



ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΠΑΤΡΑΣ

ΑΚΤΗ ΔΥΜΑΙΩΝ 48 – Τ.Κ. 26333 ΠΑΤΡΑ

ΤΗΛ. 2610 366100 FAX 2610 325790 e-mail: sewage@deyap.gr

Έργο	"Εργασίες συντήρησης δικτύου αποχέτευσης Νοτίων και Ανατολικών περιοχών του Δήμου Πατρέων και συναφείς εργασίες – 2015"
Κωδικός μελέτης	62.07.22



ΤΕΥΧΟΣ 6: ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ - ΠΑΤΡΑ 2015

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

6.1.	ΓΕΝΙΚΑ – ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΑΝΑΔΟΧΟΥ
6.2.	ΣΤΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΩΛΗΝΩΝ ΑΠΟ ΠΡΟΚΑΤ/ΝΟΥΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΣΩΛΗΝΕΣ
6.3.	ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΩΛΗΝΩΝ PVC, HDPE

Πράξη	Όνομα	Ημ/νία	Υπογραφή
Σύνταξη	Κώστας Πανουτσόπουλος Πολιτικός Μηχανικός		
Έλεγχος Θεώρηση	Νίκος Χαραλαμπόπουλος Αγρ. Τοπογράφος Μηχανικός Προϊστάμενος Υπηρεσίας Αποχέτευσης		



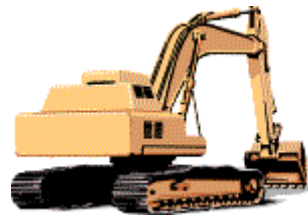
6.1. ΓΕΝΙΚΑ – ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΑΝΑΔΟΧΟΥ

ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΑΝΑΔΟΧΟΥ

- Το τευχος αυτο συνταχθηκε με βαση την μελετη Δαλλα από όπου εχουν ληφθει οι σχετικοι υπολογισμοι.
- Απαιτειται επανελεγχος των στατικων μελετων του παροντος τευχους για τα δομικα εκεινα στοιχεια των οποιων τυχον οι μελετες εχουν εκπονηθει με βαση παλαιότερους κανονισμους (σκυροδεματος, αντισεισμικο κλπ)
- Θα εκπονηθουν (αδαπανως για την Υπηρεσια) από τον Αναδοχο και θα εγκριθουν από την Υπηρεσια ολες οι απαιτητες μελετες που δεν περιλαμβανονται στο παρον τευχος (ενδεικτικα αναφερονται οι εδαφοτεχνικες μελετες, μελετες αντιστηριξης ορυγματων αγωγων και αντλιοστασιων, στατικοι και αντισεισμικοι υπολογισμοι αντλιοστασιων και θεμελιωσης των, στατικοι και αντισεισμικοι υπολογισμοι αγωγων κάθε ειδους, υπολογισμος ερματων και σωματων αγκυρωσης ωθητικων αγωγων, στατικοι και αντισεισμικοι υπολογισμοι ειδικων φρεατιων και τεχνικων εργων κλπ)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. "Gravity Sanitary Sewer Design and Construsion" A.S.C.E.-W.P.C.F.
2. G. Martz : "Υδραυλική των οικισμών-Αποχετεύσεις" Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας.
3. Karl -Klauss Imhoff : "Η αποχέτευση των πόλεων και επεξεργασία των υγρών αποβλήτων" Τ.Ε.Ε. 1992.
4. Π.Κόλλια : "Αποχετεύσεις, Εγκαταστάσεις Καθαρισμού Λυμάτων - Αποβλήτων".
5. Μελέτη Εξυγιαντικών έργων περιοχής Πατρών και απορρυπαντικών έργων Πατραϊκού Κόλπου" των συνεργαζόμενων γραφείων μελετών:"Σωκράτης Δάλλας και Συνεργάτες Ε.Ε.", "Χ.Καπετανάκης & Σια Ε.Ε." και Εξάρχου και Νικολόπουλος Ε.Π.Ε."
6. Prospectus Α.Γ.Πετζετάκης: "Υπόγεια δίκτυα αποχέτευσης απο πλαστικούς σωλήνες".
7. Prospectus ΕΛΛΕΝΙΤ : "Σωλήνες PVC".
8. AWWA STANDARD for Polyvinyl Chloride (PVC) water transmsion Pipe, Normmal diameters 14 through 36 (ANSI/AWWA c 905 - 88).
9. Θ.Π. Τασιου : " Μαθηματα Ωπλισμενου Σκυροδεματος " Ε.Μ.Π. 1979
- 10.Δ. Βαλαλα : " Γεωτεχνικη Μηχανικη - Υποδομη των τεχνικων εργων" Εκδοσεις Αφοι Κυριακιδη Θεσσαλονικη 1984
- 11.ATV "Standard for the static calculation of Drainage Sewers and Pipelines" (A 127)
- 12."Fascicule 70" - Ouvrages d'assainissement
13. Prospectus σωληνων AMERON (USA)



6.2. ΣΤΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

σωληνων από προκατασκευασμενους τσιμεντοσωληνες

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΕΥΧΟΥΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

A	Γενικά
B	Κατηγορίες σωληνων
Γ	Τροποι τοποθετησης σωληνων
Δ	Υλικά κοιτοστρωσης - εγκιβωτισμου - επιχωσης
Ε	Φορτια
ΣΤ	Στατικός Υπολογισμος τσιμεντοσωληνων
	Πινακες φορτιων και ελεγχου τσιμεντοσωληνων

Α. ΓΕΝΙΚΑ

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

1.1. Στο τεύχος αυτό γίνεται ο στατικός υπολογισμός των αγωγών αποχέτευσης ομβρίων και λυμάτων και άλλων δομικών στοιχείων του έργου.

1.2. Ο στατικός υπολογισμός των τοποθετημένων σε όρυγμα (η επιχωμα) αγωγών οποιασδήποτε διατομής απο προκατασκευασμένους σωλήνες αποσκοπεί στον προσεγγιστικό προσδιορισμό του ελάχιστου και του μέγιστου βάθους ενδιάμεσων των οποίων μπορούν να τοποθετηθούν με ασφάλεια (δηλαδή χωρίς ρήξη των σωλήνων ή με ανεκτή παραμόρφωση τους), αναλόγως των συνθηκών ορύγματος, έδρασης και εγκιβωτισμού για κάθε είδος και κατηγορία αγωγού. Βασικές παραμετροι είναι :

- Η σωστή επιλογή είδους και κατηγορίας σωληνα
- Η σωστή έδραση του
- Η σωστή επιλογή τυπου εγκιβωτισμου, η σωστή και επιμελημενη επιχωση κυριως στην ζωνη του αγωγου, η επιλογη καταλληλων υλικων επιχωσης
- Η τηρηση των οδηγιων για την ανασυρση των αντιστηριξεων
- Η παρουσια η μη υδροφορου οριζοντα

1.3. Για αγωγους μεγαλης διαμετρου και για χυτου επι τόπου αγωγους μεγαλης διαμετρου απο οπλισμένο σκυρόδεμα ο υπολογισμος πρπει να γινεται με λεπτομερεστερη αναλυση με χρηση πεπερασμενων στοιχειων.

2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ

Οι θαμμένοι σωλήνες δέχονται την δράση και την αντίδραση του εδάφους. Αυτές οι δυνάμεις εξαρτώνται στενά από την φύση και την συμπεριφορά των σωλήνων αποχέτευσης, από τις γεωτεχνικές παραμέτρους του εδάφους καθώς και τα τοιχώματα και τις συνθήκες τοποθέτησης των σωληνων (επιχωση, εγκιβωτισμος κλπ.) .

Λαμβάνονται υπ'όψη, κατά περίπτωση, τα παρακάτω φορτία . Κατα περιπτωση επισης θα λαμβάνονται υπ'όψη οι δυσμενέστεροι συνδυασμοί :

- Η κάτακορυφη πίεση των χωμάτων από την επίχωση.
- Η κάτακορυφη πίεση που οφείλεται στα κινητά φορτία οδικά φορτία ή μονιμα ή εργοταξιακά (pec) φορτια . Οι δράσεις κυλιόμενων φορτίων αντιστοιχούν στο πιο δυσμενές σύστημα φορτίων επηρεαζόμενο από παραμέτρους δυναμικής μεγιστοποίησης.
- Μόνιμα φορτία (ίδια βάρη, επικαλύψεις, επενδύσεις)
- Φορτία Η/Μ εξοπλισμού
- Πίεση ρευστών - βαρος ρευστων.
- Ωθήσεις γαιών και ελαστική αντίδραση εδάφους (οπου απαιτούνται)
- Υδροστατικές πιέσεις
- Φορτία σεισμού (απο τις κατασκευές και τις πρόσθετες δυναμικές ωθήσεις νερού και εδάφους)
- Φορτία άνωσης
- Φορτισεων αποι θερμοκρασιακες διαφορες.

Για τα φορτία σεισμού λαμβάνονται υποψη οι διαταξεις του ισχυοντος αντισεισμικου κανονισμου για την περιοχη του εργου και για κατασκευες συνηθους σπουδαιοτητας.

3. ΙΣΧΥΟΝΤΕΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ - ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Οι σωληνες και τα εν γενει υλικά θα είναι σύμφωνα με τις Τεχνικές Προδιαγραφές της μελέτης. Για τον σχεδιασμό και υπολογισμός των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα θα εφαρμόζονται οι ισχύοντες Ελληνικοί Κανονισμοί και Προδιαγραφές και εφόσον κάποιο αντικείμενο δεν καλύπτεται από αυτούς θα χρησιμοποιούνται οι ξένοι Κανονισμοί μετά από συμφωνη γνώμη της Υπηρεσίας.

4. ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΑΝΑΔΟΧΟΥ

Στην περίπτωση κατά την οποία κατά την χάραξη του αγωγού από την Υπηρεσία επί των προσκομισθέντων από τον Αναδοχο κατά μήκος τομών ή κατά την διάρκεια της κατασκευής παραστεί ανάγκη να τοποθετηθεί κάποιος αγωγός αποχετευσης σε βάθος διαφορετικό αυτού της μελέτης ή σε διαφορετικό πλάτος ορυγματος τότε ο Αναδοχος οφείλει να υποβάλλει στην Υπηρεσία προς έγκριση πλήρως αιτιολογημένη πρόταση μετά των αναγκαίων υπολογισμών για την ασφαλή τοποθέτηση των σωληνων.

Ομοίως ο Αναδοχος είναι υποχρεωμένος να υποβάλλει τευχος με τους απαραίτητους στατικούς υπολογισμούς για οποιαδήποτε νέα κατασκευή προκύψει ανάγκη να κατασκευαστεί κατά την πορεία του έργου ή σε περίπτωση σοβαρής αλλαγής διαστάσεων, υλικών κ.λ.π. οποιουδήποτε δομικού τμήματος το οποίο προβλεπεται στην μελέτη.

