματος ή στο άκρο του οδοστρώματος και προ του ερείσματος
 - ii. τάφρους διακοπής, οι οποίες κατασκευάζονται σε ενδιάμεσα σημεία υψηλών πρανών, δηλαδή στα πατάρια
 - iii. τάφρους ποδός, οι οποίες τοποθετούνται στον πόδα ιδιαίτερα σε πρανή μεγάλου ύψους, σε περίπτωση ύπαρξης πλαγίων ροών παράλληλα με το ίχνος του ποδός του επιχώματος ή και κάθετα προς αυτό για να διοχετεύσουν όμβρια από παράπλευρες επιφάνειες αντίθετης κλίσης.

18. 3. Επιφανειακή αποστράγγιση

- Στις περιοχές επιχωμάτων, όταν δεν υπάρχουν κίνδυνοι διάβρωσης των πρανών (χαμηλά επιχώματα κλπ.) ή όταν δεν κινδυνεύουν να επιβαρυνθούν με όμβρια σε απαράδεκτο βαθμό οι κατάντη περιοχές, αυτά αφήνονται να ρέουν προς τα πρανή και από εκεί προς τον φυσικό αποδέκτη.
- Γενικώς, τάφροι επιφανειακής αποστράγγισης επιχωμάτων κατασκευάζονται μόνον σε οδικά επιχώματα αυτοκινητοδρόμων και, κατ' εξαίρεση Εθνικών Οδών μεγάλης κυκλοφοριακής ικανότητας.
- Οι τάφροι ερείσματος, οι οποίες είναι και οι συνηθέστερες, προβλέπονται σε επιχώματα των ως άνω οδών που έχουν σημαντικό ύψος ($h > 4 \text{ m}$).
- Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις επαρχιακών και διακοινοτικών οδών, καθώς και σε επιχώματα μικρού ύψους δεν λαμβάνονται ιδιαίτερα μέτρα για την επιφανειακή αποστράγγιση πλην της επένδυσης προστασίας πρανών και ερεισμάτων.
- Η απορροή των αβαθών πλευρικών τάφρων και των ρείθρων οδών, πρέπει να εξασφαλίζεται με την αποφόρτισή τους σε οχετούς ή σε φρεάτια υδροσυλλογής που διοχετεύουν τα νερά προς υπόγειο σωληνωτό δίκτυο αποχέτευσης.

18.4. Ρείθρα οδών



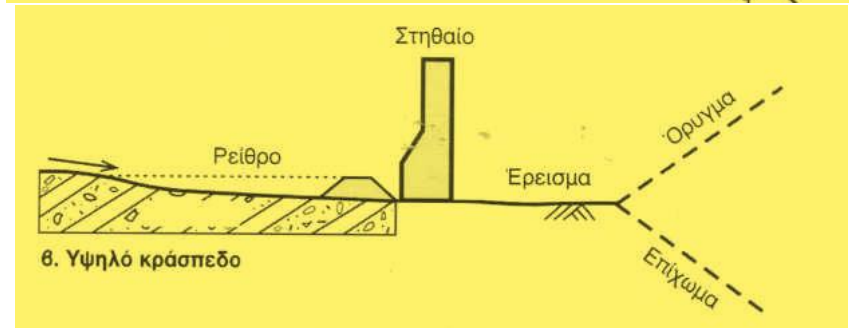
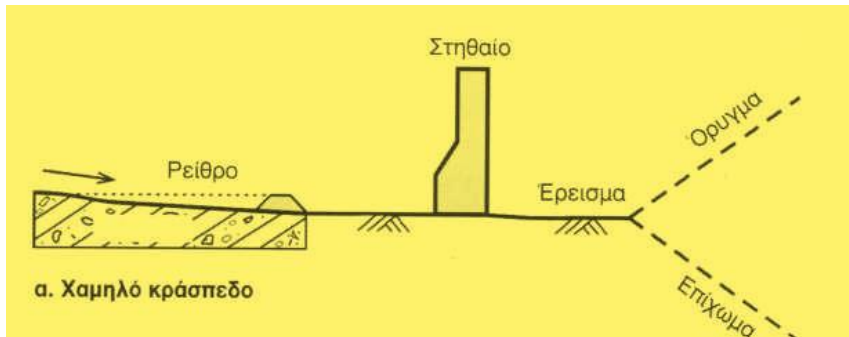
Γενική περιγραφή

Ρείθρα οδών : κατά μήκος της οριογραμμής ή στην κεντρική νησίδα αυτοκινητοδρόμων ή ακόμα και στα ερείσματα.

Παραλαμβάνουν επιφανειακό νερό που συρρέει πλευρικά και το οδηγούν σε φρεάτια υδροσυλλογής ή σε θέσεις εκβολής.

- Τα ρείθρα οδών συλλέγουν επιφανειακά νερά, ακόμη και από επιφάνειες που δεν είναι επενδεδυμένες. Είναι, χαρακτηριστικά έργα υδροσυλλογής της αστικής οδοποιίας.

Εικόνα 63· Ρείθρα σε επίχωμα ανισόπεδου κόμβου.



Για την υπεραστική οδοποιία, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν μόνον τα βαθμιδωτά ρείθρα πρανών ορυγμάτων και επίχωμάτων (Εικ. 63).

- Στην υπεραστική ή περιαστική οδοποιία, ρείθρα μικρής παροχετευτικότητας στο άκρο της λωρίδας κυκλοφορίας με παρεμβολή ενός χαμηλού κρασπέδου τραπεζοειδούς διατομής
- Ανάλογα με το ύψος τον κρασπέδου, και τον κίνδυνο που αυτό δημιουργεί για την κυκλοφορία, τοποθετείται το στηθαίο ασφαλείας στο έρεισμα της οδού (Σχ. 147).

Σχήμα 147. Διάταξη κρασπεδόρειθρου σε υπεραστική οδοποιία.

18.4. Ρεΐθρα οδών

Κρασπεδόρειθρα

- Το κρασπεδόρειθρο (curb and gutter) είναι ένα τριγωνικό ρεΐθρο οδού, το οποίο διαμορφώνεται από ένα κράσπεδο και μία λωρίδα του οδοστρώματος περιορισμένου πλάτους και ειδικής, τριγωνικής συνήθως, διατομής (Σχ. 147).
- Η λωρίδα ανήκει στο οδόστρωμα και έχει την ίδια κατά μήκος κλίση με τις συνεχόμενες λωρίδες κυκλοφορίας.
- Η εγκάρσια διατομή του αποτελεί ειδικά διαμορφωμένη κατασκευή από σκυρόδεμα. Είναι χαρακτηριστικό έργο της αστικής, κυρίως, οδοποιίας.
- Για τη διαμόρφωση του κρασπεδόρειθρου είναι δυνατόν οι στρώσεις οδοστρώματος να φθάνουν μέχρι το κράσπεδο, ή μπορεί να προβλέπεται μια ιδιαίτερη δομική διαμόρφωση του ρεΐθρου κατά μήκος του κρασπέδου.
- Η ιδιαίτερη διαμόρφωση του ρεΐθρου γίνεται κατά κανόνα με σκυρόδεμα ελάχιστης κατηγορίας C 12/15 και το πλάτος του ανέρχεται συνήθως σε 25 έως 30 cm και το βάθος του σε 5 cm.
- Από την εξωτερική τους πλευρά, δηλαδή προς το έρεισμα, τα κράσπεδα αντιστηρίζονται με μια κατασκευή από σκυρόδεμα.

18.4. Ρεΐθρα οδών

- Όταν το κρασπεδόρειθρο μορφής τριγωνικής τάφρου δεν ανήκει στο οδόστρωμα, ιδιαίτερα σε υπεραστικές οδούς, πρέπει να διακρίνεται ευκρινώς από το οδόστρωμα (Εικ. 64).
- Για λόγους ασφαλείας της κυκλοφορίας πρέπει να προτιμάται μια πλατειά αβαθής τριγωνική τάφρος.

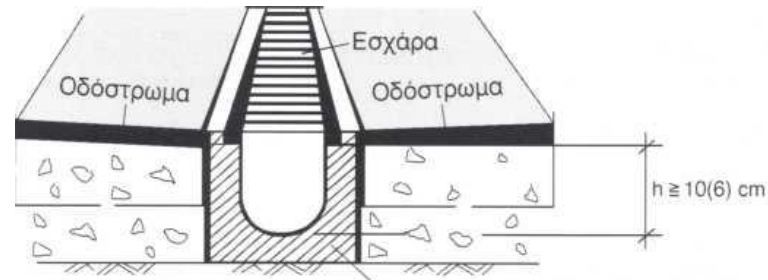


Εικόνα 64. Κρασπεδόρειθρο με φρεάτιο υδροσυλλογής.

18.4. Ρείθρα οδών

Κοίλο ρείθρο

- Κοίλα ρείθρα τοποθετούνται γενικά μεταξύ διαφορετικών επιφανειών κυκλοφορίας και κυρίως σε περιοχές με μικρές κυκλοφοριακές απαιτήσεις, σε κοινοτικές οδούς και χώρους στάθμευσης.
- Το πλάτος τους ανέρχεται από 0,5 μέχρι 1,0 m και το βάθος από 3 έως 5 cm.
- Η εφαρμογή κοίλων ρείθρων δεν μπορεί να γίνεται σε έργα μεγάλης ταχύτητας κυκλοφορίας.



Το ελεύθερο $\geq 15(10)$ cm
Διατομή
σκυροδέματος

Κιβωτοειδή ρείθρα (ή Καναλέτα)

- Το κιβωτοειδές ρείθρο (box drain) είναι ένα ρείθρο οδού, το οποίο αποτελείται από προκατασκευασμένο τμήμα με επικάλυψη αυτού με σχάρα ή πλάκες με οπές (Σχ. 148).
- άνοιγμα τουλάχιστον σε 15 cm. Ελεύθερο εσωτερικό ύψος τουλάχιστον 10 cm. Η κλίση του πυθμένα μπορεί να είναι διαφορετική από την κλίση του οδοστρώματος σε τμήματα οδών μικρού μήκους.
- Τα κιβωτοειδή ρείθρα είναι κατά κανόνα κυκλοφορήσιμα. Συχνά, σε αστικές περιοχές, αλλά και σε δευτερεύον δίκτυο, διασχίζουν εγκάρσια την επιφάνεια του οδοστρώματος. Τα στοιχεία εκ σκυροδέματος και τα μεταλλικά πλαίσια πρέπει να είναι, κατά συνέπεια, επαρκή ώστε να φέρουν τα φορτία κυκλοφορίας.

Σχήμα 148. Κιβωτοειδές ρείθρο

18.4. Ρείθρα οδών

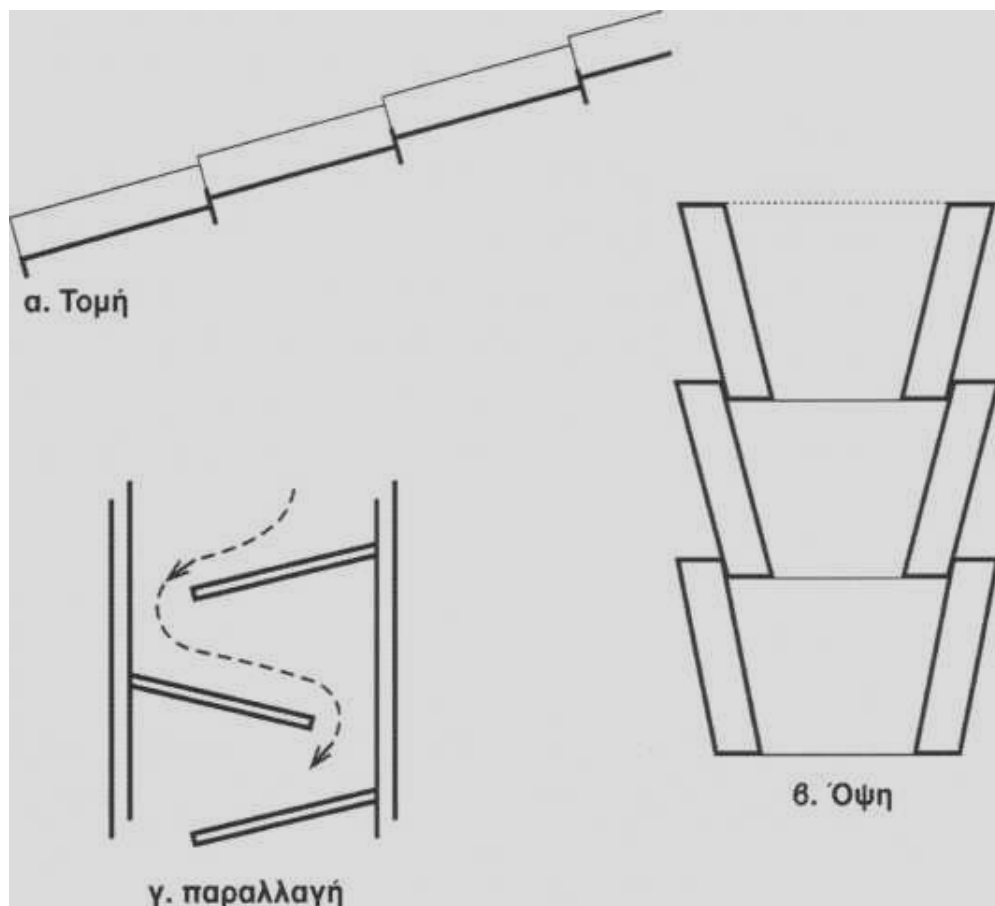
Ρείθρο σχισμής

- Τα ρείθρα σχισμής είναι ρείθρα που κατασκευάζονται από προκατασκευασμένα τεμάχια σε δευτερεύουσες ή αστικές οδικές αρτηρίες.
- ✓ Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορούν να κατασκευασθούν και επί τόπου, εφόσον εξασφαλίζονται οι ειδικές απαιτήσεις κατασκευής τους.
- Τα “ρείθρα σχισμής” εξασφαλίζουν μια συνεχή εισροή του επιφανειακού νερού.
- Όταν απαιτείται συνεχής παραλαβή του επιφανειακού νερού στο άκρο οδοστρώματος είναι σκόπιμο τα ρείθρα να διαμορφώνονται με ενσωματωμένο κράσπεδο.

Βαθμιδωτά ρείθρα

- Για την απομάκρυνση όμβριων ανάντη περιοχών σε μια μεγάλη κατωφέρεια, όπως, επί παραδείγματι, σε πρανή επιχωμάτων, είναι κατάλληλη η χρήση βαθμιδωτών ρείθρων.
- Στα βαθμιδωτά ρείθρα η απόσβεση της ενέργειας, λόγω της ισχυρότερης δίνης του νερού που απομακρύνεται, γίνεται χωρίς βλάβη, ακόμη και σε περίπτωση μεγαλύτερων παροχής απορροής.
- ✓ Αυτό οφείλεται στην ειδική κατασκευαστική διαμόρφωση των βαθμιδωτών ρείθρων, όπου οι εγκοπές και προεξοχές παίζουν ρόλο αποσβεστήρα της κινητικής ενέργειας.

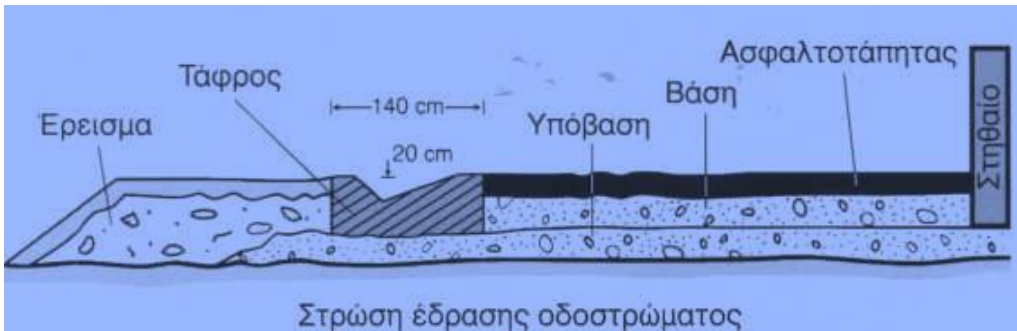
18.4. Ρείθρα οδών



Σχήμα 149. Διάταξη στοιχείων βαθμιδωτού ρείθρου

- Βαθμιδωτά ρείθρα από προκατασκευασμένα τεμάχια σκυροδέματος : μέχρι κλίσης $h:b = 1:1,5$.
- Τα ρείθρα παρακολουθούν την εγκάρσια κλίση του πρανού ή να διαμορφώνονται με ηπιότερες κλίσεις, παράλληλα ή λοξά προς τον άξονα της οδού, ανάλογα με την κλίση του πρανού και τις επί τόπου συνθήκες.
- Ανάλογα με την επένδυση του πρανού και τις συνθήκες ροής πρέπει, κατά την κατασκευή των βαθμιδωτών ρείθρων, να εξασφαλισθεί μία επαρκής ευστάθεια για την αποφυγή υποσκαφής.
- Αγκυρώσεις προβλέπονται σε πρανή ισχυρών κλίσεων, ώστε να αποτραπούν βλάβες στο ρείθρο λόγω δράσης του νερού.
- Επίσης, σε θέσεις εκβολής των βαθμιδωτών ρείθρων σε ευδιάβρωτα εδάφη πρέπει να κατασκευάζεται ειδικό έργο εκβολής για την ομαλή απόσβεση της κινητικής ενέργειας.

18.5. Τάφροι



Σχήμα 150. Αβαθής πλευρική τάφρος σε επίχωμα αυτοκινητοδρόμου.

Αβαθείς πλευρικές τάφροι

Οι αβαθείς πλευρικές τάφροι διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τη γεωμετρία της διατομής [47]:

- σε τραπεζοειδείς τάφρους, και
- σε τριγωνικές τάφρους.

➤ Οι αβαθείς πλευρικές τάφροι συλλέγουν τα επιφανειακά νερά από επενδεδυμένες και μη επενδεδυμένες επιφάνειες στο άκρο του οδοστρώματος ή του ερείσματος της οδού.

➤ Οι αβαθείς πλευρικές τάφροι έχουν βάθος κατά κανόνα 20 cm και η κλίση του πρανούς από το οδόστρωμα προς τον πυθμένα της τάφρου είναι $h_1:b_1 = 1:6$.

- Η κλίση αυτή θεωρείται ασφαλής από κυκλοφοριακής πλευράς για τα τυχόν εκτρεπόμενα προς την αβαθή τάφρο οχήματα.
- Η κλίση προς το εξωτερικό πρανές μπορεί να είναι ίση με την κλίση του πρανούς.
- Κατασκευάζονται με διατομές παρόμοιες σε ορύγματα και επιχώματα (Σχ. 150).

18.5. Τάφροι



Εικόνα 65. Τριγωνική τάφρος και δίκτυο υπόγειας αποστράγγισης.

- ✓ Κλίση πρανούς προς το οδόστρωμα $h_1:b_1 > 1:6$ θεωρείται ως περιορισμένης ασφάλειας από κυκλοφοριακής πλευράς και θα πρέπει, σε οδούς μεγάλης κυκλοφοριακής σημασίας, να προστατεύεται με κατασκευή στηθαίου ασφάλειας ή άλλες διατάξεις ασφαλείας (Εικ. 66).
- Η κατά μήκος κλίση του πυθμένα μιας αβαθούς τάφρου ακολουθεί γενικά, σε περίπτωση σταθερού βάθους της τάφρου, την κατά μήκος κλίση του άκρου του οδοστρώματος.
- Εφόσον αυτή η κλίση δεν επαρκεί για την παροχέτευση του νερού, τότε η υπερβάλλουσα παροχή απορρέει προς έναν συλλεκτήριο υπόγειο αγωγό, με τον οποίο η τάφρος είναι συνδεδεμένη μέσω φρεατίων υδροσυλλογής.

18.5. Τάφροι



Εικόνα 66. Τριγωνική τάφρος με προστατευτικό στηθαίο.

- ✓ Για την εξασφάλιση της απορροής και για την προστασία από τη διάβρωση, οι αβαθείς πλευρικές τάφροι επενδύονται κατά κανόνα με σκυρόδεμα.
- Η επένδυση κατασκευάζεται από σκυρόδεμα κατηγορίας C12/15 ή ανώτερης και με ελάχιστο πάχος 20 cm.
- Θα πρέπει να γίνεται κατάλληλη διαμόρφωση ώστε να εξασφαλίζεται η αντοχή της τάφρου για να φέρει τα φορτία των μηχανημάτων συντήρησης και των τυχόν εκτρεπομένων οχημάτων.
- Εναλλακτικά, όταν η επένδυση από σκυρόδεμα δεν είναι δυνατή, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν επενδύσεις των αβαθών πλευρικών τάφρων με λιθόστρωτα από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους ή με ασφαλικές στρώσεις.

18.5. Τάφροι

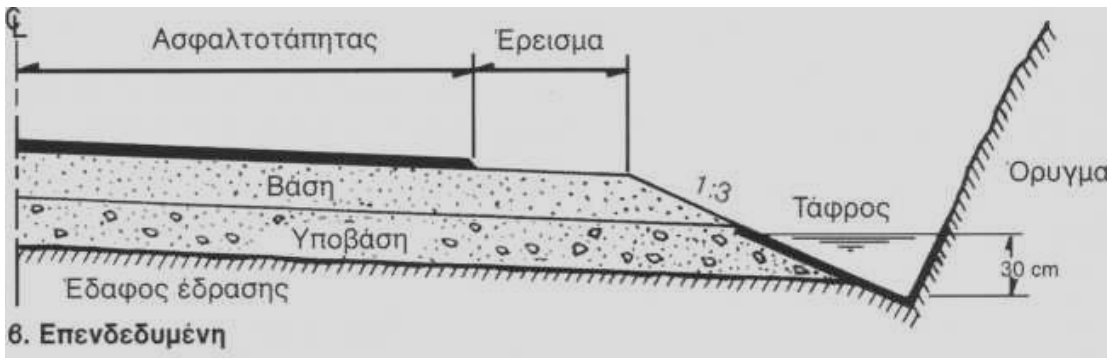
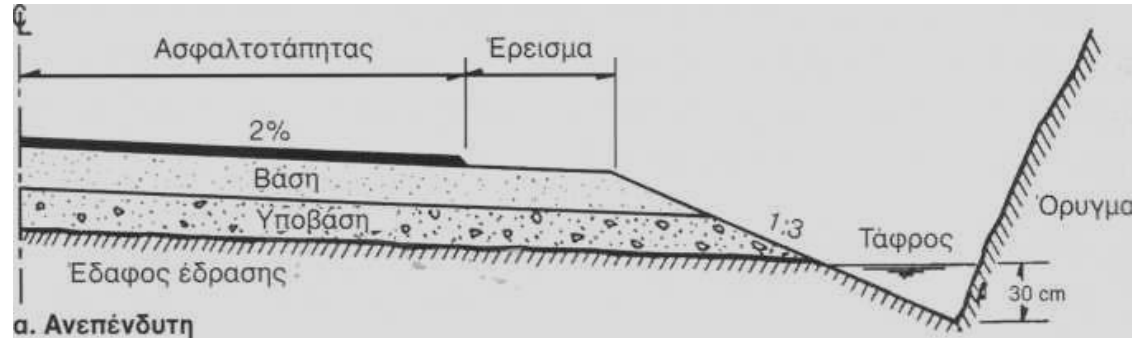
- Η κατά μήκος κλίση του πυθμένα μιας αβαθούς τάφρου ακολουθεί γενικά, σε περίπτωση σταθερού βάθους της τάφρου, την κατά μήκος κλίση του άκρου του οδοστρώματος.
- Εφόσον αυτή η κλίση δεν επαρκεί για την παροχέτευση του νερού, τότε η υπερβάλλουσα παροχή απορρέει προς έναν συλλεκτήριο υπόγειο αγωγό, με τον οποίο η τάφρος είναι συνδεδεμένη μέσω φρεατίων υδροσυλλογής.
- Για την εξασφάλιση της απορροής και για την προστασία από τη διάβρωση, οι αβαθείς πλευρικές τάφροι επενδύονται κατά κανόνα με σκυρόδεμα.
- Η επένδυση κατασκευάζεται από σκυρόδεμα κατηγορίας C12/15 ή ανώτερης και με ελάχιστο πάχος 20 cm.
- Θα πρέπει να γίνεται κατάλληλη διαμόρφωση ώστε να εξασφαλίζεται η αντοχή της τάφρου για να φέρει τα φορτία των μηχανημάτων συντήρησης και των τυχόν εκτρεπομένων οχημάτων.
- Εναλλακτικά, όταν η επένδυση από σκυρόδεμα δεν είναι δυνατή, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν επενδύσεις των αβαθών πλευρικών τάφρων με λιθόστρωτα από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους ή με ασφαλικές στρώσεις.

18.5. Τάφροι

Τάφροι αποχέτευσης όμβριων

- Οι τάφροι αποχέτευσης (τραπεζοειδείς ή τριγωνικές) έχουν τον ίδιο σκοπό με τις αβαθείς πλευρικές τάφρους, παρέχουν, μεγαλύτερη υδραυλική παροχετευτικότητα, ΟΧΙ όμως εξ ίσου κυκλοφοριακά ασφαλείς.
- Πρόκειται για τις συνήθεις μορφές τάφρων που αποτέλεσαν για δεκαετίες τον κανόνα έργων επιφανειακής αποχέτευσης όμβριων σε εθνικό, επαρχιακό και τοπικό δίκτυο.
- Οι τριγωνικές τάφροι έχουν βάθος από 20 έως 40 cm και πλάτος στέψης κυμαινόμενο από 0,80 έως 1,20 m.
- Συλλέγουν τα όμβρια της ημιδιατομής οδοστρώματος και ερείσματος, καθώς και εκείνα του φυσικού και του τεχνητού πρανού του ορύγματος.
- Αποτελούν διεθνώς τη συνηθέστερη μορφή τάφρου.
- Διαμορφώνονται με κλίση 1/3 προς την πλευρά του οδοστρώματος και με κλίση ίση με εκείνην του τεχνητού πρανού προς το όρυγμα.

18.5. Τάφροι



Σχήμα 151. *Τριγωνική τάφρος ορυγμάτων.*

Διακρίνονται σε επενδεδυμένες και ανεπένδυτες τάφρους.

- Στις επενδεδυμένες τάφρους, η στέψη φτάνει μέχρι τη στάθμη της βάσης του οδοστρώματος, ενώ στις ανεπένδυτες τάφρους, η στέψη φθάνει μέχρι τη στάθμη της τελικής χωματοουργικών (Σχ. 151).
- Η ελάχιστη επιτρεπόμενη κατά μήκος κλίση στις τριγωνικές τάφρους είναι 0,5%.
- Η μέγιστη κλίση των ανεπένδυτων τάφρων καθορίζεται, ουσιαστικά, από την ανώτατη επιτρεπόμενη ταχύτητα του νερού ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση.

18.5. Τάφροι

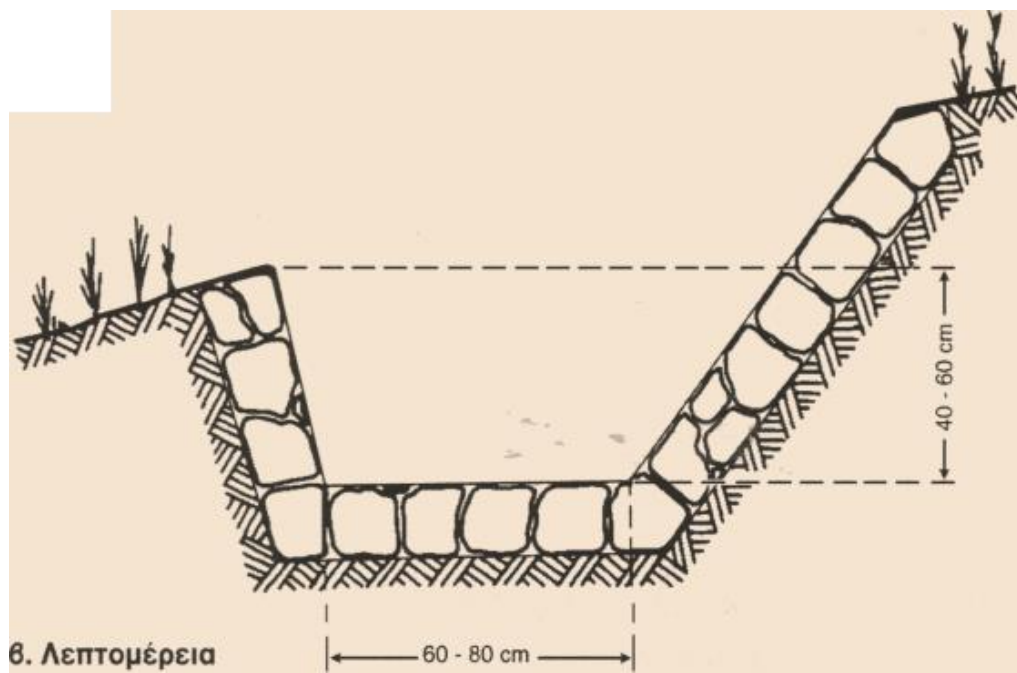
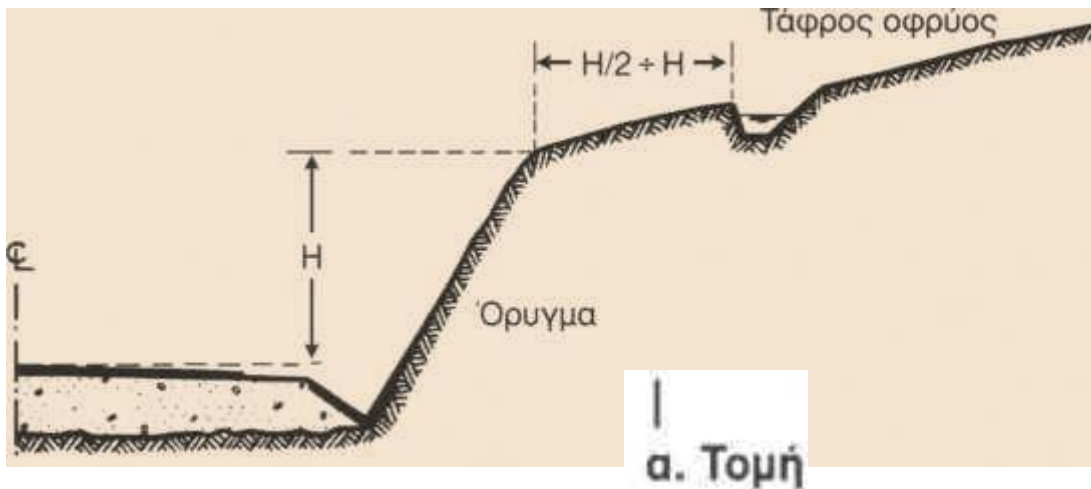
- Η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα καθορίζεται ανάλογα με τον τύπο του υλικού :

Εδαφικό υλικό	Λεπτόκοκκη άμμος & ιλύς	Άργιλος	Αμμοχάλικο	Λιθορριπή	Βράχος
Μέγιστη ταχύτητα (m/sec)	0,50	0,75	1,50	3,50	5,0

Σε κάθε περίπτωση, κλίση μεγαλύτερη από 5% είναι δυνατόν να προκαλέσει διάβρωση. Ανάλογα με την παροχή της τάφρου, σε περιπτώσεις ισχυρών κατά μήκος κλίσεων, θα πρέπει να προβλέπονται διατάξεις απόσβεσης της κινητικής ενέργειας.

- Το πλάτος του πυθμένα των τραπεζοειδών τάφρων είναι μεγαλύτερο των 40 cm και το ύψος 20-30 cm.
- Τα πρανή των τραπεζοειδών τάφρων γενικά διαμορφώνονται με κλίση $h:b = 1:1,5$ έως $1:3$. Σε συνεκτικά εδάφη μπορούν επίσης να εφαρμοσθούν κλίσεις πρανών $h: b = 1:1$.
- Σε περιπτώσεις στενότητας χώρου, τραπεζοειδείς τάφροι επενδεδυμένες με σκυρόδεμα μπορεί να κατασκευασθούν με κατακόρυφα πρανή μετατρέπομενες σε τάφρους ορθογωνικής διατομής.
- Η κατά μήκος κλίση των ανεπένδυτων τάφρων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0,3%.
- Σε περίπτωση μικρότερων κατά μήκος κλίσεων θα πρέπει να βελτιώνεται η απορροή με επένδυση με σκυρόδεμα ή εναλλακτικά με λιθόστρωτο από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους.

18.5. Τάφροι



Σχήμα 152. Τάφρος οφρύος.

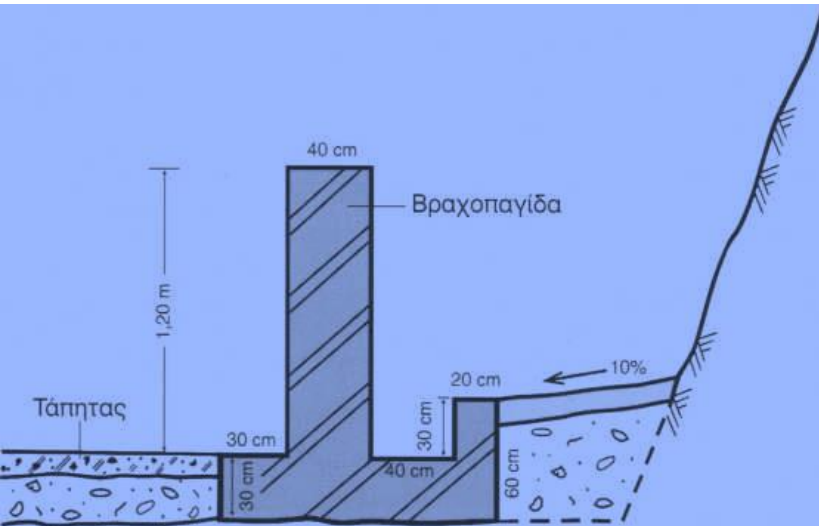
Τάφροι “οφρύος” και τάφροι “διακοπής”

- Οι τάφροι οφρύος τοποθετούνται σε απολήξεις φυσικών πρανών στο “φρύδι” των πρανών ορυγμάτων και πρέπει να τοποθετούνται μέσα στο έδαφος έτσι ώστε να παραλαμβάνουν τα νερά της ανάντη κλιτύος πλαγιάς και να τα οδηγούν προς τη θέση εκβολής .
- Οι τάφροι οφρύος έχουν ελάχιστο πλάτος πυθμένα 50 cm και βάθος 20 έως 50 cm.
- Οι τοπικές συνθήκες μπορεί να δημιουργήσουν την ανάγκη κατασκευής μεγαλύτερης διατομής τάφρου.
- Οι τάφροι οφρύος είναι σκόπιμο, στο μέτρο που οι συνθήκες το επιτρέπουν, να κατασκευάζονται ανάντη και σε κάποια απόσταση από το φρύδι του τεχνητού πρανούς του ορύγματος, ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση και η κατείσδυση όμβριων στο πρανές (Σχ. 152).

18.5. Τάφροι

- Επένδυση με σκυρόδεμα ή λιθοδομή είναι χρήσιμη αν και συχνά κατασκευάζονται και μη-επενδεδυμένες τάφροι.
- Στην περίπτωση των μη-επενδεδυμένων τάφρων, θα πρέπει να μελετηθεί, συναρτήσει του εδαφικού υλικού και της κατά μήκος κλίσης της τάφρου, αν η διάνοιξή της βοηθά την αποστράγγιση και την προστασία των πρανών ή αντιθέτως διευκολύνει την κατείσδυση όμβριων στο σώμα του πρανούς.
- Οι τάφροι οφρύος κατασκευάζονται παράλληλα με το φρύδι του πρανούς κατά την έννοια του άξονα της οδού με κατά μήκος κλίση παραπλήσια με αυτήν της αρτηρίας και καταλήγουν σε βαθμιδωτά ρείθρα ή σε τάφρους συνέχειας για την παροχέτευση των υδάτων.
- Ανάλογα με τον κίνδυνο διάβρωσης του υλικού των πρανών και του ύψους των πρανών (ορυγμάτων ή επιχωμάτων) είναι δυνατή η κατασκευή τάφρων διακοπής που τοποθετούνται σε ενδιάμεση θέση του ύψους του πρανούς και καθοδηγούν τα νερά προς την εκβολή.
- Κατά κανόνα η κατασκευή οριζοντίων βαθμίδων (“μπαγκινών”) στα πρανή, που γίνονται για λόγους γεωτεχνικής ευστάθειας συνδυάζεται με την κατασκευή τάφρων “διακοπής”.

18.5. Τάφροι



Σχήμα 153- Διατομή τάφρου αναχαίτισης και βραχοπαγίδας.