Σε περίπτωση κατά την οποία εκ των εργαστηριακών δοκιμών αποδειχθεί ότι ο βαθμός συμπίεσης του υλικού επιχώσης του ορυγματος είναι μικρότερη του 95% κατά PROCTOR τότε περαν και ανεξαρτητως των άλλων προβλεπομένων κυρώσεων σε βάρος του Αναδοχου τούτος υποχρεουται όπως αποδείξει με βάση την μεθοδολογία και τις παραδοχές της παρούσας μελέτης ότι για τον συγκεκριμένο βαθμό συμπτκνωσης δεν υφιστάται κίνδυνος αστοχίας του αγωγού. Στην περίπτωση κατά την οποία καταδειχτεί ότι υφίσταται τέτοιος κίνδυνος είτε λόγω κακής συμπτκνωσης ή για οποιαδήποτε άλλη αιτία, ο Αναδοχος είναι υπευθυνος για την αποκατάσταση του με ευθυνη, φροντιδα και δαπανη του.

Λόγω των αλλαγών στους Κανονισμούς (Σκυροδεματος, Αντισεισμικο κ.α.) ο Αναδοχος υποχρεουται, χωρίς καμία προσθετη αμοιβη ή αποζημιωση ή δαπανη να ελέγξει τους στατικούς υπολογισμούς των χυτών επί τοπου αγωγών της μελέτης με την χρήση των νέων Κανονισμών. Τυχόν αύξηση των διατομών του σκυροδεματος ή του οπλισμου θα πληρωθει στον Αναδοχο με τις αντιστοιχες τιμες μοναδας του Τιμολογιου.

5.ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

Για την αύξηση της αντοχής των τοποθετουμένων σε όρυγμα αγωγών του δικτύου αποχέτευσης είναι καθοριστικές οι παρακάτω διαπιστώσεις και συμπεράσματα οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται σοβαρότατα υπόψη τόσο στον σχεδιασμό όσο και στην κατασκευή και επίβλεψη του έργου:

- ➡ Το υλικό του εδάφους κοιτοστρωσης και εγκιβωτισμου αλλα και τελικης επιχωσης πρεπει να είναι κυρίως μη συνεκτικό έδαφος με καλη κοκκομετρικη διαβαθμιση.
- ➡ Η συμπίεση του εδάφους να είναι για καθε ειδος εδάφους τουλαχιστον 95% κατα PROCTOR.
- ➡ Το στενό όρυγμα επιδρά θετικά στην αντοχή των αγωγών. Τούτο θα πρέπει βεβαίως να συνυπολογιστεί με την ανάγκη ασφάλειας και άνεσης κατά την εργασία.
- ➡ Το ελάχιστο βάθος καλύψεως για σωλήνες με διάμετρο μέχρι 0.80m είναι 0.80m και για μεγαλύτερες διαμέτρους τουλάχιστον ίσο με την διάμετρο του αγωγού.

Συνιστάται πάντως λόγω των αβεβαιοτήτων να λαμβάνεται ως ελάχιστο ανεκτό βάθος καλύψεως για όλους τους σωλήνες (εύκαμπτους και άκαμπτους) και για όλες τις διαμέτρους το βάθος των 0,70 - 0,80 m. Πάνω από τα ελάχιστα αυτά βάθη πρέπει να λαμβάνονται οπωσδήποτε πρόσθετα μέτρα. Σε καμία περίπτωση δεν τοποθετούνται πλαστικοί αγωγοί σε βάθος μεγαλύτερο των 15m. Στην περίπτωση γραμμών τραίνου και αεροδρομίων το ελάχιστο καλύψεως πρέπει να είναι $H > 1.50 \cdot D$ και οπωσδήποτε H ίσο ή μεγαλύτερο των 1.20 m .

- ➞ Τα πλαστικά υλικά παρουσιάζουν με την πάροδο του χρόνου το φαινόμενο του ερπυσμού (creep) και τούτο πρέπει να ληφθεί υπόψη στην εκλογή τιμής του μέτρου ελαστικότητας του αγωγού.
- ➞ Η επιρροή της αντιστηρίξης κατά την φάση της ανασυρσης της είναι σημαντική και πρέπει να τηρούνται τα μέτρα που περιγράφονται παρακάτω.
- ➞ Σοβαρό, τέλος, ρόλο στην σωστή συμπεριφορά των αγωγών έχει η εδραση του αγωγού η οποία πρέπει να γίνεται σε επίπεδη σωστά διαμορφωμένη επιφάνεια, χωρίς πέτρες κ.λ.π.

6. ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

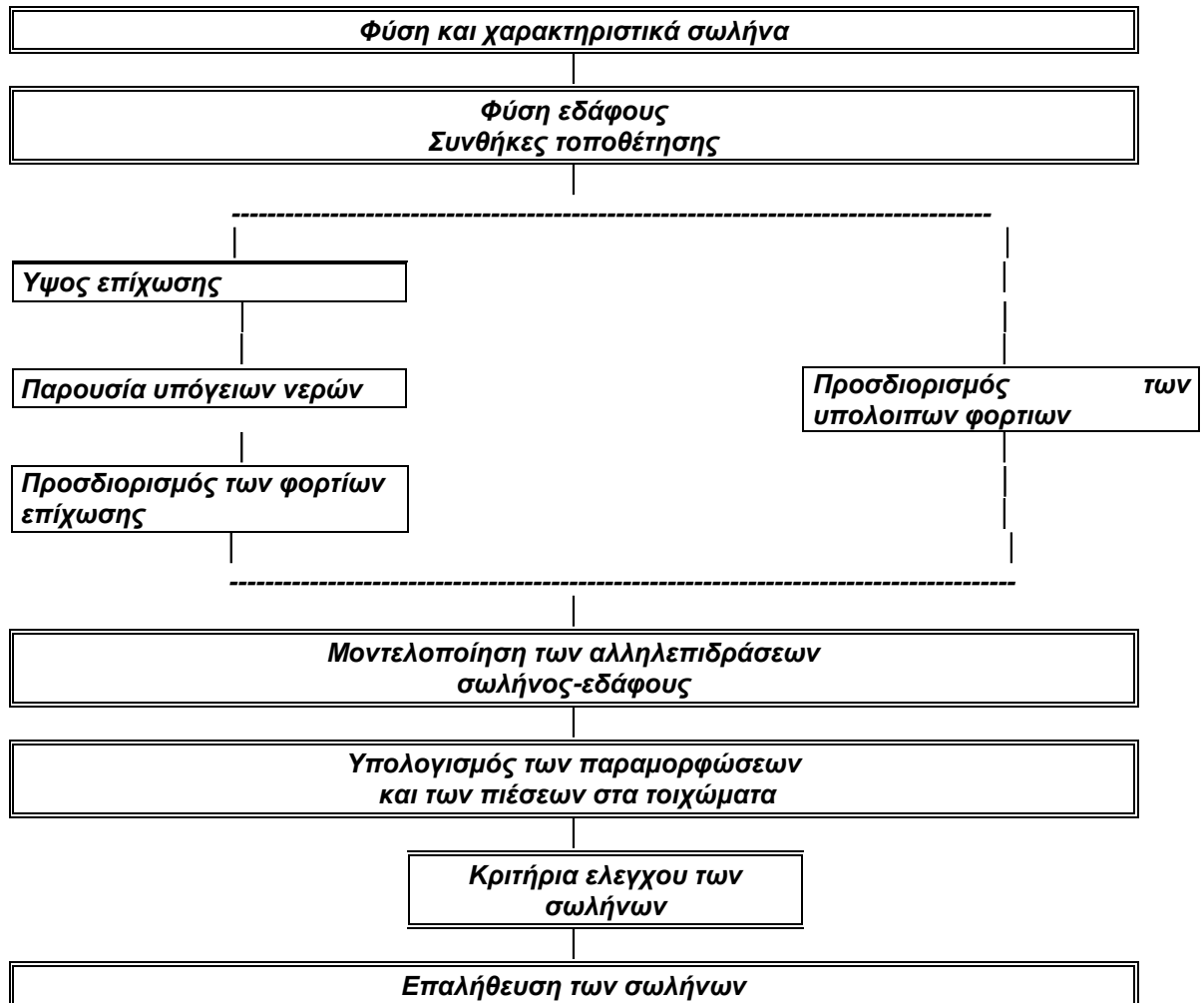
Στην περίπτωση κατά την οποία ο στατικός υπολογισμός που ακολουθεί καταδεικνύει ως απαγορευτική την τοποθέτηση συγκεκριμένου αγωγού στο επιθυμητό βάθος πρέπει:

- ➞ να εξετασθεί εκ νέου η αντοχή του αγωγού με πλέον συμπτυκνωμένο υλικό επιχώσεως.
- ➞ να εξετασθεί η δυνατότητα κατασκευής στενότερου ορυγματος (εάν βεβαιωθεί υπάρχει δυνατότητα εργασίας σε αυτό το στενότερο όρυγμα με ασφαλή παραμονή και εργασία των εργαζομένων) και να επανεξεταστεί η αντοχή του αγωγού για συνθήκη στενού ορυγματος.
- ➞ να γίνει επιλογή άλλου σωλήνα από ίδιο υλικό αλλά μεγαλύτερης αντοχής
- ➞ να γίνει επιλογή άλλου σωλήνα από άλλα υλικά .
- ➞ να εγκιβωτιστεί ο αγωγός εξ'ολοκλήρου σε σκυρόδεμα.

Είναι φανερό ότι οι δυο τελευταίες περιπτώσεις απαιτούν για την επιλογή της μιας ή της άλλης συγκρίση οικονομικών κυρίως δεδομένων και τεχνικών χαρακτηριστικών και δυνατοτήτων.

Σημειώνεται ότι για τον υπολογισμό στην περίπτωση επένδυσης των αγωγών με σκυρόδεμα εξ'ολοκλήρου δεν λαμβάνεται υπόψη η αντοχή του σωλήνα καθόσον τα φορτία αναλαμβάνονται εξολοκλήρου από το κελύφος του σκυροδεματος.

7. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ



B. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΩΛΗΝΩΝ

1. ΕΥΚΑΜΠΤΟΙ - ΑΚΑΜΠΤΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ

Ανάλογα με την ακαμψία και την παραμορφωσιμότητα διακρίνουμε τους προκατασκευασμένους σωληνες που χρησιμοποιούνται συνήθως στα έργα αποχέτευσης σε:

- Ακαμπτους (rigid) σωληνες (π.χ. τσιμεντοσωλήνες, αμιαντοτσιμεντοσωλήνες, χαλύβδινοι κ.α.)
- Εύκαμπτους (flexible) σωληνες (πλαστικοί κ.α.)
- Ημιεύκαμπτους σωληνες (π.χ. απο ελατο χυτοσιδηρο - Ductile Iron)

Συμφωνα με το FASCICULE 70 η ταξινόμηση γίνεται με την παράμετρο του κριτηρίου ακαμψίας RIG οπου:

- $RIG > 0$ Σωλήνας θεωρούμενος άκαμπτος
- $RIG \leq 0$ Σωλήνας θεωρούμενος εύκαμπτος

Ορίζει δε ως κριτήριο ακαμψίας RIG το μεγεθος :

$RIG = 8 (1 - V_s^2) \text{ ras}_i / E_s - 0.1$ (βραχυπροθεσμο)	E_s μετρο ελαστικοτητας εδαφους E_t μετρο ελαστικοτητας σωληνα
	V_s λογος Poisson
	ras_i ειδικη ακαμψια δακτυλιου
$\text{ras}_i = E_{t_i} \cdot I / D_m$	I ροπη αδρανειας διατομης σωληνα
	D_m μεση διαμετρος σωληνα

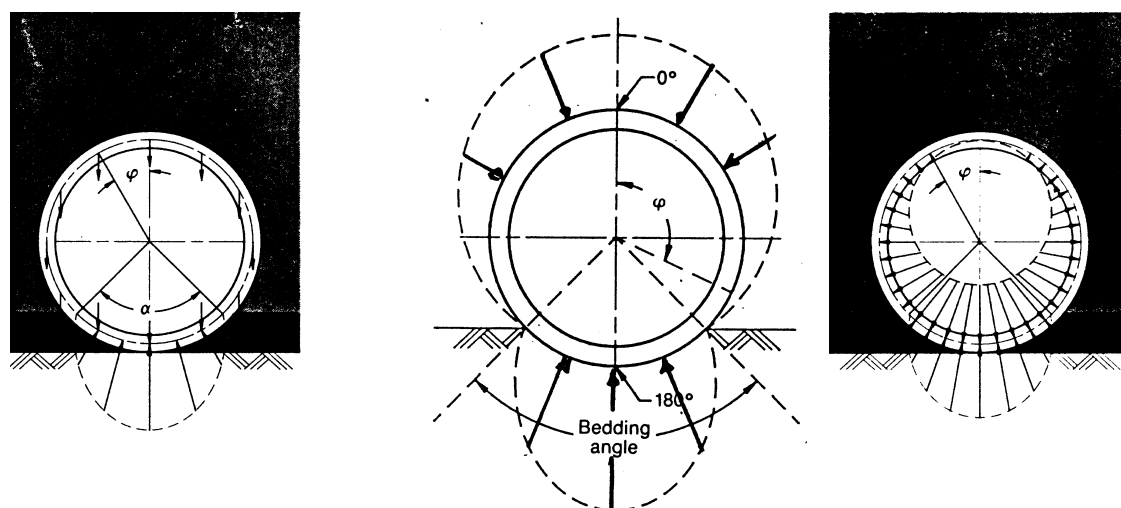
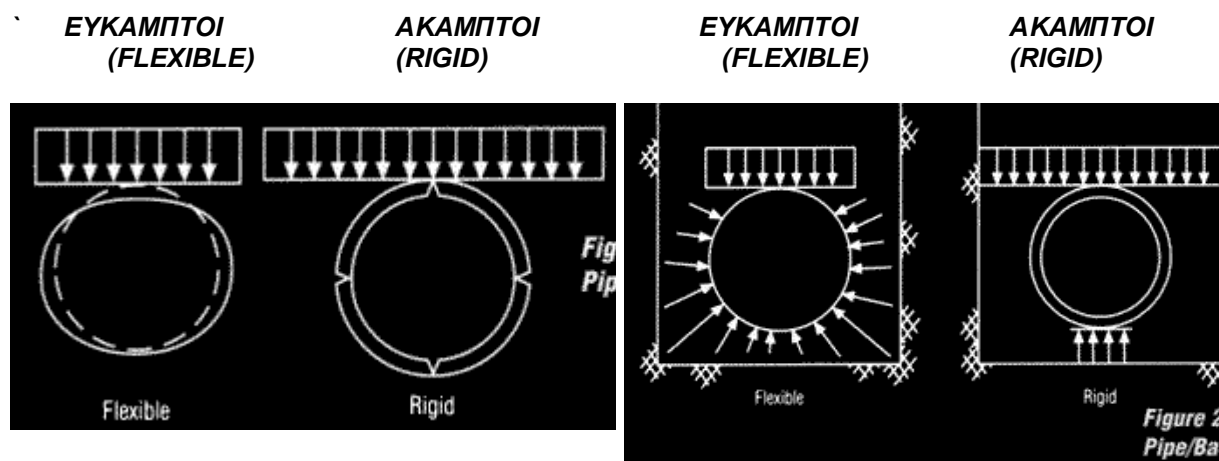
Απο άποψη αντοχής τα κριτήρια σχεδιασμού των σωληνων είναι :

- Για τους ακαμπτους ή αντοχή σε θραύση (είναι σχεδιασμενοι να δεχονται ολα τα φορτια χωρις να θραυονται) με ελαχιστη δυνατοτητα παραμορφωσης στους οποιους ελεγχονται οι αναπτυσσομενες τασεις. Οι ακαμπτοι σωληνες απο στατικη αποψη ανηκουν στην κατηγορια των "κυλινδρικων κελυφων" και λογω της μικρης συνηθως τιμης του λογου διαμετρου προς παχος τοιχωματος κατατασσονται στα "παχεια κυλινδρικά κελυφη" με μεγαλη δυσχερεια ακριβους στατικης επιλυσης
- Για δε τους εύκαμπτους η μέγιστη επιτρεπόμενη παραμόρφωση (εχουν σχεδιαστει ωστε κατω από φορτιση να παραμορφωνονται μεχρι ενα αποδεκτο ποσοστο της διαμετρου τους χωρις να θραυονται) και η αντοχή σε ρήξη υπο την επίδραση εξωτερικής πίεσης (υδροστατικής) το λεγόμενο "buckling strength"

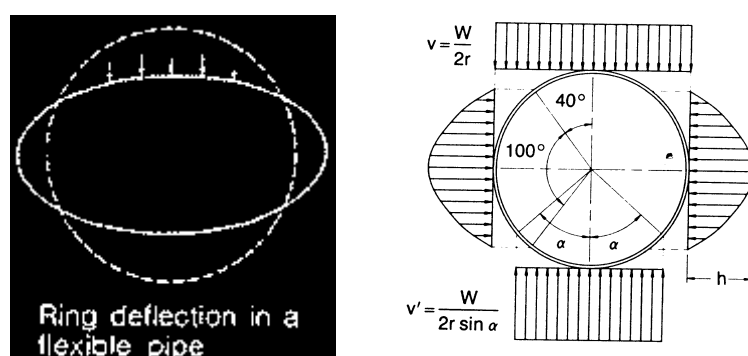
Για αγωγους ευαισθητους στα φαινομενα κοπωσης και διαρροης οπως είναι οι πλαστικοι αγωγοι είναι απαραιτητη η γνωση των χαρακτηριστικων καθε κατηγοριας (σειρας) σωληνων. Επισημαινουμε εδω ιδιαιτερα οτι φαινομενα ερπυσμου κυριως μας αναγκαζουν να διακρινουμε δυο χρονικες στιγμες για τον ελεγχο των αγωγων δηλαδη την στιγμη εναρξης της περιόδου ζωης του εργου (βραχυπροθεσμη αντιμετωπιση) και την χρονικη στιγμη του τελους της ωφελιμης ζωης του εργου (μακροπροθεσμη αντιμετωπιση).

ΘΡΑΥΞΗ ΑΚΑΜΠΤΩΝ και ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ
ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΩΛΗΝΩΝ- ΕΓΚΙΒΩΤΙΣΜΟΥ



ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ	ΦΟΡΤΙΑ ΓΑΙΩΝ και ΚΙΝΗΤΑ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ (γεματος σωληνας)
------------	-------------------------	----------------------------------



ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ και ΦΟΡΤΙΣΗ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Οι μεθοδοι που εχουν αναπτυχθει για τον υπολογισμο ειναι αρκετα απλες και προσεγγιστικες λογω της ελλειπους γνωσης του μηχανισμου φορτισης.

Για τον υπολογισμο των ακαμπτων σωληνων χρησιμοποιουμε εδω την μεθοδο Marston η οποια ειναι και η πλεον διαδεδομένη και παραδεκτή μέθοδος. Η μεθοδος Marston όπως περιγράφεται στο "GRAVITY SANITARY SEWERS, DESIGN AND CONSTRUCTION" των A.S.C.E. και W.P.C.F. είναι γενικής μορφής και εφαρμόζεται για όλες τις περιπτώσεις αγωγών, τρόπου τοποθέτησης των (όρυγμα, επίχωμα, σηράγγα κλπ.) και για όλες τις διατομές ορυγμάτων.

Για τον υπολογισμο των παραμορφωσεων των ευκαμπτων αγωγων χρησιμοποιείται ειτε ο τροποποιημένος τύπος SPANGLER - IOWA ειτε η μεθοδος GAUBE.

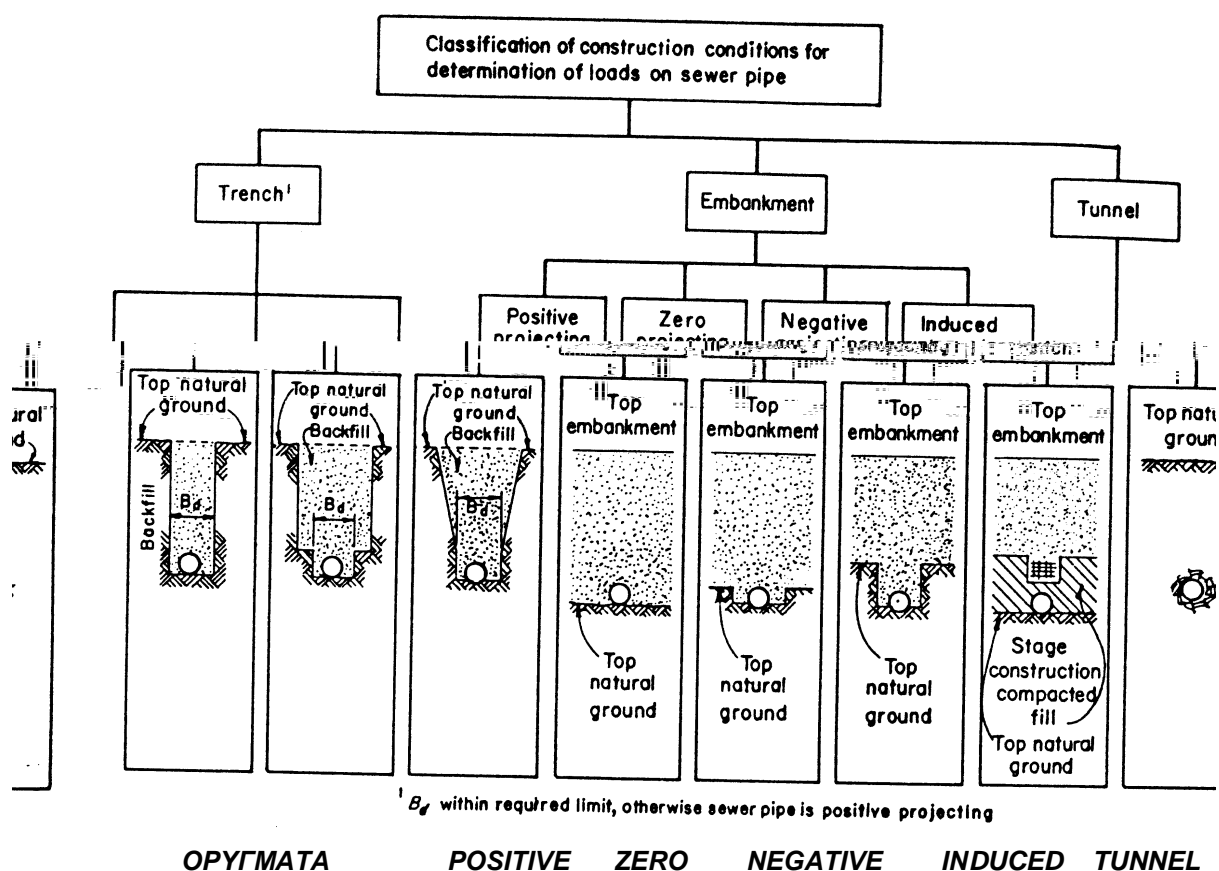
Υπαρχουν επισης αλλα δεν αναλυονται στο παρον τευχος η γαλλικη μεθοδος FASCICULE 70 και η γερμανικη (ATV A 127)

Σωληνες ημιευκαμπτοι δεν συμπεριλαμβανονται στο αντικειμενο του παροντος τευχους και δεν εξεταζονται . Επισημαινεται ομως οτι ισχυει και για αυτους η ιδια μεθοδολογια.