Τάφροι αναχαίτισης καταπτώσεων

- Στους πόδες υψηλών βραχωδών ορυγμάτων και έχουν σκοπό να συγκρατούν τα προϊόντα κατάπτωσης μεμονωμένων λίθων από την επιφάνεια του πρανούς ή/και την υπερκείμενη πλαγιά.
- Πίσω από τοίχο αναχαίτισης (βραχοπαγίδα) διαμορφώνεται επενδεδυμένη ή ανεπένδυτη τάφρος επαρκούς διατομής και μετά αναπτύσσεται το πλήρες πλάτος της τάφρου “αναχαίτισης” καταπτώσεων, που εισρέουν τα νερά του πρανούς και της εξωτερικής λεκάνης, αν δεν είναι κατασκευασμένη τάφρος “οφρύος” (Σχ. 153).
- Τα νερά που συλλέγονται με την τάφρο αναχαίτισης καθοδηγούνται προς τον αποδέκτη ή, σε περίπτωση μεγάλου μήκους της τάφρου, εκτονώνονται σε υπόγειο αγωγό.

Τάφροι συνέχειας

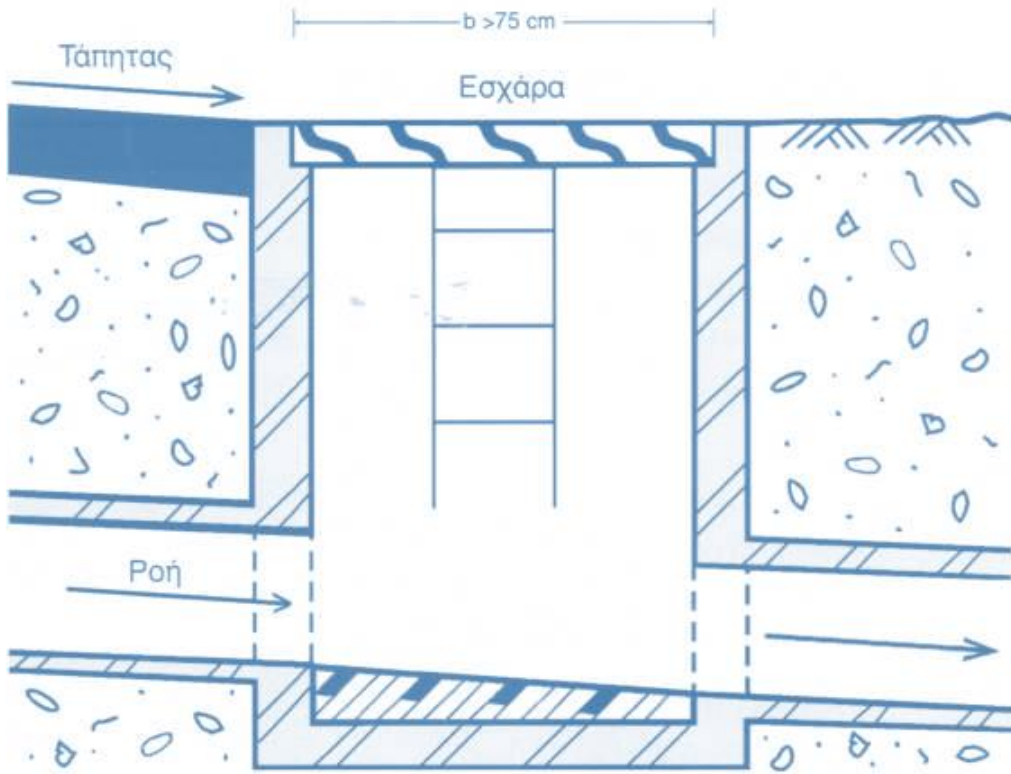
- Τα όμβρια που συλλαμβάνονται από τα επιφανειακά έργα υδροσυλλογής οδηγούνται σε τάφρους συνέχειας που τα καθοδηγούν προς τον φυσικό αποδέκτη.
- Οι τάφροι συνέχειας διαμορφώνονται ως τραπεζοειδείς ή ορθογωνικές τάφροι ελάχιστου πλάτους 50 cm, κατά τρόπο ώστε τα χείλη της επενδεδυμένης με σκυρόδεμα διατομής να φθάνουν μέχρι την επιφάνεια του εδάφους.

18.6. Φρεάτια

Συστήματα υδροσυλλογής (φρεάτια εισροής)

- Τα φρεάτια εισροής (υδροσυλλογής) συλλέγουν τα όμβρια από τις τάφρους και τα κρασπεδόρειθρα και τα οδηγούν με αγωγούς σύνδεσης προς τον τελικό αποδέκτη.
- Τα φρεάτια υδροσυλλογής (inlets) κατασκευάζονται από προκατασκευασμένα τυποποιημένα τεμάχια από σκυρόδεμα ελάχιστης κατηγορίας C 12/15.
- Εναλλακτικά είναι δυνατή και η επί τόπου κατασκευή από σκυρόδεμα με προκατασκευασμένο ξυλότυπο.
- Η απόσταση των φρεατίων υδροσυλλογής εξαρτάται από τη βροχόπτωση, την απορροφητική ικανότητα του στομίου και από τις συνθήκες των κλίσεων.
- Στα “βαθιά σημεία” της μηκοτομής (κοίλης συναρμογής), πρέπει να κατασκευάζεται, ανάλογα με το μέγεθος της επιφάνειας απορροής, επαρκής αριθμός φρεατίων υδροσυλλογής ώστε να εξασφαλίζεται η απορροή ακόμη και στις περιπτώσεις έμφραξης ορισμένων φρεατίων.
- Ελάχιστη απόσταση διαδοχικών φρεατίων υδροσυλλογής για την αποχέτευση οδοστρώματος ορίζεται το μήκος των 5 μέτρων, ενώ μέγιστη απόσταση διαδοχικών φρεατίων υδροσυλλογής ορίζεται το μήκος των 50 μέτρων .
- Σύμφωνα με αμερικανικές προδιαγραφές η μέγιστη απόσταση μεταξύ φρεατίων υδροσυλλογής είναι 100-150 m ανάλογα με το μέγεθος του συλλεκτήριου αγωγού.

18.6. Φρεάτια



Σχήμα 154. Επισκέψιμο φρεάτιο υδροσυλλογής.

- ❖ Η μορφολογία και η διάταξη των φρεατίων υδροσυλλογής τέτοια ώστε να μη δημιουργεί κινδύνους στα οχήματα που ενδεχομένως θα προσπέσουν εκτρεπόμενα της λωρίδας κυκλοφορίας.
- Οι εσχάρες των στομιών υδροσυλλογής (inlet grates) έχουν ράβδους κατά μήκος ή εγκάρσιως και μορφή ευθεία ή κεκαμμένη.
- Σε τοπικές ή επαρχιακές οδούς με κυκλοφορία δικύκλων πρέπει να τοποθετούνται εσχάρες με ράβδους εγκάρσιες ή διαγώνιες προς τη διεύθυνση του κρασπεδόρειθρου.
- Η διάσταση και η απόσταση μεταξύ των ράβδων της εσχάρας θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε το “καθαρό άνοιγμα” της εισόδου του φρεατίου να είναι ίσο προς τα 2/3 της διατομής του ανοίγματος.
- Η διατομή αυτή έχει διαστάσεις 45 x 120 cm ή και μεγαλύτερες.
- Τα τοιχώματα των φρεατίων θα πρέπει να είναι κατάλληλα για να φέρουν τις ωθήσεις γαιών, ενώ εσχάρες και καλύμματα πρέπει να είναι σε θέση να φέρουν τα φορτία κυκλοφορίας.

18.6. Φρεάτια

Λοιπά φρεάτια (πλην φρεατίων υδροσυλλογής)

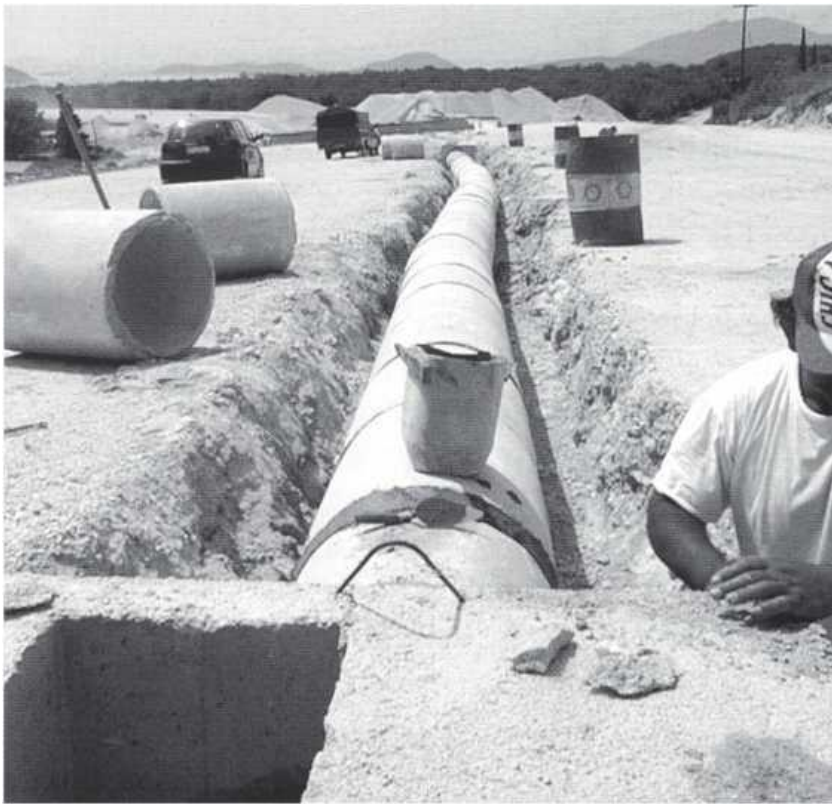
- ❑ Τα φρεάτια, τα οποία χρησιμοποιούνται για άλλους, πλην υδροσυλλογής, σκοπούς αναφέρονται παρακάτω διακρίνονται ανάλογα με τη λειτουργία τους, σε :
 - φρεάτια επίσκεψης (ελέγχου και συντήρησης)
 - φρεάτια απορροής (μικτά φρεάτια υδροσυλλογής και επίσκεψης)
 - φρεάτια πτώσεως
 - φρεάτια συμβολής αγωγών και στραγγιστηρίων.
- Τα φρεάτια, στη γενική τους μορφή, εξασφαλίζουν πρόσβαση σε έναν τουλάχιστον υπόγειο αγωγό. Αποτελούνται από ένα “θάλαμο”, στο κάτω μέρος με επαρκείς διαστάσεις για να μπορεί να εργασθεί ένας άνθρωπος, και ένα “λαιμό” με τον οποίο εξασφαλίζεται άμεση πρόσβαση από την επιφάνεια.
- ✓ Η ελάχιστη εσωτερική διάμετρος του θαλάμου είναι ίση προς 1,20 m.
- ✓ Το ελάχιστο ελεύθερο ύψος του θαλάμου μεταξύ της στάθμης του πυθμένα του φρεατίου και της οροφής του είναι ίση προς 1,80 m.

18.6. Φρεάτια

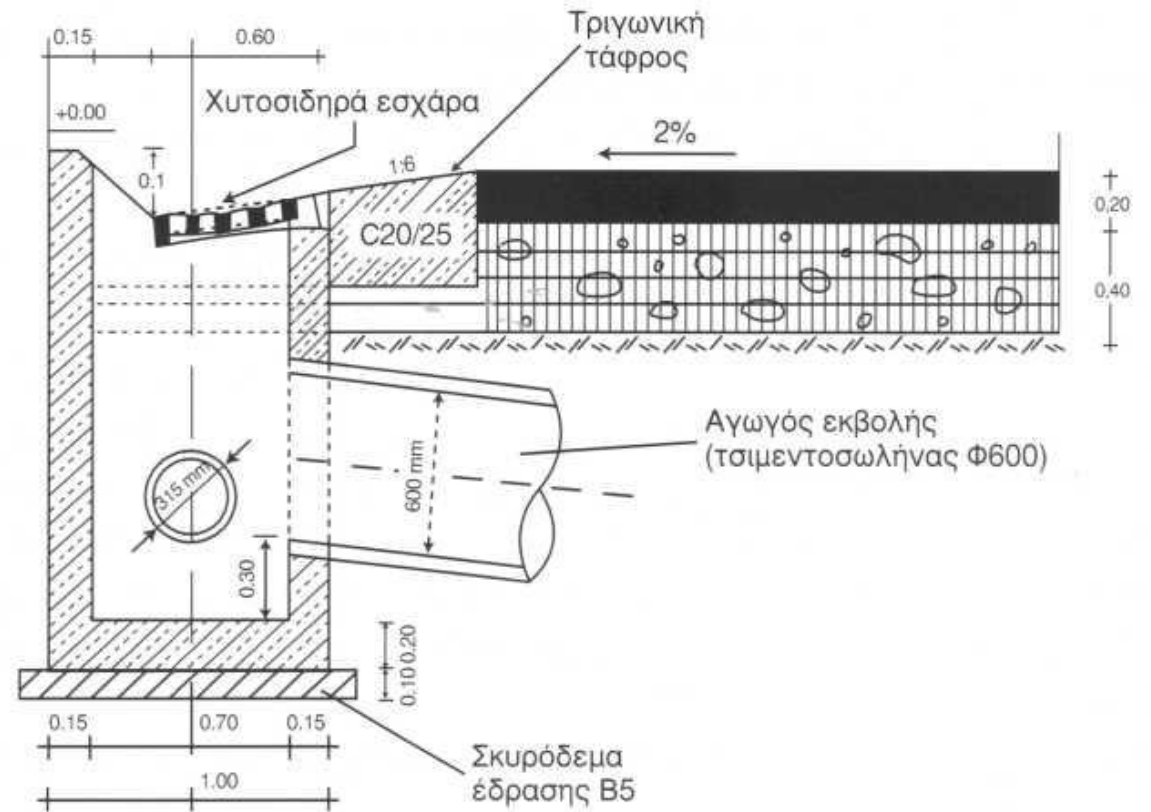
- **Φρεάτια αγωγών όμβριων** : από οπλισμένο σκυρόδεμα ελάχιστης κατηγορίας C 12/15. Προσπελάσιμα με σιδηρές βαθμίδες, που στερεώνονται στο κατακόρυφο τοίχωμα του θαλάμου (Εικ. 67).
- **Ειδικά, τα φρεάτια επίσκεψης** : για έλεγχο, επιτήρηση και αερισμό των σωληνωτών αγωγών -με εσωτερική διάμετρο $D = 1,20 - 1,50 \text{ m}$.
- **ΟΧΙ στις λωρίδες κυκλοφορίας, -μόνον στα ερείσματα και κατ' εξαίρεση στις Λωρίδες Έκτακτης Ανάγκης (ΛΕΑ).**
- Αυτό δεν ισχύει για τις παράπλευρες και τις δευτερεύουσες αστικές οδούς, όπου είναι δυνατή η τοποθέτηση φρεατίων επίσκεψης στο οδόστρωμα.
- **Η απόσταση μεταξύ των φρεατίων επίσκεψης υπόγειου σωληνωτού δικτύου αποχέτευσης όμβριων ή/και αγωγών στραγγιστηρίων ανέρχεται κατά κανόνα σε 50 m και κατ' εξαίρεση σε 60 m.**
- Φρεάτια πτώσης προβλέπονται για περιορισμό της ταχύτητας ροής σε θέσεις διασταύρωσης αγωγών, όπως και για την κάλυψη μεγάλων υψομετρικών διαφορών σε μικρά μήκη.
- Για μικρά ύψη πτώσης και μικρές απορροές τα φρεάτια πτώσης είναι δυνατό να κατασκευάζονται, με τη μορφή των φρεατίων επίσκεψης, από προκατασκευασμένα τεμάχια.

18.6. Φρεάτια

- Σχήμα 155. Φρεάτιο απορροής [52].



Εικόνα 67. Αγωγός όμβριων και φρεάτιο επίσκεψης.



18.7. Σχεδιασμός έργων επιφανειακής αποστράγγισης

Ο σχεδιασμός των έργων επιφανειακής αποστράγγισης για την κατασκευή μιας οδικής αρτηρίας διακρίνεται σε τρία μέρη:

α) στην εκτίμηση της παροχής σε κάθε έργο του δικτύου αποχέτευσης και, σε κάθε σημείο ενός έργου.

β) στους υδραυλικούς υπολογισμούς και τη διαστασιολόγηση κάθε στοιχείου του δικτύου,

γ) στη σύγκριση εναλλακτικών λύσεων, υλικών κατασκευής, διατάξεων και δικτύων.

Η εκτίμηση της παροχής βασίζεται σε στοιχεία υδρολογίας για κάθε συγκεκριμένη λεκάνη ή επιφάνεια απορροής που αντιστοιχεί σε κάθε στοιχείο του δικτύου.

Η συνηθέστερη προσέγγιση για την εκτίμηση της πλημμυρικής παροχής σε περιπτώσεις κατασκευής οδικών έργων είναι η ορθολογική μέθοδος (rational method). Πρόκειται, στην πραγματικότητα, για μια ημιεμπειρική προσέγγιση που συνδυάζει τοιχία αναλυτικών προσδιορισμών και εμπειρικές εκτιμήσεις.

➤ Η μέθοδος συσχετίζει την ποσότητα βροχόπτωσης με την ποσότητα απορροής:

- $Q_0 = CiA$

Όπου Q_0 : η παροχή απορροής (βασική συνιστώσα παροχής σχεδιασμού)

C : ο συντελεστής απορροής (εξαρτάται από κλίσεις ανάγλυφου, είδος εδάφους και βλάστηση)

i : η ένταση της βροχής (για κάθε περιοχή ανάλογα με τα υδρολογικά χαρακτηριστικά)

A : η επιφάνεια της λεκάνης απορροής (από ερμηνεία τοπογραφικών διαγραμμάτων, A/Φ , αυτοψιών).

18.7. Σχεδιασμός έργων επιφανειακής αποστράγγισης

- Λόγω των πολλών μεταβλητών της μεθόδου και της ποικιλίας των δεδομένων για κάθε περιοχή, είναι φανερό ότι η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να εφαρμοσθεί σε μεγάλες εκτάσεις.
- Ένα ανώτερο όριο 2.000 στρεμμάτων για τη λεκάνη απορροής θα πρέπει να καθορίζεται για περιπτώσεις κατασκευής οδικών έργων.
- Ο συντελεστής απορροής ορίζεται ως λόγος της ποσότητας του ύδατος που απορρέει προς τη συνολική ποσότητα της βροχόπτωσης: $C = Q_0/Q$
- Η αριθμητική τιμή του συντελεστή απορροής εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων που έχουν σχέση με το είδος των βροχοπτώσεων, την σύσταση και την μορφολογία του εδάφους και τον τύπο των καλλιεργειών.
- Η τιμή αυτή παρουσιάζεται αυξημένη όταν η ένταση της βροχής είναι μεγάλη, οι κλίσεις του εδάφους ισχυρές και η διαπερατότητα μικρή. Αντίθετα εμφανίζεται μειωμένη σε καλλιεργημένες εκτάσεις, σε πεδινές περιοχές και σε ψαθυρά, χονδρόκοκκα εδαφικά υλικά.

18.7. Σχεδιασμός έργων επιφανειακής αποστράγγισης

- Στον Πίνακα 60 δίδονται τιμές του συντελεστή απορροής σε συνάρτηση με το είδος της βλάστησης, την κλίση και τη σύσταση του εδάφους.
- Στην επιφάνεια του οδοστρώματος ο συντελεστής απορροής για ασφαλτοτάπητες που εμφανίζουν εγκάρσια κλίση λαμβάνεται ίσος προς 0,9.
- Μια αναλυτικότερη μέθοδος προσδιορισμού του συντελεστή απορροής είναι εκείνη που προτείνεται από τις Πολιτειακές Διευθύνσεις Μεταφορών των ΗΠΑ. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτήν, ο συντελεστής απορροής προκύπτει ως άθροισμα επιμέρους δεικτών που αναφέρονται ξεχωριστά στο ανάγλυφο, στη διαπερατότητα του εδάφους, στη βλάστηση και στην παρουσία επιφανειακών αποδεκτών ή ταμιευτήρων.

Βλάστηση	Κλίση %	Χονδρόκοκκα εδάφη	Λεπτόκοκκα εδάφη
Δάσος	0-5	0,10	0,30
	5-10	0,25	0,35
	10-30	0,30	0,50
Λιβάδι	0-5	0,10	0,30
	5-10	0,15	0,36
	10-30	0,22	0,42
Γεωργικές καλλιέργειες	0-5	0,30	0,50
	5-10	0,40	0,60
	10-30	0,52	0,72

Πίνακας 60. Τιμές του συντελεστή απορροής

18.7. Σχεδιασμός έργων επιφανειακής αποστράγγισης

Συνοπτικά, η μέθοδος υπολογισμού του συντελεστή απορροής δίδεται στον Πίνακα 61.

Πίνακας 61. Προσδιορισμός συντελεστή απορροής

Παράγοντας	Συνιστώσα της παροχή απορροής			
	Υψηλή	Σημαντική	Μέτρια	Χαμηλή
Ανάγλυφο (C_1)	Πτυχωμένο ανάγλυφο απότομες κλίσεις μεγαλύτερες από 30% $C_1 = 0,28-0,35$	Λοφώδες, κλίσεις 10-30% $C_1 = 0,20-0,28$	Ήπιο, μικρές κλίσεις 5-10% $C_1 = 0,14-0,20$	Πεδινό, ασήμαντες κλίσεις 0-5% $C_1 = 0,08-0,14$
Διαπερατότητα εδάφους (C_2)	Βράχος, εδάφη χαμηλής διαπερατότητας $C_2 = 0,12-0,16$	Μικρή διαπερατότητα, αργιλικά και τυρφώδη εδάφη, ασήμαντη αποστράγγιση $C_2 = 0,08-0,12$	Συνήθη εδάφη, αμμο- αργιλώδη, ιλυώδη εδάφη μέσης διαπερατότητας $C_2 = 0,06-0,08$	Εδάφη υψηλής διαπερατό- τητας, άμμος, αμμοχάλικα $C_2 = 0,04-0,06$
Βλάστηση (C_3)	Αμελητέα, ασήμαντη φυτοκάλυψη $C_3 = 0,12-0,66$	Μέτρια, περιορισμένο ποσοστό καλλιεργούμενης γης $C_3 = 0,08-0,12$	Καλή, περίπου το 50% της έκτασης καλλιεργημένο ή δασικό $C_3 = 0,06-0,08$	Πυκνή, περίπου το 90% της έκτασης για αγροτική ή δασική χρήση $C_3 = 0,04-0,06$
Επιφανειακή συγκράτηση (C_4)	Αμελητέα, μικρά τοπικά κοιλώματα, χωρίς κανάλια αποστράγγισης $C_4 = 0,10-0,12$	Μικρή, με διατάξεις αποστράγγισης, χωρίς τοπικές συγκεντρώσεις $C_4 = 0,08-0,10$	Συνήθης, με πτυχώσεις, λίμνες, έλη $C_4 = 0,06-0,08$	Μεγάλη, με ταμιευτήρες, λίμνες και τοπικές συγκεντρώσεις $C_4 = 0,04-0,06$

18.7. Σχεδιασμός έργων επιφανειακής αποστράγγισης

- Σε περίπτωση που σε μια λεκάνη εμφανίζονται ζώνες διαφορετικής διαπερατότητας ή κλίσεων, ο συντελεστής απορροής για τους υπολογισμούς παίρνει την τιμή:

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

όπου A_1, A_2, \dots, A_n οι επιμέρους επιφάνειες και C_1, C_2, \dots, C_n οι αντίστοιχοι συντελεστές απορροής.

- Η ένταση της βροχής i είναι δυνατόν να προσδιοριστεί προσεγγιστικά από τη διάρκεια της βροχόπτωσης για μια συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς $T = 10, 25, 50$ ή 100 έτη. Όσο μεγαλύτερη επιλέγεται η περίοδος επαναφοράς, τόσο μεγαλύτερη προκύπτει η μέγιστη διάρκεια βροχόπτωσης. Για συνήθη έργα επιλέγεται περίοδος επαναφοράς $T = 25$ έτη, ενώ για σημαντικότερα έργα συχνά καθορίζεται περίοδος επαναφοράς 50 ετών. Διεθνείς προδιαγραφές (Highway Design Manual) καθορίζουν την περίοδο επαναφοράς συναρτήσει της σημασίας της οδού και του είδους του υδραυλικού έργου (Πίν. 62).

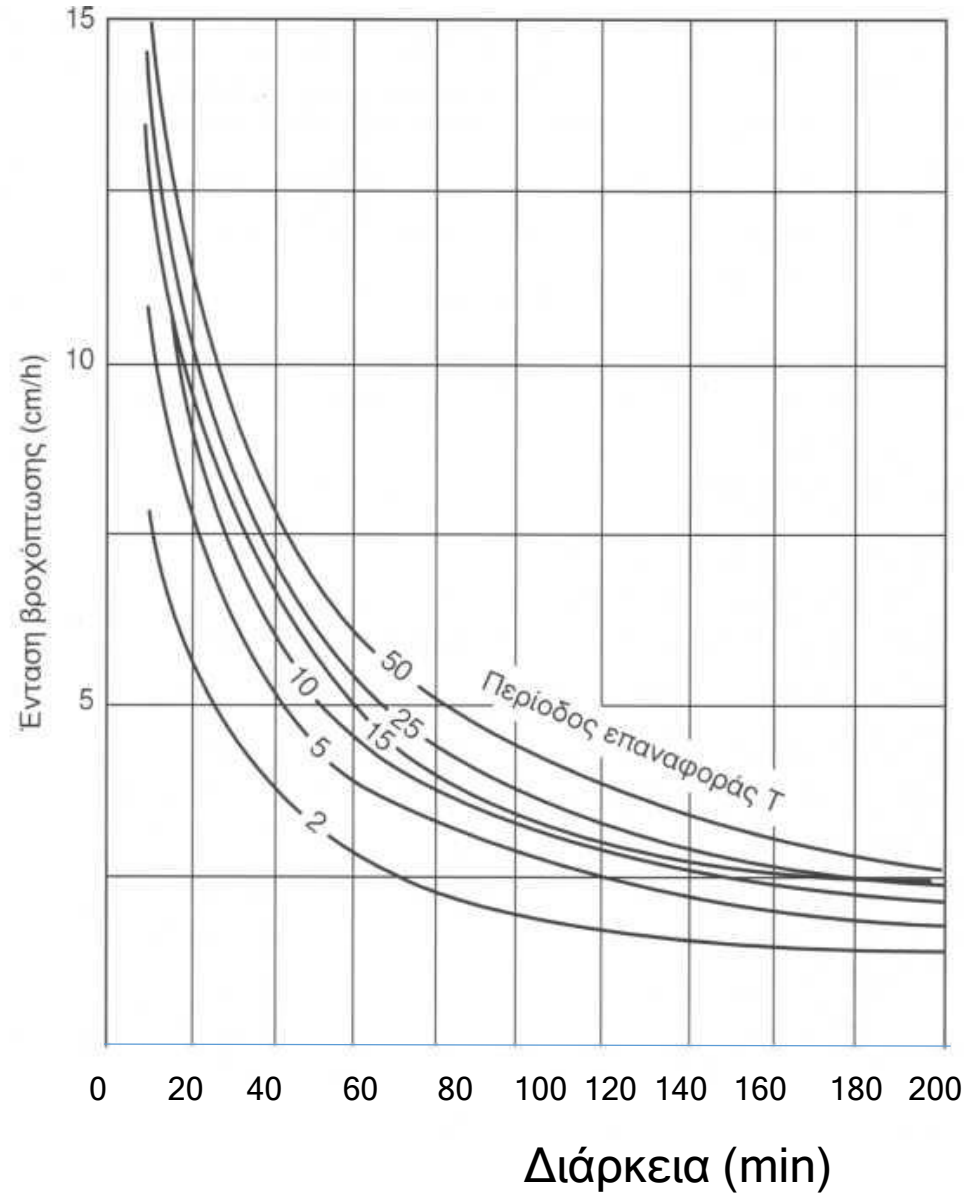
Κατηγορία οδού	Οχετοί	Φρεάτια υδροσυλλογής	Τάφροι και ρείθρα
Αυτοκινητόδρομοι	50	10	25
Εθνικές οδοί	50	10	25
Επαρχιακές και τοπικές οδοί	50	5	10

Πίνακας 62. *Περίοδος επαναφοράς (σε έτη) για υδραυλικά έργα οδοποιίας [13]*

με την ορθολογική μέθοδο προϋποθέτει μια στατιστική επεξεργασία υδρολογικών δεδομένων και τον προσδιορισμό του χρόνου συρροής (time of concentration). Η ένταση βροχής ακολούθως καθορίζεται από τη σχέση του Talbot: $i = \frac{a}{\beta + t}$

όπου a και β συντελεστές εξ υδρολογικών στοιχείων, και t ο χρόνος συρροής.

18.7. Σχεδιασμός έργων επιφανειακής αποστράγγισης



- Πολλές φορές, επειδή η συγκεκριμένη διαδικασία είναι περίπλοκη, η εκτίμηση της έντασης βροχής i γίνεται μέσω της διάρκειας βροχόπτωσης (Σχ. 156).

Σχήμα 156. Νομογράφημα συσχέτισης έντασης βροχής - διάρκειας βροχόπτωσης.

18.7. Σχεδιασμός έργων επιφανειακής αποστράγγισης

- Η παροχή σχεδιασμού για ένα συγκεκριμένο έργο προκύπτει από την παροχή απορροής της αντίστοιχης λεκάνης (watershed) στην οποία, πιθανόν, να χρειαστεί να προστεθούν ποσότητες απορροής από το οδόστρωμα, τα ερείσματα και τα πρανή.
- Για γραμμικά έργα επιφανειακής αποστράγγισης (τάφροι, ρείθρα) η διαδικασία διαστασιολόγησης συνίσταται σε μια προεπιλογή τύπου, υλικού και διαστάσεων της χαρακτηριστικής διατομής και την εκτίμηση παροχетеυτικότητας Q_c της διατομής. Θα πρέπει η παροχή σχεδιασμού στην κρίσιμη διατομή να είναι μικρότερη από την παροχетеυτικότητα του έργου: $Q_0 \leq Q_c$
- Στην πραγματικότητα, η παροχетеυτικότητα Q_c θα πρέπει να είναι κατά τι μεγαλύτερη της παροχής σχεδιασμού ώστε να υπάρχει ένα περιθώριο ασφαλείας έναντι υπερχείλισης και κατάκλυσης του οδοστρώματος και των χωματουργικών έργων. Η κρίσιμη διατομή, δηλαδή η διατομή σχεδιασμού, για ένα γραμμικό έργο επιφανειακής αποστράγγισης, είναι μια διατομή η οποία ευρίσκεται αμέσως πριν από το σημείο εκφόρτισης (φρεάτιο, οχετός). Στη διατομή αυτήν εμφανίζεται η μέγιστη παροχή, ενώ η παροχетеυτικότητα του έργου, εφόσον κλίση και διαστάσεις παραμένουν σταθερές, δεν μεταβάλλεται.

Η παροχетеυτικότητα υπολογίζεται από τον τύπο του Manning $Q_c = K \cdot R^{2/3} \cdot p^{1/2} \cdot S$

όπου K : συντελεστής τραχύτητας ($=1/n$) (από την φύση του υλικού)

R : υδραυλική ακτίνα (βρεχόμενη επιφάνεια / βρεχόμενη περίμετρο)

p : η κατά μήκος κλίση του αγωγού

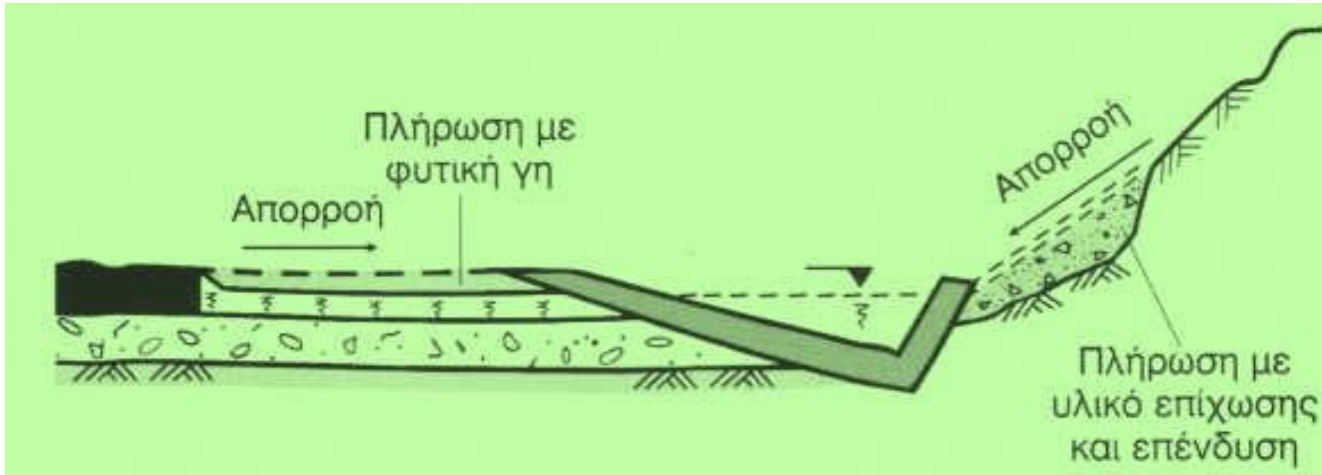
S : το εμβαδόν της βρεχόμενης επιφάνειας της διατομής.

18.7. Σχεδιασμός έργων επιφανειακής αποστράγγισης

- ✓ Ο συντελεστής τραχύτητας K , όταν οι διαστάσεις του αγωγού δίδονται σε μέτρα, παίρνει τιμές $K = 15-25$ για χωμάτινες τάφρους και $K = 55-70$ για τάφρους από σκυρόδεμα.
 - ✓ Ακόμη, σε περιπτώσεις λιθεπένδυσης είναι $K = 20-40$, ενώ σε μεταλλικούς αγωγούς $K = 60-80$.
 - ✓ Στα έργα επιφανειακής αποχέτευσης, η εκτέλεση επένδυσης από σκυρόδεμα ή από λιθοδομή είναι συνάρτηση της σημασίας του οδικού έργου.
 - Η επένδυση όμως είναι απαραίτητη σε ορισμένες περιπτώσεις, και συγκεκριμένα:
 - όταν η κατά μήκος κλίση είναι μικρότερη του 1% οπότε η παροχή διήθησης είναι αυξημένη
 - όταν οι συνθήκες πρέπει να είναι απαγορευτικές για κάθε είδους διείσδυση υδάτων, π.χ. τάφρος ποδός σε πρανές ορύγματος, προστασία υδροφόρου υπόγειου ορίζοντα
 - όταν λόγω έντονης κατά μήκος κλίσης $> 4\%$ η ταχύτητα του ύδατος μπορεί να προκαλέσει διάβρωση.
- Εναλλακτικά στην περίπτωση αυτήν ενδείκνυται μείωση της κλίσης και κατασκευή αναβαθμών.

18.7. Σχεδιασμός έργων επιφανειακής αποστράγγισης

- Σε επίπεδο κατασκευαστικής πρακτικής, τριγωνικές ή τραπεζοειδείς ανοιχτές τάφροι και ρείθρα κατασκευάζονται είτε με παραδοσιακές μεθόδους διάστρωσης σκυροδέματος είτε με ειδικά μηχανήματα συνεχούς λειτουργίας.



Σχήμα 157. Αποκατάσταση λειτουργίας τάφρου

- **Αρμοί είναι απαραίτητοι για τη σωστή συμπεριφορά των κατασκευών, ενώ και ο τελικός έλεγχος της κάθε διατομής και της θέσης των χειλέων της τάφρου ως προς τη στάθμη του εδάφους θα πρέπει συστηματικά να εκτελείται και ανάλογα να επιχειρείται η αποκατάσταση της σωστής λειτουργίας (Σχ. 157).**

18.8. Υπόγεια δίαιτα και γεωκατασκευές οδοποιίας

- ✓ Σκοπός των έργων αποστράγγισης είναι η μέγιστη δυνατή προστασία των οδικών κατασκευών από το νερό. Οι πιθανές θέσεις εισόδου του νερού στα οδοστρώματα και στην υποδομή της οδού όπως οι ανοιχτοί αρμοί, οι ρωγμές συστολής, τα ανεπένδυτα ερείσματα και οι διαπερατές επιφάνειες των πρανών είναι πολλές και η διείδυση των όμβριων δεν μπορεί να προβλεφθεί και καθολικά να αποτραπεί.
- Επειδή κανένας συνήθης τύπος οδοστρώματος δεν μπορεί να διατηρηθεί αδιαπέρατος από το νερό για μεγάλο χρονικό διάστημα, συστήματα αποστράγγισης πρέπει να προβλέπονται τόσο σε εύκαμπτα όσο και σε δύσκαμπτα οδοστρώματα. Ακόμη, όσο περισσότερο διαπερατή είναι η υποδομή της οδού, τόσο περισσότερο απαραίτητες είναι οι διατάξεις αποστράγγισης για κάθε έργο.
- Γενικώς, θεωρείται ότι συστήματα αποστράγγισης πρέπει να προβλέπονται για όλα τα τμήματα οδοστρωμάτων και υποδομής οδών, εκτός αν από τις μελέτες σκοπιμότητας ή αναγνώρισης αποδεικνύεται ότι πληρούνται όλες οι παρακάτω προϋποθέσεις:
 - Δεν υπάρχουν υπόγεια, νερά, ούτε εισροές από πηγές, ενώ οι ετήσιες βροχοπτώσεις έχουν ύψος μικρότερο από 20-25 cm.
 - Οι υποβάσεις και οι στρώσεις έδρασης οδοστρώματος είναι πολύ διαπερατές, έτσι ώστε να μην υπόκεινται σε παγοπληξία, και ο υδροφόρος ορίζοντας ευρίσκεται σε μεγάλο βάθος.
 - Το οδόστρωμα αναμένεται να υποστεί πολύ περιορισμένα αξονικά φορτία κατά τη διάρκεια του χρόνου, όπως σε επαρχιακές οδούς με συνολική ημερήσια βαριά κυκλοφορία μικρότερη από 50 οχήματα.
 - Τα πρανή των ορυγμάτων και επιχωμάτων είναι απόλυτα προστατευμένα από τη διαβρωτική επίδραση των όμβριων υδάτων.