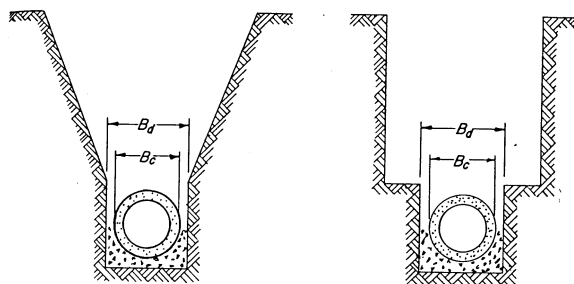
Γ. ΤΡΟΠΟΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΣΩΛΗΝΩΝ

1. ΤΡΟΠΟΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ

- Τοποθέτηση σε ορυγμα (trench)
- Τοποθέτηση σε επιχώμα (embankment)
- Τοποθέτηση σε σιραγγά (τοποθέτηση χωρίς εκσκαφή)
- Τοποθέτηση σε υποστηρίγματα και άλλοι τρόποι



(α) Το ορυγμα μπορεί να έχει :



- Κατακορυφα τοιχώματα ή
- Κεκλιμμένα τοιχώματα στο σύνολο τους ή στο ανώτερο τμήμα τους ή
- Συνθετή (για τοποθέτηση περισσότερων του ενός σωληνών) διατομή.

Μπορεί επίσης το ορυγμά να είναι αντιστηριγμένο ή όχι.

(β) Η τοποθέτηση σε επιχώμα διακρίνεται στις παρακάτω περιπτώσεις (επισημαίνεται ότι λόγω της έλλειψης αντιστοιχών ελληνικών ορών κρατήσαμε την αμερικανική ορολογία) ήτοι :

- **Positive projecting pipe** : Τοποθέτηση του σωληνα στο φυσικό εδαφος και κατασκευή επιχώματος πάνω από αυτόν
- **Zero projecting pipe** : Τοποθέτηση του σωληνα σε ορυγμά μέχρι την κορυφή του και κατασκευή επιχώματος πάνω από αυτόν
- **Negative projecting pipe** : Τοποθέτηση του σωληνα σε ορυγμά μέχρι επάνω από την κορυφή του και κατασκευή επιχώματος πάνω από αυτόν. Όσο μεγαλύτερη η απόσταση του χείλους του ορυγματος επάνω από την κορυφή του σωληνα τόσο μεγαλώνουν οι δυνάμεις τριβής που ανακουφίζουν τον αγωγο.
- **Induced trench pipe** : Ειδική μέθοδος τοποθέτησης η οποία χρησιμοποιείται προκειμένου να μειωθούν τα φορτία σε αγωγο εντός επιχώματος αυξημένα μεγάλου υψους. Αρχικά εγκαθίσταται ο αγωγός ως "positive projecting" και στην συνέχεια κατασκευάζεται το επιχώμα έως πάνω από την κορυφή του σωληνα και συμπυκνώνεται τελεία. Εν συνεχεία ένα ορυγμά ίδιου πλάτους με την εξωτερική διάμετρο του σωληνα σκαβεται κατευθείαν πάνω από τον αγωγό έως (ή πλησίον) της κορυφής του. Το ορυγμά αυτό επιχωίνεται με συμπιεστό υλικό.

Σε περίπτωση που το πλάτος του ορυγματος μεγαλώσει σημαντικά (ή αντιστοιχα το βάθος τοποθέτησης είναι μικρό σε σχέση το πλάτος) τότε θεωρούμε (όπως αναλυτικά θα εξετάσουμε παρακάτω) ότι ο σωληνας έχει τοποθετηθεί σε επιχώμα (ή κατά άλλη ορολογία σε "πλάτυ ορυγμά") και επιλύεται με τον αντιστοιχο τρόπο.

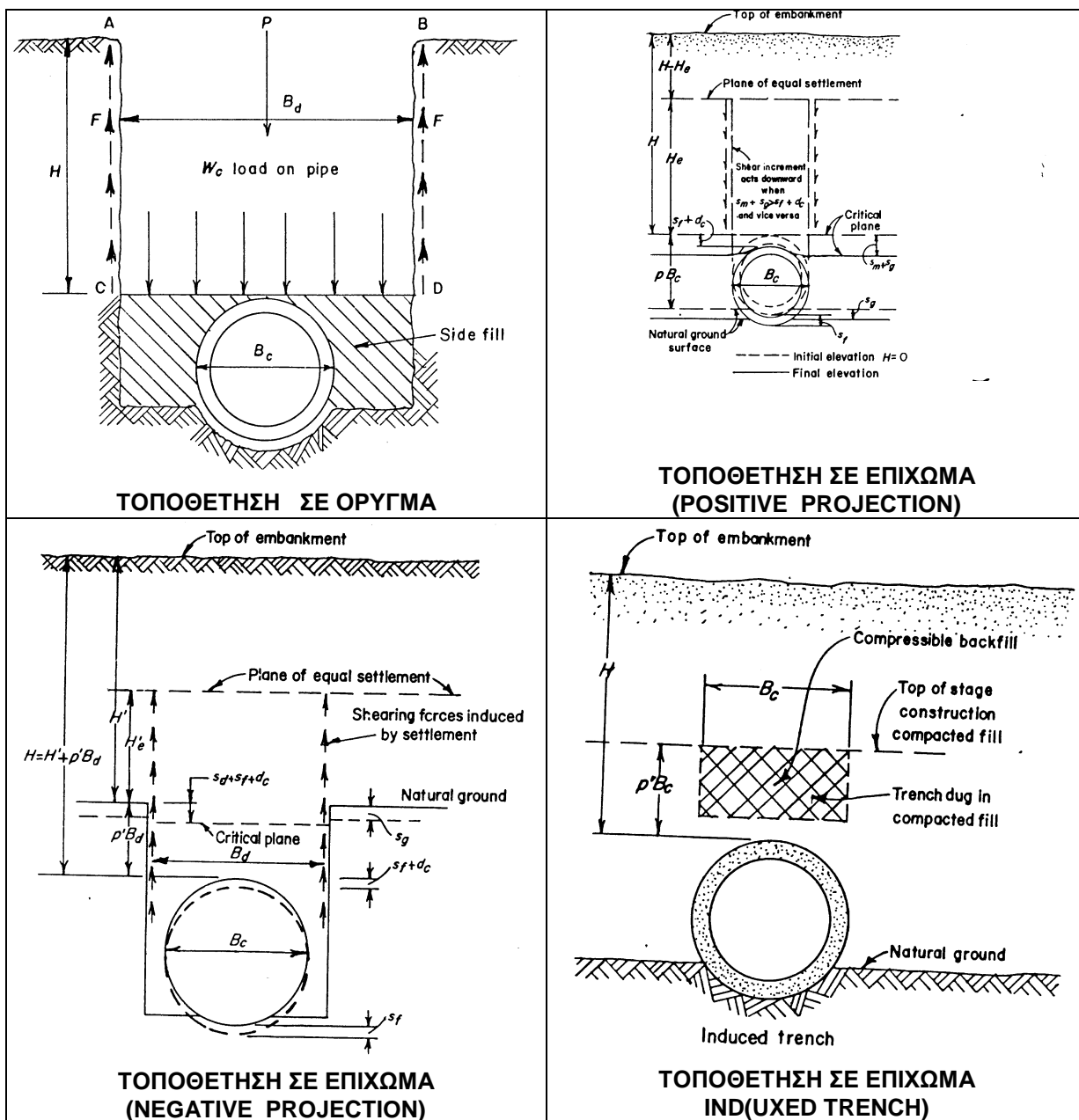
2. ΣΥΝΘΗΚΗ ΟΡΥΓΜΑΤΟΣ - ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ

Η τοποθέτηση του αγωγού σε "στενό" ορυγμά ή "πλάτυ" ορυγμά ή επιχώμα επιδρά σημαντικά στην αντοχή του αγωγού. Η επίδραση αυτή εντοπίζεται στην επίδραση των διατμητικών δυνάμεων των τοιχωμάτων του ορυγματος ή των παραπλευρών επιφανειών γενικότερα. Στην περίπτωση "στενού ορυγματος" οι διατμητικές αυτές δυνάμεις τριβής επιδρούν ευνοϊκά διότι λειτουργούν αντίθετα με τα φορτία γαιών. Κατά γενικό κανόνα οι αγωγοί (και κυρίως οι ακαμπτοί) έχουν μεγαλύτερη ακαμψία από το περιβάλλον έδαφος και θα φέρουν το σύνολο των εξασκουμένων φορτίων εάν οι επιχωσεις τις πλευρές του πυθμένα δεν έχουν υποστεί συμπύκνωση.

Αντίθετα σε "πλάτυ ορυγμά" ή επιχώμα οι καθιζήσεις του εξωραχίου του αγωγού είναι σημαντικά μικρότερες των καθιζήσεων του υλικού επιχώσης παραπλευρώς του αγωγού με αποτέλεσμα στις δημιουργούμενες κατακορυφές επιφανείες ολισθήσεως να δημιουργούνται δυνάμεις τριβής οι οποίες επιφορτίζουν προσθετως τον αγωγό. Στην θεωρητική περίπτωση κατά την οποία το έδαφος δίπλα από τον αγωγό καθιζάνει ίσα με αυτόν δεν θα είχαμε δημιουργία επιφανειών ολισθήσεως και ο αγωγός θα έφερε ακριβώς το φορτίο γαιών.

Εάν όμως οι καθιζήσεις του εδαφους πλευρικά του σωληνα είναι μεγαλύτερες αυτών του εξωραχίου του σωληνα τότε αυτός επιβαρύνεται με συμπληρωματικά φορτία.

Αντιθετως εαν ο σωληνας υποχωρει περισσοτερο απο το περιβαλλον εδαφος τοτε οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις τριβής στις επιφάνειες ολίσθησης δρουν ανακουφιστικά για τον αγωγο.



Η συνθήκη ορύγματος προσδιορίζεται με βάση τον λόγο ύψους επιχώσεως του αγωγού προς πλάτος ορύγματος (στην στάθμη της άνω γενέτειρας του αγωγού).