18.8. Υπόγεια δίαιτα και γεωκατασκευές οδοποιίας

- Η ανεπαρκής αποστράγγιση σε μια οδική κατασκευή έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση και παγίδευση υπόγειου νερού στο σώμα της οδού.
- *Το φαινόμενο κινδυνεύει να οδηγήσει σε κακή λειτουργία του οδοστρώματος ή και σε ολική καταστροφή των επιμέρους στοιχείων της οδού (πρανή, ερείσματα).*
- Γενικότερα, οι συνέπειες της ανεπαρκούς αποστράγγισης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στη φθορά και κακή λειτουργία του οδοστρώματος και του καταστρώματος και στη γεωμηχανική αστάθεια των πρανών επιχωμάτων και ορυγμάτων.
- Όταν εύκαμπτα οδοστρώματα υποβάλλονται στη δράση υπόγειου νερού, αναπτύσσονται πιέσεις πόρων μέσα στη βάση και τις στρώσεις της υπόβασης, με συνέπεια τη μείωση της αντοχής του οδοστρώματος και, επακόλουθα, τη μείωση της ικανότητάς του να παραλάβει τα φορτία κυκλοφορίας.

18.8. Υπόγεια δίαιτα και γεωκατασκευές οδοποιίας

- Μια συνήθης αιτία κακής λειτουργίας του οδοστρώματος λόγω ανεπαρκούς υπόγειας αποστράγγισης είναι η δημιουργία παγετού και η παγοπληξία.
- Το φαινόμενο προϋποθέτει αφενός ότι τα υλικά της βάσης και κυρίως της υπόβασης περιέχουν λεπτόκοκκα συστατικά και είναι ευαίσθητα στον παγετό και αφετέρου ότι η ανεπάρκεια διατάξεων αποστράγγισης επιτρέπει σε μια ποσότητα υπόγειου νερού να διηθείται και να εγκλωβίζεται στη δομή του οδοστρώματος.
- Κάτω από αυτές τις συνθήκες, κατά τη διάρκεια της ενεργού περιόδου του παγετού, το υπόγειο νερό θα κινηθεί προς τα πάνω από την τριχοειδή δράση προς την ψυχρή ζώνη και στη συνέχεια θα παγώσει υπό μορφή κρυστάλλων πάγου.
- Η συνεχής άνοδος και διόγκωση των κρυστάλλων πάγου λόγω της τριχοειδούς δράσης του υπόγειου νερού μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική διόγκωση και παραμόρφωση των στρώσεων οδοστρωσίας.
- Αυτό επιφέρει τελικά σοβαρή καταστροφή του οδοστρώματος, ιδιαίτερα εάν επέρχεται και διαφορική ανύψωση λόγω του παγετού.
- Η δράση του παγετού έχει επίσης μια καταστρεπτική επίδραση στη λειτουργία του οδοστρώματος κατά τη διάρκεια της άνοιξης, περιόδου τήξης του πάγου.

18.8. Υπόγεια διαίτα και γεωκατασκευές οδοποιίας

- Κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής, οι κρύσταλλοι που σχηματίζονται στη φάση της ενεργού περιόδου του παγετού, ξεπαγώνουν βαθμιαία από πάνω προς τα κάτω, με συνέπεια τον κορεσμό της δομής της υπόβασης, τη μείωση της αντοχής του οδοστρώματος και επακόλουθες αστοχίες.
- Η διήθηση και η παρουσία νερού στην υποδομή της οδού είναι από τις συχνότερες αιτίες πρόκλησης κατολισθήσεων στα πρανή. Το υπόγειο νερό συμβάλλει στην πρόκληση αστοχιών με τους εξής τρόπους:
 - αυξάνοντας την παραμορφωσιμότητα του εδάφους
 - αυξάνοντας την πίεση του νερού των πόρων, φαινόμενο που οδηγεί σε μείωση των ενεργών τάσεων και κατά συνέπεια σε μείωση της διατμητικής αντοχής
 - δημιουργώντας ένα πλεόνασμα νερού που παγιδεύεται στο έδαφος και, κατά τη διάρκεια σεισμών ή άλλων γεωλογικών μεταβολών, προκαλεί αστοχίες λόγω ρευστοποίησης (liquefaction) σε λεπτόκοκκα ψαθυρά υλικά.

18.9. Κριτήρια σχεδιασμού έργων αποστράγγισης

- Η σωστή λειτουργία των έργων αποστράγγισης εξαρτάται από την πληρότητα και ορθότητα των στοιχείων της μελέτης. Κατά τη σύνταξη της σχετικής μελέτης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλα τα υδρολογικά, γεωλογικά, γεωτεχνικά δεδομένα και οι κατά περίπτωση τοπικές συνθήκες της περιοχής που επηρεάζουν την υπόγεια δίαιτα.
- ✓ Βασικά κριτήρια για την επιλογή του είδους των έργων, τη διαστασιολόγηση τους και, ενδεχομένως, τη διαμόρφωση ενιαίου δικτύου είναι η αρτιότητα των κατασκευών μέσα στον χρόνο, τα στοιχεία κόστους και η περιβαλλοντική συνιστώσα, με έμφαση στα θέματα ρύπανσης και υδροφορίας.
- Η διαδικασία σχεδιασμού των έργων αποστράγγισης αποτελείται από διάφορα στάδια, τα κυριότερα από τα οποία είναι τα εξής:
 - α) Συγκέντρωση και αξιολόγηση των διαθέσιμων στοιχείων (γεωλογικών, υδρολογικών, τεχνικών)
 - β) Επιλογή του απαιτούμενου συστήματος αποστράγγισης και γεωμετρικός σχεδιασμός του αντίστοιχου δικτύου
 - γ) Καθορισμός της παροχής σχεδιασμού του συστήματος αποστράγγισης
 - δ) Βασική επίλυση του προβλήματος. Προσδιορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών των έργων και της πυκνότητας τοποθέτησης των διατάξεων αποστράγγισης
 - ε) Επιλογή του υλικού φίλτρου, γεωυφασμάτων και λοιπών βοηθητικών διατάξεων
 - στ) Αξιολόγηση του σχεδιασμού όσον αφορά την οικονομική δυνατότητα πραγματοποίησης και τη μακροπρόθεσμη απόδοση (μελέτη σκοπιμότητας).

18.10. Στοιχεία υπόγειας υδραυλικής

- Το πρώτο στάδιο της μελέτης υπόγειας αποστράγγισης περιλαμβάνει τη συλλογή των διαθέσιμων στοιχείων. Αυτά είναι:
 - η γεωμετρία της ροής
 - οι ιδιότητες των υλικών των υπεδάφινων σχηματισμών
 - τα υδρολογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά
 - διάφορες πρόσθετες πληροφορίες.
- ✓ Η γεωμετρία της ροής καθορίζεται από τα υπάρχοντα υπόγεια χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία ευρίσκεται η οδός αλλά και από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κατασκευαστικής επέμβασης. Αυτά χρησιμοποιούνται για να εντοπισθούν τυχόν ειδικά προβλήματα υπόγειας αποστράγγισης και να διερευνηθούν οι πλέον αποτελεσματικές και αξιόπιστες λύσεις.
- ✓ Η κύρια ιδιότητα των εδαφικών υλικών στα ζητήματα υπόγειας υδραυλικής είναι η διαπερατότητα, δεδομένου ότι αυτή θα καθορίσει τις εισροές arc σύστημα αποστράγγισης και την πιθανότητα εγκλωβισμού υπόγειου νερού στο υπέδαφος. Σημαντικές είναι επίσης και οι μηχανικές παράμετροι των υλικών και, ιδιαίτερα, η διατμητική αντοχή τους.
- ✓ Τα υδρολογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά καθορίζουν τις ποσότητες κατακρημνίσεων σε συγκεκριμένη χρονική βάση, τις λεκάνες απορροής, τις πηγές υπογείων υδάτων και την πιθανότητα εμφάνισης παγετού.

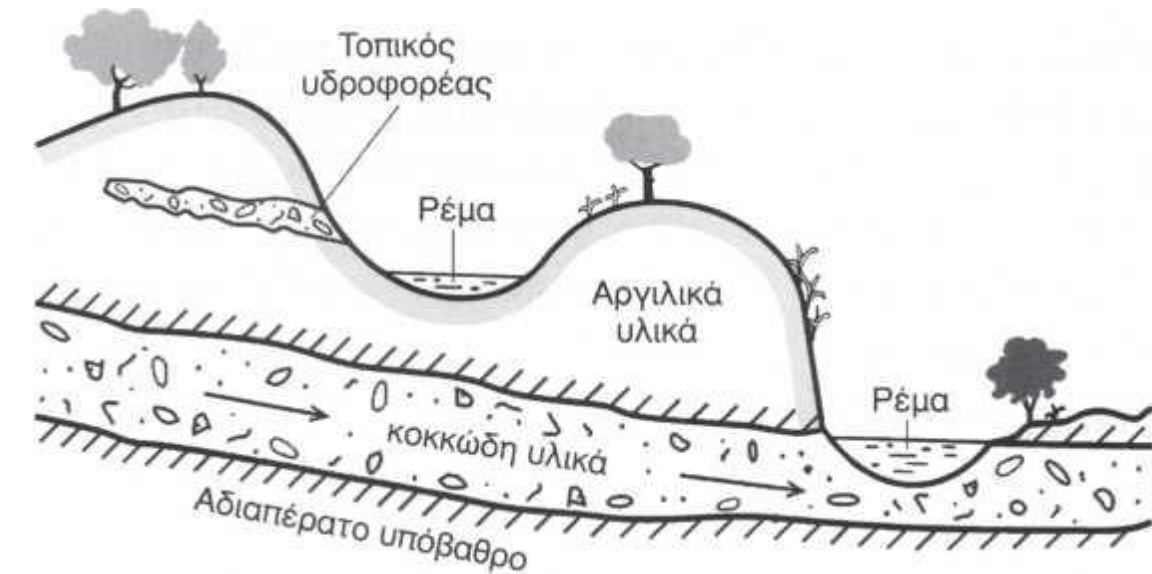
18.10. Στοιχεία υπόγειας υδραυλικής

- ❖ Οι πρόσθετες πληροφορίες περιλαμβάνουν στοιχεία που βοηθούν στο σχεδιάσμά ενός αποτελεσματικού και οικονομικού συστήματος αποστράγγισης, πρόβλεψη οποιοσδήποτε πιθανής επίπτωσης της λειτουργίας του συστήματος σε μελλοντικές κατασκευές και εκτίμηση μελλοντικών δυσκολιών.
- ✓ Στο δεύτερο στάδιο της μελέτης αποστράγγισης γίνεται η επιλογή του δικτύου αποστράγγισης και εν συνεχεία ο καθορισμός της παροχής σχεδιασμού του συστήματος αποστράγγισης. Στην παροχή αυτήν προσμετρώνται:
 - το νερό της διήθησης q_i
 - το νερό των υπογείων σχηματισμών q_2
 - το νερό λόγω παγετού q_m , κυρίως σε στρώσεις έδρασης οδοστρωμάτων
 - η κατακόρυφη εκροή προς κατώτερα στρώματα του υπεδάφους q_v .
 - Η εκτίμηση της παροχής μιας υπόγειας δίκαιτας είναι ένα δύσκολο εγχείρημα και απαιτεί συνυπολογισμό διαφόρων παραγόντων. Στη γενική του μορφή, το πρόβλημα της εκτίμησης της παροχής σχεδιασμού επιλύεται όταν είναι γνωστές όλες οι ως άνω επιμέρους παροχές:
 - $Q_0 = q_i + q_g + q_m - q_v$
 - Αν και θεωρητικώς το ζήτημα του υπολογισμού της παροχής σχεδιασμού φαίνεται προσεγγίσιμο, στην πραγματικότητα οι αστάθμητοι παράγοντες είναι τόσο πολλοί που δύσκολα μπορεί να εκτιμηθεί με σχετική ακρίβεια η παροχή Q_0 :

18.10. Στοιχεία υπόγειας υδραυλικής

- Συχνά, ο μελετητής είναι υποχρεωμένος να καταφύγει σε παραδοχές και προσεγγίσεις για την εκτίμηση της παροχής σχεδιασμού Q_0 ή να ανατρέξει σε εμπειρικά δεδομένα. Το βέβαιο είναι ότι η παροχή αυτή θα πρέπει να εκτιμηθεί λαμβάνοντας υπόψη τα δυσμενέστερα υδρολογικά στοιχεία για συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς, υπό πλήρη λειτουργία των διαφόρων τεχνικών έργων.

- Το υπόγειο νερό συναντάται σε διάφορες θέσεις ενός φυσικού ανάγλυφου (Σχ. 158), ενώ τα θέματα υδροφορίας και παροχής εξαρτώνται από τη φύση των σχηματισμών και από υδρολογικά δεδομένα της περιοχής. Τα ασβεστολιθικά πετρώματα αποτελούν συνήθεις υδροφορείς, ενώ κρυσταλλικά πυριγενή και μεταμορφωσιγενή πετρώματα σπανίως κατακρατούν υπόγειο νερό. Άργιλος και αργιλικά υλικά μικρής διαπερατότητας παίζουν ρόλο περιβλήματος στο εσωτερικό του οποίου μπορεί να αναπτυχθεί υπόγεια δίαιτα. Μια πλήρης γεωλογική-γεωτεχνική έρευνα είναι απαραίτητη για την καταγραφή της στάθμης και των αυξομειώσεων της υπόγειας δίαιτας.



Σχήμα 158. Υπόγειες ροές.

18.11. Έργα υπεδάφιας αποστράγγισης

- ❖ Ονομάζονται έργα υπεδάφιας (υπόγειας) αποστράγγισης (subsurface or subsoil drainage) ή απλώς έργα αποστράγγισης εκείνα που στόχο έχουν την απομάκρυνση των υπογείων υδάτων από το έδαφος έδρασης και την υποδομή της οδού.
- Ανάλογα με τη θέση τους στο έργο οδοποιίας και την επιμέρους δομή την οποία καλούνται να αποστραγγίσουν τα έργα αυτά χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες.
- Υπάρχουν, ωστόσο, και έργα αποστράγγισης γενικής φύσεως που έχουν εφαρμογή σε όλες τις επιμέρους γεωκατασκευές οδοποιίας. Στον Πίνακα 63 παρουσιάζονται τα κυριότερα έργα υπεδάφιας αποστράγγισης και τα αντίστοιχα πεδία εφαρμογής.
- Αγωγοί στραγγιστηρίων (collectors) τοποθετούνται σε όλες τις κεντρικές νησίδες αυτοκινητοδρόμων που είναι διαμορφωμένες με φυτικές γαίες και κάτω από τα ερείσματα στις διατομές, σε όρυγμα ή στην επιφάνεια του φυσικού εδάφους.
- Τα γραμμικά στραγγιστήρια (underdrains) τοποθετούνται σε κατάλληλο βάθος κάτω από την έδραση της στρώσης στράγγισης οδοστρώματος, ώστε να εξασφαλίζεται η λειτουργία της στράγγισης και εκφορτίζονται σε κατάλληλες θέσεις σε μεγαλύτερους ή σε φυσικούς αποδέκτες (π.χ. αγωγό όμβριων).
- Σύμφωνα με τις Ελληνικές προδιαγραφές ΠΤΠ Τ-110, τα έργα αποστράγγισης στην οδοποιία μελετώνται και κατασκευάζονται για διάρκεια λειτουργίας 50 ετών.

18.11. Έργα υπεδάφιας αποστράγγισης

Πίνακας 63. Πεδίο εφαρμογής έργων αποστράγγισης

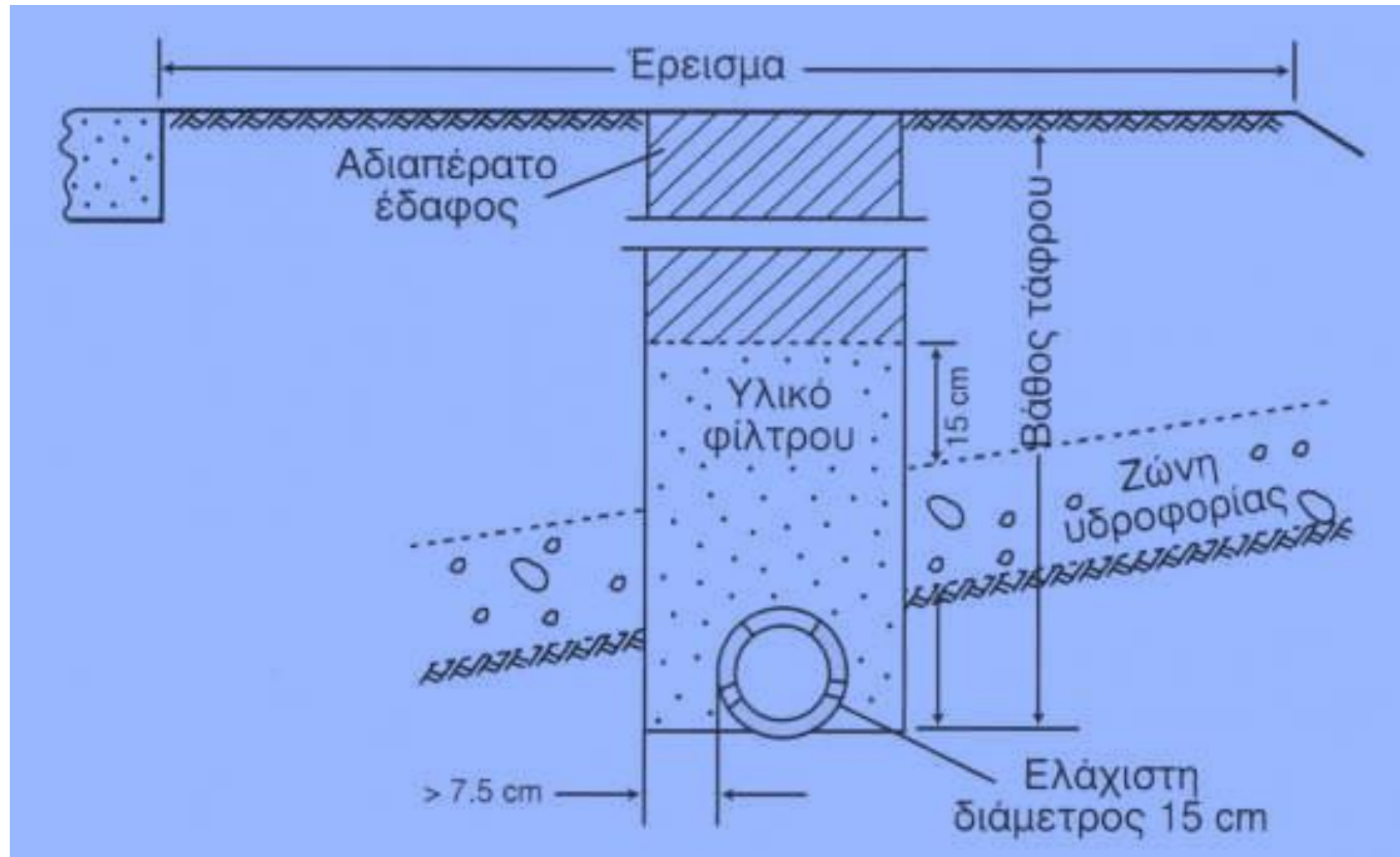
Έργα αποστράγγισης	Διατομή σε όρυγμα			Διατομή σε επίχωμα		
	Οδόστρωμα	Σκάφη	Πρανή	Οδόστρωμα	Επίχωμα	Υπέδαφος
Γραμμικά στραγγιστήρια	**	**	—	*	—	—
Αποστραγγιστικές τάφροι	—	*	—	*	—	*
Στραγγιστικές στρώσεις	**	—	—	*	**	—
Στραγγιστικές κλίνες	—	*	—	—	—	**
Υπο-οριζόντια στραγγιστήρια	—	—	**	—	*	—
Κατακόρυφοι σωλήνες αποστράγγισης	—	—	—	—	—	**
Πλαστικά στραγγιστήρια	**	—	—	*	—	**
Φίλτρα πρανούς	—	—	**	—	**	—
Σήραγγες αποστράγγισης	—	—	**	—	—	—
Φρεάτια εκτόνωσης	—	*	*	—	—	**
Φρεάτια διήθησης	—	—	*	—	—	**

18.11. Έργα υπεδάφιας αποστράγγισης

- ✓ Στους αυτοκινητοδρόμους κατασκευάζονται έργα αποστράγγισης (στρώση στράγγισης οδοστρώματος και γραμμικά στραγγιστήρια) ακόμη και στις περιπτώσεις που δεν ανιχνεύεται υψηλός υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας, ενώ στα υπόλοιπα οδικά έργα και κλάδους κόμβων, έργα αποστράγγισης κατασκευάζονται μόνο στις περιπτώσεις υψηλού υδροφόρου υπόγειου ορίζοντα (Σχ. 159).
- Κατ' εξαίρεση σε τμήματα έργων για τα οποία έχει γίνει πλήρης εδαφοτεχνική διερεύνηση από την οποία αποδεικνύεται ότι η τελική στρώση των χωματουργικών αποτελείται από χονδρόκοκκο έδαφος, και εφόσον δεν παρουσιάζεται υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας, είναι δυνατό να μην κατασκευάζονται έργα υπεδάφιας αποστράγγισης σε κύριες οδικές αρτηρίες.
- ✓ Σε περιπτώσεις στις οποίες απαιτείται προστασία από τον παγετό, το βάθος διείσδυσης του παγετού θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον σχεδιασμό της στάθμης στην οποία θα διαμορφώνεται ο πυθμένας της στρώσης στράγγισης οδοστρώματος.
- ✓ Η στρώση στράγγισης οδοστρώματος συμμετέχει στη λειτουργία του οδοστρώματος και εξασφαλίζει την καλή συμπεριφορά αυτού έναντι παραμορφώσεων.
- Η κατασκευή της είναι απαραίτητη σε διατομές οδών σε όρυγμα, ιδιαίτερα όταν ο υδροφόρος ορίζοντας ευρίσκεται σε στάθμη υψηλότερη της ερυθρός, αλλά και σε επιχώματα που κατασκευάζονται από συνεκτικά υλικά.
- Στις περιπτώσεις αυτές μια στρώση στράγγισης (επιχώματος) μπορεί να παρεμβάλλεται μεταξύ περισσότερων στρώσεων εδαφικών υλικών, π.χ. μια στρώση ανά 2 μέτρα ύψους επιχώματος.

18.11. Έργα υπεδάφιας αποστράγγισης

Σχήμα 159. Διατάξεις αποστράγγισης στα άκρα της οδού.



18.12. Γραμμικά στραγγιστήρια φίλτρου

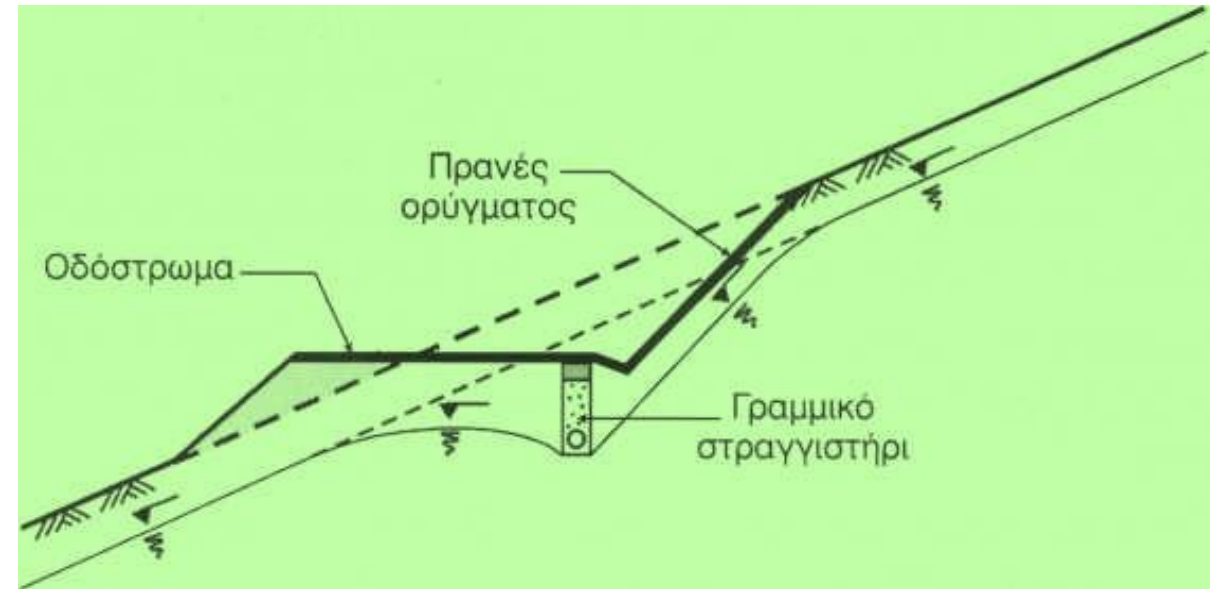
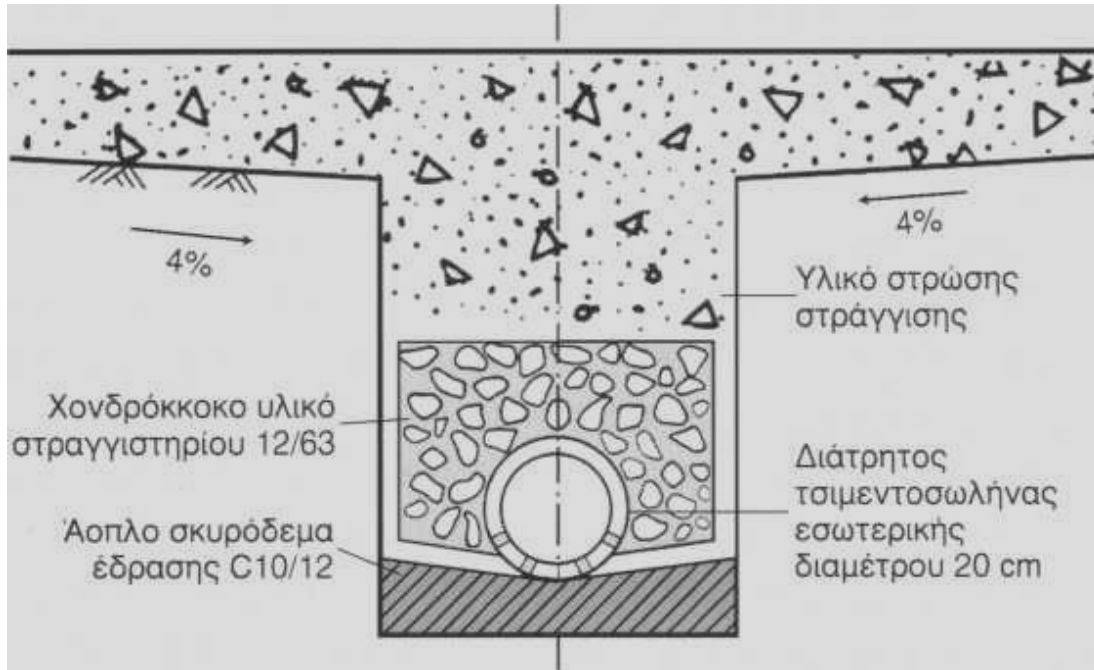
- Τα γραμμικά στραγγιστήρια φίλτρου ή απλώς γραμμικά στραγγιστήρια (underdrains) αποτελούνται από αγωγούς αποστράγγισης εγκιβωτισμένους μέσα σε κοκκώδες υλικό φίλτρου και για τον λόγο αυτόν ονομάζονται και σωληνωτά στραγγιστήρια .
- Γενικά για αγωγούς αποστράγγισης χρησιμοποιούνται σωλήνες από πορώδες σκυρόδεμα, διάτρητοι πρεσσαριστοί σωλήνες στραγγιστηρίων από σκυρόδεμα ελάχιστης κατηγορίας C16/20 ή σωλήνες από πλαστικό PVC.
- Σε περίπτωση όπου υπάρχει κίνδυνος εναπόθεσης υλικών στις παρειές του σωλήνα είναι σκοπιμότερη η χρήση σωλήνων με λείες παρειές.
- Οι σωλήνες αποστράγγισης είτε περιβάλλονται εξ ολοκλήρου από υλικό φίλτρου, είτε σε περίπτωση που περιβάλλονται μερικώς από φίλτρο, πρέπει να τοποθετούνται πάνω σε στεγανωτικές ταινίες από πλαστική μεμβράνη για να εμποδιστεί η διείσδυση ιλύος από το περιβάλλον έδαφος.
- Διάτρητοι σωλήνες αποστράγγισης από σκυρόδεμα με κυκλική διατομή, περιβάλλονται με πολυβάθμιο φίλτρο.
- Το φίλτρο αυτό αποτελείται από στρώσεις μη διαβαθμισμένων θραυστών αδρανών λατομείου, διαμέτρου 12-63 mm, ή από κροκάλες ποταμού ή χειμάρρου, ιδίων διαστάσεων, εγκιβωτισμένες με γεωύφασμα.

18.12. Γραμμικά στραγγιστήρια φίλτρου

- Εάν δεν επιτρέπεται να κατεισδύει στο υπέδαφος (π.χ. περίπτωση πρανούς ορύγματος) το νερό που συλλέγεται σε ένα γραμμικό στραγγιστήρι, τότε είναι σκόπιμο ο πυθμένας του γραμμικού στραγγιστηριού να στεγανοποιείται με στεγανωτική ταινία από πλαστική μεμβράνη, η οποία να φθάνει σε κατάλληλο ύψος των τοιχωμάτων της τάφρου, όσο είναι αναγκαίο από τις τοπικές συνθήκες.
- Επιπλέον, τα γραμμικά στραγγιστήρια πρέπει, στην ανώτερη περιοχή τους να καλύπτονται από μια στρώση πάχους 20 cm από συνεκτικό γαιώδες υλικό, για να εμποδιστεί η διείσδυση όμβριων.
- Η ελάχιστη διάμετρος του αγωγού του στραγγιστηριού είναι 20 cm (Σχ. 160).
- Γενικώς, η επιλογή διαστάσεων αγωγού, πλευρικών περιθωρίων, διαστάσεων σκάμματος αποτελεί αντικείμενο σχεδιασμού .
- Κατά την τοποθέτηση των σωληνωτών αγωγών αποστράγγισης σε μεγάλο βάθος πρέπει να ελέγχεται η ικανότητά τους να αναλάβουν τα φορτία επίχωσης.
- Σε περίπτωση που συγκεντρώνεται στο γραμμικό στραγγιστήρι νερό που περιέχει ρύπους ή τοξικές ουσίες πρέπει να γίνεται έρευνα για την ικανότητα των σωλήνων από σκυρόδεμα σε χημική προσβολή.
- Τα γραμμικά στραγγιστήρια θα πρέπει να μπορούν να επιτηρούνται και να συντηρούνται, γι' αυτό είναι αναγκαία η παρεμβολή φρεατίων ελέγχου.

18.12. Γραμμικά στραγγιστήρια φίλτρου

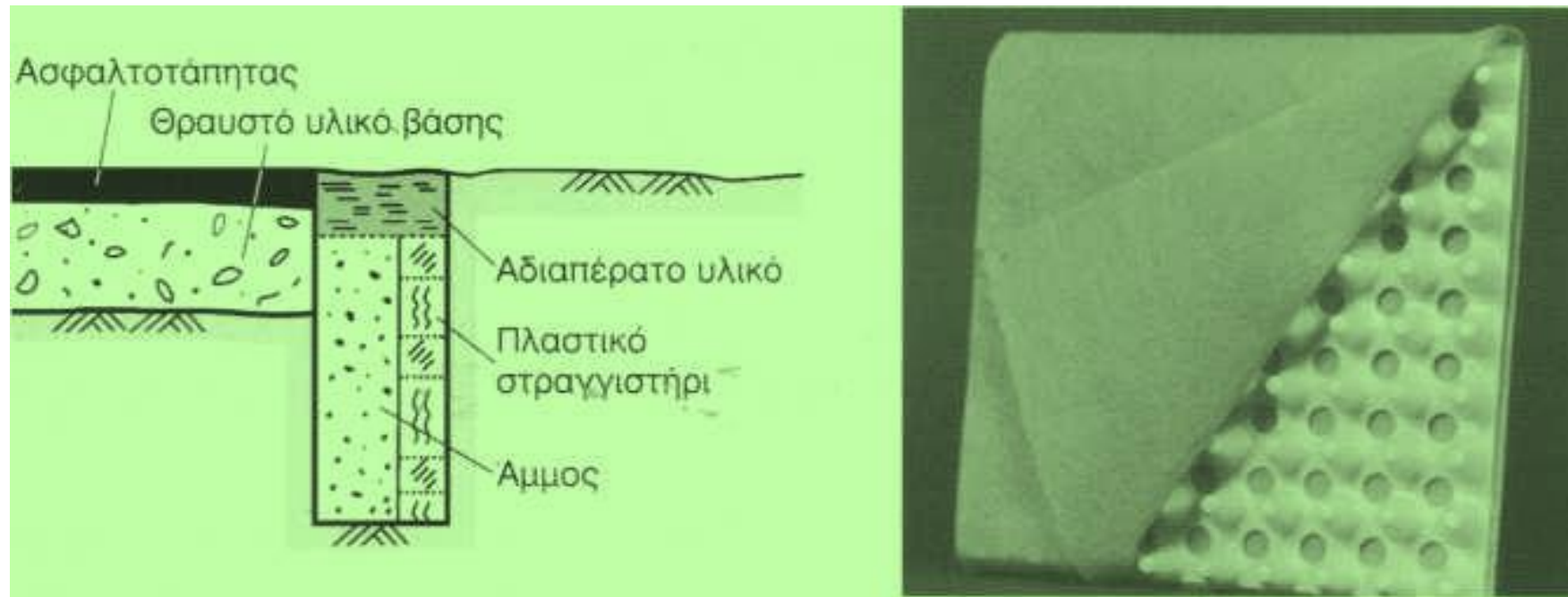
Σχήμα 160. Τυπική διατομή στραγγιστηριού - Σκυρόδεμα έδρασης κατηγορίας C10/12.



Σχήμα 161. Τοποθέτηση γραμμικών στραγγιστήριων στο σώμα της οδού

18.13. Γραμμικά πλαστικά στραγγιστήρια

- Το γραμμικό πλαστικό στραγγιστήριο (pre-fabricated edge drain, strip drain) αποτελεί μια από τις ποικιλίες των προκατασκευασμένων γεωσυνθετικών στραγγιστηρίων.
- Συντίθεται από δύο γεωυφάσματα, κατάλληλης διαπερατότητας, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται ο πυρήνας, μια διαπερατή μάζα πλαστικών ινών, ή επιμήκων πλαστικών πωμάτων, ή άλλων διαπερατών υλικών με επαρκή παροχетеυτική ικανότητα.
- Το πάχος του γεωσυνθετικού υλικού είναι 2-5 cm, το πλάτος από 25 έως 90 cm και η διαπερατότητά του της τάξεως των 20 cm/sec. Τα γραμμικά πλαστικά στραγγιστήρια εξυπηρετούν τον ίδιο σκοπό με τα συνήθη γραμμικά στραγγιστήρια (Σχ. 162).



Σχήμα 162. Τομή πλαστικού στραγγιστηριού.