Στην συνέχεια αναπτύσσεται αναλυτικά ο τρόπος διακρίσης "στενού" ορυγματος με "πλατύ" ορυγμα (επιχωμα) . Εδώ για μια πρώτη προσέγγιση θεωρούμε ότι ο αγωγός είναι τοποθετημένος σε συνθήκες "στενού ορύγματος" όταν ισχυει μια από τις παρακατω σχέσεις :

- $B < 2D$ και $H > 1,5B$
- $2D < B < 3D$ και $H > 3,5B$

B : Βαθος επιχωσης του αγωγου
 D : διαμετρος του αγωγου

Σε κάθε άλλη περίπτωση θεωρούμε ότι έχουμε "πλατύ" όρυγμα και ο υπολογισμος γινεται ως επιχωμα "positive projecting" με τον τροπο που περιγραφεται παρακατω:

Στην συνέχεια θα αναφερεται η συνθήκη στενους ορυγματος και σαν συνθήκη "Τ" η δε συνθήκη πλατιου ορυγματος η επιχωματος και σαν συνθήκη "Ε".

3. ΤΥΠΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ ΟΡΥΓΜΑΤΟΣ

Το πλατος του ορυγματος μετρεται παντα στο επιπεδο της κορυφης του σωληνα. (Για συνθετες διατομες περιγραφεται παρακατω σε αλλο κεφαλαιο η μεθοδολογια που ακολουθειται)

Από τους Ευρωπαϊκους κανονισμους δινονται για το απαραίτητο ελαχιστο πλατος ορυγματος οι παρακατω δυο πινακες:

- Πλατος ορυγματος συναρτησει βαθους αυτου

Βαθος ορυγματος (m)	Ελαχιστο πλατος ορυγματος (m)
< 1,00	δεν υπαρχει ελαχιστο οριο
1,00 < H = < 1,75	0,70
1,75 < H = < 4,00	0,80
4,00 < H	1,00

- Πλατος ορυγματος συναρτησει διαμετρου αγωγου

Ονομαστικη διαμετρος αγωγου (mm)	Αντιστηριζομενο ορυγμα	Μη αντιστηριζομενο ορυγμα	
(mm)	-----	β>60 μοιρων	β = < 60 μοιρων
225 ≥ Dn	OD + 0,40	OD + 0,40	OD + 0,40
225 < Dn ≤ 350	OD + 0,50	OD + 0,50	OD + 0,40
350 < Dn ≤ 700	OD + 0,70	OD + 0,70	OD + 0,40
700 < Dn ≤ 1200	OD + 0,85	OD + 0,85	OD + 0,40
0200 < Dn	OD + 1,00	OD + 1,00	OD + 0,40

οπου OD η εξωτερικη διαμετρος του αγωγου και β η γωνια του πρανους του ορυγματος ως προς την οριζοντια ευθεια.

Το πλατος ορυγματος που προκυπτει από τον συνδυασμο των ανωτερω πινακων τροποποιειται αναλογα με τις επιτοπιες συνθηκες και την μεθοδολογια εργασιας.

Επισημαινεται παντως οτι το συμβατικο πλατος ορυγματος καθοριζεται στα σχεδια της μελετης για καθε ειδος και διαμετρο αγωγου.

4. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Λόγω των πολλαπλών μεθόδων και υλικων που χρησιμοποιούνται για την αντιστήριξη των ορυγμάτων γενικεύσεις για την διαδικασία που θα πρέπει να ακολουθηθεί ώστε να μην αυξηθούν τα φορτία στον αγωγό είναι επικίνδυνες και αβέβαιες. Στον στατικο ελεγχο του σωληνα επιδρουν ο τρόπος ανάσχυσης της αντιστήριξης και το σχετικο πάχος αυτής σε σχέση με την διαθέσιμη απόσταση ανάμεσα στον αγωγό και την αντιστήριξη.

Συμφωνα με την μεθοδο FASCICULE 70 στην περιπτωση τοποθετησης αντιστηριξης το μετρο Ελαστικοτητας των γαιων και αλλοι συντελεστες τροποποιουνται αντικαθιστωμενοι με το γινομενο τους επι αντιστοιχους μειωτικους συντελεστες μικροτερους η ισους της μοναδας. Λαμβανονται δε οι εξης τυπο αντιστηριξης κατα σειρα καταλληλοτητας:

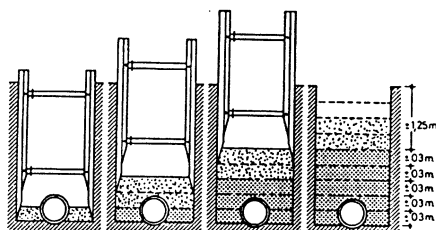
Τύπος αντιστήριξης
Εγκιβωτισμός ή σανιδότοιχος που απομακρύνεται σταδιακά κατά στρώσεις επίχωσης πριν την συμπίκνωση κάθε μιάς

Εγκιβωτισμός ή σανιδότοιχος που απομακρύνεται κατά στρώσεις επίχωσης μετά την συμπύκνωση καθεμιάς

Εγκιβωτισμός ή σανιδότοιχος ή πασσαλοδιάφραγμα που απομακρύνεται μετά την πλήρη επίχωση του ορύγματος

Κάθε μέθοδος αντιστήριξης πρέπει να εξετάζεται χωριστά

Τα προβλήματα που σχετίζονται με την ύπαρξη αντιστήριξης στα ορύγματα είναι τα παρακάτω:



- * Είναι δύσκολη η επιτυχής κατασκευή και συμπύκνωση του εγκιβωτισμού του αγωγού .
- * Κατά την ανάσχυση των αντιστηρίξεων είναι πιθανόν να μεταφερθεί το συνολικό βάρος του πρίσματος γαιών στον σωλήνα λόγω της απώλειας των ανακουφιστικών τριβών.
- * Κατά την ανάσχυση των αντιστηρίξεων είναι ενδεχόμενη πιθανή θραύση του ορύγματος η οποία θα οδηγήσει σε αύξηση του πλάτους του στην κορυφή του σωλήνα.
- Είναι πιθανή η καταστροφή σωλήνων ή/και συνδέσεων από την ανάσχυση της αντιστήριξης ιδιαίτερα εαν αυτή γίνει πριν τον εγκιβωτισμό του αγωγού.

Τα μέτρα που μπορούν να λαμβάνονται γενικά είναι τα εξής:

- * Θα πρέπει να ανασηκωθεί η αντιστήριξη σε επίπεδο περίπου 0,45 μ. από την κορυφή του σωλήνα
- * Να χρησιμοποιείται για εγκιβωτισμό του σωλήνα καλά διαβαθμισμένο υλικό το οποίο είναι εύκολο να τοποθετηθεί και να συμπυκνωθεί γεμίζοντας τα κενά.
- * Να γεμίζονται με υλικό εγκιβωτισμού τα κενά μεταξύ αντιστήριξης και ορύγματος.
- * Να ανασύρεται η αντιστήριξη με προσοχή, τμηματικά (ανα 30 εκ.) και αργά πριν την επίχωση του ορύγματος πάνω από τον αγωγό και να ακολουθείται καθε ανάσχυση από συμπύκνωση.
- * Να αφήνονται τμήματα της αντιστήριξης εντός του εδάφους.
- * Να γίνεται πρόσθετη συμπύκνωση των παράπλευρων του σωλήνα γαιών μετά την απομάκρυνση της αντιστήριξης

5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ

Συμφωνα με την μεθοδο FASCICULE 70 στην περίπτωση κατα την οποία υπάρχει υδροφορος οριζοντας το μετρο Ελαστικοτητας των γαιων πρεπει να τροποποιηθει αντικαθιστωμενο με το γινομενο του επι μειωτικο συντελεστη μικροτερο η ισο της μοναδας και να ληφθει $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$

Δ. ΥΛΙΚΑ ΚΟΙΤΟΣΤΡΩΣΗΣ - ΕΓΚΙΒΩΤΙΣΜΟΥ - ΕΠΙΧΩΣΗΣ

I. ΓΕΝΙΚΑ

Συνήθως μπορούμε να διακρίνουμε το έδαφος στις παρακάτω βασικές κατηγορίες ήτοι:

- Βραχος
- Μη συνεκτικά εδάφη (αμμος, χαλίκες, λιθοί και μίγματα τους)
- Συνεκτικά εδάφη (αργίλος, πηλος και μίγματα τους)
- Οργανικά εδάφη (τυρφη, ιλύς από καθαρισμό λυμάτων, εδάφη των προηγούμενων κατηγοριών με οργανικές προσμιξεις)

Έχουν αναπτυχθεί σε μια προσπάθεια τυποποίησης διάφορα συστήματα κατάταξης εδαφών σε ομάδες στις οποίες αντιστοιχούνται συγκεκριμένες εδαφομηχανικές ιδιότητες. Τέτοιο σύστημα κατάταξης ευρύτατα χρησιμοποιούμενο στο παρελθόν περιέχεται στα DIN 4023 και DIN 18196. Σήμερα ολο και περισσότερο χρησιμοποιείται το αμερικανικό σύστημα "Unified Soil Classification System" (U.S.C.S).

Υπάρχουν επίσης συστήματα κατάταξης εδαφών με διαφορετικά κριτήρια κατάταξης ήτοι αναλόγα με τον τρόπο αποκτησης, την χρήση και επεξεργασία τους όπως το DIN 18300 "VOB - Verdingungsordnung für Bauleistungen"

	DIN 4023 - 18196	USCS
Είδος εδαφους		
Χαλίκες	G	G
Αμμος	SS	S
Ιλύς	U	M
Αργίλος	T	C
Τυρφη	H	Pt
Ιλύς από καθαρισμό λυμάτων	F	Pt

Στο ASTM D-2321 δίνονται οι εξής τυποί υλικών :

ΕΙΔΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ γ (Mp/m ²)	ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ρ_r
ΤΥΠΟΣ I Μη συνεκτικά χονδροκοκκα	2	35
ΤΥΠΟΣ II Μη συνεκτικά ψιλοκοκκα	2	30
ΤΥΠΟΣ III Συνεκτικά μίκτα	2	25
ΤΥΠΟΣ IV Συνεκτικά εδάφη	2	20

Ακαταλληλα υλικά για χρήση σε οποιαδήποτε ζώνη του ορυγματος είναι τα υλικά που είναι ανομοιογενή, δεν επιδέχονται συμπτύκνωση, περιέχουν επιβλαβείς ουσίες όπως παρακάτω :

- Υλικά που περιέχουν επιβλαβείς οργανικές ουσίες (φυλλα, ριζες, χλοή, λασπη, σκουπίδια κλπ), παγωμένα υλικά κ.α.
- Τα οργανικά εδάφη
- Τα προϊόντα εκβραχισμών που περιέχουν αναλογία λεπτοκοκκων υλικων κατω από 30%.
- Υλικά με πολύ μεγάλη πλαστικότητα.

Βασικό κριτήριο για τον χαρακτηρισμό ενός υλικού ως καταλλήλου ή ακαταλλήλου είναι η ομοιογενεία του. Δεν επιτρέπεται μέσα στο επιχώμα (και απαιτείται σχολαστική επιμονή σε αυτό) η δημιουργία εστιών διαφορετικής σύστασης εδαφους μέσα στο ορυγμα.