18.13. Γραμμικά πλαστικά στραγγιστήρια

- Ο σωληνωτός αγωγός, που τοποθετείται στο άκρο του πλαστικού στραγγιστηριού και παραλαμβάνει τα στραγγίσματα για να τα οδηγήσει σε φρεάτια ή υδατορέματα, έχει διάμετρο 10-15 cm. Το γραμμικό πλαστικό στραγγιστήρι ξεκινά, όπως και το γραμμικό στραγγιστήρι φίλτρου, περίπου από τη διεπιφάνεια βάσης/υπόβασης ή και από ακόμη ψηλότερα και εκτείνεται σε βάθος τουλάχιστον 60 cm. Στην περίπτωση κατασκευής εξυγιαντικής στρώσης και χρήσης πλαστικού στραγγιστηριού άνευ αγωγού, το πλαστικό στραγγιστήρι εκτείνεται σε βάθος τουλάχιστον 10 cm από την κατώτατη επιφάνεια της εξυγιαντικής στρώσης.
- Για την τοποθέτηση των πλαστικών στραγγιστηρίων διανοίγεται σκάμμα πλάτους 10-20 cm. Η διαμήκης κλίση του στραγγιστηριού είναι ίδια με τη διαμήκη κλίση της οδού και όχι μικρότερη του 1%. Το προκατασκευασμένο υλικό τοποθετείται κατακόρυφα και εφαιπτόμενο της μιας εκ των δύο πλευρών του σκάμματος, συνήθως της πλησιέστερης στο οδόστρωμα. Γίνεται προσωρινή στερέωση του στραγγιστηριού και επαναπλήρωση του σκάμματος.
- Τα πλαστικά στραγγιστήρια υπερτερούν έναντι των στραγγιστηρίων φίλτρου διότι:
 - Το πλάτος του σκάμματος που διανοίγεται είναι κατά πολύ μικρότερο, κυρίως στην περίπτωση που χρησιμοποιείται προκατασκευασμένο υλικό χωρίς σωληνωτό αγωγό.
 - Η ταχύτητα κατασκευής είναι αισθητά μεγαλύτερη.
 - Η απομάκρυνση του ύδατος είναι ταχύτερη.
 - Λειτουργεί αποτελεσματικά για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, σε σύγκριση με τα γραμμικά στραγγιστήρια φίλτρου που δεν περιβάλλονται από προστατευτικό γεωύφασμα.

18.13. Γραμμικά πλαστικά στραγγιστήρια

- Όταν η στάθμη των χωματουργικών είναι σε όρυγμα ή στην επιφάνεια του φυσικού εδάφους, χρησιμοποιούνται γραμμικά στραγγιστήρια φίλτρου ευρείας διατομής, εφόσον και τα επιφανειακά νερά από τα ερείσματα της οδού αποστραγγίζονται στο στραγγιστήρι.
- Διαφορετικά, εάν δηλαδή τα επιφανειακά νερά από τα ερείσματα της οδού αποστραγγίζονται σε ανοιχτή επενδυμένη τάφρο, χρησιμοποιούνται γραμμικά στραγγιστήρια φίλτρου στενής διατομής ή πλαστικά στραγγιστήρια.
- Σε περίπτωση που υπάρχει μονοκλινής διαμόρφωση της επιφάνειας του οδοστρώματος, χρησιμοποιούνται πλαστικά στραγγιστήρια ή στραγγιστήρια φίλτρου στενής διατομής αλλά αυτά τοποθετούνται μόνο στο ένα άκρο της οδού, το χαμηλότερο.

18.13. Γραμμικά πλαστικά στραγγιστήρια

- Στα κύρια οδικά δίκτυα, όταν η οδός είναι σε μικτή διατομή, γραμμικά στραγγιστήρια κατασκευάζονται κατά κανόνα και στα δύο άκρα της οδού (Σχ. 163).



Από την πλευρά της εκσκαφής, ισχύουν όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για την περίπτωση που η στάθμη των χωματοργικών είναι σε όρυγμα.

Από την πλευρά του επιχώματος, το γραμμικό στραγγιστήρι είναι δυνατό να μην τοποθετηθεί μόνο στην περίπτωση που υπάρχει μονοκλινής διατομή της οδού προς τη μεριά της νησίδας ή του ορύγματος και το πλάτος του ερείσματος είναι μικρότερο από 2 m.

Σχήμα 163· Αποστράγγιση με ανοικτή τάφρο και γραμμικό πλαστικό στραγγιστήρι.

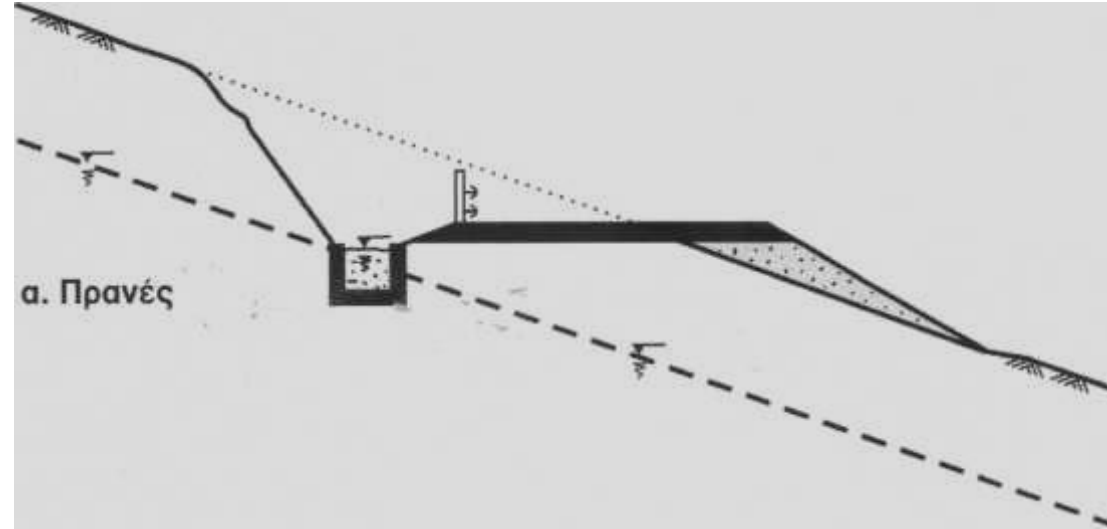
- Διαφορετικά, κατασκευάζεται και στην πλευρά του επιχώματος γραμμικό στραγγιστήρι, είτε πλαστικό είτε φίλτρου στενής διατομής.

18.14. Τάφροι αποστράγγισης

- Για τη συλλογή και απομάκρυνση του νερού από μια στρώση στράγγισης οδοστρώματος ή από μια στρώση στράγγισης χωματουργικών, μπορεί να κατασκευαστεί μια ανοικτή τάφρος αποστράγγισης, αντί για την κατασκευή αγωγού αποστράγγισης.
- Αυτή η λύση εφαρμόζεται σε περιπτώσεις μεγάλων ποσοτήτων νερού ή όταν η κατασκευή της τάφρου είναι τεχνικά και οικονομικά περισσότερο πρόσφορη.
- Η τάφρος αποστράγγισης, παράλληλα με την αποστράγγιση, χρησιμεύει και για τη συλλογή και απομάκρυνση επιφανειακών υδάτων από τα πρανή της γεωκατασκευής. Έχει κατά κανόνα ορθογωνική διατομή και τα τοιχώματά της κατασκευάζονται από πορώδες ή διάτρητο σκυρόδεμα. Σε περίπτωση υψηλού υπόγειου ορίζοντα θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα εξασφάλισης της σταθερότητας του πυθμένα της τάφρου από την άνωση, με πλάκες σκυροδέματος, ή σκύρα. Αντίστοιχα, σε περίπτωση απλής μη επενδεδυμένης τάφρου θα πρέπει να εμποδίζεται η διείσδυση κόκκων από την περιβάλλουσα τη διατομή της τάφρου στρώση φίλτρου με χρήση κατάλληλου γεωυφάσματος.
- Η κατασκευή της, ειδικά σε θέσεις πρανών ορυγμάτων θα πρέπει να συνδυάζεται και με τοποθέτηση διατάξεων ασφαλείας (Σχ. 164α).
- Επειδή στη σύγχρονη ορολογία, πολλές φορές τα γραμμικά στραγγιστήρια ονομάζονται και τάφροι αποστράγγισης, σκόπιμο είναι η διάκριση να γίνεται με τρόπο σαφή, π.χ. “υπόγειο γραμμικό στραγγιστήρι”, “ανοικτή τάφρος αποστράγγισης”.

18.14. Τάφροι αποστράγγισης

Δυο τύποι αποστραγγιστικών τάφρων



18.15. Φλέβες αποστράγγισης

- Οι φλέβες αποστράγγισης είναι υπόγεια έργα απαγωγής μικρών ποσοτήτων ύδατος που διαμορφώνονται ανάλογα προς τις αποστραγγιστικές τάφρους.
- Έχουν ελάχιστη κατά μήκος κλίση 1% και το υλικό πλήρωσής τους ανταποκρίνεται στους κανόνες των φίλτρων.
- Χρησιμοποιούνται όταν η οδός διέρχεται πάνω από υπόγειο ορίζοντα υπό αρτεσιανή πίεση.
- Ο ρόλος τους είναι να οδηγούν τα υπόγεια νερά μέσω του αδιαπέρατου υπεδάφους προς έναν επιφανειακό αποδέκτη απορροής.

18.16. Οριζόντια στραγγιστήρια

- Τα οριζόντια στραγγιστήρια, ή υποοριζόντια στραγγιστήρια, αποτελούνται από μικρής διαμέτρου, διάτρητους αγωγούς που τοποθετούνται σχεδόν οριζόντια μέσα στα πρανή. Η τοποθέτηση γίνεται μέσω διάνοιξης (αποστραγγιστικών) οπών δια περιστροφικών ή κρουστικών τρυπανιών αλλά και γεωτρύπανων. Χρησιμοποιούνται για την εκτόνωση της πίεσης του νερού των πόρων των πρανών (Εικ. 68). Το υπόγειο νερό συγκεντρώνεται από τους αγωγούς και στη συνέχεια διοχετεύεται σε ανοιχτές επενδεδυμένες τάφρους στο μέτωπο του πρανού ή στα γραμμικά στραγγιστήρια της οδού.



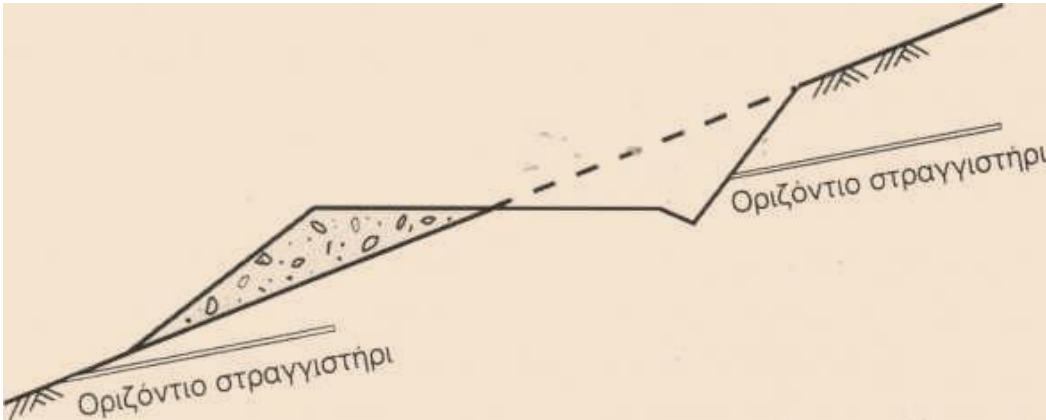
Εικόνα 68. Πρανές ορύγματος με υπο-οριζόντια στραγγιστήρια.

18.16. Οριζόντια στραγγιστήρια

- Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται ως οριζόντια στραγγιστήρια είναι συνήθως διάτρητοι μεταλλικοί σωλήνες ή σωλήνες από PVC διαμέτρου 50 έως 100 mm με εγκοπές για να επιτρέπουν την ελεύθερη ροή του νερού μέσα στους σωλήνες. Συχνά καλύπτονται περιμετρικά με κατάλληλο γεώφασμα.

- Τα οριζόντια στραγγιστήρια τοποθετούνται κυρίως σε πρανή ορυγμάτων αλλά και σε φυσικά πρανή στα οποία εδράζονται οδικά επιχώματα (Σχ. 165) θα πρέπει οπωσδήποτε να αποτελούν μέρος του αρχικού σχεδιασμού αποστράγγισης επειδή η κατασκευή τους (διάτρηση) είναι δυνατή μόνον όταν το επίπεδο εργασίας είναι στο αντίστοιχο ύψος, ενώ όταν η εκσκαφή προχωρήσει, η διάτρηση είναι κατασκευαστικά δύσκολη.

- Έχουν ευεργετική δράση, όταν στη μάζα του πρανούς υπάρχει “εγκιβωτισμένος” μεταξύ αδιαπέρατων στρωμάτων κάποιος υδροφόρος σχηματισμός, πιθανόν υπό πίεση. Αντίθετα, όταν συναντάται ενιαίος, πρακτικώς αδιαπέρατος σχηματισμός, ο οποίος ευρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού η βελτιωτική λειτουργία των υπο-οριζόντιων στραγγιστηρίων είναι περιορισμένη.



Σχήμα 165. Υπο-οριζόντια στραγγιστήρια σε μικτή διατομή

18.17. Φρεάτια διήθησης

- Χρησιμοποιούνται ως αποδέκτες τάφρων και αγωγών αποστράγγισης και ο ρόλος τους είναι να οδηγήσουν τα νερά προς μια κατώτερη διαπερατή στρώση. Κατασκευάζονται συνήθως με κυκλικές διατομές $d > 1 \text{ m}$ από σκυρόδεμα και είναι επισκέψιμα για να είναι δυνατός ο καθαρισμός των στρώσεων διήθησης.
- Στη βάση του φρεατίου τοποθετείται το υλικό φίλτρου δια μέσου του οποίου εξασφαλίζεται η διήθηση προς το διαπερατό υπέδαφος, ενώ επ' αυτού τοποθετείται προστατευτικό στρώμα σκύρων πάχους 30 cm.
- Ανάλογα με την κλίση του αγωγού που απολήγει στο φρεάτιο και την ταχύτητα ροής εντός του φρεατίου είναι δυνατό να τοποθετηθεί και μια πλάκα πρόσκρουσης του ύδατος για προστασία των σκύρων και του φίλτρου.
- Η εφαρμογή των φρεατίων διήθησης ενδείκνυται μόνο σε περιπτώσεις όπου το πάχος του αδιαπέρατου επιφανειακού υλικού είναι μικρό και οι ποσότητες νερού μεγάλες.
- Σε αντίθετη περίπτωση, κατασκευάζονται απορροφητικά διατρήματα, αμμοστραγγιστήρες ή σωλήνες αποστράγγισης που οδηγούν τα επιφανειακά νερά στα βαθύτερα διαπερατά στρώματα του υπεδάφους.

18.18. Κατακόρυφα πηγάδια

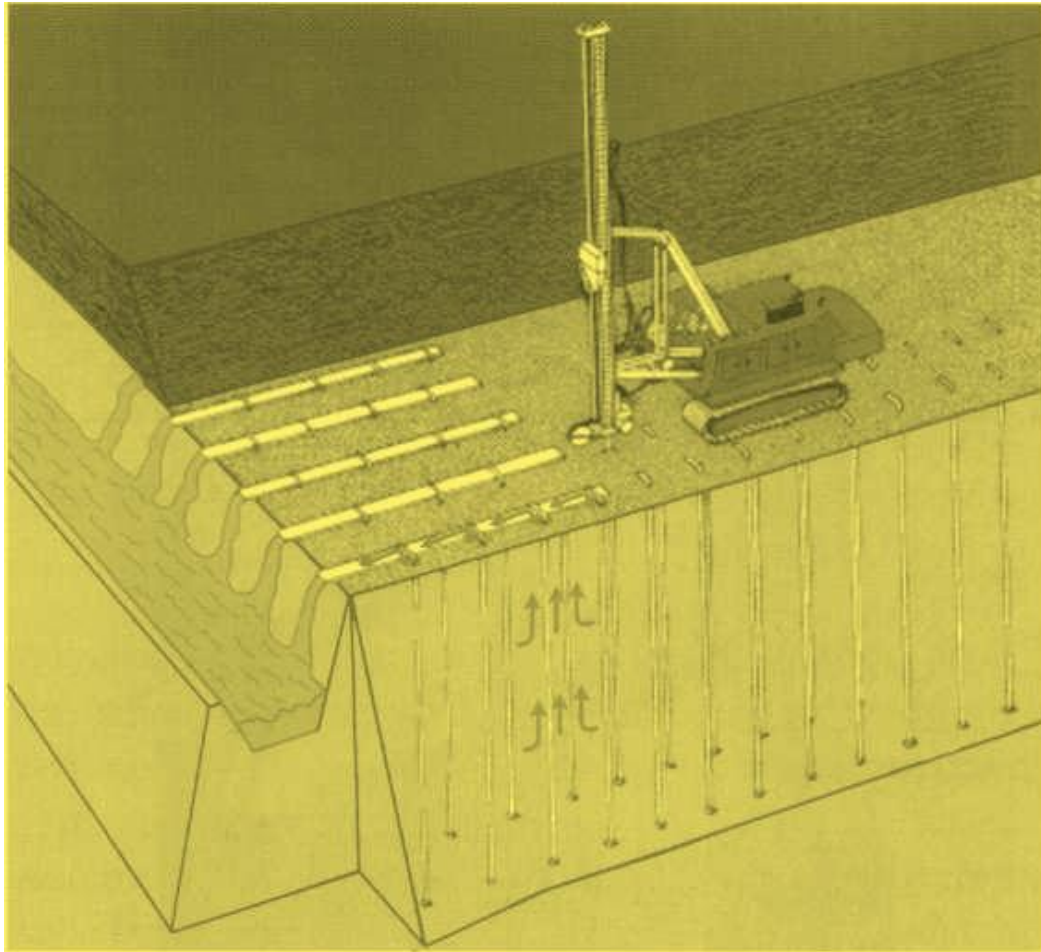
- Τα κατακόρυφα πηγάδια όπως και τα οριζόντια στραγγιστήρια σκοπό έχουν να βελτιώσουν την ευστάθεια του πρανούς και να ελαττώσουν τη ροή του ύδατος από τα πρανή στο σώμα του οδοστρώματος.
- Αποτελούν μια δαπανηρή και κατασκευαστικά δυσχερή τεχνική που χρησιμοποιείται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις.

18.19. Κατακόρυφα πλαστικά στραγγιστήρια

- Η τεχνική των κατακόρυφων πλαστικών στραγγιστηρίων (wick drains) αποτελεί εξέλιξη των κατακόρυφων πηγαδιών και γνωρίζει ευρεία εφαρμογή τα τελευταία χρόνια παρουσιάζοντας σημαντικά πλεονεκτήματα.
- Ο τρόπος κατασκευής τους είναι παρόμοιος με αυτόν των γραμμικών στραγγιστηρίων, αποτελούνται δηλαδή, από δύο γεωυφάσματα, κατάλληλης διαπερατότητας, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται διαπερατή μάζα πλαστικών ινών, ή άλλων υλικών, με τη διαφορά ότι κατά την εφαρμογή τους τοποθετούνται στην κατακόρυφη έννοια.
- Τοποθετούνται στο υπέδαφος πολύ εύκολα με εντελώς αυτοματοποιημένες εργασίες.
- Το διατρητικό μηχάνημα ανοίγει κατακόρυφο πηγάδι μικρής συνήθως διαμέτρου, ανάλογα με τη διάμετρο του στραγγιστηριού και την αναμενόμενη παροχή (ενδεικτική διάμετρος = 40 cm), ενώ ταυτόχρονα τοποθετείται το πλαστικό στραγγιστήρι, μέχρι το απαιτούμενο βάθος. Στη συνέχεια ο κατακόρυφος βραχίονας του μηχανήματος ανυψώνεται και υποχωρεί και το κενό που αφήνει πληρώνεται με χονδρόκοκκο υλικό που έχει χαρακτηριστικά φίλτρου.
- Είναι προφανές, πως η ταχύτητα και η ευκολία εφαρμογής είναι πολύ μεγάλη και για τον λόγο αυτόν η τεχνική χρησιμοποιείται συχνά σε σημαντικά έργα οδοποιίας.
- Τα κατακόρυφα στραγγιστήρια εφαρμόζονται σε περιοχές με σταθερά ή εποχιακά υψηλό ορίζοντα σε συμπιεστά εδάφη όπου πρόκειται να περάσει οδός με επίχωμα.
- Στις περιπτώσεις αυτές τα στραγγιστήρια που τοποθετούνται στο υπέδαφος βοηθούν την εκτόνωση των υπερπίεσεων ύδατος πόρων και επιταχύνουν τη στερεοποίηση.

18.19. Κατακόρυφα πλαστικά στραγγιστήρια

Εικόνα 69. Διάταξη κατακόρυφων στραγγιστήριων.

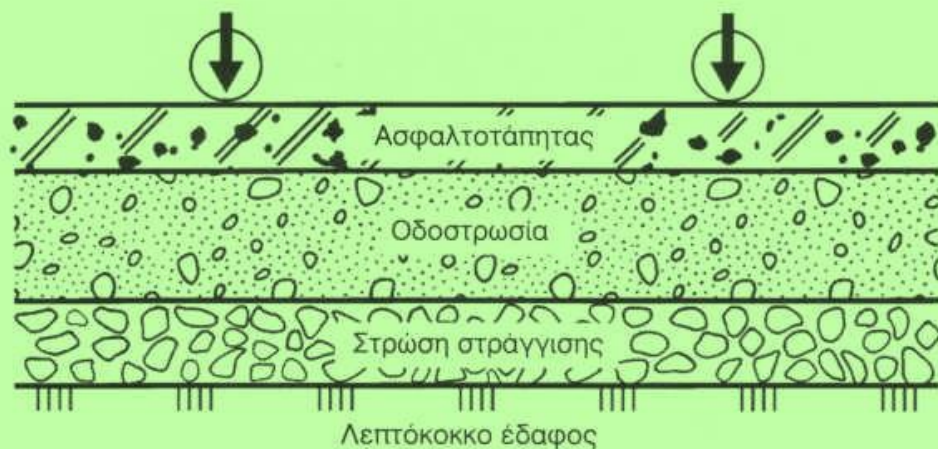


Εικόνα 70. Διάτρηση οπής στραγγιστηριού.



8.20. Στρώσεις Στράγγισης Οδοστρώματος (Σ.Σ.Ο.)

- Η στρώση στράγγισης οδοστρώματος παίζει ένα διπλό ρόλο στη λειτουργία της επιδομής της οδού. Αφενός, εμποδίζει την τριχοειδή ανύψωση υπόγειου νερού αλλά και τη διείσδυση πλευρικής ροής στις στρώσεις οδοστρωσίας. Αφετέρου, διευκολύνει την απομάκρυνση νερού διήθησης από το οδόστρωμα. Η στρώση στράγγισης οδοστρώματος κατασκευάζεται κάτω από την υπόβαση και διαμορφώνεται με ελάχιστη εγκάρσια κλίση πυθμένα 4%. Μέσω της στρώσης στράγγισης απομακρύνονται τα νερά και οδηγούνται στα γραμμικά στραγγιστήρια ή στα πρανή των επιχωμάτων.

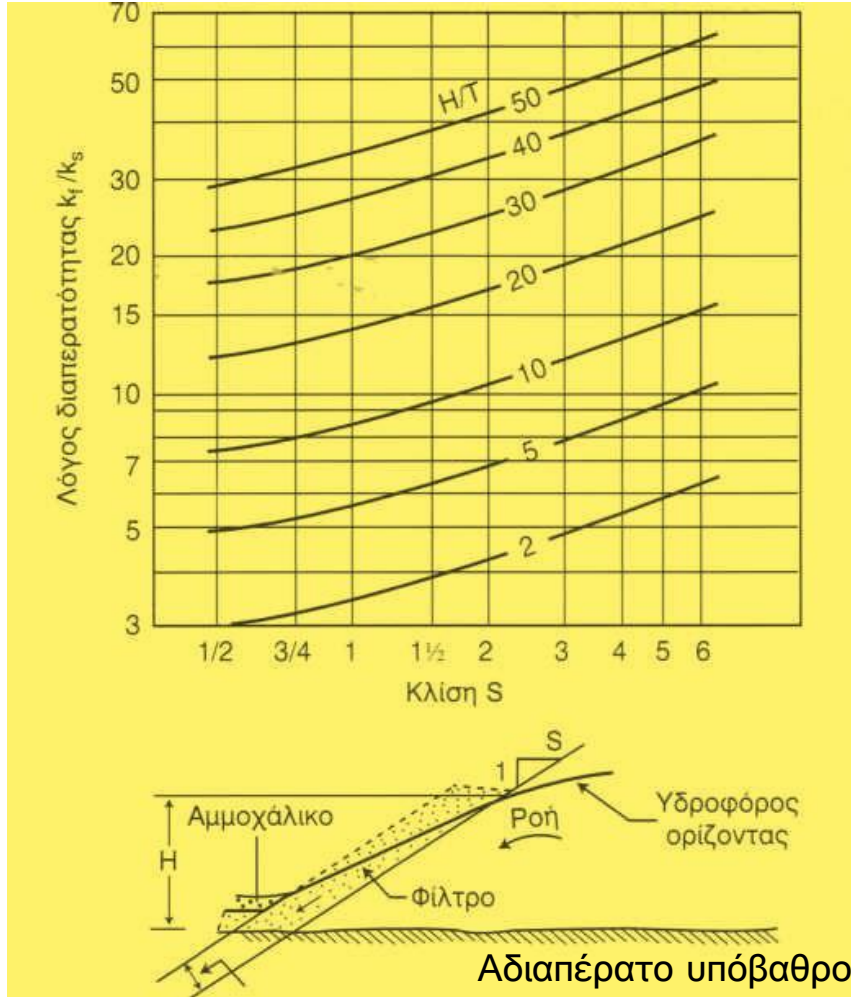


Σχήμα 166. Στρώση στράγγισης

Η διαστασιολόγηση της στρώσης στράγγισης ενός οδοστρώματος μπορεί να γίνει μέσω ημιεμπειρικών νομογραφημάτων συναρτήσεως της έντασης βροχής και της διαπερατότητας του υλικού. Η μέθοδος βασίζεται στην παραδοχή ότι το οδόστρωμα είναι διαπερατό και το νερό κατεισδύει μέσω ρωγμών, αρμών, ερεισμάτων και κατασκευαστικών αστοχιών. Τα αντίστοιχα νομογραφήματα αντιστοιχούν σε διαφορετικές εγκάρσιες κλίσεις της στραγγιστικής στρώσης [5].

- Το υλικό της στρώσης στράγγισης είναι χονδρόκοκκο θραυστό αδρανές, περισσότερο διαπερατό από εκείνο της οδοστρωσίας αλλά και από το υλικό της τελικής χωματοουργικών.

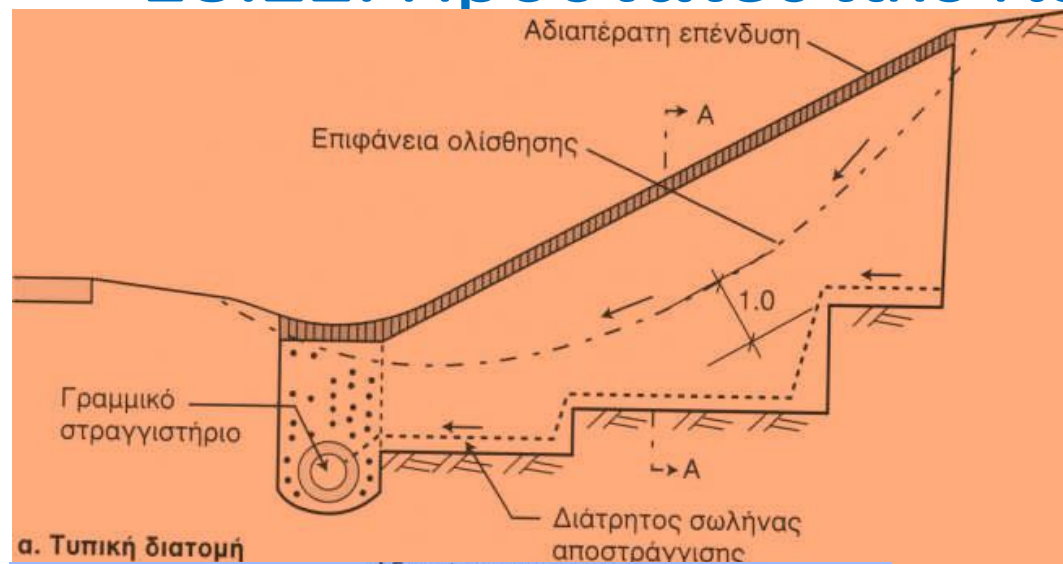
18.21. Φίλτρο πρανούς



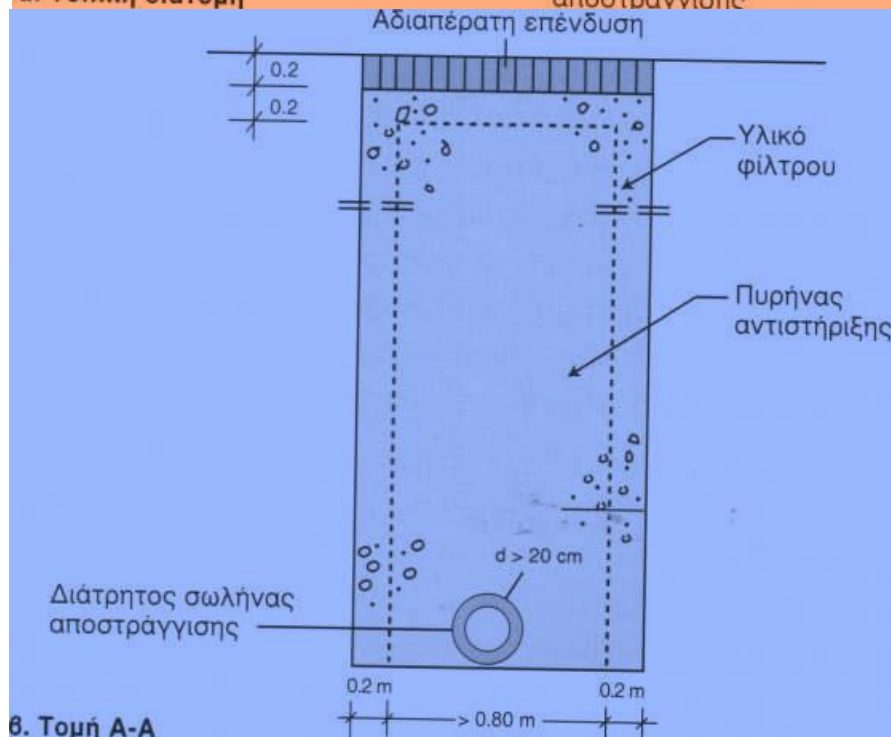
- Η στρώση αποστράγγισης πρανούς ή φίλτρο πρανούς (sloping filter) παραλαμβάνει το νερό από την υδροφόρο εδαφική στρώση και δια του πρανούς το οδηγεί προς τα κατόντη χωρίς να προκαλούνται φθορές ή διαβρωτικά φαινόμενα. Με τον τρόπο αυτόν εμποδίζεται η διάβρωση του πρανούς, αλλά και επιτυγχάνεται παράλληλα η ομαλή εκφόρτιση υπόγειων υδροφορέων που συναντούν πρανή ορυγμάτων.
- Η κλίση της στρώσης επί του πρανούς καθορίζεται σε συνάρτηση με την αντοχή σε διάτμηση του υλικού του φίλτρου και της πίεσης της ροής. Το πάχος του σώματος του φίλτρου εξαρτάται από τα τοπικά δεδομένα, τις απαιτήσεις ευστάθειας του πρανούς ή/και τις ποσότητες του νερού που θα πρέπει να απομακρύνεται με τη στρώση αποστράγγισης. Το φίλτρο πρανούς, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες, κατασκευάζεται ως μονοβάθμιο ή πολυβάθμιο φίλτρο. Σε κάθε περίπτωση το φίλτρο θα πρέπει να έχει συνολικό πάχος μικρότερο από 50 cm. Η στρώση φίλτρου πρανούς πρέπει να προστατεύεται από τη διείδυση επιφανειακού νερού με κάλυψη με συνεκτικό έδαφος που θα πρέπει να σταθεροποιείται με σπορά κατάλληλων φυτών. Το φίλτρο πρανούς οδηγεί τα υπόγεια νερά σε ανοικτή τάφρο ή σε γραμμικό στραγγιστήρι. Η ελάχιστη διάμετρος του σωλήνα αποστράγγισης του γραμμικού στραγγιστηριού στο οποίο καταλήγει το φίλτρο πρανούς δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 30 cm.

Σχήμα 167. Διάταξη αποστράγγισης πρανούς.

18.22. Προστατευτικό πέτασμα αποστράγγισης



α. Τυπική διατομή

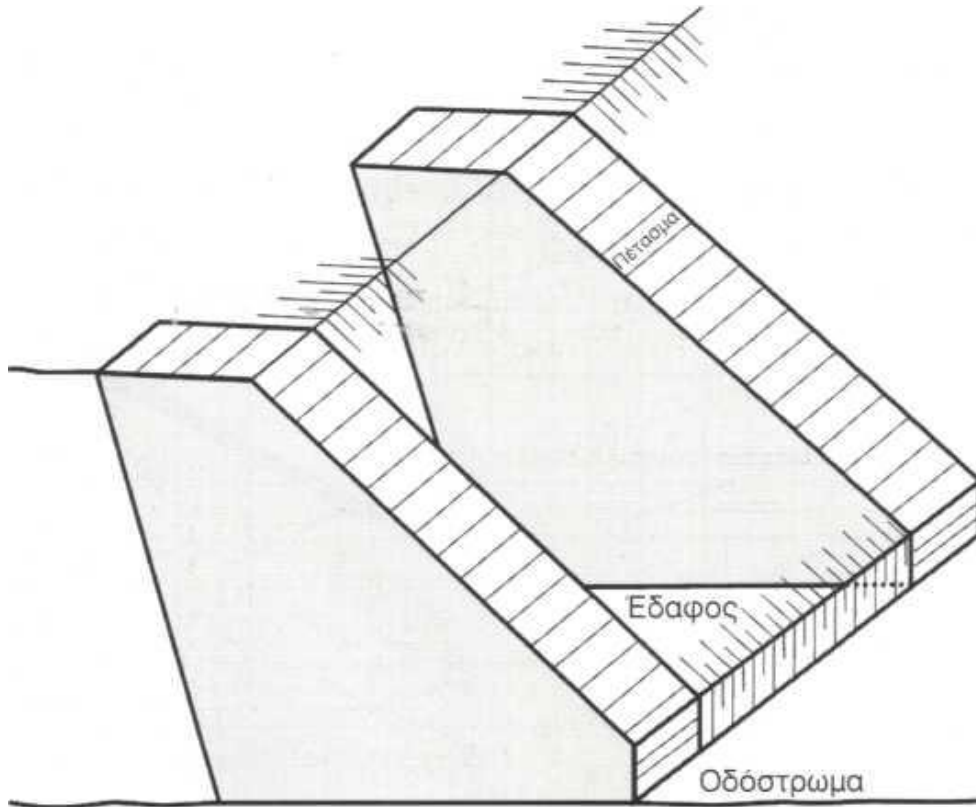


β. Τομή Α-Α

- Το προστατευτικό πέτασμα αποστράγγισης είναι μια κατακόρυφη στρώση αποστράγγισης, η οποία κατασκευάζεται εν είδει φατνώματος επί του πρανούς με σκοπό να βελτιώσει τις συνθήκες αποστράγγισης και να αυξήσει την ευστάθειά του. Σε αντίθεση με τη στρώση αποστράγγισης πρανούς, έχει περιορισμένο πλάτος και μεγαλύτερο βάθος. Το προστατευτικό πέτασμα μπορεί να κατασκευάζεται από ασύνδετα υλικά (όπως π.χ. από σκύρα) ή συμπαγή (όπως π.χ. από διαπερατό στο νερό σκυρόδεμα - μονόκοκκο), οπότε τότε λειτουργεί επιπρόσθετα και ως αντιστήριξη.
- Όταν έχουν ήδη γίνει επιφανειακές κατολισθήσεις στο συγκεκριμένο πρανές, το προστατευτικό πέτασμα θα πρέπει να φθάνει σε βάθος τουλάχιστον 1,00 m κάτω από την επιφάνεια της ολίσθησης.
- Η απόσταση μεταξύ των προστατευτικών πετασμάτων κατά την έννοια του μήκους της οδού κυμαίνεται, σύμφωνα με την εμπειρία, μεταξύ 10 και 20 m, ανάλογα με τις επί τόπου συνθήκες.

Σχήμα 168. Χαρακτηριστικά πετάσματα αποστράγγισης.