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α. Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 18
---------	-------------------------------------	---------

II. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ

Διακρίνονται τρεις ποιότητες εκτέλεσης των επιχώσεων των ορυγμάτων. Αυτές μας επιτρέπουν να διακρίνουμε τις επιχωσεις ως εξής

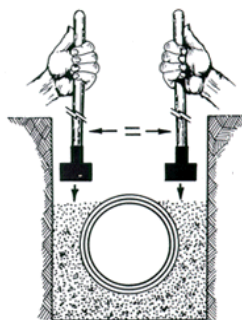
- Χωρίς συμπίεση : Όταν δεν χρησιμοποιηθούν καθόλου μέσα συμπίεσης ή όπου η συμπίεση δεν έχει ελεγχθεί ή υποβληθεί σε δοκιμή
- Με ελεγχόμενη συμπίεση : Όταν έχει γίνει έλεγχος της συμπίεσης. Στην περίπτωση αυτή ο κατασκευαστής υποβάλλει στον κύριο του έργου στοιχεία για τον τρόπο εκτέλεσης της εργασίας και δικαιολογητικά για τα μέτρα που έχουν προβλεφθεί για την συμπίεση.
- Με ελεγχόμενη και δοκιμασθείσα συμπίεση : Όπως παραπάνω στην ελεγχόμενη συμπίεση με επιπλέον επαλήθευση - δοκιμές αποτελεσμάτων της γενομένης συμπίεσης από εργαστήριο ελέγχου συμπίεσης ($\geq 90\% \text{OPN}$) όπου OPN ο βέλτιστος δείκτης συμπίεσης κατά PROCTOR (Optimum Proctor Normal)

Επισημαίνεται ρητά ότι :

Αποτελεί συμβατική υποχρέωση του Αναδοχού η συμπτυκνωση σε βαθμο 95% κατα PROCTOR.

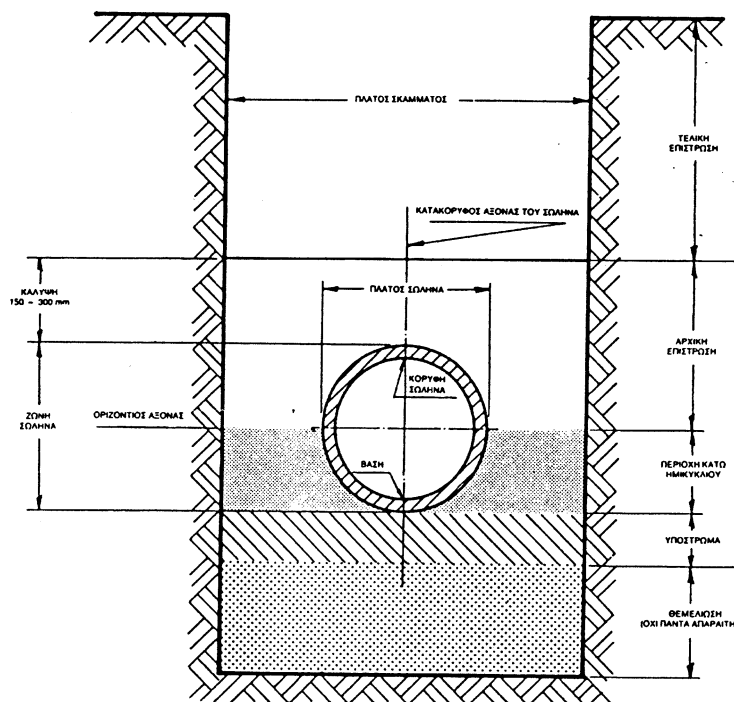
Η συμπτυκνωση πρεπει να γινει με τροπο και μηχανηματα καταλληλα ωστε να μην προκληθουν βλαβες στον σωληνα

Η συμπτυκνωση της ζωνης του αγωγου θα γινει με καταλληλα μηχανηματα ή εργαλεια χειρος αναλογως του πλατους του ορυγματος.



II. ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Στο σχήμα φαίνεται η ονοματολογία που χρησιμοποιούμε :



Κάθετη τομή σκάμματος με τοποθετημένο σωλήνα

Απαιτείται να γνωρίζουμε:

- Το ειδικό βάρος του εδαφους (για ξηρα εδαφη 18 kN/m^3 και για τις δυο ζωνες)
- Το μετρο ελαστικοτητας του εδαφους (E_s σε Mpa)
- Τον συντελεστη POISSON V_s του εδαφους (συνηθως ισο με $0,30$ και για τις δυο ζωνες)
- Συντελεστες διατμησης στην διεπιφανεια επιχωματος-ορυγματος.
- Συντελεστες οριζοντιας πιεσης γαιων στην διεπιφανεια σωληνα - εγκιβωτισμου
- Γωνια συμβατικης στηριξης σωληνα 2α

III. ΑΚΑΜΠΤΟΙ (RIGID) ΣΩΛΗΝΕΣ

Ο πίνακας περιλαμβάνει 5 ομάδες υλικών με κατάταξη αναλόγως της ικανότητας τους να προσφέρουν επαρκή υποστήριξη στους αγωγούς. (Προδιαγραφή ASTM D2321)

Κλάση εδαφους	Συμβολισμος	Περιγραφή	Σχολια
I	----	Θραυστο βραχωδες υλικο	6-40 mm
II	GW GP SW SP	Καλα διαβαθμισμενα χαλικια Πτωχα " " Καλα διαβαθμισμενη αμμος Πτωχα " "	40 mm μεγιστο
III	GM GC SM SC	Χαλικες με ιλιωδεις προσμιξεις Χαλικες με αργιλλωδεις προσμιξεις Ιλλυωδης αμμος Αργιλλωδης αμμος	
IV	MH, ML CH, CL	Ανοργανη ιλυς Ανοργανη αργιλλος	Δεν συνισταται
V	OL, OH PT	Οργανικη ιλυς και αργιλλος Ιλυς λυματων	Δεν συνισταται

Η κοιτόστρωση και ο εγκιβωτισμός των σωλήνων έχει πολύ μεγάλη σημασία για την στατική τους συμπεριφορά . Τα υλικά εγκιβωτισμού πρέπει οπωσδήποτε να δέχονται συμπίεση.

Θεμελιωση ή εξυγιανση (fountation) : Χρησιμοποιουνται τα υλικά που προβλεπονται στις σχετικες Τ.Π. Δεν ειναι παντα απαραιτητη ιδιως εαν το ολικο βαρος του σωληνα και της επιχωσης ειναι μικροτερο του ολοκου βαροιους των γαιων που απομακρυνθηκαν.

Κοιτόστρωση (bedding) : Το μεγάλο μέγεθος των κόκκων του υλικού εξαρτάται από το είδος και το μέγεθος του υλικού και πρέπει να λαμβάνονται υπ'όψη οι προδιαγραφές του κατασκευαστή. Εάν χρησιμοποιούνται υλικά από κόκκους με οξείες γωνίες

μεγέθους 12-20 mm είναι πιθανόν να προκαλέσουν βλάβη στην προστατευτική επένδυση του αγωγού. Για μικρούς αγωγούς συνιστάται το μεγαλύτερο μέγεθος των κόκκων να μην υπερβαίνει το 10% της διαμέτρου του αγωγού.

Περιοχή κάτω ημικυκλίου (Haunching ή sidefill backfill): Παραπλεύρως του αγωγού μέχρι επάνω από τον οριζόντιο άξονα του αγωγού απαιτείται πολύ καλή συμπίκνωση η οποία συνήθως γίνεται με τα χέρια. Στην ζώνη αυτή δεν πρέπει να χρησιμοποιείται άμμος εάν υπάρχει πιθανότητα «μετανάστευσης» (migration) της άμμου στα τοιχώματα της αντιστήριξης ή του πυθμένα του ορύγματος ή εκεί όπου υπάρχει υψηλός υδροφόρος ορίζοντας με ροή.

Αρχική επιχώση (initial backfill) : Στην περιοχή αυτή συνήθως δεν γίνεται μηχανική συμπίκνωση του υλικού για να μην προκληθούν βλάβες στον αγωγό. Ωστόσο το υλικό πρέπει να είναι κατάλληλο αν και όχι απαραίτητα ίδιας ποιότητας με αυτό που χρησιμοποιείται για την κοιτόστρωση και τον εγκιβωτισμό. Αργιλλώδη υλικά που απαιτούν μηχανική συμπίκνωση πρέπει να αποφεύγονται

Τελική επίχωση (final backfill) : Γενικά δεν επηρεάζει την στατική συμπεριφορά του αγωγού (εκτός της αύξησης ή μείωσης των φορτίων γαιών). Μόνο κάτω από συνθήκες επιχώματος μπορεί να παίξει ρόλο στον στατικό σχεδιασμό του αγωγού. Η τελική επίχωση σχεδιάζεται ώστε να μειώνονται στις περιοχές κυκλοφορίας οι καθιζήσεις. Κατά την κατασκευή της τελικής επίχωσης δεν πρέπει το υλικό να πετιέται από ψηλά για την αποφυγή βλαβών στους αγωγούς.

Κοιτόστρωση και εγκιβωτισμός με σκυρόδεμα: Όπως φαίνεται από τους τύπους έδρασης χρησιμοποιείται και σκυρόδεμα (συνήθως B120- B160).

IV. ΕΥΚΑΜΠΤΟΙ (FLEXIBLE) ΣΩΛΗΝΕΣ

Το μετρο αντιδρασεως των γαιων αναδεικνυεται σε καθοριστικο παραγοντα για την ασφαλη τοποθετηση τους σε ικανο βαθος χωρις εγκιβωτισμο με σκυροδεμα το οποιο αυξανει σοβαρα το κοστος του εργου. Στον παρακατω πινακα αναλογως του τυπου του εδαφους κατα ASTM D-2321 που προαναφερθηκε δινεται το μετρο ελαστικοτητας η μετρο αντιδρασεως γαιων (E') αναλόγως του τύπου εδάφους επιχώσεως και του βαθμού συμπίκνωσης κατά Proctor. Είναι φανερό ότι η ποιότητα της εφρασης και του εγκιβωτισμού αυξάνει σημαντικά από πάνω προς τα κάτω στον πίνακα αυτό. Τα υλικά τελευταίων κατηγοριών πρέπει κατά κανόνα να αποφεύγονται. Στον πίνακα αυτόν δεν περιλαμβάνεται με οποιονδήποτε τρόπο καποιος συντελεστής ασφαλείας. Συνιστάται δε σε περίπτωση αβεβαιότητας περί του βαθμού συμπίκνωσης να λαμβάνεται είτε η μικροτερη αναμενομενη τιμη είτε η μεση τιμη μεταξυ της μικροτερης και της μεγαλυτερης των αναμενομενων . Οι τιμες του πινακα αποτελουν μεσο ορο και για τουτο χρησιμοποιωντας αυτες τις τιμες οι παραμορφωσεις που προκυπτουν απο τον υπολογισμο ειναι στο 50% των περιπτωσεων μικροτερες απο τις πραγματικες παραμορφωσεις. Για τουτο μια συντηρητικη και ασφαλη προσεγγιση ειναι να λαμβανεται καθε φορα το 75% της τιμης του πινακα. Στο κεφαλαιο που διαπραγματευται την επιλυση των ευκαμπτων αγωγων δινεται ενας ακομα παρομοιος πινακας από Αμερικανικες Προδιαγραφες σχετικα με το μετρο ελαστικοτητας γαιων.

Τυπος εδαφους	Ειδικο βαρος Mp/m ³	Dp =85%	= 90 %	= 92 %	= 95 %	= 97 %	= 100%
I	2	25	60	90	160	230	400
II	2	12	30	40	80	110	200
III	2	8	20	30	50	80	140
IV	2	6	15	20	40	60	100

Ειδικα παραπλεύρως του αγωγού μέχρι επάνω από τον οριζόντιο άξονα του αγωγού απαιτείται και κυρίως για τους εύκαμπτους αγωγούς πολύ καλή συμπίκνωση η οποία συνήθως γίνεται με τα χέρια.

Η αρχική επιχώση (initial backfill) ή εγκιβωτισμός (όπως αναφέρεται στα τεύχη δημοπρατησης) του αγωγού πρέπει να επεκτείνεται μέχρι 0.30 m πάνω από το εξωραχίο του αγωγού.

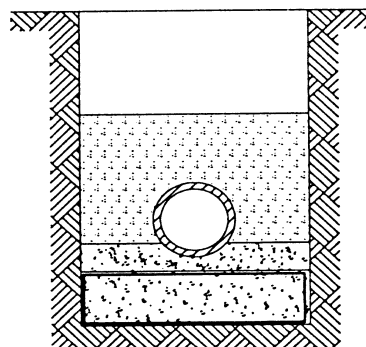
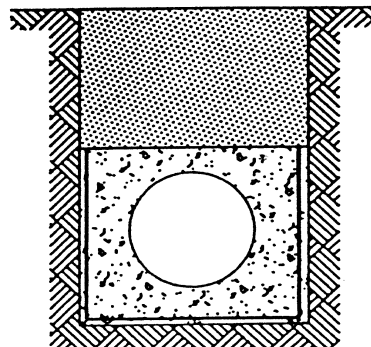
V . ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΑΓΩΓΟΥ

Σε περίπτωση κακών εδαφικών συνθηκών μπορεί να χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω μέτρα εξυγίανσης και βελτίωσης :

➤ Εκσκαφή και εξυγίανση του υποκειμένου εδαφούς με καταλληλά υλικά

➤ Τοποθέτηση γεωυφασματος Το καταλληλό γεωυφασμα μπορεί να αντιμετωπίσει καταλληλά τοποθετημένο διάφορα προβλήματα (άνωση αγωγού, μεταναστευση υλικού εξυγίανσης και υλικού κοιτοιστρωσης και εγκιβωτισμού, βελτίωση της μηχανικής συμπεριφοράς της σωληνογραμμής). Το γεωυφασμα τοποθετείται εις τρόπον ώστε είτε να περικλείει την αντιστοιχή ζώνη (κλειστή διατομή) είτε να ακολουθεί τα τοιχώματα της εκσκαφής (ανοικτή διατομή).

➤ Αντληση με διαφορους μεθοδους ή/και τοποθετηση στραγγιστηριων σωληνων.



Ε. ΦΟΡΤΙΑ

1. ΦΟΡΤΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΓΩΓΟΥ

Το φορτίο λειτουργίας του αγωγού υπολογίζεται απο την σχέση:

$$P_{\text{λειτ}} = W_i + W_c + W_s$$

W_i : ίδιο βάρος σωλήνα (t/m)

W_c : μόνιμα φορτία γαιών (t/m)

W_s : κινητά φορτία (t/m)

2. ΦΟΡΤΙΑ ΓΑΙΩΝ

2.1 Συντελεστες r, p

- Συντελεστής p (projection ratio) για τοποθέτηση σε επιχώματα: Είναι ο λόγος της κατακόρυφης απόστασης της άνω γενετειρας του σωλήνα απο την επιφάνεια του παρακειμένου φυσικού εδάφους (ή την επιφάνεια καλά συμπυκνωμένης στρώσης επίχωσης ή τον πυθμένα πλατιού ορυγματος) προς την εξωτερική κατακορυφή διάμετρο του αγωγού. Απο το προσήμο του p προέρχεται η ονοματολογία που χρησιμοποιείται για την διακρίση των περιπτώσεων τοποθέτησης σωληνων σε επιχώμα δηλαδή Positive projecting pipe ($p > 0$), Zero projecting pipe ($p = 0$) και Negative projecting pipe ($p < 0$).
- Συντελεστής r για τοποθέτηση σε επιχώματα: r (λόγος διαφορικών καθιζήσεων των πλευρικών γαιών και της επιχώσεως): Ο συντελεστής αυτός προσδιορίζει την φορά και το μέγεθος της σχετικής καθίζησης του πριματος γαιων κατευθειαν πανω από τον σωλήνα και του πρισματος των παρακειμενων γαιων. Αυτή η σχετική καθίζηση δημιουργεί τις δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται στην διεπιφάνεια των δυο αυτων πρισματων γαιων και οι οποίες προστιθεμενες αλγεβρικά με το βάρος του πρισματος των υπερκειμενων του σωλήνα γαιων παραγουν τα μονιμα φορτια του σωλήνα.

Ο συντελεστής r δίνεται από την εξίσωση :

$$r = [(S_m + S_g) - (d_c + S_f)] / S_m$$

οπου:

S_m η συμπίεση των γαιων πανω από τον σωλήνα μεταξυ φυσικού εδαφους και κορυφης σωλήνα (πρισμα γαιων $p \cdot B_c$)

S_g η καθίζηση του φυσικού εδαφους (παρακειμενες γαιες)

S_f η καθίζηση του αγωγού

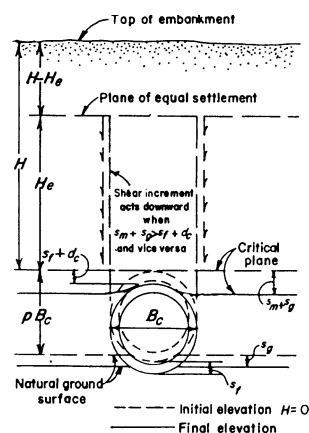
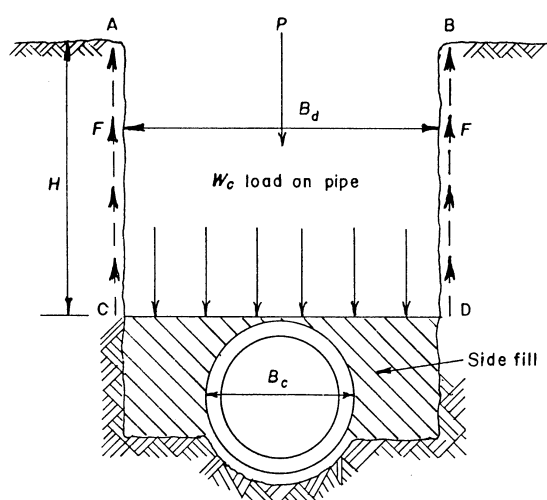
d_c η μεταβολή (παραμορφωση) του υψους του αγωγού λόγω της συμπίεσεως την οποιαν υφίσταται

Όταν $r > 0$ τότε οι δυνάμεις τριβής κατευθύνονται προς τα κάτω και επιβαρύνουν τον σωλήνα.

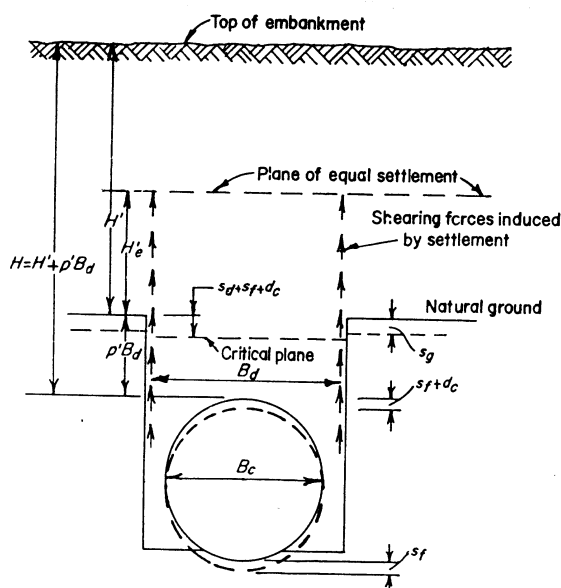
- Κρισιμο επιπεδο (critical plane): Ονομαζουμε το οριζοντιο επιπεδο που διερχεται από την κορυφή του σωλήνα . Η καθίζηση του κρισιμου επιπεδου είναι $(S_m + S_g)$.
- Επιπεδο ισης καθίζησης (plane of equal settlement) : Η θέση του οριζοντιου αυτού επιπεδου προσιοριζεται εξισωνοντας την ολικη τάση των γαιων πανω από τον

σωληνα με εκεινη των παρακειμενων επιπλεον της καθιζησης του κρισιμου επιπεδου (βλεπε σχεδια επομενης σελιδας). Οταν το επιπεδο αυτο ειναι επανω από την κορυφη του επιχωματος τοτε οσ ωληνας θεωρειται αναλογα με την φορα των δυναμεων τριβης τοποθετημενος ειτε σε πληρες ορυγμα ("complete trench condition") ειτε σε πληρες επιχωμα ("complete projection condition"). Οταν το επιπεδο αυτο ειναι κατω από την κορυφη του επιχωματος τοτε εχουμε "μη πληρες ορυγμα" ("incomplete trench condition") ή "μη πληρες επιχωμα" ("incomplete projection condition").

ΕΙΔΟΣ ΑΓΩΓΟΥ	ΕΔΑΦΟΣ	ΤΙΜΗ r
Ακαμπτos	Βραχωδες ή ανυποχωρητη εδραση	+1,00
"	Συνηθης εδραση	+0,50 ~ +0,80
"	Υποχωρησιμη εδραση	0,00 ~ +0,50
"	Negative projecting εγκατασταση	-0,30 ~ -0,50
Ευκαμπτos	Μικρη συμπίεση πλευρικων γαιων	-0,40 ~ 0,00
"	Καλη συμπτκνωση πλευρικων γαιων	0,00

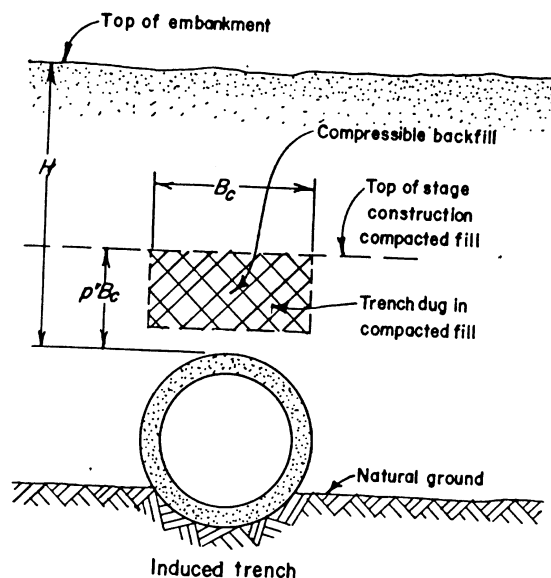


ΟΡΥΓΜΑ



NEGATIVE PROJECTING

POSITIVE PROJECTING



INDUCED TRENCH

2.2 Συνθήκες τοποθέτησης

Ο υπολογισμός των μόνιμων φορτίων γίνεται με τη σχέση MARSTON και εξαρτάται από τον τρόπο τοποθέτησης του αγωγού. Εδώ εξετάζονται οι δύο συνηθέστερες μορφές δηλαδή:

α) Η συνθήκη στενού ορυγματος που στο εξής θα αναφέρεται ως συνθήκη «Τ».

β) Η συνθήκη επιχώματος που στο εξής θα αναφέρεται ως συνθήκη «Ε».