18.22. Προστατευτικό πέτασμα αποστράγγισης



Σχήμα 169. Πετάσματα αποστράγγισης

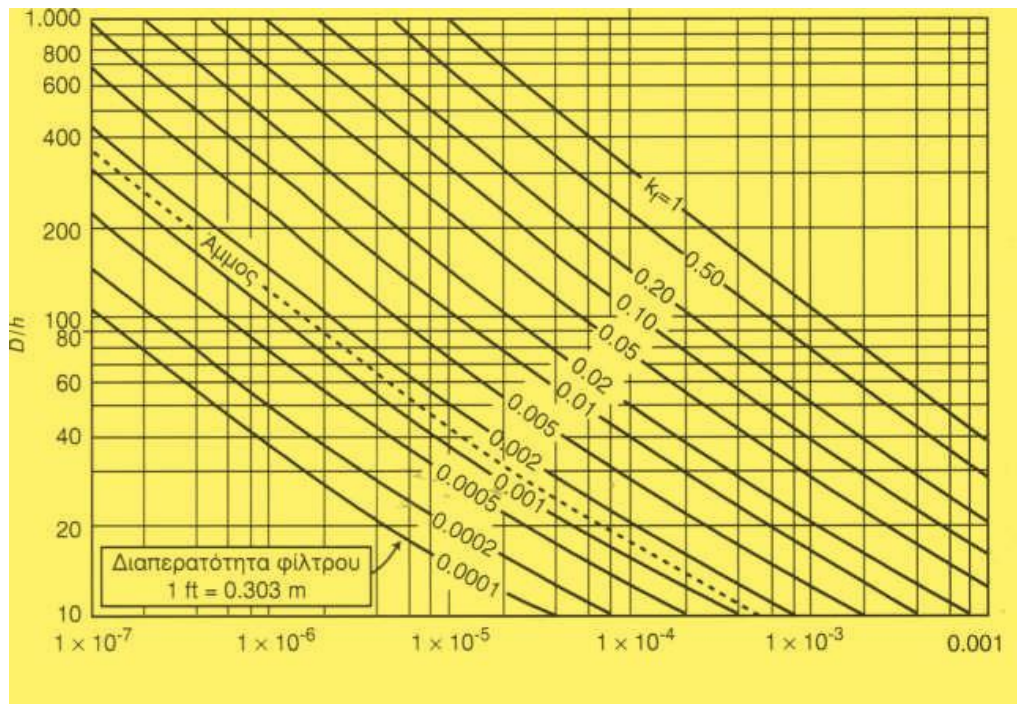
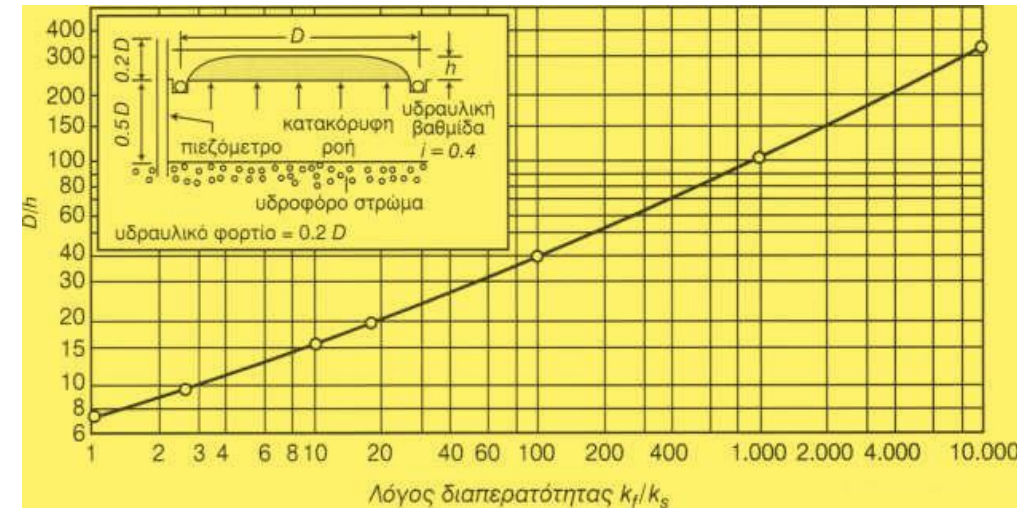
- Το προστατευτικό πέτασμα συγκεντρώνει υπόγεια νερά που τα οδηγεί σε έναν πλήρως διάτρητο σωλήνα ελάχιστης διαμέτρου 20 cm που τοποθετείται στη βάση του.
- Το ελάχιστο πλάτος του προστατευτικού πετάσματος ανέρχεται σε 1,20 m (Σχ. 168).
- Τα προστατευτικά πετάσματα αποστράγγισης πρέπει να στεγανοποιούνται από την εισροή επιφανειακού νερού μέσω επένδυσης από στρώση συνεκτικού υλικού ελάχιστου πάχους 20 cm και να ενισχύονται από εσωτερικό κεντρικό πυρήνα από διαπερατό υλικό (π.χ. πορώδες σκυρόδεμα).
- Ένα σημαντικό θέμα, στο πλαίσιο της κατασκευής στραγγιστικών πετασμάτων είναι εκείνο της προσωρινής αντιστήριξης.
- Είναι πιθανό τα πρανή να μην ισορροπούν σε κλίσεις κατακόρυφες ή πολύ απότομες ακόμη και μικρού βάθους
- Διατάξεις αντιστήριξης είναι πολλές φορές απαραίτητες προ της λιθοπλήρωσης των φατνωμάτων.

18.23. Στραγγιστικές κλίνες

- Στραγγιστικές κλίνες ονομάζονται οι στρώσεις στράγγισης που αποτελούνται από χονδρόκοκκα αδρανή υλικά και κατασκευάζονται στις θέσεις έδρασης γεωκατασκευών.
- Ρόλος τους είναι η απομάκρυνση του νερού που προέρχεται από επιφανειακή διείσδυση αλλά και ο καταβιβασμός της στάθμης υπογείου ορίζοντα στην περιοχή του έργου.
- Η κατασκευή στραγγιστικής κλίνης γίνεται κατά διαβαθμισμένες στρώσεις φίλτρου, ούτως ώστε τα λεπτόκοκκα συστατικά της υπερκείμενης και υποκείμενης στρώσης εδαφικού υλικού να μην εισχωρήσουν στα κενά των αδρανών υλικών και αναστείλουν τη στραγγιστική λειτουργία της κλίνης.
- Η πρόβλεψη στραγγιστικής κλίνης είναι απαραίτητη όταν η στάθμη του υπόγειου ορίζοντα μπορεί να ανέλθει υψηλότερα από τη στάθμη έδρασης της γεωκατασκευής.
- Συχνά η κατασκευή στραγγιστικής κλίνης συνοδεύεται από γραμμικά στραγγιστήρια που διατάσσονται κάτω από τη στάθμη έδρασης της στραγγιστικής κλίνης.
- Για μια ειδική περίπτωση υδροφόρου διαπερατού στρώματος σε βάθος $0,5 D$ κάτω από τον πυθμένα της κλίνης, όπου D η απόσταση των στραγγιστηρίων, νομογραφήματα δίδουν το πάχος h της στραγγιστικής κλίνης, συναρτήσει της διαπερατότητας του υλικού φίλτρου και του εδάφους.

18.23. Στραγγιστικές κλίνες

- Επιπρόσθετα, παραδοχή της μεθόδου αποτελεί ότι η πιεζομετρική γραμμή φθάνει σε στάθμη $0,2 D$ πάνω από τη στάθμη έδρασης της κλίνης (Σχ. 170).



Σχήμα 170. Νομογραφήματα υπολογισμού πάχους στραγγιστικής κλίνης .

18.24. Υλικά φίλτρου

- Οι διατάξεις αποστράγγισης με ή χωρίς αγωγούς αποτελούνται από υλικό φίλτρου, το οποίο είναι αφενός πιο χονδρόκοκκο από το προς εξυγίανση εδαφικό υλικό του έργου και από την άλλη είναι τόσο λεπτόκοκκο, ώστε να μη μπορούν οι λεπτοί κόκκοι της γαιώδους περιοχής να εισχωρήσουν στο φίλτρο.
- Το σώμα του φίλτρου κατασκευάζεται είτε ως μονοβάθμιο, δηλαδή από ένα ενιαίο υλικό, είτε ως πολυβάθμιο. Η έννοια του πολυβάθμιου φίλτρου αντιστοιχεί σε μια διαδοχή στρωμάτων διαφορετικής διαπερατότητας, όπου το λιγότερο διαπερατό τοποθετείται σε επαφή με το περιβάλλον έδαφος.
- Για τεχνικούς λόγους θα πρέπει ακόμη και στα πολυβάθμια φίλτρα κάθε στρώση να έχει πάχος τουλάχιστον 20 cm. Είναι δυνατόν επίσης να χρησιμοποιηθούν γεωυφάσματα ως φίλτρα, στρώσεις διαχωρισμού ή αυτοτελείς στρώσεις αποστράγγισης.
- Για τις προαναφερόμενες διατάξεις αποστράγγισης γίνεται αναφορά σε φίλτρα από θραυστά ή φυσικά χονδρόκοκκο αδρανή. Εάν πρέπει να χρησιμοποιηθούν φίλτρα από γεωύφασμα (π.χ. σε περιπτώσεις πολυβάθμιων φίλτρων), η ικανότητα λειτουργίας τους, σε κάθε περίπτωση πρέπει να επαληθεύεται, σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα και με αναφορά σε σχετική βιβλιογραφία.
- Για να περιοριστεί η διείσδυση επιφανειακού νερού σε μια διάταξη αποστράγγισης, πρέπει η διάταξη να καλυφθεί με συνεκτικό έδαφος πάχους τουλάχιστον 20 cm, εφόσον δεν ευρίσκεται κάτω από επιστρωμένη με ασφαλτικά υλικά επιφάνεια.

18.24. Υλικά φίλτρου

□ Τα υλικά φίλτρου είναι θραυστά ή επίλεκτα αδρανή υλικά, απαλλαγμένα από λεπτόκοκκα συστατικά, τα οποία πρέπει να ανταποκρίνονται, συνήθως, σε δύο αντιτιθέμενους ρόλους:

α) να εμποδίζουν, μέσω χαμηλού πορώδους, τη διείσδυση λεπτόκοκκων σωματιδίων των παρακείμενων εδαφικών υλικών, και

β) να εξασφαλίζουν, μέσω υψηλής διαπερατότητας, την ελεύθερη ροή ύδατος.

• Όταν το ζητούμενο είναι η στράγγιση και απαγωγή μικρών ποσοτήτων ύδατος, το υλικό φίλτρου είναι ενιαίο, συνήθως καλής κοκκομετρικής διαβάθμισης, μέτριας στραγγιστικής ικανότητας. Αντίθετα, όταν μεγαλύτερες ποσότητες πρέπει να αποστραγγιστούν, χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν πολυβάθμια φίλτρα. Στα σύγχρονα έργα οδοποιίας, ως εξωτερικό προστατευτικό στρώμα φίλτρου τοποθετείται ένα γεωύφασμα διαχωρισμού.

• Τα δύο ως άνω κριτήρια εξασφαλίζονται συνήθως μέσω της κοκκομετρικής διαβάθμισης του υλικού φίλτρου. Το κριτήριο (α) εκφράζεται από μια σχέση (Bertram) μεταξύ υλικού φίλτρου και εδαφικού υλικού:

$$\frac{d_{15}(\text{φίλτρου})}{D_{85}(\text{εδάφους})} \leq 5$$

$$\frac{d_{50}(\text{φίλτρου})}{D_{50}(\text{εδάφους})} \leq 25$$

• καθώς και από μια αντίστοιχη (Corps of Engineers):

18.24. Υλικά φίλτρου

- Αντίστοιχα, το κριτήριο (β) εκφράζεται από μια αντίστοιχη σχέση μεταξύ της κοκκομετρίας

φίλτρου και εδάφους:
$$\frac{d_{15}(\text{φίλτρου})}{D_{15}(\text{εδάφους})} \geq 25$$

- Ως προς την κοκκομετρία των αδρανών υλικών που περιβάλλουν διάτρητους αγωγούς αποστράγγισης, ισχύουν τα ακόλουθα κριτήρια (Corps of Engineers):

- $$\frac{d_{85}(\text{φίλτρου})}{L_0(\text{οπής})} \geq 1.2$$
 για σχισμές

$$\frac{d_{85\text{φίλτρου}}}{d_0(\text{οπής})} \geq 1,0 \quad \text{για κυκλικές οπές}$$

18.25. Εγκιβωτισμός και επιχωμάτωση σωληνώσεων

- Σε όσες περιπτώσεις απαιτείται από τις προδιαγραφές ο εγκιβωτισμός και η επιχωμάτωση (κάλυψη σωληνώσεων), γίνεται συμπύκνωση του εδάφους πληρώσεως με τη βοήθεια χειροκίνητων κόπανων, ομοιόμορφα και από τις δύο πλάγιες πλευρές ανάλογα με το είδος του εδάφους, σε στρώσεις πάχους 20 ως 30 cm. Κατά την εκτέλεση της εργασίας αυτής πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε οι αγωγοί να μη μετατοπισθούν ή υποστούν βλάβες. Το έδαφος που χρησιμοποιείται για την επικάλυψη, περιμετρικά, των αγωγών πρέπει να είναι απαλλαγμένο από αδρανή μέσης διαμέτρου κόκκου $D = 20 \text{ mm}$ ή μεγαλύτερου.
- Η μηχανική συμπύκνωση επιτρέπεται σε ύψος μεγαλύτερο των 75 mm πάνω από την κορυφή των σωληνώσεων, εκτός αν πρόκειται για σωλήνες ιδιαίτερα μεγάλης αντοχής, οπότε η συμπύκνωση μπορεί να αρχίσει και χαμηλότερα. Η μέθοδος συμπύκνωσης εκλέγεται συναρτήσει του είδους του εδάφους και της σωληνώσεως, καθώς και της γεωμετρίας της τάφρου. Κατηγορίες εδαφών, οι οποίες μπορούν να προξενήσουν φθορές στις σωληνώσεις και στα τεχνικά έργα (κυρίως τέφρα και σκωρίες), καθώς επίσης κατηγορίες εδαφών και υλικά τα οποία μεταγενέστερα υπάρχει περίπτωση να παρουσιάσουν μια ανομοιόμορφη υποχώρηση, απαγορεύεται να χρησιμοποιηθούν για επιχωμάτωση των τάφρων των σωλήνων.
- Σωλήνες διάτρητοι ή ημιδιάτρητοι πρέπει υποχρεωτικά να επενδύονται με γεώφασμα προ του εγκιβωτισμού με εδαφικό υλικό ή άμμο. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν εγκιβωτίζονται σε υλικό φίλτρου, θα πρέπει η διάμετρος της οπής του σωλήνα να είναι μικρότερη του ελάχιστου διαμετρήματος κόκκου των αδρανών.

18.25. Εγκιβωτισμός και επιχωμάτωση σωληνώσεων [46]

Εικόνα 71. Τοποθέτηση-κατασκευή υπόγειου αγωγού αποστράγγισης και φρεατίων σύνδεσης



19. Οχετοί

19.1. Ρόλος των οχετών

- Οχετοί είναι τα τεχνικά έργα υδραυλικού χαρακτήρα που χρησιμεύουν για αποκατάσταση φυσικών ροών κάτω από οδικά επιχώματα. Αν και η εν γένει διαμόρφωσή τους είναι διαφορετική από εκείνη των γεφυρών, συχνά γίνεται μια διάκριση σε σχέση με το άνοιγμά τους.
- Θεωρείται ότι οι οχετοί έχουν άνοιγμα μικρότερο ή ίσο με 6,0 m, ενώ οι γέφυρες έχουν άνοιγμα μεγαλύτερο από 6,0 m.
- ✓ Για τον λόγο αυτόν, πολλές φορές στην ορολογία της οδοποιίας, ονομάζονται και *μικρά τεχνικά*, συμπεριλαμβάνοντας και έργα ανάλογης διατομής και διαμόρφωσης, συγκοινωνιακού χαρακτήρα.
- Τα μικρά αυτά τεχνικά κατασκευάζονται κατά κύριο λόγο για την αποκατάσταση φυσικών ροών που διακόπτονται από την παρεμβολή ενός οδικού έργου. Η χρήση τους, ενδεικτικά μπορεί να επεκταθεί για γεφύρωση ρεμάτων, χειμάρρων και γενικά για αποχέτευση όμβριων, για κάτω διαβάσεις αγροτικών και μικρών οχημάτων, διαβάσεις πεζών ή για μικτές χρήσεις.
- Οι οχετοί είναι έργα πολύ συνηθισμένα στην οδοποιία. Κατασκευάζονται κάτω από το οδόστρωμα της οδού στις θέσεις μισγαγγειών και φυσικών υδάτινων αποδεκτών ανά αποστάσεις 200 m ως 400 m. Η κατασκευή τους γίνεται εγκάρσια προς τον άξονα της οδού ή με μικρή λοξότητα, όταν επιλέγεται να διατηρηθεί η γραμμή ροής του νερού, αν και συνήθως προτιμάται η κάθετη προς τον άξονα της οδού διεύθυνση.

19.1. Ρόλος των οχετών

- Η μελέτη ενός οχετού περιλαμβάνει την αποτύπωση της φυσικής κοίτης και της γύρω περιοχής σε κλίμακα 1:500 κατά το στάδιο της προμελέτης.
- Μετά τη λήψη των στοιχείων εδάφους ακολουθεί η σχεδίαση του χάρτη σε κλίμακα 1:500 στον οποίο μεταφέρονται τα στοιχεία από την κύρια οριζοντιογραφία, τα οποία είναι ο άξονας της οδού, το πλάτος καταστρώματος, το εύρος κατάληψης, διατομές στην περιοχή του έργου και ορισμένες χαρακτηριστικές αποστάσεις.
- Στη συνέχεια γίνεται επιλογή της διεύθυνσης του άξονα του τεχνικού καθώς επίσης του τύπου και της διατομής του τεχνικού, της διάταξης των περυγότοιχων, της μορφής των έργων αποστράγγισης, της διατομής της κοιτόστρωσης και της κορωνίδας.
- Η μελέτη ενός οχετού περιλαμβάνει ακόμα τους υδραυλικούς και στατικούς υπολογισμούς του κυρίως φορέα, των θεμελίων, καθώς και των τοίχων αντεπιστροφής.
- Όταν ένας οχετός ευρίσκεται ακριβώς κάτω από την επιφάνεια κυκλοφορίας ονομάζεται οχετός στέψης, διαφορετικά ονομάζεται οχετός υπό επίχωση.

19.2. Τύποι και κριτήρια σχεδιασμού οχετών

- Υπάρχουν διάφορα είδη οχετών που χρησιμοποιούνται στην οδοποιία. Το είδος του οχετού που είναι το περισσότερο κατάλληλο, καθορίζεται από την κατηγορία της οδού, το ύψος του επιχώματος, την κλίση της μισγάγγειας, τους οικονομικούς περιορισμούς και τους αισθητικούς λόγους.
- Πιο συγκεκριμένα, οι παράγοντες που διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην επιλογή του τύπου του οχετού και στην εν συνεχεία διαστασιολόγηση του τεχνικού που θα κατασκευαστεί είναι:
 - η υδραυλική παροχή σχεδιασμού Q_0
 - τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της αντιπροσωπευτικής διατομής του οχετού και συγκεκριμένα ο συντελεστής τραχύτητας K , οι συντελεστές απωλειών, το σχήμα της διατομής. Σε μικρά βάθη ροής για παράδειγμα, μια ορθογωνική διατομή αποχετεύει μεγαλύτερη ποσότητα νερού από μια κυκλική διατομή
 - το πλάτος της κοίτης του φυσικού αποδέκτη
 - το διατιθέμενο μέγιστο ύψος του τεχνικού
 - οι συνθήκες θεμελίωσης
 - οι συνθήκες εκτέλεσης του έργου, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα κατασκευής και χρησιμοποίησης προκατασκευασμένων στοιχείων
 - η αντοχή σε χημικές επιδράσεις
 - η αντοχή σε κρούσεις, κυρίως, φερτών υλικών χειμάρρων.

19.2. Τύποι και κριτήρια σχεδιασμού οχετών

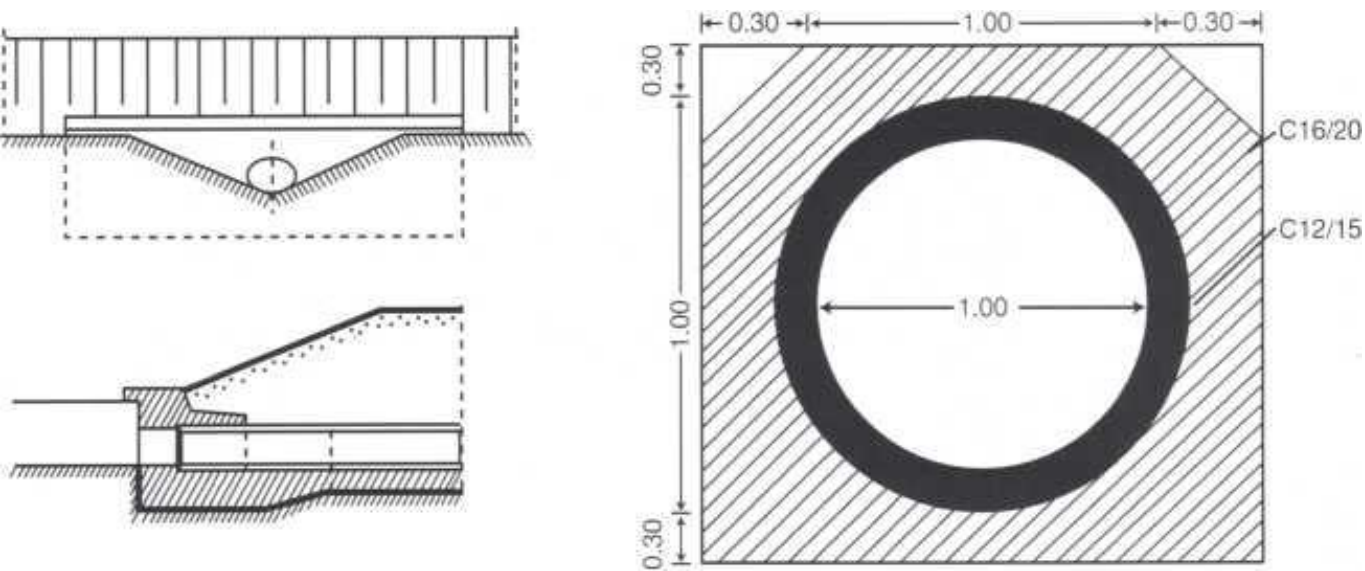
- Έτσι λοιπόν, με βάση τις παραπάνω ιδιαιτερότητες, μπορεί να γίνει επιλογή είτε σωληνωτού οχετού, είτε πλακοσκεπούς οχετού, είτε κιβωτοειδούς οχετού, είτε μεταλλικού οχετού. Ένα σημαντικό ζήτημα που τίθεται στη φάση επιλογής του είδους του τεχνικού είναι η συμβατότητα στην παραμορφωσιμότητα οχετού και γεωκατασκευής. Τεχνικά μεγάλης ακαμψίας πρέπει να κατασκευάζονται σε έργα όπου οι μετακινήσεις των γεωκατασκευών αναμένονται περιορισμένες. Γενικώς, οι οχετοί διακρίνονται σε:
 - α) σωληνωτούς οχετούς, απλής κατασκευής, συνήθως από προκατασκευασμένα στοιχεία (τσιμεντοσωλήνες), κατάλληλους για μικρές παροχές
 - β) πλακοσκεπείς οχετούς, που γνώρισαν ευρεία εφαρμογή στην Ελλάδα για πολλά χρόνια
 - γ) κιβωτιοειδείς οχετούς, που χρησιμοποιούνται σήμερα ευρύτατα στις εφαρμογές οδοποιίας, είτε πρόκειται για έργα αποκατάστασης ροών, είτε πρόκειται για έργα αποκατάστασης τοπικής κυκλοφορίας δ) θολωτούς οχετούς, που κατασκευάζονται σε ειδικές περιπτώσεις, ιδιαίτερα όταν το ύψος του επιχώματος είναι μεγάλο ε) μεταλλικούς οχετούς, από φύλλα κυματοειδούς λαμαρίνας, που παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της εύκολης μεταφοράς και τοποθέτησης.



Εικόνα 72. Πρόσοψη εισόδου τεχνικών σε διάταξη. Κιβωτοειδείς, πλακοσκεπείς και σωληνωτοί οχετοί .

19.3. Σωληνωτοί οχετοί

- Οι σωληνωτοί οχετοί (τσιμεντοσωλήνες) εφαρμόζονται όταν η προς παροχέτευση ποσότητα νερού είναι μικρή. Είναι μια κατασκευή εύκολη και γρήγορη.
- Οι σωλήνες είναι προκατασκευασμένοι, με εσωτερική διάμετρο 0,60 ως 1,00 m από άοπλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι άοπλοι σωλήνες τοποθετούνται πάνω σε στρώση από σκυρόδεμα πάχους 20 cm και εγκιβωτίζονται με σκυρόδεμα ελάχιστου πάχους 20 cm (Σχ. 171). Οι οπλισμένοι τοποθετούνται πάνω σε στρώση από άμμο πάχους 20 cm και εγκιβωτίζονται με κοκκώδες υλικό (αμμοχάλικο) πάχους 20 cm. Οι σωληνωτοί οχετοί δεν είναι επισκέψιμοι.
- Ο πυθμένας προ της εισόδου του τεχνικού έργου και για μήκος περίπου ίσο με το διπλάσιο της διαμέτρου του σωλήνα του οχετού είναι καλό να έχει μια κλίση τουλάχιστον 10% ώστε να αποφεύγεται η διήθηση και η υποσκαφή. Το ίδιο συμβαίνει και για την έξοδο του τεχνικού όπου ο πυθμένας διαμορφώνεται με μια κλίση 5% για ένα μήκος περίπου ίσο με τη διάμετρο του σωλήνα του οχετού.



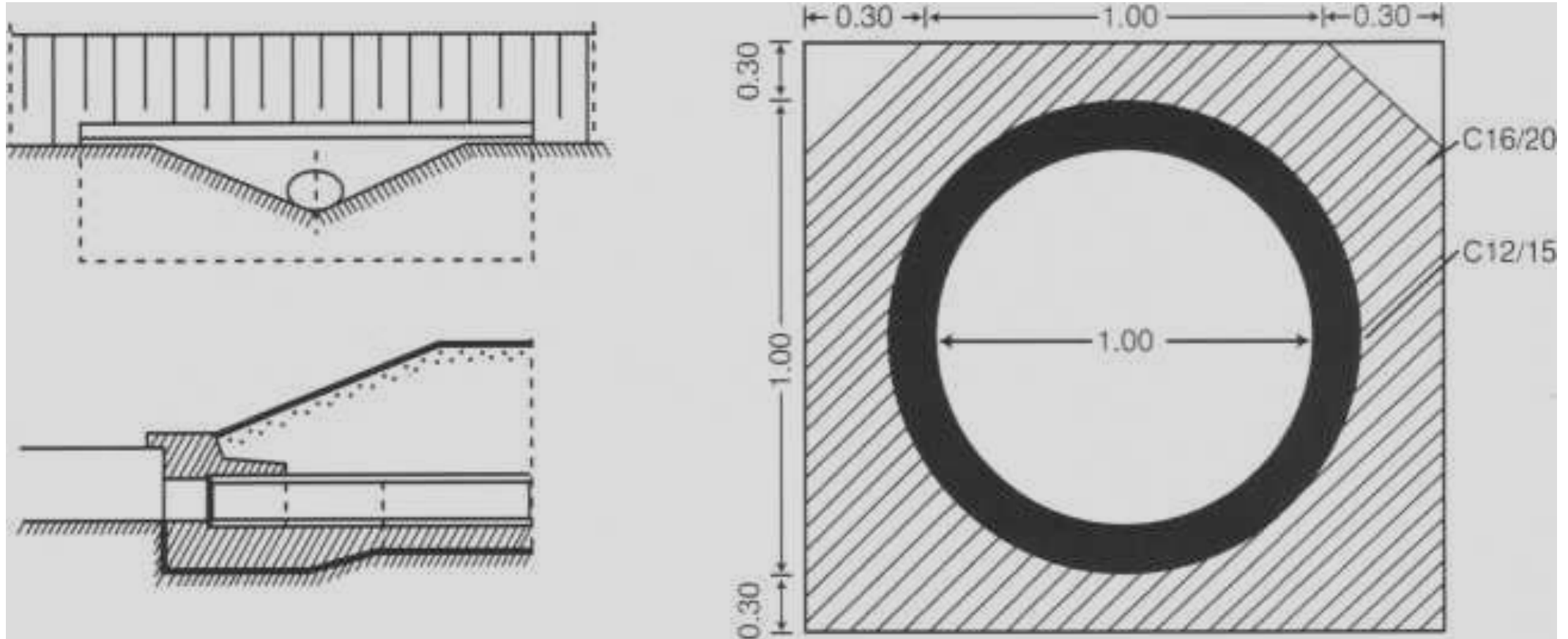
**Σχήμα 171. Διαμόρφωση στομίου σωληνωτού οχετού.
Εγκάρσια και διαμήκης τομή**

19.3. Σωληνωτοί οχετοί

- Σωληνωτοί αγωγοί δεν μπορούν να τοποθετούνται ως οχετοί για παροχέτευση σημαντικών σε έκταση λεκανών απορροής αλλά ούτε και σε κύριες οδικές αρτηρίες.
- Κατ' εξαίρεση με τα παραπάνω μπορεί να κατασκευαστεί σωληνωτός οχετός που αποχετεύει άμεσα εξωτερικές λεκάνες απορροής σε υπεραστικές οδούς τυπικής διατομής E και κατώτερης και σε αστικές οδούς λειτουργικής κατάταξης συλλεκτήριας οδού και κατώτερης υπό τις ακόλουθες προϋποθέσεις:
- **Η ελάχιστη εσωτερική διάμετρος σωληνωτού οχετού δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 1,00 m**
- **Το μέγιστο μήκος του οχετού δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 20 m**
- Δεν πρέπει να υπάρχει κίνδυνος έμφραξης από στερεοπαροχή.
- Όσον αφορά τους ποιοτικούς ελέγχους των αγωγών από σκυρόδεμα πραγματοποιούνται δοκιμές θλίψεως, δοκιμές υδαταπορροφητικότητας και δοκιμές υδατοστεγανότητας (υδατοπερατότητας).
- Όταν η παροχή σχεδιασμού είναι μεγάλη και η επιλογή της προκατασκευής μέσω σωληνωτών αγωγών παραμένει ισχυρή, είναι δυνατό να διαμορφωθεί το τεχνικό έργο από περισσότερους σωλήνες σκυροδέματος.
- **Συνήθως το σύνολο των σωληνωτών κατασκευών τοποθετείται σε φάτνη σκυροδέματος C12/15 με απόσταση μεταξύ των σωλήνων $0,3 D - 0,6 D$, όπου D η διάμετρος των προκατασκευασμένων στοιχείων.**

19.3. Σωληνωτοί οχετοί

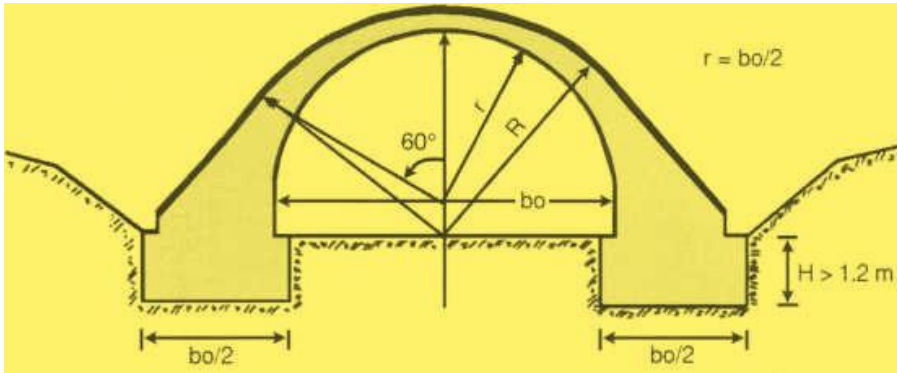
Σχήμα 171. Διαμόρφωση στομίου σωληνωτού οχετού. Εγκάρσια και διαμήκης τομή



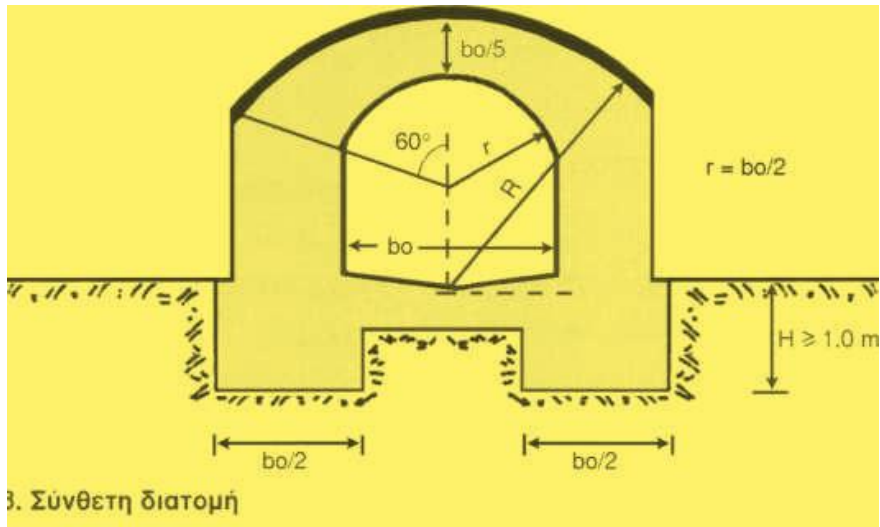
19.4. Θολωτοί οχετοί

- Οι θολωτοί οχετοί (Σχ. 172) εμφανίζονται όταν υπάρχουν υψηλά επιχώματα και αντίστοιχα μεγάλα κατακόρυφα φορτία.
- Με τον τύπο αυτόν των οχετών επιτυγχάνεται θλιπτική μόνον επιπόνηση του φορέα και αποφεύγονται οι μεγάλες ροπές κάμψης και οι τάσεις εφελκυσμού στην πλάκα του οχετού.
- Κατασκευάζονται από λιθοδομή, που αποτελεί την παραδοσιακή τεχνική η οποία και έχει εγκαταλειφθεί, ή από οπλισμένο σκυρόδεμα συνήθως τύπου C16/20.
- Μπορεί κάτω από το θολωτό τμήμα να τοποθετηθούν απευθείας τα θεμέλια (μεγάλα ανοίγματα) ή μετά το θολωτό τμήμα να τοποθετηθούν βάθρα (μικρά ανοίγματα).
- Το θολωτό τμήμα μορφώνεται βασικά από δύο μη ομόκεντρα κυκλικά τόξα με διαφορετικές ακτίνες (Σχ. 172). Το μικρό τόξο μορφώνει την εσωτερική πλευρά του θολού, ενώ το μεγάλο την εξωτερική.
- Η θέση από την οποία αρχίζει ο θόλος ονομάζεται γένεση, ενώ η ανώτερη θέση του θολού στον άξονα συμμετρίας ονομάζεται κλείδα.
- Οδηγίες από Ελληνικούς φορείς έργων οδοποιίας [47] προσδιορίζουν τη διατομή του οχετού ανάλογα με τη γεωμετρία και το ύψος του επιχώματος.
- Η κοίτη του υδατορέματος στο εσωτερικό του οχετού διαμορφώνεται με απλή επένδυση, με απλή κοιτόστρωση (Σχ. 172α) ή με ενιαίο φορέα εν είδει κλειστού κιβωτίου (Σχ. 172 β).

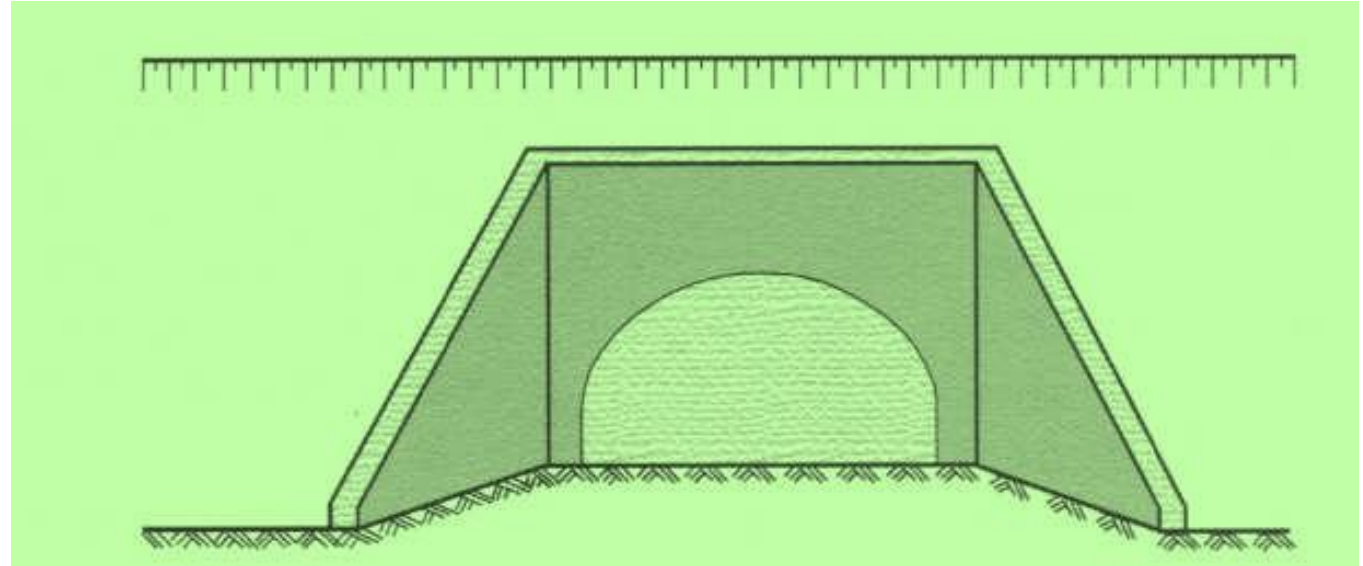
19.4. Θολωτοί οχετοί



α. Ημικυκλική εσωτερική διατομή



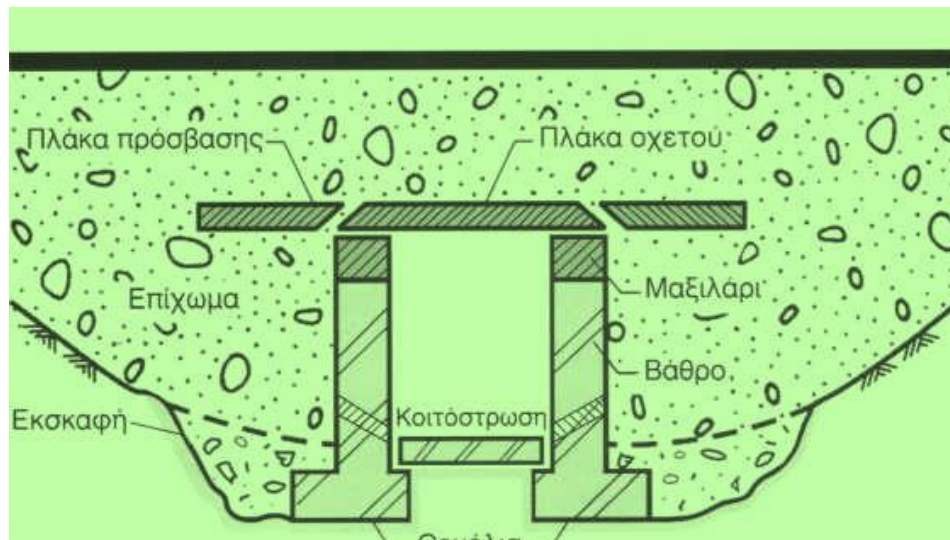
β. Σύνθετη διατομή



Σχήμα 173. Όψη θολωτού οχετού .

19.5. Πλακοσκεπείς οχετοί

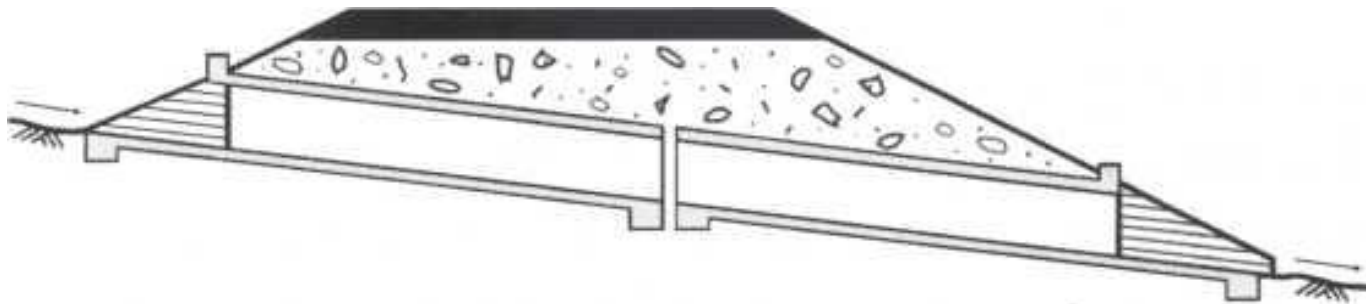
- Οι πλακοσκεπείς οχετοί εφαρμόζονται σε όλες τις συνηθισμένες περιπτώσεις έργων οδοποιίας, με τάση, ωστόσο, να παραχωρήσουν την πρώτη, από πλευράς εφαρμογής, θέση στους κιβωτοειδείς οχετούς. Η εφαρμογή τους είναι συχνή σε συνήθεις περιπτώσεις έργων, όταν, δηλαδή υπάρχει κανονικό ύψος επιχωμάτωσης και σχετικά καλό έδαφος έδρασης. Ο φορέας αποτελείται από πλάκα οπλισμένη, που παραλαμβάνει τα φορτία των υπερκείμενων γαιών και τα φορτία κυκλοφορίας. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα C 16/20.
- Σε σχετικά μικρά μήκη οχετών και ήπιες κλίσεις φυσικού εδάφους, η πλάκα ακολουθεί την κλίση της κοιτόστρωσης και του ρέματος.
- Όταν όμως εμφανίζεται κίνδυνος ολίσθησης για μεγάλες κλίσεις εδάφους, $i > 10\%$, η πλάκα μπορεί να κατασκευάζεται οριζόντια. Η πλάκα εδράζεται σε μαξιλάρια από σκυρόδεμα C16/20 (Σχ. 174). Υπάρχουν μεταλλικές βέργες χιαστί τοποθετημένες που δημιουργούν την άρθρωση με την πλάκα. Τα μαξιλάρια εδράζονται στα βάθρα από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Σχήμα 174. Τομή πλακοσκεπούς οχετού.

19.5. Πλακοσκεπείς οχετοί

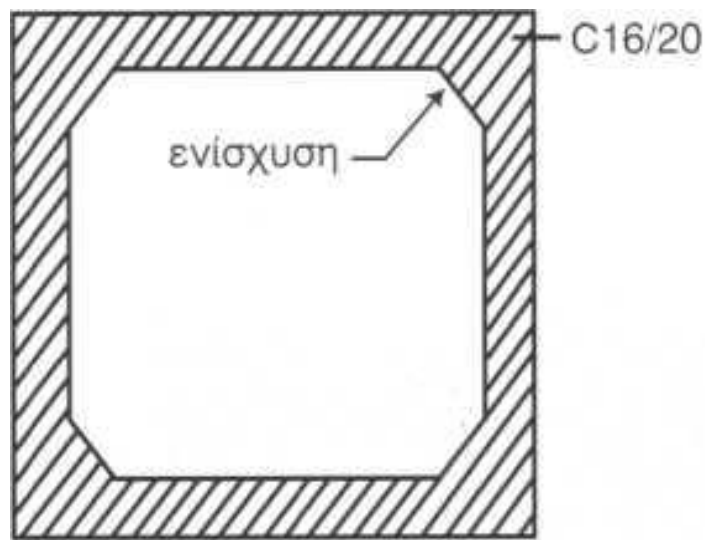
- Η κοιτόστρωση είναι συνήθως πλάκα από άοπλο σκυρόδεμα πάχους 10 έως 15 cm που αποτρέπει τη διάβρωση του φυσικού εδάφους. Όταν η κλίση του εδάφους είναι μεγάλη, $i > 10\%$, η έδραση του τεχνικού διαμορφώνεται απαραίτητα με αναβαθμούς ή με χαλινό ούτως ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος μετατόπισής της από τη δράση του ύδατος (Σχ. 175). Η κοιτόστρωση τοποθετείται εκτός από τους πλακοσκεπείς και στους θολωτούς οχετούς. Οι επιφάνειες της πλάκας και των μαξιλαριών που έρχονται σε επαφή με το έδαφος καλύπτονται με τσιμεντοκονία για προστασία από τη δράση του νερού.
- Σημαντικό είναι το θέμα της αποστράγγισης του μεταβατικού επιχώματος. Διατάξεις φίλτρου πρέπει να οδηγούν τα στραγγίσματα σε διάτρητους σωλήνες στην εξωτερική παρειά των βάθρων, ώστε να αποτραπεί η ανάπτυξη υδροστατικών πιέσεων και η διάβρωση του φορέα.
- Στους πλακοσκεπείς οχετούς και προς αποτροπή διάβρωσης και υποσκαφής, η κοιτόστρωση συχνά εκτείνεται εκτός της κλειστής διατομής του τεχνικού μέχρι την απόληξη των πτερυγότοιχων. Για ενίσχυση και σωστή θεμελίωση της κοιτόστρωσης, είναι σκόπιμο να τοποθετούνται χαλινοί κατά μήκος του τεχνικού εν είδει αγκυρώσεων στο υποκείμενο έδαφος, ειδικά όταν η μέση κλίση του υδατορέματος είναι σημαντική ($i > 5\%$) και απαραίτητο όταν η κλίση είναι μεγάλη ($i > 10\%$).



Σχήμα 175. Πλακοσκεπής οχετός.

19.6. Κιβωτοειδείς οχετοί

- Οι κιβωτοειδείς οχετοί ή ορθότερα κιβωτιοειδείς οχετοί, είναι κιβώτια από οπλισμένο σκυρόδεμα. Φέρουν πλήρη οπλισμό στην πλάκα, στα βάρη και στην έδραση και εφαρμόζονται συνήθως όταν συναντιόνται κακής ποιότητας εδάφη.
- Κατασκευάζονται από σκυρόδεμα C16/20 ή και ισχυρότερο.
- Στις θέσεις συνάντησης πλάκας/βάρη και βάρη/θεμελίων διαμορφώνονται τριγωνικές ενισχύσεις (Σχ. 176α).
- Λόγω στατικής αορίστου συστήματος, προς αποφυγή καθίζησης, εξυγιαίνεται το έδαφος έδρασης με θραυστό υλικό ή αμμοχάλικο, ενώ προ της σκυροδέτησης της πλάκας θεμελίωσης, σκόπιμη είναι η διάστρωση σκυροδέματος καθαριότητας.



Τύπος α. Με ενισχύσεις



Τύπος β. Σε ασθενές έδαφος

Σχήμα 176. Κιβωτοειδής οχετός (τύποι α και β)

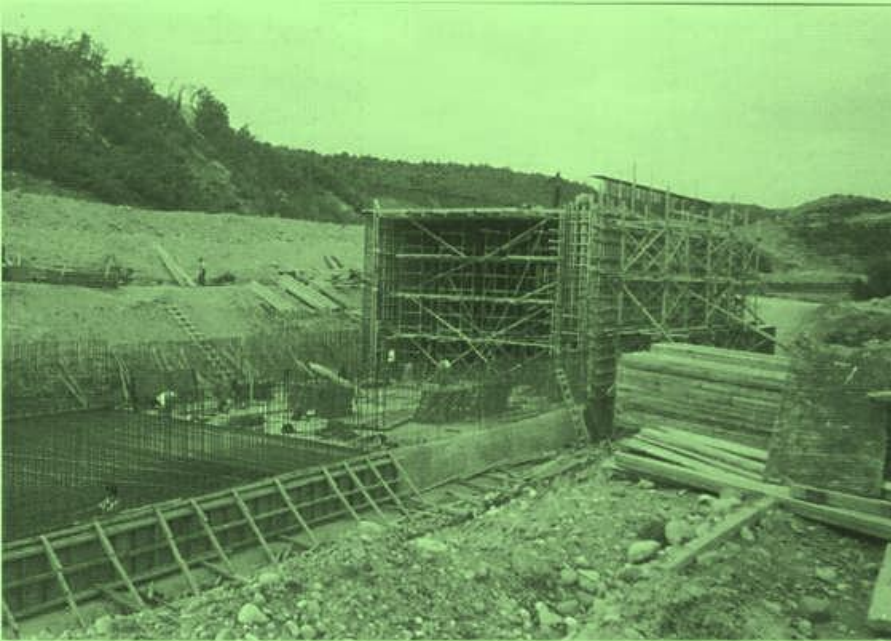
19.6. Κιβωτοειδείς οχετοί

- Σύμφωνα με ελληνικές προδιαγραφές οι διαστάσεις των κιβωτοειδών οχετών είναι τυποποιημένες (Πίν. 64).

Πίνακας 64. Διαστάσεις κιβωτοειδών οχετών

Ελεύθερο ύψος οχετού	Άνοιγμα οχετού					
	[m]	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00
4,00				4×4	4×5	4×6
3,50				3,5×4	3,5×5	3,5×6
3,00			3×3	3×4	3×5	3×6
2,50			2,5×3	2,5×4	2,5×5	2,5×6
2,00		2×2	2×3	2×4	2×5	2×6
1,50		1,5×2	1,5×3	1,5×4	1,5×5	1,5×6
1,00		1×2				

19.6. Κιβωτοειδείς οχετοί



Εικόνα 73. Κιβωτοειδής οχετός

στη φάση τοποθέτησης του

σιδηροπλισμού και της σκυροδέτησης δαπέδου

- Κιβωτοειδείς και πλακοσκεπείς οχετοί διαμορφώνονται κατά τμήματα (σπονδύλους), ως προς την έννοια του μήκους, ακολουθώντας την κλίση του φυσικού εδάφους συνήθως με ευθύγραμμη χάραξη χωρίς καμπύλες. Τεθλασμένη χάραξη είναι δυνατή για μικρές παροχές ($Q_0 < 20 \text{ m}^3/\text{sec}$) και μικρές ταχύτητες ροής ($v < 4 \text{ m/sec}$). Αρμοί πρέπει να προβλέπονται ανά 10 m περίπου. Η πλάκα θεμελίωσης ενός κιβωτοειδούς οχετού, ανάλογα και με το άνοιγμά του καθώς και την ποιότητα του εδάφους, έχει πάχος από 0,70 έως 1,00 m (Εικ. 73). Η ανάγκη αγκύρωσης της θεμελίωσης του οχετού για αποφυγή ολίσθησης είναι σαφώς μικρότερη από εκείνη της κοιτόστρωσης του πλακοσκεπούς οχετού. Σκόπιμη, ωστόσο, είναι και στους κιβωτοειδείς οχετούς η δημιουργία χαλινών για κλίση $i > 7,5\%$ και απαραίτητη για κλίση $i > 10\%$. Σημαντικά, επίσης, είναι τα θέματα υγραμόνωσης και προστασίας της εξωτερικής επιφάνειας του οχετού προ της επανεπίχωσης. Για τη διαδικασία και τα υλικά επανεπίχωσης ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην παράγραφο 17.9. Ωστόσο, η κατασκευή μεταβατικών επιχωμάτων επιβάλλει ακόμη αυστηρότερες συνθήκες κατασκευαστικής διαδικασίας και διασφάλισης ποιότητας του έργου.
- Στη σύγχρονη πρακτική της οδοποιίας στην Ελλάδα, οι κιβωτοειδείς οχετοί τείνουν να εκτοπίσουν όλους τους άλλους τύπους μικρών τεχνικών και να αποτελέσουν τον κανόνα για υδραυλικά έργα αποκατάστασης φυσικών ροών.

19.7. Μεταλλικοί οχετοί

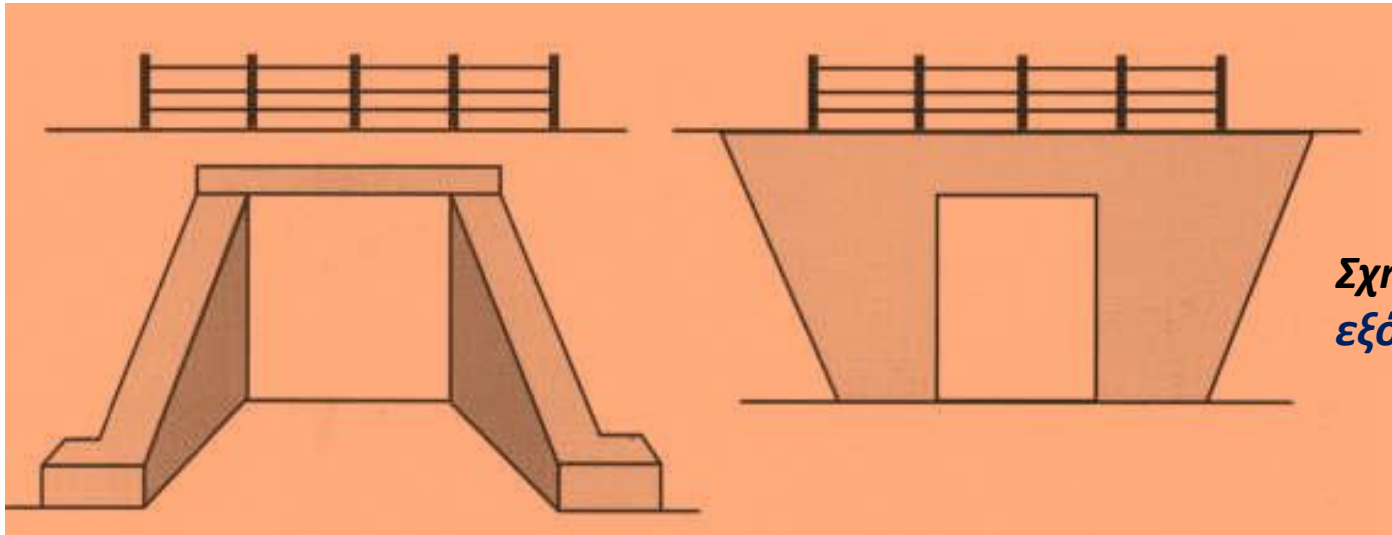
- Οι μεταλλικοί οχετοί (corrugated metal pipe) έχουν συνήθως καμπύλη κυκλική ή ωσειδή διατομή. Τοποθετούνται σε εδάφη που χαρακτηρίζονται από υψηλή φέρουσα αντοχή. Σε αντίθετη περίπτωση, επί ισχνών εδαφών, πριν από την τοποθέτησή τους προηγείται ειδική προετοιμασία και εξυγίανση του εδάφους έδρασης. Βασικό πλεονέκτημα του τύπου αυτού των οχετών είναι η ευκολία μεταφοράς και τοποθέτησή τους. Στην Ελλάδα δεν είναι ευρέως διαδεδομένοι και χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις οδικών έργων. Όταν όμως επιλέγεται αυτός ο τύπος τεχνικών, προτιμάται ένας οχετός από κυματοειδή χαλύβδινα ελάσματα. Τέτοιοι οχετοί χρησιμοποιούνται σε οδικά έργα τοπικού ή επαρχιακού δικτύου, όπου παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της γρήγορης και απλής τοποθέτησης, ακόμη και για σημαντικές διατομές τεχνικών. Η διάμετρος των προκατασκευασμένων στοιχείων φθάνει τα 3 m και το πάχος της λαμαρίνας τα 5 mm, ενώ ο διαμορφωμένος φορέας παρουσιάζει ικανοποιητική παραμορφωσιμότητα και προσαρμόζεται εύκολα στις επί τόπου συνθήκες.
- όπου αναμένονται μετακινήσεις ή καθιζήσεις του υπεδάφους, οι μεταλλικοί οχετοί προσφέρουν το πλεονέκτημα της παραμορφωσιμότητας σε σχέση με τα άκαμπτα στοιχεία του σκυροδέματος.
- Ειδική περίπτωση αποτελούν οι μεταλλικές ημιδιατομές εν σειρά που μπορούν να αποχετεύσουν μεγάλες παροχές (Εικ. 74).



Εικόνα 74. Μεταλλικοί οχετοί

19.8. Έργα διαμόρφωσης της εισόδου και εξόδου των οχετών

- Η διαμόρφωση της εισόδου και της εξόδου των οχετών (Σχ. 177) γίνεται με πτερυγότοιχους ή τοίχους αντεπιστροφής οι οποίοι συγκρατούν τα υλικά του επιχώματος και προστατεύουν τα στόμια του τεχνικού από κινδύνους έμφραξης.
- Οι πτερυγότοιχοι είναι τοίχοι που κατασκευάζονται στην είσοδο και στην έξοδο του οχετού σε συνέχεια με τα βάθρα και σχηματίζουν μικρή γωνία προς το εξωτερικό με την ευθεία που ορίζουν τα βάθρα. Η γωνία που σχηματίζουν οι πτερυγότοιχοι με τον άξονα του οχετού κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 15 και 45 μοιρών. Η στέψη τους ακολουθεί την επιφάνεια του επιχώματος και διατάσσεται 30-40 cm πάνω από αυτήν, ενώ το ύψος τους μειώνεται σταδιακά προς το εξωτερικό της οδού. Όταν η στέψη του πτερυγότοιχου φθάσει σε ύψος 40 cm από το έδαφος, η κατασκευή διακόπτεται ή συνεχίζεται με ένα τμήμα παράλληλο προς τον άξονα της οδού (Σχ. 177).



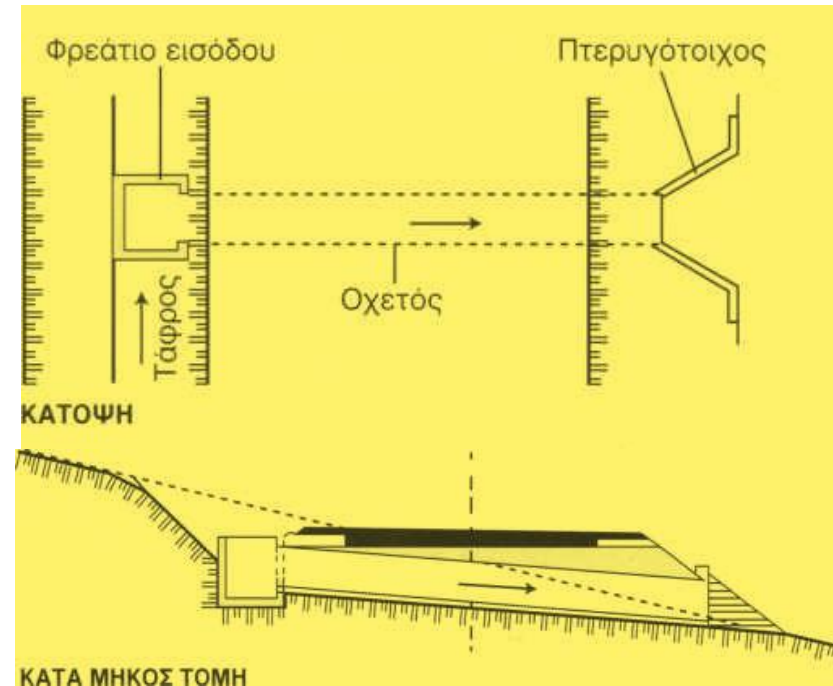
Σχήμα 177. Διαμόρφωση της εισόδου και της εξόδου των οχετών

19.8. Έργα διαμόρφωσης της εισόδου και εξόδου των οχετών

- Οι πτερυγότοιχοι αποτελούν τη συνήθη λύση έργων εισόδου και εξόδου στα μικρά τεχνικά, και ιδιαίτερα για σημαντικό ύψος επιχώματος.
- Βοηθούν να κατευθυνθούν τα νερά του ρέματος προς τον οχετό εμποδίζοντας έτσι τη διάβρωση του επιχώματος. Κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα ποιότητας C16/20 ή ανώτερης και διαστασιολογούνται ως τοίχοι αντιστήριξης μεταβλητού ύψους με την κατάλληλη θεμελίωση και, ενδεχομένως, τις απαραίτητες αντηρίδες.



Εικόνα 75. Πλακοσκεπής οχετός σε φάση κατασκευής



Σχήμα 178. Διάταξη οχετού σε μικτή διατομή.

19.8. Έργα διαμόρφωσης της εισόδου και εξόδου των οχετών

- Οι τοίχοι αντεπιστροφής είναι τοίχοι που κατασκευάζονται στην είσοδο και στην έξοδο του οχετού σε διεύθυνση κάθετη προς τα βάθρα και παράλληλη προς τον άξονα της οδού.
- Η κατασκευή των τοίχων αντεπιστροφής είναι πιο εύκολη και γρήγορη και προτιμώνται όταν το ύψος του επιχώματος είναι μικρό.
- Ακόμη, η κατασκευή τοίχων αντεπιστροφής ενδείκνυται όταν η κλίση του φυσικού εδάφους είναι ελάχιστα ηπιότερη από την κλίση του πρανούς του επιχώματος, ουσιαστικά, δηλαδή, όταν η κλίση του φυσικού εδάφους είναι ισχυρή. Στην περίπτωση αυτήν, οι πτερυγότοιχοι που, ενδεχομένως θα κατασκευασθούν, θα έχουν υπερβολικά μεγάλο μήκος και κρίνονται τεχνικά και οικονομικά ασύμφοροι.
- Οι τοίχοι αντεπιστροφής κατασκευάζονται από σκυρόδεμα ποιότητας C16/20 ή ανώτερης.
- Στην περίπτωση όπου τα στόμια των οχετών διαμορφώνονται με τοίχους αντεπιστροφής, θα πρέπει να μεριμνάται ώστε οι τοίχοι να έχουν επαρκές μήκος για να μη δημιουργείται κίνδυνος έμφραξης της εισόδου και εξόδου από τα τεταρτοκώνια των γαιών. Διαμορφώνονται και διαστασιολογούνται ως τοίχοι αντιστήριξης.
- Φρεάτια εισόδου κατασκευάζονται σε μικτές διατομές στις θέσεις απόληξης των τάφρων της οδού στον πόδα του πρανούς ορύγματος, όπου παραλαμβάνονται τα όμβρια και οδηγούνται κατάντη. Στο Σχήμα 178 φαίνεται μια γενική διάταξη οχετού με φρεάτιο εισόδου.

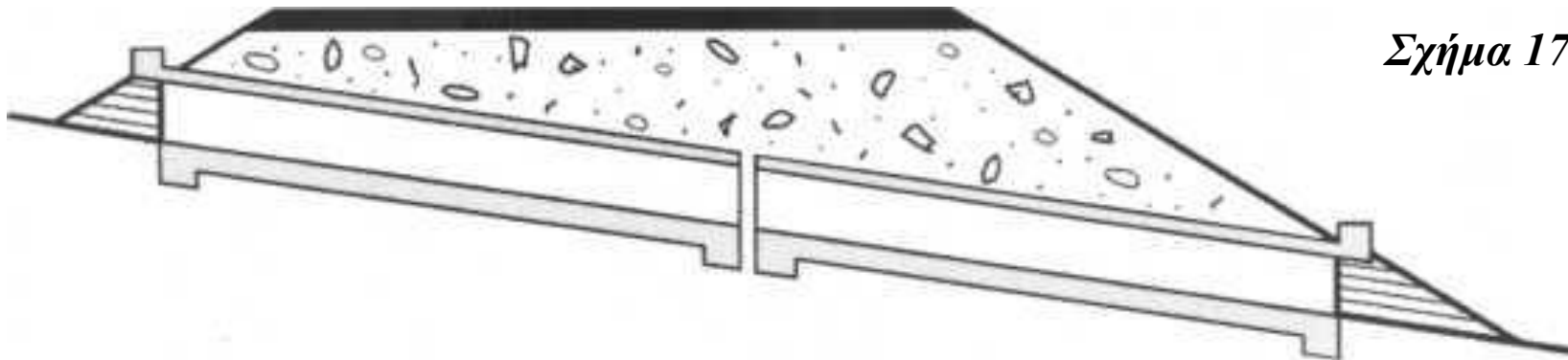
19.8. Έργα διαμόρφωσης της εισόδου και εξόδου των οχετών

Εικόνα 76. Κιβωτοειδής οχετός με τοίχους αντεπιστροφής



19.9. Υδραυλικοί υπολογισμοί, μέγιστες κλίσεις οχετών και μέγιστες ταχύτητες

- Η σωστή διαστασιολόγηση ενός οχετού, επιβάλλει τον ακριβή υπολογισμό της μέγιστης παροχής. Με τον τρόπο αυτόν αποφεύγεται υπερδιαστασιολόγηση του τεχνικού η οποία θα επιφέρει οικονομική επιβάρυνση του έργου, αλλά και η επιλογή διατομής μικρότερης από αυτήν που χρειάζεται, πράγμα που θα οδηγούσε σε κακή λειτουργία του τεχνικού, υπερχείλιση, καταστροφή του οδοστρώματος και καταστροφή του ίδιου του τεχνικού. Παράλληλα, το τεχνικό πρέπει να έχει μια ορισμένη κλίση, τα ανώτατα και κατώτατα όρια της οποίας καθορίζονται από τους κανονισμούς.
- Η κλίση στον πυθμένα του τεχνικού δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 0,5% ούτως ώστε να εξασφαλίζεται συνεχής ροή και να αποφεύγεται η διήθηση του νερού και η εναπόθεση φερτών υλικών στις παρειές και στον πυθμένα της κλειστής διατομής. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα ροής εντός του τεχνικού ανέρχεται σε 4,0 m/sec. Σε περίπτωση που δημιουργούνται μεγαλύτερες κλίσεις, για να αποφευχθούν οι δυσάρεστες συνέπειες που αυτές προκαλούν και παράλληλα να τηρηθούν τα όρια του κανονισμού, κατασκευάζονται έργα πτώσης. Γενικώς, όταν η κλίση του πυθμένα του τεχνικού είναι μεγαλύτερη από 5% σκόπιμο είναι να κατασκευάζονται χαλινοί για αποτροπή ολίσθησης του τεχνικού (Σχ. 179). Απαραίτητοι είναι οι χαλινοί όταν η κλίση γίνει μεγαλύτερη από 10%.



Σχήμα 179. Τομή κιβωτοειδούς οχετού.

19.9. Υδραυλικοί υπολογισμοί, μέγιστες κλίσεις οχετών και μέγιστες ταχύτητες

- ✓ Οι διαστάσεις της διατομής ενός οχετού τέτοιες, ώστε να μπορεί να παροχετεύσει τη μέγιστη παροχή, δηλαδή την παροχή σχεδιασμού Q_0 , (με περιθώριο ασφαλείας), και η διατομή να έχει επαρκές ύψος (επισκέψιμη).
- ✓ Παράγοντας που επηρεάζει τη διαστασιολόγηση των οχετών, είναι οι συνθήκες ροής. Αν και οι οχετοί εμφανίζουν μια κλειστή διατομή, πρέπει να εξασφαλιστούν συνθήκες φυσικής ροής μέσα στο τεχνικό και όχι ροής υπό πίεση.
- Οι υδραυλικοί υπολογισμοί του οχετού : με βάση την παροχή σχεδιασμού. Αν ο οχετός παίζει το ρόλο τεχνικού έργου αποκατάστασης φυσικής ροής, η παροχή σχεδιασμού = προς την παροχή απορροής της ανάντη λεκάνης.

Η παροχή απορροής υπολογίζεται για κάθε τεχνικό σε τοπογραφική οριζοντιογραφία από την ανάντη λεκάνη επιφάνειας A κατά την ορθολογική μέθοδο:

- $Q_0 = C i A$

Αρχικά χαράζονται στην οριζοντιογραφία (1:5.000 ή 1:20.000) οι υδροκρίτες $Y_1, Y_2 \dots$ (Σχ. 180) για να ορισθεί η επιφάνεια της ανάντη λεκάνης για κάθε τεχνικό. Η ένταση βροχής ορίζεται από τη σχέση: $i = \frac{a}{\beta + t}$

Οι παράμετροι a και β υπολογίζονται από υδρολογικά στοιχεία για περίοδο επαναφοράς $T = 10, 25$ ή 50 έτη και ο χρόνος συρροής t από τον τύπο του Giandotti: $t = \frac{4\sqrt{A}}{0,8\sqrt{Z}} + \frac{1,5L}{0,8\sqrt{Z}}$

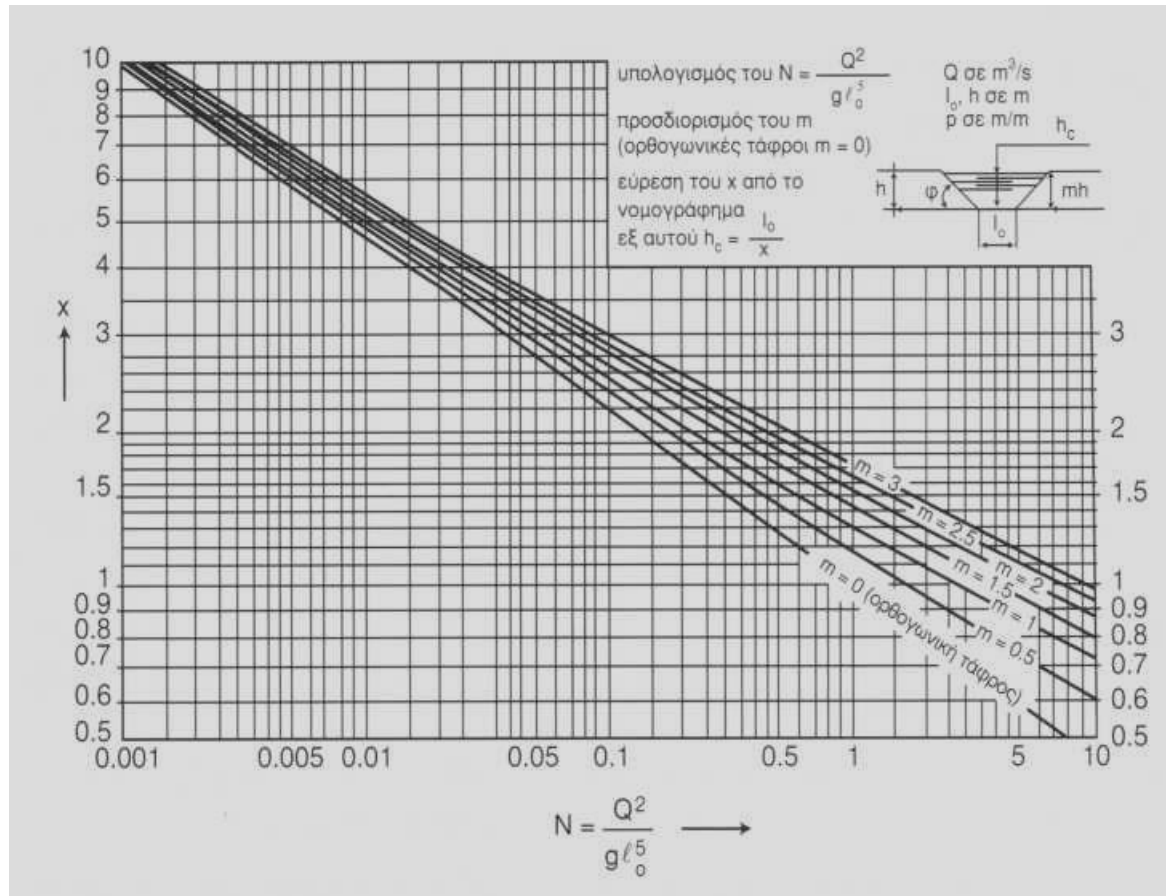
t : χρόνος συρροής σε ώρες - A : επιφάνεια λεκάνης σε km^2 - L : μήκος κύριας μισγάγγειας σε km

Z : διαφορά μέσου υψομέτρου της λεκάνης και υψομέτρου εκβολής.

19.9. Υδραυλικοί υπολογισμοί, μέγιστες κλίσεις οχετών και μέγιστες ταχύτητες

- Σύμφωνα με τις Ελληνικές προδιαγραφές, η περίοδος επαναφοράς για τους υδραυλικούς υπολογισμούς των οχετών είναι 50 έτη.
- Ο συντελεστής απορροής C ορίζεται για κάθε λεκάνη ανάλογα με την κλίση του εδάφους και το είδος της βλάστησης όπως περιγράφεται στην παράγραφο 18.7. Συνήθως η επιφάνεια A μετράται σε km² και η ένταση i σε mm/h.
- Για τον υπολογισμό της παροχής Q_0 , στην περίπτωση αυτήν, η σχέση που χρησιμοποιείται είναι: $Q_0 \left(\frac{m^3}{sec} \right) = \frac{C i A}{3,6}$
- Η εκλογή των διαστάσεων του τεχνικού με βάση την παροχή σχεδιασμού Q_0 περιλαμβάνει τον έλεγχο παροχετευτικότητας της διατομής και τους ελέγχους ροής ανάντη και κατόντη του τεχνικού. Για τους σχετούς ορθογωνικής διατομής συνήθως εκλέγεται το πλάτος l_0 και προσδιορίζεται στη συνέχεια το ύψος της διατομής. Στην πράξη, δηλαδή, γίνεται μια προδιαστασιολόγηση του τεχνικού (πλάτος l_0 και ύψος D) και ακολουθούν οι έλεγχοι ροής ανάντη και κατόντη. Σε περίπτωση που τα συναφή κριτήρια ικανοποιούνται, η προεπιλογή θεωρείται ικανοποιητική. Σε αντίθετη περίπτωση, η διαδικασία επαναλαμβάνεται με διαφορετικές διαστάσεις τεχνικού.
- Η παροχετευτικότητα ευρίσκεται από τον τύπο Manning-Strickler: $Q_c = K \cdot R^{2/3} \cdot p^{1/2}$
- Η σύγκριση της παροχετευτικότητας προς την παροχή σχεδιασμού Q_0 δίνει μια ελάχιστη τιμή για το ύψος D της διατομής. Το ύψος D ισούται κατ' ελάχιστο με το κανονικό βάθος γ_n όταν $Q_c = Q_0$. Συνήθως επιλέγεται διατομή τέτοια ούτως ώστε η παροχετευτικότητα να είναι αισθητά μεγαλύτερη της παροχής σχεδιασμού.

19.9. Υδραυλικοί υπολογισμοί, μέγιστες κλίσεις οχτών και μέγιστες ταχύτητες



- Ο υπολογισμός του κανονικού και του κρίσιμου βάθους μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια των νομογραφημάτων 181 και 182.
- Όταν το κανονικό βάθος ($y_n = h_n$) είναι μεγαλύτερο του κρίσιμου ($y_c = h_c$), $y_n > y_c$ η ροή είναι ποταμιά.
- Όταν $y_n < y_c$ η ροή είναι χειμαρρώδης.
- Οι υδραυλικοί υπολογισμοί πρέπει να συμπληρωθούν από έλεγχο κατάντη όταν $y_n > y_c$ και από έλεγχο ανάντη όταν $y_n < y_c$. Γενικά, όταν δεν εκτελείται πλήρης έλεγχος, το ύψος D του οχετού πρέπει να επιλέγεται:
- $D = \max(y_n, y_c) + y_0$
όπου y_0 ένα περιθώριο ασφαλείας ίσο προς 1 m περίπου.

Σχήμα 182. Τάφροι δίστομης τραπεζοειδούς, ορθογωνικής

($m = 0$). Υπολογισμός του κρίσιμου βάθους.

19.10. Αναλυτικές μέθοδοι υδραυλικού σχεδιασμού μικρών τεχνικών

□ Η αναλυτική μέθοδος σχεδιασμού μικρών τεχνικών περιλαμβάνει όλες τις προκαταρκτικές και προπαρασκευαστικές ενέργειες για συλλογή στοιχείων τοπογραφίας, γεωλογίας και υδρολογίας και την κύρια διαδικασία διαστασιολόγησης.

Η εφαρμογή της είναι απαραίτητη όταν η παροχή είναι μεγαλύτερη των $5 \text{ m}^3/\text{sec}$ ή η κατά μήκος κλίση του υδατορέματος και του τεχνικού είναι μεγαλύτερη από 5%. Συγκεκριμένα, η αναλυτική μέθοδος σχεδιασμού περιλαμβάνει:

- α) τη συλλογή όλων των τοπογραφικών δεδομένων και τη σύνταξη οριζοντιογραφίας της περιοχής και μηκοτομής του ρέματος
- β) τη σχεδίαση της εγκάρσιας διατομής οδού, οδοστρώματος και επιχώματος
- γ) την τοποθέτηση των υψομέτρων της κοιτόστρωσης κατά μήκος του τεχνικού και τον προσδιορισμό της κατά μήκος κλίσης και του μήκους του τεχνικού
- δ) τον προσδιορισμό της γραμμής ενέργειας της ροής ανάντη (headwater depth) του τεχνικού και, πιθανώς, κατάντη του τεχνικού
- ε) την επιλογή του τύπου και της διατομής του τεχνικού και των έργων εισόδου και εξόδου και ειδικότερα τις πιθανές διαμορφώσεις (αποτμήσεις) των ανάντη πτερυγότοιχων και της κορωνίδας
- στ) τη διερεύνηση της αναγκαιότητας και την πιθανή πρόβλεψη έργων απόσβεσης της ενέργειας ροής (αναβαθμίδες, λεκάνες ηρεμίας).

19.10. Αναλυτικές μέθοδοι υδραυλικού σχεδιασμού μικρών τεχνικών

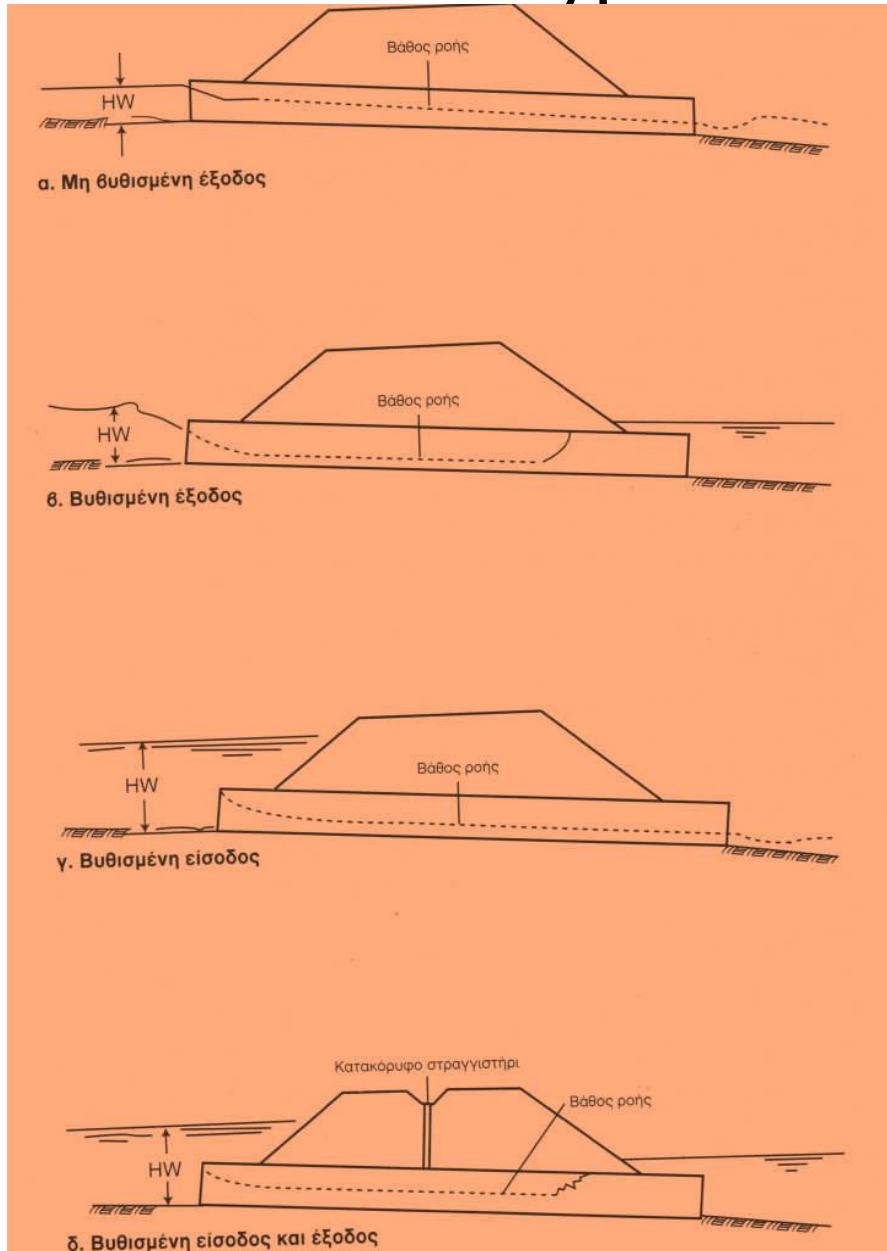
- ✓ Γενικώς, όταν ένα τεχνικό έργο μορφής οριζόντιας σωλήνωσης όπως ένας οχετός, τοποθετείται κατά μήκος ενός ανοιχτού αγωγού, δημιουργεί μια στένωση και μια άνοδο της στάθμης στα ανάντη του έργου.
- Το διατιθέμενο ύψος για την ανάντη στάθμη του νερού αποτελεί το βασικό κριτήριο σχεδιασμού του οχετού και των έργων εισόδου.
- Το ύψος αυτό εξαρτάται από το ελεύθερο ύψος της κλειστής διατομής, τη διαμόρφωση των έργων εισόδου, τη στέψη των περυγότοιχων και από ορισμένες κατασκευαστικές λεπτομέρειες.
- Ο τύπος της ροής σε ένα υδραυλικό τεχνικό έργο εξαρτάται από τη συνολική διατιθέμενη ενέργεια μεταξύ εισόδου και εξόδου, ουσιαστικά, δηλαδή, από το υδραυλικό φορτίο ανάντη και κατόντη του τεχνικού.
- Τα χαρακτηριστικά της πραγματικής ροής μέσα στο τεχνικό είναι τέτοια ώστε να απορροφηθεί το σύνολο της διατιθέμενης (περίσσειας) ενέργειας: απώλειες λόγω τριβών, κινητικής ενέργειας και βάθους ροής.
- Τα χαρακτηριστικά της ροής και η παροχετευτικότητα των μικρών τεχνικών αναγνωρίζονται από τη θέση της διατομής ελέγχου, της καθοριστικής διατομής, δηλαδή, όπου το έργο λειτουργεί υπό συνθήκες μέγιστης ροής.
- Θεωρητικές και εμπειρικές προσεγγίσεις απέδειξαν ότι οι οχετοί των οδικών έργων λειτουργούν υπό δύο κύριες συνθήκες ελέγχου ροής: ανάντη ελεγχόμενης ροής και κατόντη ελεγχόμενης ροής.
- Προφανές είναι ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, σύμφωνα με την αναλυτική μέθοδο διαστασιολόγησης, θεωρείται ότι, κατά θέσεις, η ροή εντός του οχετού μπορεί να είναι υπό πίεση, φαινόμενο που, σύμφωνα με την προηγούμενη ημιαμπειρική προσέγγιση, γίνεται προσπάθεια να αποφευχθεί.

19.10. Αναλυτικές μέθοδοι υδραυλικού σχεδιασμού μικρών τεχνικών

Ανάντη ελεγχόμενη ροή

- Υπό συνθήκες ανάντη ελεγχόμενης ροής, η παροχетеυτικότητα και οι εντός του τεχνικού συνθήκες ροής εξαρτώνται από το διατιθέμενο και το πραγματικό ύψος της στάθμης του νερού (ή το υδραυλικό φορτίο), τη γεωμετρία των έργων εισόδου και τη διατομή του τεχνικού.
- Ανάντη ελεγχόμενη ροή σε ένα τεχνικό αναπτύσσεται όταν η διατομή του σωλήνα ή του κιβωτίου μπορεί να παροχетеύσει μεγαλύτερη ποσότητα νερού από όση τα έργα εισόδου μπορούν να δεχθούν.
- Η “διατομή ελέγχου” του τεχνικού ευρίσκεται αμέσως μετά το σημείο εισόδου.
- Στη συγκεκριμένη θέση ή λίγο βαθύτερα, η στάθμη της ροής έχει το κρίσιμο βάθος y_c και η ροή είναι υπερκρίσιμη.
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του τεχνικού στα κατάντη της “διατομής ελέγχου” δεν επηρεάζουν την παροχетеυτικότητα του έργου.

19.10. Αναλυτικές μέθοδοι υδραυλικού σχεδιασμού μικρών τεχνικών

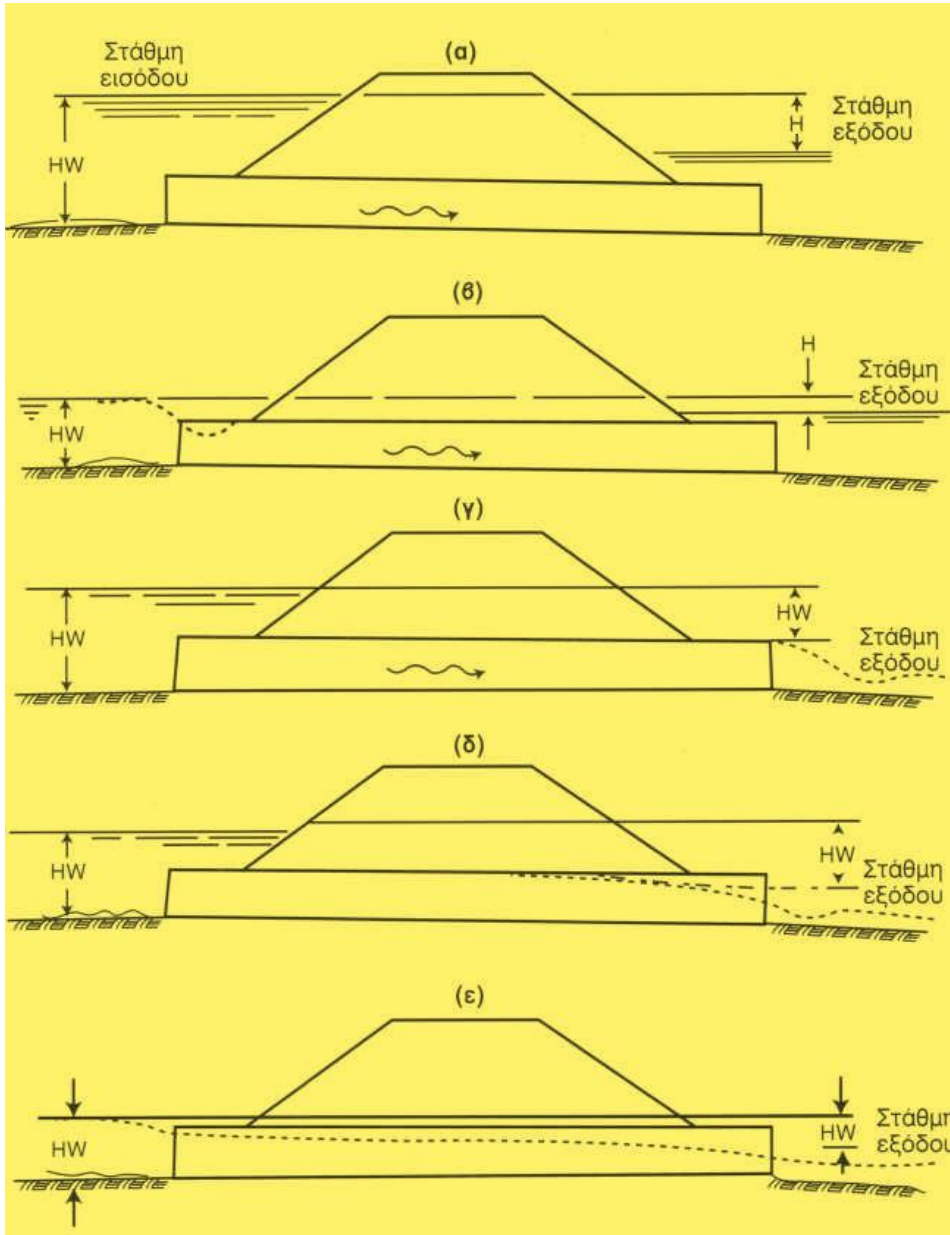


- Ανάλογα με το ύψος της στάθμης του νερού ανάντη και κατόντη, είναι δυνατό η “ανάντη ελεγχόμενη ροή” να διακριθεί σε τέσσερις υποπεριπτώσεις (Σχ. 183):
- Στην περίπτωση (α) τα σημεία εισόδου και εξόδου δεν είναι βυθισμένα. Η ροή είναι υπερκρίσιμη, το βάθος της ροής είναι αισθητά χαμηλότερο από το ύψος του τεχνικού και προσεγγίζει το κανονικό βάθος κοντά στην έξοδο του τεχνικού.
- Στην περίπτωση (β), το σημείο εξόδου είναι βυθισμένο χωρίς αυτό να συνεπάγεται “κατόντη έλεγχο”. Η ροή μετά το σημείο εισόδου είναι υπερκρίσιμη και μέσα στο τεχνικό παρατηρείται υδραυλικό άλμα.
- Η περίπτωση (γ) είναι περισσότερο αντιπροσωπευτική. Το σημείο εισόδου είναι βυθισμένο, το υδραυλικό φορτίο HW είναι σημαντικό, ενώ ελεύθερη είναι η ροή στην έξοδο. Το βάθος ροής πλησιάζει το κανονικό κοντά στην έξοδο του τεχνικού.
- Η περίπτωση (δ) είναι μάλλον σπάνια και αναπαριστά βυθισμένα στόμια χωρίς, ωστόσο, η στάθμη του νερού να καλύπτει το σύνολο της διατομής του τεχνικού. Το φρεάτιο υδροσυλλογής (πιθανώς της ενδιάμεσης νησίδας) χρησιμεύει ως δίοδος εκτόνωσης και αποτρέπει ανάπτυξη υποπίεσης μέσα στο τεχνικό.

Σχήμα 183· Συνθήκες ανάντη ελεγχόμενης ροής.

19.10. Αναλυτικές μέθοδοι υδραυλικού σχεδιασμού μικρών τεχνικών

Κατάντη ελεγχόμενη ροή

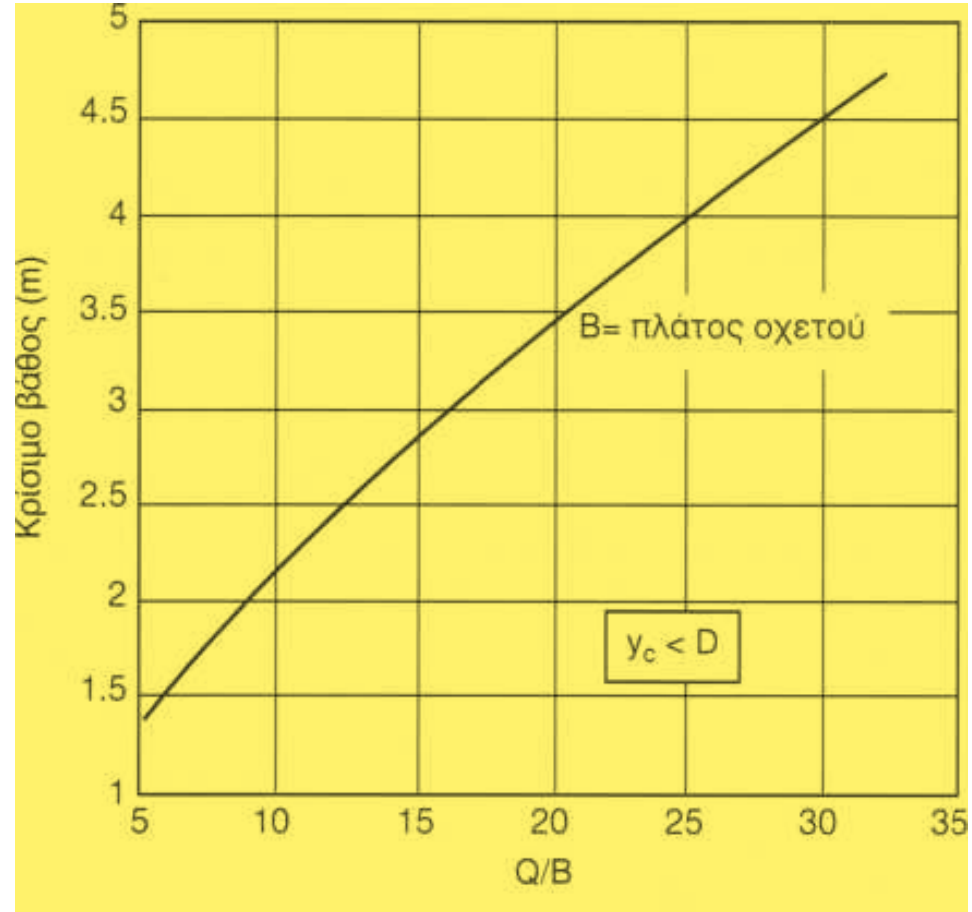
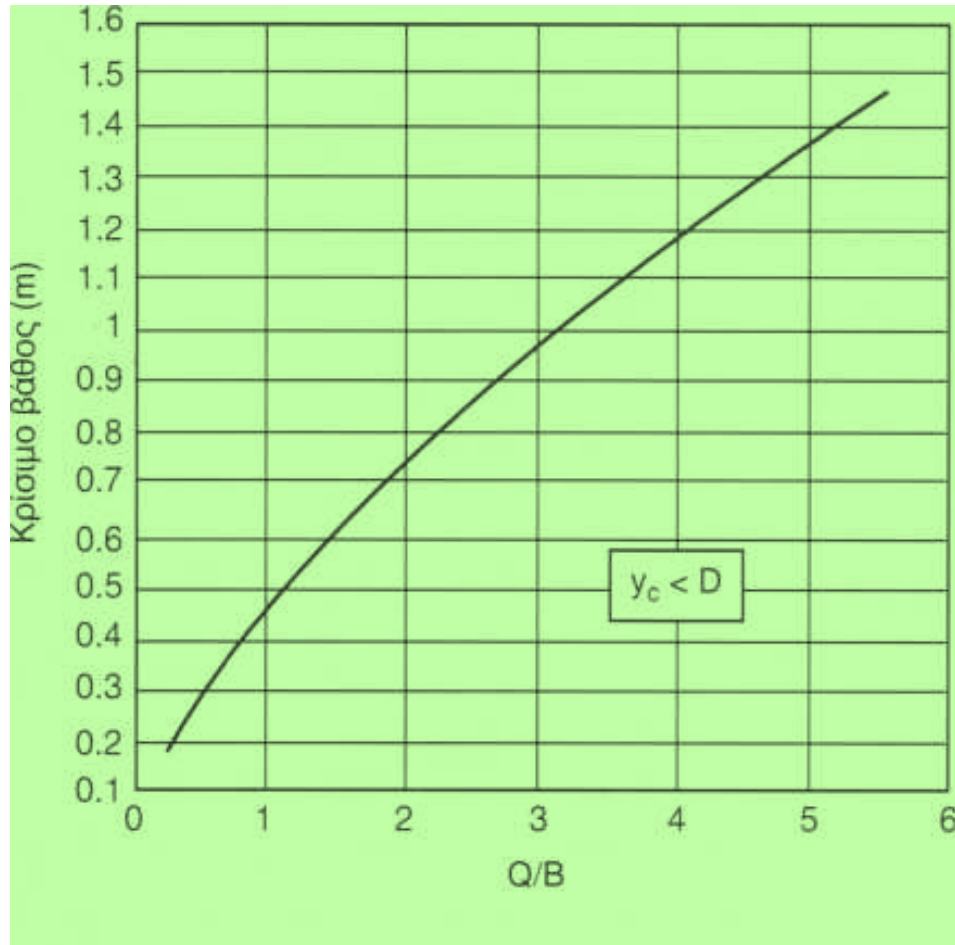


- Αν παροχετευτικότητα του τεχνικού δεν είναι τόσο μεγάλη όσο η αντίστοιχη των έργων εισόδου, τότε η ροή είναι κατάντη ελεγχόμενη.
- Η “διατομή ελέγχου” ευρίσκεται στο σημείο εξόδου ή μετά την έξοδο. Η ροή μέσα στο τεχνικό είναι είτε υποκρίσιμη είτε υπό πίεση. Η παροχετευτικότητα εξαρτάται από το σύνολο των χαρακτηριστικών του τεχνικού και των έργων εισόδου και εξόδου.
- Για συνθήκες κατάντη ελεγχόμενης ροής είναι δυνατό να διακριθούν οι εξής περιπτώσεις ροής εντός μικρών τεχνικών (Σχ. 187):
 - (α) αναπαριστά μια κλασική μορφή ροής υπό πίεση εντός της κλειστής διατομής που πρέπει με κάθε τρόπο να αποφεύγεται.
 - (β) παρουσιάζει μη βυθισμένο έργο εισόδου και ροή υπό πίεση.
 - (γ) είναι μάλλον σπάνια. Η στάθμη του νερού ανάντη παραμένει σταθερά υψηλή και εξασφαλίζει πληρότητα ροής στο τεχνικό και μεγάλες ταχύτητες στην έξοδο.
 - (δ) είναι περισσότερο συνήθης. Η είσοδος είναι βυθισμένη ενώ στην έξοδο αναπτύσσονται συνθήκες ελεύθερης ροής. Η στάθμη ροής φθάνει στο κρίσιμο βάθος λίγο πριν το σημείο εξόδου.
 - (ε) είναι επίσης αντιπροσωπευτική, όπου είσοδος και έξοδος δεν είναι βυθισμένες και η ροή είναι υποκρίσιμη.

Σχήμα 187. Κατάντη ελεγχόμενη ροή .

19.10. Αναλυτικές μέθοδοι υδραυλικού σχεδιασμού μικρών τεχνικών

Σχήμα 186. Υπολογισμός κρίσιμου βάθους



19.10. Αναλυτικές μέθοδοι υδραυλικού σχεδιασμού μικρών τεχνικών

- ❖ Η μέθοδος διαστασιολόγησης συνίσταται στον υπολογισμό του υδραυλικού φορτίου HW_1 και HW_2 , αντίστοιχα για ανάντη και κατάντη ελεγχόμενη ροή. Βασικά δεδομένα του προβλήματος είναι η παροχή σχεδιασμού και τα χαρακτηριστικά του οχετού, σχήμα, κλίση, υλικά κατασκευής. Δεδομένα επίσης θεωρούνται και οι προεπιλεγμένες διαστάσεις καθώς και τα στοιχεία για τα έργα εισόδου.
- Από τα σχετικά νομογραφήματα (Σχ. 184, 185) υπολογίζεται το υδραυλικό φορτίο HW_1 ανάντη (HW/D), όπου D το ύψος του τεχνικού. Αντίστοιχα προσδιορίζονται το βάθος ροής κατάντη h_0 , για κατάντη ελεγχόμενη ροή και το κατάντη υδραυλικό φορτίο: $HW_2 = h_0 + H$,
- Όπου $h_0 = \frac{D + y_c}{2}$ και $H = \left[1 + k_e + \frac{2gL_0}{K^2 R^{4/3}}\right] (v^2 / 2g)$
- όπου k_e : ο συντελεστής απωλειών έργων εισόδου
- L_0 : το μήκος του τεχνικού
- K : ο συντελεστής Manning
- y_c : το κρίσιμο βάθος
- v : η ταχύτητα.

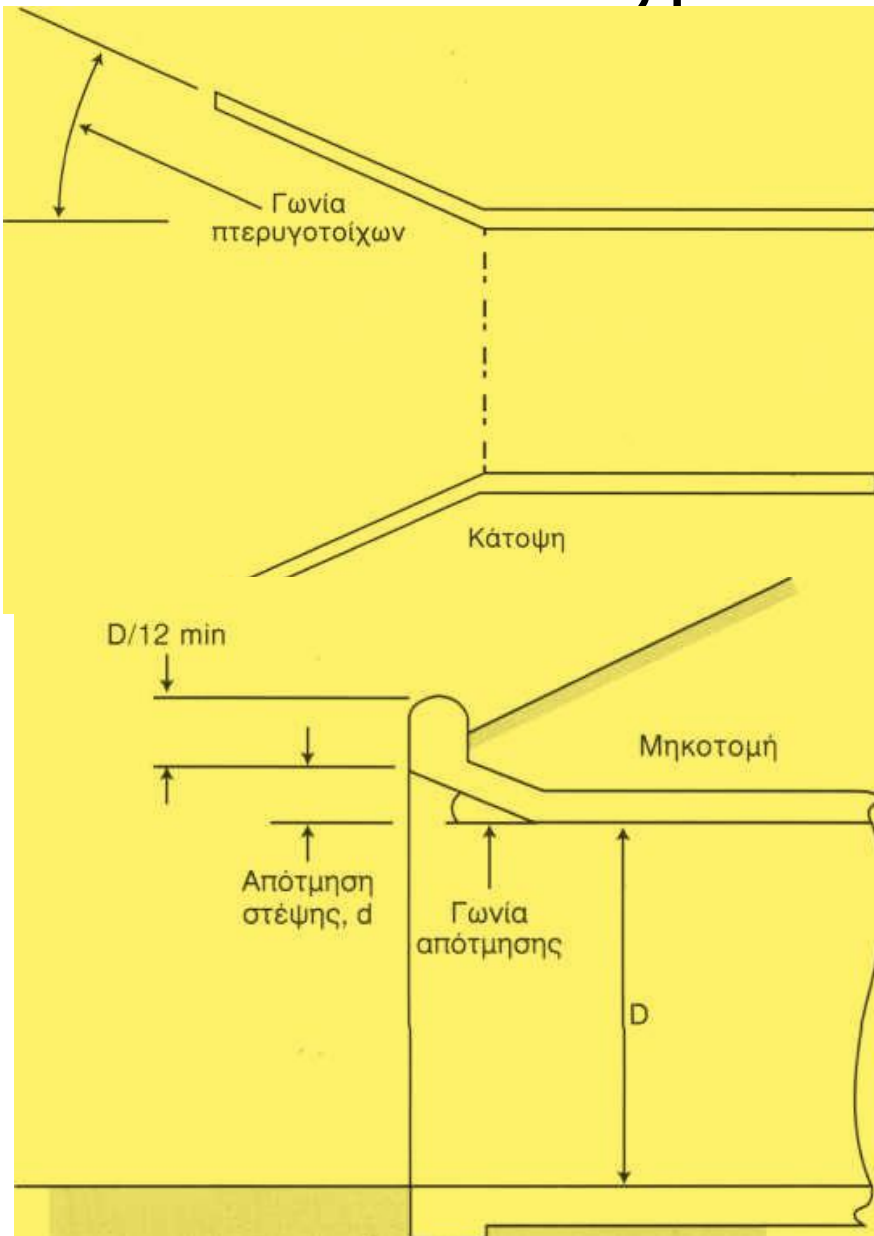
Η σύγκριση HW_1 και HW_2 δείχνει αν η ροή είναι ανάντη ή κατάντη ελεγχόμενη.

Για τεχνικά έργα οδοποιίας, θα πρέπει να ισχύει, ακόμη και για την πλημμυρική παροχή: $HW_1 < D$ και $HW_2 < D$

19.10. Αναλυτικές μέθοδοι υδραυλικού σχεδιασμού μικρών τεχνικών

Κατασκευαστικές βελτιώσεις οχετών

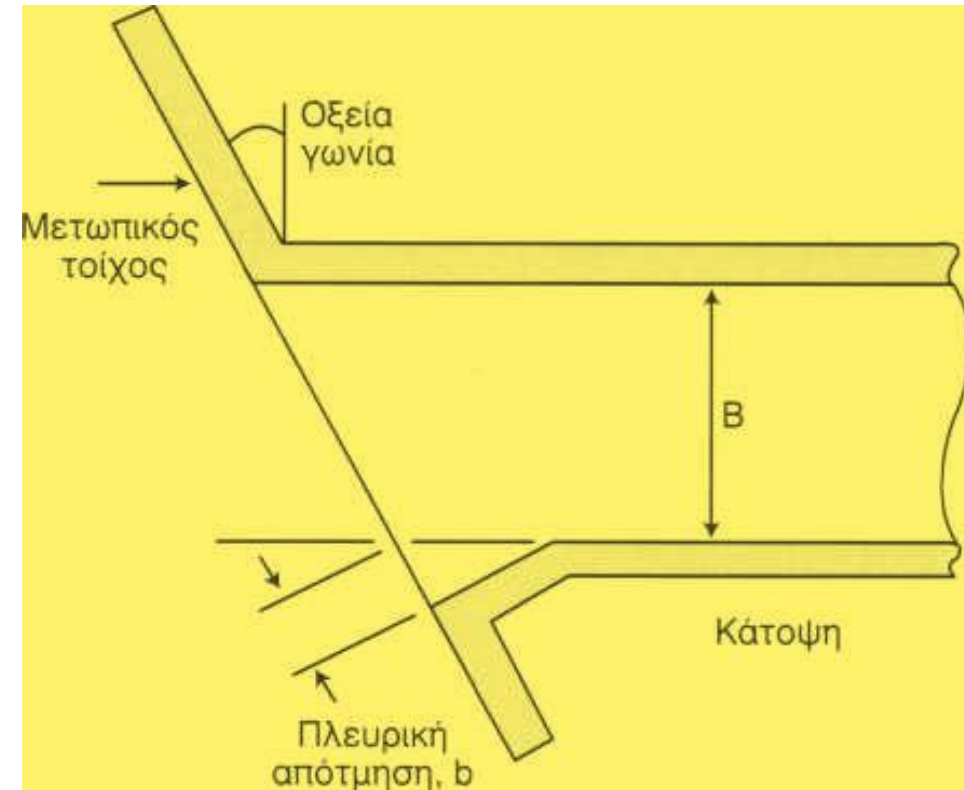
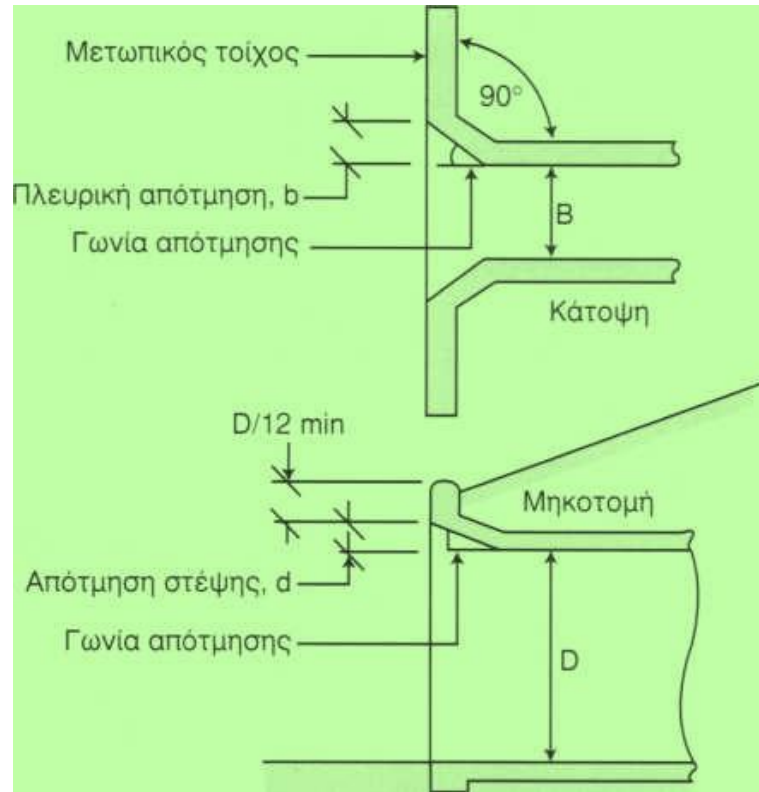
- Όταν η ροή, που αναφέρεται στην πλημμυρική παροχή, σε έναν οχετό είναι ανάντη ελεγχόμενη, τότε ουσιαστικά η κλειστή διατομή του τεχνικού υπολειτουργεί. Στην πραγματικότητα, η ανεπάρκεια ή η κακή διάταξη των έργων εισόδου δεν επιτρέπει να παροχετευθεί η ποσότητα νερού που η κλειστή διατομή μπορεί να παραλάβει.
- Κατασκευαστικές βελτιώσεις στα έργα εισόδου επιτρέπουν ομαλότερες συνθήκες ροής και μεγαλύτερη παροχευτικότητα για το σύνολο του τεχνικού. Η φιλοσοφία των βελτιωτικών διατάξεων έγκειται στην απόλεια ή απόλυνση “μικρών εμποδίων” της ροής και την ειδική διαμόρφωση των έργων εισόδου, ώστε να υπάρξει ομαλή και σταδιακή μετάβαση από μια ανοιχτή διατομή τραπεζοειδούς ή άλλης μορφής σε μια κλειστή, τετραγωνική συνήθως, διατομή.



Σχήμα 188. Διαμορφώσεις στομίου εισόδου κιβωτοειδούς οχετού με γωνία πτερυγότοιχων $10^\circ < \Theta < 25^\circ$

19.10. Αναλυτικές μέθοδοι υδραυλικού σχεδιασμού μικρών τεχνικών

- Κατασκευαστικές βελτιώσεις Σχήμα 189. Διαμορφώσεις στομίου εισόδου κιβωτοειδούς οχετού με τοίχους αντεπιστροφής



α. με λοξότητα πτερυγότοιχων 90°

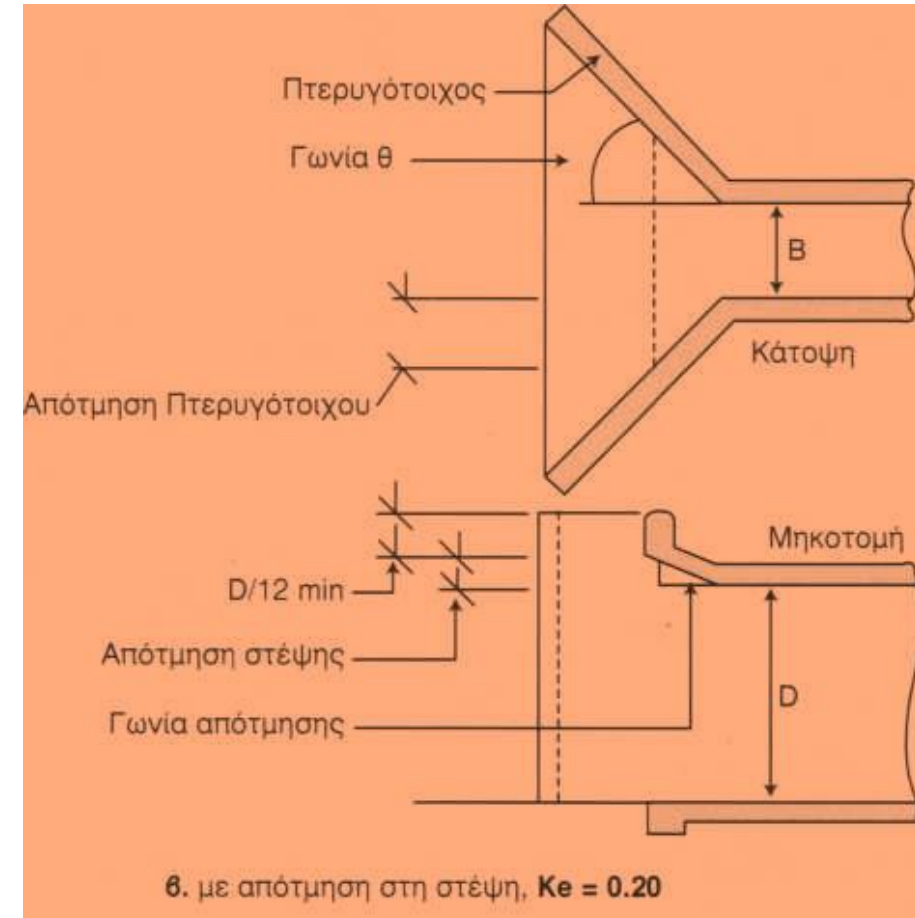
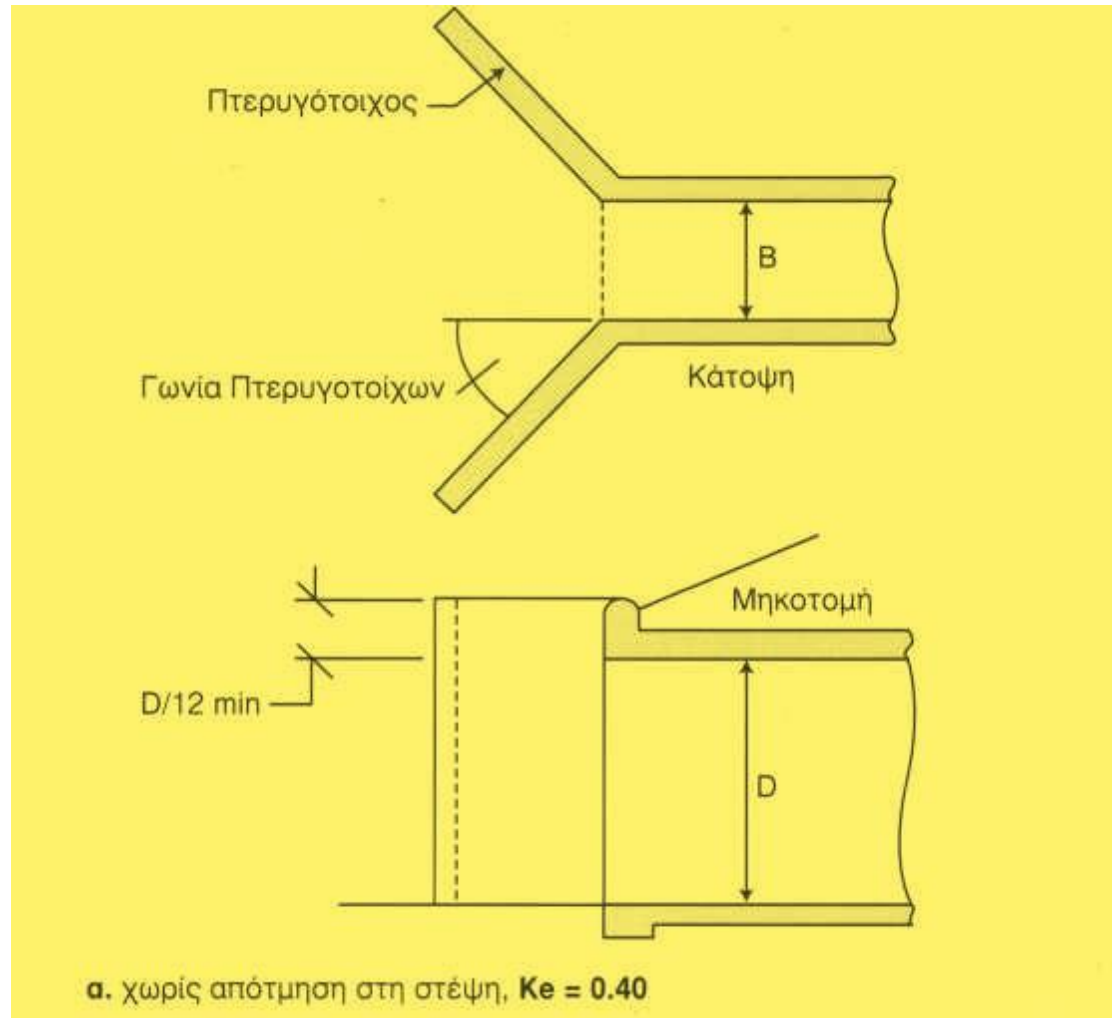
- με αποτμήσεις στις κατακόρυφες ακμές και στη στέψη, $K_e = 0,20$
- με αποτμήσεις μόνο στις κατακόρυφες ακμές, $K_e = 0,50$

β. με λοξότητα πτερυγότοιχων $< 90^\circ$ και απότμηση

μόνο στη μια κατακόρυφη ακμή και στη στέψη, $K_e = 0,50$

19.10. Αναλυτικές μέθοδοι υδραυλικού σχεδιασμού μικρών τεχνικών

Σχήμα 190. Διαμορφώσεις στομίου εισόδου κιβωτοειδούς οχετού με λοξούς πτερυγότοιχους υπό γωνία $30^\circ < \theta < 75^\circ$. Οι κατακόρυφες ακμές του στομίου στην ίδια θέση με τη θλάση που γίνεται στη στέψη.

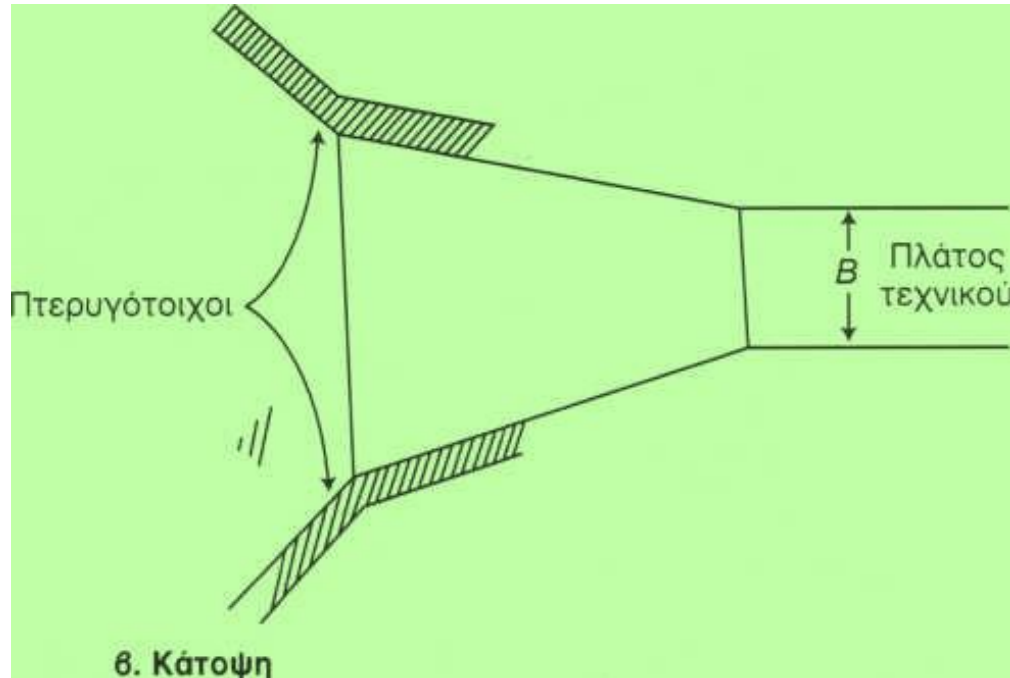


19.10. Αναλυτικές μέθοδοι υδραυλικού σχεδιασμού μικρών τεχνικών

Αποτμήσεις στην κορωνίδα και στους τοίχους αντεπιστροφής (Σχ. 189,190), διευρυνόμενα πλευρικά τοιχώματα στην είσοδο του τεχνικού (Σχ. 191), αλλά και ισχυρές κατά μήκος κλίσεις εισόδου στην κλειστή διατομή είναι ορισμένα από τα τεχνικά μέτρα για αύξηση της παροχетеυτικότητας του έργου.

Οι βελτιώσεις αυτές που μπορεί να είναι αρκετά απλές, όπως η περίπτωση των αποτμήσεων (φαλτσογωνιών) ή πολύ περισσότερο σύνθετες, όπως η μεταβαλλόμενη κατά μήκος κλίση, στοχεύουν στην αύξηση της παροχетеυτικότητας κατά δύο τρόπους:

- α) μειώνοντας τη συσσώρευση ανάντη και διευκολύνοντας τη διοχέτευση της ροής προς την κλειστή διατομή, και
- β) υποβιβάζοντας τη στάθμη της “διατομής ελέγχου” στην είσοδο του κιβωτίου, αυξάνοντας έτσι το διαθέσιμο ενεργειακό ύψος του οχετού.



Σχήμα 191. Λοξά τοιχώματα εισόδου τεχνικού

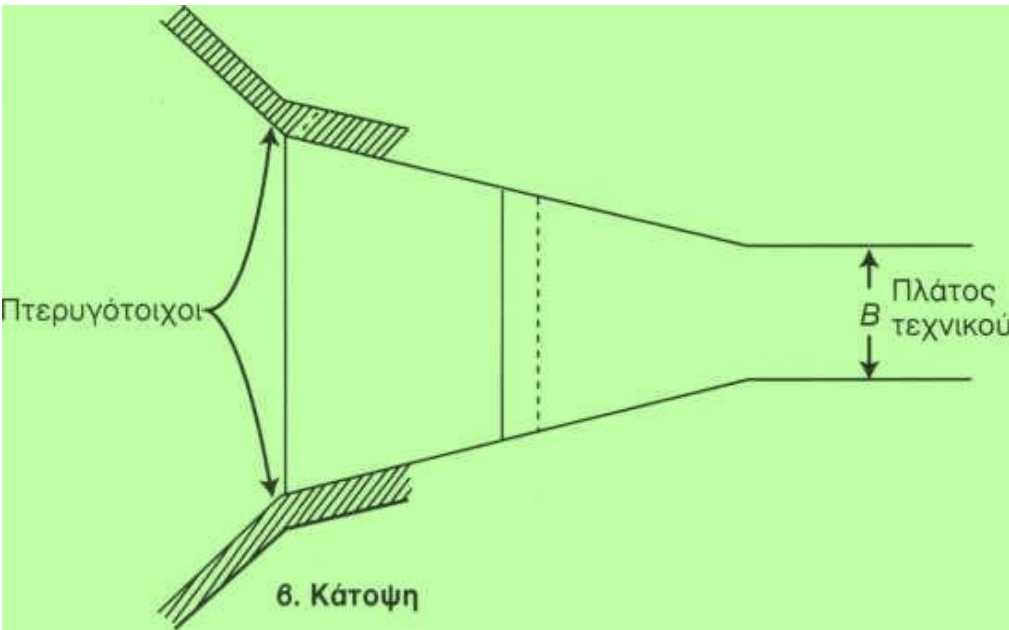
19.11. Στατικοί υπολογισμοί οχετών

Ο στατικός υπολογισμός των φορέων των οχετών γίνεται με τη χρήση απλών σχέσεων για πλαισιωτούς φορείς, κυρίως για τις φορτίσεις μόνιμων φορτίων και ισοδύναμης επιφόρτισης.

Για τη διαστασιολόγηση ισχύουν οι γενικές αρχές διαστασιολόγησης στη γεφυροποιία. Τα κύρια φορτία που ασκούνται στο τεχνικό είναι τα φορτία από ίδιο βάρος, την επικάλυψη των γαιών και τα φορτία κυκλοφορίας.

Αναλυτικότερα, για τη στατική επίλυση ενός φορέα μικρού τεχνικού θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι εξής φορτίσεις:

- το ίδιο βάρος των στοιχείων του φορέα
- τα κατακόρυφα φορτία οδοστρώματος
- τα φορτία επιχώματος
- τα κινητά (ισοδύναμα) φορτία λόγω κυκλοφορίας
- οι ωθήσεις γαιών
- η ελαστική αντίδραση του εδάφους (για πλαισιωτούς φορείς).



Σχήμα 192. Βαθμιδωτή διάταξη εισόδου τεχνικού

19.11. Στατικοί υπολογισμοί οχετών

Το στατικό μοντέλο ποικίλλει ανάλογα με το είδος του τεχνικού: κλειστό πλαίσιο για κιβωτοειδείς οχετούς, αρθρωτό πλαίσιο για πλακοσκεπείς οχετούς, θολωτός φορέας για καμπύλες διατομές.

- Σε κάθε περίπτωση, πλην της βασικής επίλυσης της εγκάρσιας διατομής, απαραίτητη είναι και μια επίλυση κατά μήκος του άξονα, ώστε ο φορέας να μην παρουσιάζει μεγάλες παραμορφώσεις προς οποιαδήποτε διεύθυνση.
 - Για τους οχετούς στέψης, τα φορτία κατά τους Γερμανικούς κανονισμούς, διακρίνονται σε κύρια, πρόσθετα και εκτάκτως δρώντα φορτία.
 - Ως κύρια αναφέρονται τα μόνιμα φορτία, η τυχόν δύναμη προέντασης, τα κινητά φορτία, οι τάσεις λόγω συστολής του σκυροδέματος και οι πιθανοί καταναγκασμοί λόγω μετατόπισης του εδάφους θεμελίωσης.
- Στα πρόσθετα φορτία συγκαταλέγονται οι θερμοκρασιακές μεταβολές, οι δυνάμεις τροχοπέδησης και τα (συνήθως ασήμαντα) φορτία λόγω ανέμου, ενώ στα εκτάκτως δρώντα φορτία συμπεριλαμβάνονται ο σεισμός και έκτακτες φορτίσεις κατά την κατασκευή.
- Από τα κύρια φορτία, τα σημαντικότερα για την επιπόνηση του τεχνικού έργου είναι τα κινητά φορτία, ιδιαίτερα όταν το ύψος της επίχωσης είναι μικρό.
 - Τα κινητά είναι τα φορτία κυκλοφορίας που διέρχονται πάνω από το τεχνικό.

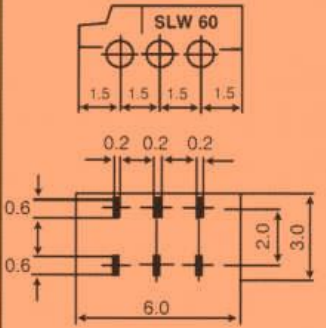
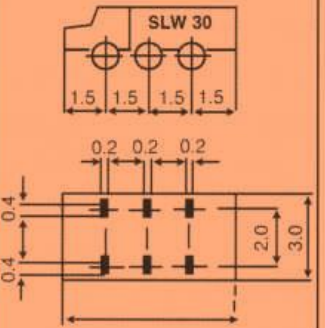
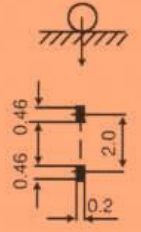
19.11. Στατικοί υπολογισμοί οχητών

Ο υπολογισμός των κινητών φορτίων στηρίζεται στις παρακάτω αρχές:

- Η επιφάνεια του οδοστρώματος χωρίζεται σε μια κύρια λωρίδα κυκλοφορίας, σε μια δευτερεύουσα καθώς και στη λοιπή επιφάνεια.
 - Η κύρια και δευτερεύουσα λωρίδα ευρίσκονται άμεσα δίπλα η μία στην άλλη, έχουν πλάτος 3 m η καθεμία και ως θέση τους θεωρείται πάντοτε η δυσμενέστερη του φορέα. Αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατή η μετατόπιση των λωρίδων πλευρικά, αλλά πάντοτε η μια πρέπει να τοποθετείται δίπλα στην άλλη.
 - Σε κάθε οχετό, ανεξάρτητα από τον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας και την ύπαρξη διαχωριστικής γραμμής, θεωρείται ότι υπάρχει μια μόνο κύρια λωρίδα και μια δευτερεύουσα.
 - Η λοιπή επιφάνεια κυκλοφορίας αποτελείται από όση επιφάνεια απομένει ανάμεσα στα κράσπεδα των πεζοδρομίων. Η φόρτιση στις λωρίδες κυκλοφορίας γίνεται μέσω ιδεατών προτύπων οχημάτων και μέσω ομοιόμορφα κατανεμημένων φορτίων. Το μέγεθος της φόρτισης με πρότυπο όχημα καθορίζεται ανάλογα με την κλάση κατάταξης του τεχνικού, η επιλογή της οποίας με τη σειρά της εξαρτάται από την κατηγορία της οδού (εθνική οδός, επαρχιακή οδός κ.λ.π.). Τα κινητά φορτία διακρίνονται σε κλάσεις 60/30 και 30/30 για υπολογισμό νέων τεχνικών και κλάσεις 16/16, 12/12, 9/9 και 3/3 για υπολογισμό υφιστάμενων τεχνικών. Οι αριθμοί των κλάσεων εκφράζουν το βάρος των προτύπων οχημάτων σε τόνους που προβλέπονται σε κάθε λωρίδα κυκλοφορίας ως κινητό φορτίο, τα οποία πρέπει πάντα να παραμένουν ως ομάδα φορτίων (με συγκεκριμένα γεωμετρικά στοιχεία). Στις υπόλοιπες επιφάνειες των λωρίδων εισάγονται τα προβλεπόμενα επιφανειακά φορτία. Το ίδιο ισχύει και για την υπόλοιπη επιφάνεια του οχετού. Το μέγεθος και η κατάταξη της επιρροής των φορτίων δίνεται στον Πίνακα 66.
- Η κλάση 60/30 :σε συνήθη καταπόνηση τεχνικών του εθνικού και του επαρχιακού οδικού δικτύου. Η κλάση 30/30 μπορεί να εφαρμοσθεί μόνον σε δευτερεύον οδικό δίκτυο, τοπικές και ιδιωτικές οδούς (DIN 1072/85).

19.11. Στατικοί υπολογισμοί οχητών

Πίνακας 66. Φορτία οχητών

	ΚΛΑΣΗ ΓΕΦΥΡΑΣ 60/30 ΒΑΡΥ ΟΧΗΜΑ (SLW)	ΚΛΑΣΗ ΓΕΦΥΡΑΣ 30/30											
1	 <p>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ: 600 kN ΦΟΡΤΙΟ ΤΡΟΧΟΥ : 100 kN ΙΣΟΔ. ΟΜΟΙΟΜ. : $p_1 = 33,3 \text{ kN/m}^2$ ΦΟΡΤΙΟ</p>	 <p>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ: 300 kN ΦΟΡΤΙΟ ΤΡΟΧΟΥ : 50 kN ΙΣΟΔ. ΟΜΟΙΟΜ. : $p_1 = 16,7 \text{ kN/m}^2$ ΦΟΡΤΙΟ</p>	<p>ΦΟΡΤΙΟ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΟΥ ΑΞΟΝΑ</p>  <p>ΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ: 130 kN</p>										
2	<p>ΔΙΑΤΑΞΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΡΑΣΠΕΔΩΝ</p> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $HS \rho_1 = 5 \text{ kN/m}$ $NS \rho_2 = 3 \text{ kN/m}$ </td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> SLW 60 SLW 30 </td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> p_1 p_2 </td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $3,0$ $3,0$ </td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> \updownarrow \updownarrow </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">6.0</td> <td colspan="2" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">6.0</td> <td></td> </tr> </table> <p>HS: ΚΥΡΙΑ ΛΩΡΙΔΑ ΜΕ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗΣ ϕ NS: ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ ΛΩΡΙΔΑ ΧΩΡΙΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗΣ ϕ ΥΠΟΛΟΙΠΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ $p_2 = 3 \text{ kN/m}^2$ ΧΩΡΙΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗΣ</p>			$HS \rho_1 = 5 \text{ kN/m}$ $NS \rho_2 = 3 \text{ kN/m}$	SLW 60 SLW 30	p_1 p_2	$3,0$ $3,0$	\updownarrow \updownarrow	6.0		6.0		
$HS \rho_1 = 5 \text{ kN/m}$ $NS \rho_2 = 3 \text{ kN/m}$	SLW 60 SLW 30	p_1 p_2	$3,0$ $3,0$	\updownarrow \updownarrow									
6.0		6.0											
3	<p>ΔΙΑΤΑΞΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟΛΟΙΠΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΜΕΧΡΙ ΤΑ ΚΙΓΚΛΙΔΩΜΑΤΑ (πεζοδρόμια, ποδηλατοδρόμια, διαμορφώσεις κεντρικής νησίδας) ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΗ ΦΟΡΤΙΣΗ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΕΔΑΦΙΑ a), b), c)</p> <p>a) $p_2 = 3 \text{ kN/m}^2$ ΜΑΖΙ ΜΕ ΤΑ ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΦΟΡΤΙΑ ΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ 2</p> <p>b) $p_3 = 5 \text{ kN/m}^2$ ΧΩΡΙΣ ΤΑ ΦΟΡΤΙΑ ΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ 2 (ΜΟΝΟ ΓΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗ ΜΕΜΟΝΟΜΕΝΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ π.χ. ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΩΝ κ.λ.π.</p> <p>c) ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΡΟΧΟΥ ΕΠΙ ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΟΥ ΛΟΓΩ ΕΛΛΕΙΨΗΣ ΣΤΗΘΑΙΟΥ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.</p> <p>ΦΟΡΤΙΟ ΤΡΟΧΟΥ: $P = 50 \text{ kN}$ ΠΕΡΙΤΥΠΩΜΑ: $0,2 \times 0,4 \text{ m}$</p>												

19.12. Ελάχιστες διαστάσεις οχετών και σωληνωτών αγωγών

Έργο	Θέση – Χαρακτηριστικά	Ελάχιστη εσωτερική διάμετρος d_i Ελάχιστο ελεύθερο ύψος D (m)
Σωληνωτοί αγωγοί στραγγιστηρίων	—	$d_i = 0,20$
Αγωγοί σύνδεσης φρεατίων υδροσυλλογής	—	$d_i = 0,20$
Συλλεκτήριοι αγωγοί δικτύων ομβρίων	—	$d_i = 0,60$
Εγκάρσιοι σωληνωτοί οχετοί στραγγιστηρίων	—	$d_i = 0,40$
Εγκάρσιοι σωληνωτοί οχετοί δικτύων ομβρίων	α. Υπεραστικές οδοί κατηγορίας Ε και κατώτερης και αστικές οδοί λειτουργικής κατάταξης συλλεκτήριας και κατώτερης	$d_i = 0,60$
	β. Υπεραστικές οδοί κατηγορίας Δ και ανώτερης και αστικές οδοί λειτουργικής κατάταξης αρτηρίας και ανώτερης	$d_i = 0,80$
Ορθογωνικοί οχετοί (Νέα έργα)	1. Ελεύθερο άνοιγμα $\ell_o = 1,00$ m	
	α. Για μεγάλο μήκος ($L > 40$ m)	$D = 2,00$
	β. Σε δυσχερείς περιπτώσεις για μήκος $L \leq 40$ m	$D = 1,50$
	γ. Σε πολύ δυσχερείς περιπτώσεις για $L \leq 15$ m	$D = 1,00$
	2. Ελεύθερο άνοιγμα $1,0 < \ell_o \leq 6,0$ m	
	α. Για μεγάλο μήκος ($L > 45$ m)	$D = 2,50$
	β. Σε δυσχερείς περιπτώσεις για μήκος $20 < L \leq 45$ m	$D = 2,00$
	γ. Σε δυσχερείς περιπτώσεις για μήκος $L \leq 20$ m	$D = 1,50$
δ. Σε πολύ δυσχερείς περιπτώσεις για $L \leq 10$ m	$D = 1,00$	

- Σε έναν οχετό ή σωληνωτό αγωγό υπάρχουν ελάχιστες διαστάσεις που καθορίζονται από κανονισμούς και είναι ανεξάρτητες του βασικού υδραυλικού σχεδιασμού της διατομής του τεχνικού έργου.

- ✓ Οι ελάχιστες διαστάσεις οχετών και σωληνωτών αγωγών εξαρτώνται από κατασκευαστικούς περιορισμούς και από απαιτήσεις επισκεψιμότητας και συντήρησης (Πίν. 67).

Πίνακας 67. Ελάχιστες διάμετροι σωληνωτών αγωγών

και ελάχιστα ελεύθερα ύψη οχετών

19.13. Στάδια και υλικά κατασκευής οχετών

- ❖ Γενικώς, η διάταξη των οχετών είναι τέτοια ώστε ο άξονάς τους να ακολουθεί τον άξονα του ρέματος. Η επιλογή αυτή διευκολύνει την κατασκευή λόγω του ότι η διαμόρφωση-διευθέτηση του ρέματος δεν απαιτεί ιδιαίτερα μέτρα και, κυρίως, δεν χρειάζεται να προηγηθεί έργο εκτροπής. Ωστόσο, η κατασκευή του τεχνικού έργου υπό γωνία δημιουργεί άλλα κατασκευαστικά ζητήματα.
- Όταν δε η γωνία άξονα οδού/άξονα ρέματος διαφέρει αισθητά από την ορθή, τότε το μήκος του τεχνικού και, κατά συνέπεια, το κόστος αυξάνει σημαντικά.
- Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι δυνατό να κριθεί σκόπιμη μια εκτροπή της κοίτης του ρέματος και διαμόρφωση του τεχνικού κάθετα προς τον άξονα της οδού.

Τα στάδια κατασκευής ενός οχετού εκ σκυροδέματος είναι τα εξής:

- προσωρινή εκτροπή ή/και άντληση νερού του ρέματος προς εκτέλεση των εργασιών θεμελίωσης
- διαμόρφωση - εκσκαφή κοίτης ρέματος για δημιουργία χώρου κατασκευής του τεχνικού
- γενικές εκσκαφές και εκσκαφές θεμελίωσης βάθρων, πλάκας θεμελίωσης και πτερυγοτοιχών.
Σημειώνεται ότι, στις συνήθεις κατασκευές, οι εκσκαφές θα πρέπει να φθάσουν σε τέτοιο βάθος ώστε ο πυθμένας ροής να μην ευρίσκεται υψηλότερα από τη φυσική κοίτη του ρέματος
- διάστρωση αμμοχάλικου και σκυροδέματος καθαριότητας
- τοποθέτηση οπλισμών και σκυροδέτηση θεμελίων

19.13. Στάδια και υλικά κατασκευής οχετών

- ολοκλήρωση φορέα τεχνικού με παρεμβολή οριζόντιων και κατακόρυφων αρμών, καθώς και αντίστοιχων μεμβρανών υδατοστεγάνωσης
 - κατασκευή πτερυγοτοιχών ή τοίχων αντεπιστροφής
 - εκτέλεση περιμετρικής και επιφανειακής στεγάνωσης - αρμοπλήρωση
 - επίχωση με αδιαπέρατο αργιλικό υλικό προς δημιουργία υδραυλικής βαθμίδας με κατεύθυνση στους στραγγιστήριους σωλήνες
 - τοποθέτηση και συναρμολόγηση πλευρικών στραγγιστήριων σωλήνων
 - επίχωση με επίλεκτο αμμοχάλικο ή θραυστό λατομείου περιμετρικά του τεχνικού
 - συμπύκνωση μεταβατικού επιχώματος με οδοστρωτήρες μικρού (συνήθως) βάρους
 - κατασκευή (πιθανή) πλακών πρόσβασης
 - ολοκλήρωση κατασκευής επιχώματος και στρώσης έδρασης οδοστρώματος.
- Μικρές παραλλαγές στην ανωτέρω τυπική διαδικασία μπορούν να προκόψουν ανάλογα με τη φύση του έργου και τα γεωμετρικά στοιχεία της διατομής.
- Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι οχετοί κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται είναι κατηγορίας C16/20 ή ανώτερης, ενώ η υδατοπερατότητα του είναι περιορισμένη.
 - Οι έλεγχοι είναι αυτοί οι οποίοι προβλέπονται από τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος. Αντίστοιχες είναι και οι δοκιμές για τα θραυστά και φυσικά αδρανή που συναποτελούν το σκυρόδεμα.

19.13. Στάδια και υλικά κατασκευής οχετών

- Η ποιότητα του σκυροδέματος που χρησιμοποιείται για τα έργα προστασίας της κοίτης των οχετών εξαρτάται από τη μέγιστη ταχύτητα ροής. Έτσι, για ταχύτητα $v < 6$ m/sec μπορεί να χρησιμοποιείται σκυρόδεμα C12/15, ενώ για ταχύτητα $v > 8$ m/sec σκυρόδεμα C30/37.
- Για τον οπλισμό των στοιχείων που αποτελούν έναν οχετό χρησιμοποιείται χάλυβας B500 ή B400 με νευρώσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και λείος χάλυβας B220 για συνδετήρες καθώς και για στοιχεία που δεν συμμετέχουν στην στήριξη του τεχνικού.
- Το βάθος θεμελίωσης των οχετών είναι οπωσδήποτε μεγαλύτερο από 1,0 m (ανάλογα με την κλίση του εδάφους) και στα βραχώδη εδάφη περιορίζεται στα 0,50 m. Σε μαλακά εδάφη, φρεατοπάσσαλοι χρησιμοποιούνται για θεμελίωση των μικρών τεχνικών. Αρμοί διαστολής του σκυροδέματος δημιουργούνται κάθε 8-10 m, περίπου, μήκους οχετού και πληρώνονται με κατάλληλα υλικά (ρητίνες, ασφαλτομαστίχες), αλλά και με στεγανωτικά πλαστικά παρεμβλήματα (υδατοστεγανωτικές μεμβράνες).
- Η απόσταση μεταξύ αρμών ορίζεται για κάθε οχετό, ανάλογα με το έδαφος θεμελίωσης, το ύψος θεμελίωσης του επιχώματος και την κλίση του εδάφους.
- Οι αρμοί διαστολής ορίζουν και τους σπονδύλους του τεχνικού, το μήκος των οποίων είναι συνήθως μικρότερο των 10 m.
- Η κατά μήκος κλίση μπορεί να μεταβάλλεται από σπόνδυλο σε σπόνδυλο αν το επιβάλλουν οι επί τόπου συνθήκες.
- Ως προς τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά, οι αρμοί διακρίνονται σε εκείνους που καλούνται να παραλάβουν μετακίνηση μεγαλύτερη ή μικρότερη από 20 mm.

19.13. Στάδια και υλικά κατασκευής οχετών

- Τα τοιχώματα ή τα βάθρα οχετών κατασκευάζονται με χρήση πλευρικών ξυλοτύπων.
- Σε καμιά περίπτωση δεν είναι ορθό να γίνεται σκυροδέτηση του τεχνικού σε επαφή με το μέτωπο της εκσκαφής.
- Στα τεχνικά αυτού του τύπου, δηλαδή στα μικρά τεχνικά, συνήθως η σκυροδέτηση γίνεται επί τόπου. Αρκετά συχνά όμως χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένα στοιχεία.
- Η χρήση προκατασκευασμένων σπονδύλων σε οχετούς κλειστής διατομής (κιβωτοειδείς, καμπυλόμορφους) στηρίζεται σε κάποιες προϋποθέσεις οι οποίες θα πρέπει να πληρούνται.
- Η χρήση προκατασκευασμένων σπονδύλων γίνεται υπό την προϋπόθεση ότι θα γίνει κατάλληλη διαμόρφωση αρμών που θα πληροί τις προδιαγραφόμενες απαιτήσεις στεγανότητας και συνεργασίας των σπονδύλων.
- Παράλληλα θα πρέπει να γίνουν διαμορφώσεις κατάλληλων διατάξεων για την ανύψωση, μεταφορά και τοποθέτηση των σπονδύλων. Το μήκος των προκατασκευασμένων τεμαχίων δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 2,0 m.
- Τέλος μεγάλη σημασία πρέπει να δίνεται στην αισθητική του τεχνικού. Η μορφή του πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μην προκαλεί αισθητική όχληση και να δένει αρμονικά με το περιβάλλον.

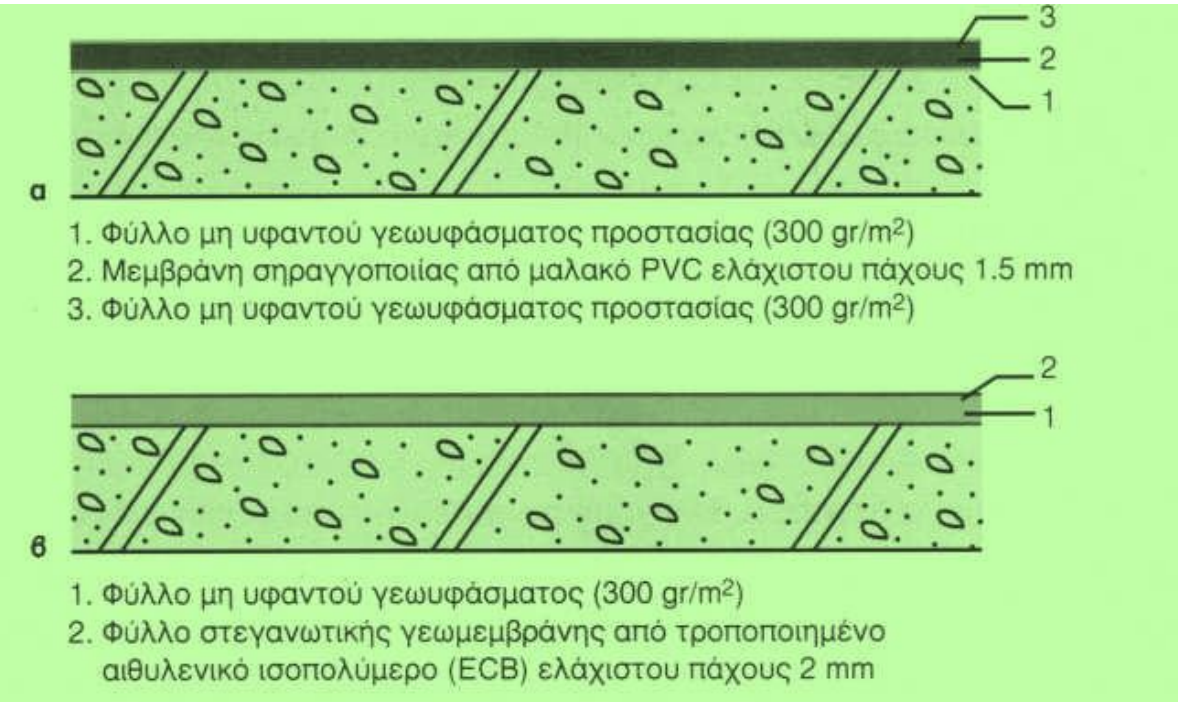
19.14. Στεγάνωση οχετών

- Η στεγάνωση των οχετών γίνεται με επένδυση-επικάλυψη της εξωτερικής επιφάνειας με στεγανωτικές μεμβράνες ή ασφαλτόπανα.
- Κατά τη χρήση των παραπάνω υλικών, πρέπει η επιφάνεια του σκυροδέματος να εξομαλυνθεί με επίχρισμα πατητό πάχους 2 cm και αναλογίας 600 kg τσιμέντου ανά κυβικό μέτρο κονιάματος. Αντί αυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για την εξομάλυνση της επιφάνειας εκ σκυροδέματος, ειδικό μηχάνημα το οποίο επεξεργάζεται την εξωτερική επιφάνεια πριν από τη σκλήρυνση του τσιμεντοπολτού.
- Για να αρχίσουν οι εργασίες στεγάνωσης, πρέπει πρώτα να έχουν ολοκληρωθεί όλες οι εργασίες σκυροδέτησης κατά την κατασκευή του οχετού.
- Οι επιφάνειες είναι επίπεδες αλλά όχι λειασμένες, στεγνές και τελείως καθαρές.
- Η στεγάνωση με ειδικές στεγανωτικές μεμβράνες στην εξωτερική επιφάνεια της πλάκας προστατεύεται με στρώση ασφαλτοσκυροδέματος ή σκυροδέματος ελάχιστου πάχους 5 cm.
- Η τελική επίστρωση επί των στεγανωτικών μεμβρανών πρέπει να έχει την κατάλληλη μηχανική αντοχή, που να επιτρέπει την απευθείας κίνηση διαστρωτήρων ασφαλτομίγματος.
- Κατά την εκτέλεση των εργασιών στεγανοποίησης πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις συνθήκες περιβάλλοντος που επικρατούν.
- Συγκεκριμένα δεν πρέπει να εκτελούνται εργασίες στεγανοποίησης όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από 5°C.

19.14. Στεγάνωση οχετών

Στεγάνωση οριζοντίων φορέων οχετών

- Η άνω επιφάνεια του οριζόντιου φορέα πλακοσκεπών και κιβωτοειδών οχετών στέψης στεγανοποιείται με δύο ή με μια στρώση ειδικών μεμβρανών.
- Για οχετούς υπό επίχωση, η στεγάνωση γίνεται με μεμβράνες ή με διπλή στρώση ασφαλτόπανου και προστασία αυτής με στρώση σκυροδέματος C 12/15.
- Η στεγάνωση οριζοντίων φορέων υπογείων έργων (οχετών υπό επίχωση, έργων σηράγγων που κατασκευάζονται με μέθοδο “εκσκαφής και επανεπίχωσης”), που επικαλύπτονται με γαίες, γίνεται με στεγανωτικές μεμβράνες PVC ή γεωμεμβράνες που τοποθετούνται επί γεωυφάσματος προστασίας και καλύπτονται συνήθως με φύλλα νάιλον.
- Η όλη κατασκευή επενδύεται με μια στρώση σκυροδέματος C 12/15 ελάχιστου πάχους 5 cm.



Σχήμα 193. Στεγάνωση με μεμβράνες οριζοντίων φορέων έργων υπό επίχωση