Ξεκινώντας από τη συνθήκη «Τ» και αυξάνοντας το πλάτος ορυγματος B_d (με σταθερά τα H και B_c) έχουμε μετάβαση στη συνθήκη «Ε» για ορισμένο πλάτος ορυγματος, το οριακό πλάτος B_{dor} . Ομοίως ελαττώνοντας το ύψος της επιχώσης H (με σταθερά B_d και B_c) έχουμε μετάβαση στη συνθήκη «Ε» για ορισμένο ύψος επίχωσης, το οριακό ύψος H_{or} .

Χρησιμοποιούμε το σχετικό διάγραμμα το οποίο δίνει γραφικά την συνάρτηση $H/B_c = f(B_d/B_c)$ για την οριακή κατάσταση στην οποία μεταβαίνουμε από την μια στην άλλη, για διάφορες τιμές του γινομένου $r * \rho$ όπου:

Εκλέγεται ως συνηθέστερα εμφανιζόμενη στην πράξη αλλά και ασφαλής τιμή $r * \rho = 0,50$ και απο το διάγραμμα βρίσκουμε το οριακό ύψος επίχωσης H_{or} και καταρτίζεται πίνακας για το οριακό ύψος επίχωσης. Έτσι για ύψος επίχωσης μεγαλύτερη του H_{or} ισχύει η συνθήκη "στενού ορύγματος" ενώ για ύψος επίχωσης μικρότερη του H_{or} ισχύει η συνθήκη "πλατιού ορύγματος".

ΟΡΙΑΚΑ ΥΨΗ ΕΠΙΧΩΣΗΣ

d (mm)	B_c (m)	B_d (m)	B_c/B_d	H_{or}/B_c	H_{or} (m)
300	0,406	0,90	2,22	4,70	1,90
400	0,518	1,00	1,93	3,10	1,60
500	0,636	1,10	1,73	2,40	1,50
600	0,780	1,20	1,54	1,30	1,00
700	0,890	1,30	1,46	1,10	1,00
800	1,002	1,40	1,40	1,00	1,00
900	1,120	1,50	1,34	0,96	1,10
1000	1,256	1,70	1,35	0,96	1,20
1100	1,350	1,80	1,33	0,96	1,30
1200	1,490	1,90	1,28	0,94	1,40
1300	1,590	2,10	1,32	0,94	1,50
1400	1,710	2,20	1,29	0,94	1,60
1600	1,950	2,45	1,26	0,92	1,80

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

Τιμές του λογου B_c/B_d για τις οποίες τα φορτία γαιων σε ορυγμα και επιχωμα είναι ισα

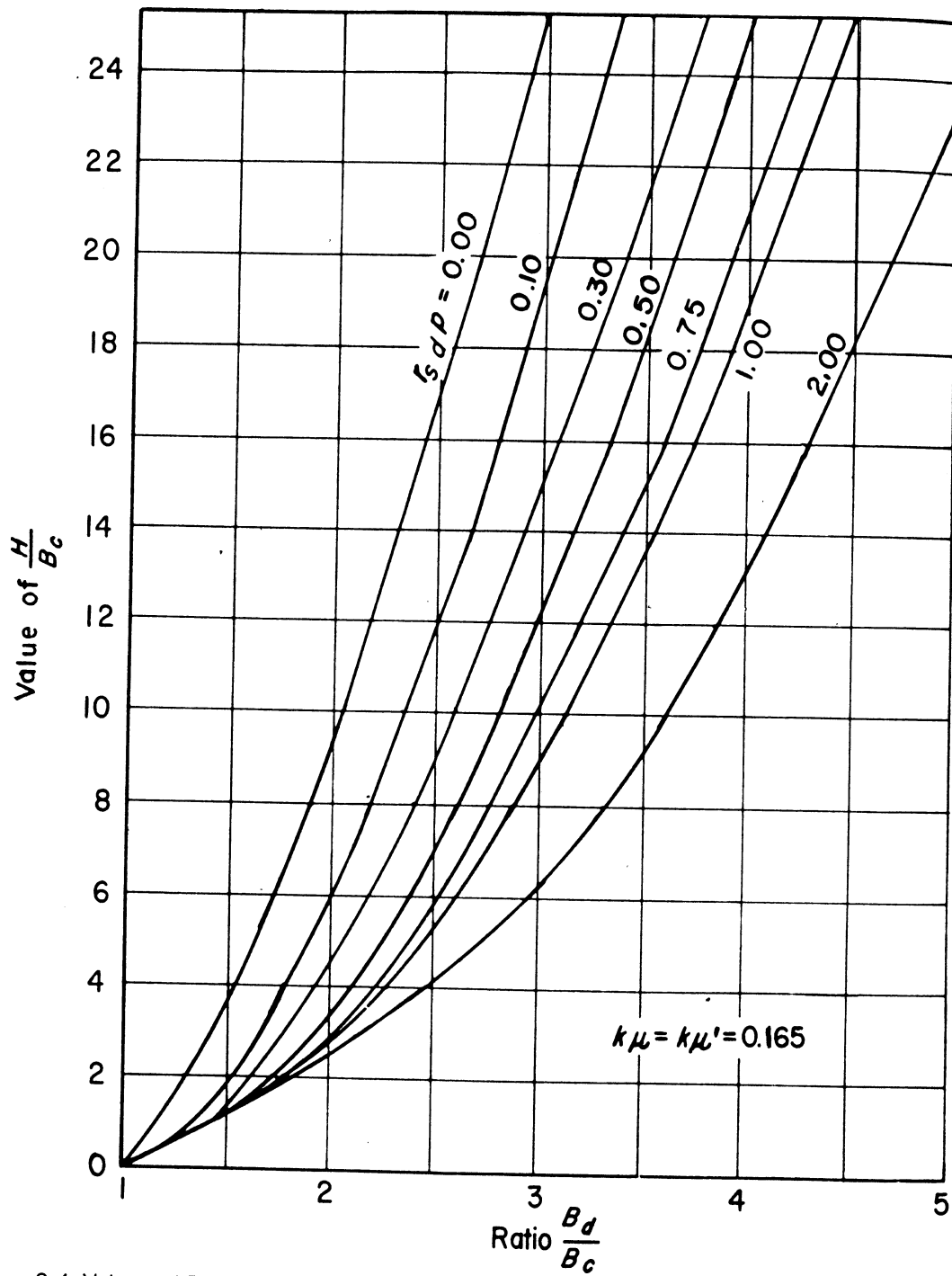
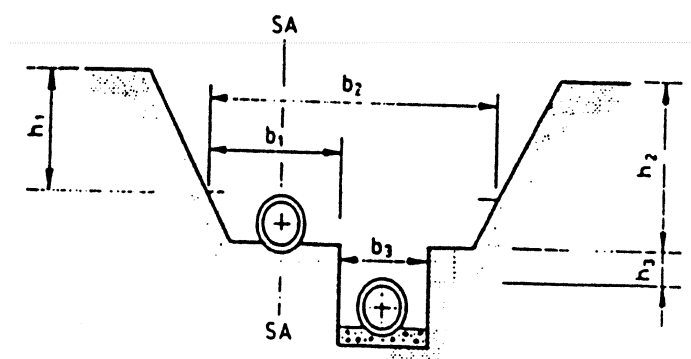


Fig. 9.4 Values of B_c/B_d at which earth pressures are equal

2.3. Ειδικές μορφές ορυγμάτων

- Για συμμετρικά εγκατεστημένους αγωγούς ο υπολογισμός των φορτίων γαιών γίνεται με το μικρότερο φορτίο από τους ακόλουθους υπολογισμούς:
 - Το $\frac{1}{2}$ του συνολικού φορτίου που προκύπτει για το συνολικό πλάτος ορύγματος, υποθέτοντας συνθήκες ορύγματος.
 - Τα φορτία που προκύπτουν από τον υπολογισμό σε συνθήκες επιχώματος (περίπτωση positive projecting).
- Για σύνθετες διατομές τα φορτία προκύπτουν ως ο μέσος όρος των δύο περιπτώσεων φόρτισης που προκύπτουν από την διατομή του ορυγματος δεξιά και αριστερά του άξονα του αγωγού.

Δεχόμαστε δηλαδή δύο συμμετρικά ορύγματα ως προς τον άξονα του αγωγού (με βάση τις αποστάσεις αυτού από την δεξιά και αριστερή παρειά του ορύγματος).



2.4. Γενική μορφή σχέσης MARSTON

Ο γενικός τύπος της μεθόδου Marston για τον υπολογισμό των φορτίων γαιών είναι:

$W = C \cdot \gamma \cdot B^2$ <p>H/B.</p>	<p>Wc : κατακόρυφο φορτίο γαιών γ : ειδικό βάρος υλικού επίχωσης ορύγματος B : πλάτος ορύγματος ή εξωτερική διάμετρος αγωγού ανάλογα με τις συνθήκες ορύγματος (Bc: πλάτος ορύγματος, Bd: διάμετρος αγωγού) C : αδιάστατος συντελεστής εξαρτώμενος από τον λόγο</p>
--	--

Στην μορφή της αυτή η σχέση Marston καλύπτει όλες τις περιπτώσεις τοποθέτησης αγωγών και κάθε φορά εξειδικεύεται όπως παρακάτω φαίνεται. Στην παρούσα δεν θα αναφερθούμε καθόλου στην περίπτωση τοποθέτησης αγωγού σε σήραγγα. Επισημαίνεται ότι για συνθήκες "πλατιού ορύγματος" θεωρείται ότι έχουμε παρόμοιες συνθήκες με την τοποθέτηση αγωγού σε επίχωμα.

2.4.1 Συνθήκη "ορύγματος"

- Για ακαμπτους αγωγους

Ο γενικός τύπος του Marston μετασχηματίζεται σε :

$W = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2$

Ο συντελεστής C_d εξαρτάται από τον λόγο H/Bd και το υλικό επίχωσης, είναι δε:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot k \cdot \mu \cdot \frac{H}{Bd}}}{2 \cdot k \cdot \mu'}$$

e : βάση φυσικών λογαριθμών
 H : ύψος επίχωσης
 μ : συντελεστής εσωτερικής τριβής υλικού επίχωσης
 μ' : συντελεστής εσωτερικής τριβής υλικού παρειών ορύγματος ($\mu' \leq \mu$) |
 $\mu = \tan \varphi = (1 - \sin \varphi) / (1 + \sin \varphi)$
 $\mu' = \tan \varphi' = (1 - \sin \varphi') / (1 + \sin \varphi')$
 $k = \frac{(\mu^2 + 1)^{0.5} - \mu}{(\mu^2 + 1)^{0.5} + \mu}$
 k : λόγος Rankine πλευρικών φορτίων προς κατακόρυφα

Η τιμή του συντελεστού C_d μπορούν να ληφθούν είτε από το διαγράμμα είτε από τον πίνακα που ακολουθούν.

Οι τιμές των $k\mu$ και $k\mu'$ δίνονται από τον παρακάτω πίνακα:

ΕΔΑΦΟΣ	$k\mu, k\mu'$
κοκκώδη υλικά χωρίς συνοχή	0,1924
αμμος, χαλίκι	0,165
κορεσμένα υλικά	0,150
συνηθής αργίλλος	0,130
κορεσμένη αργίλλος	0,110

και για την γωνία φ

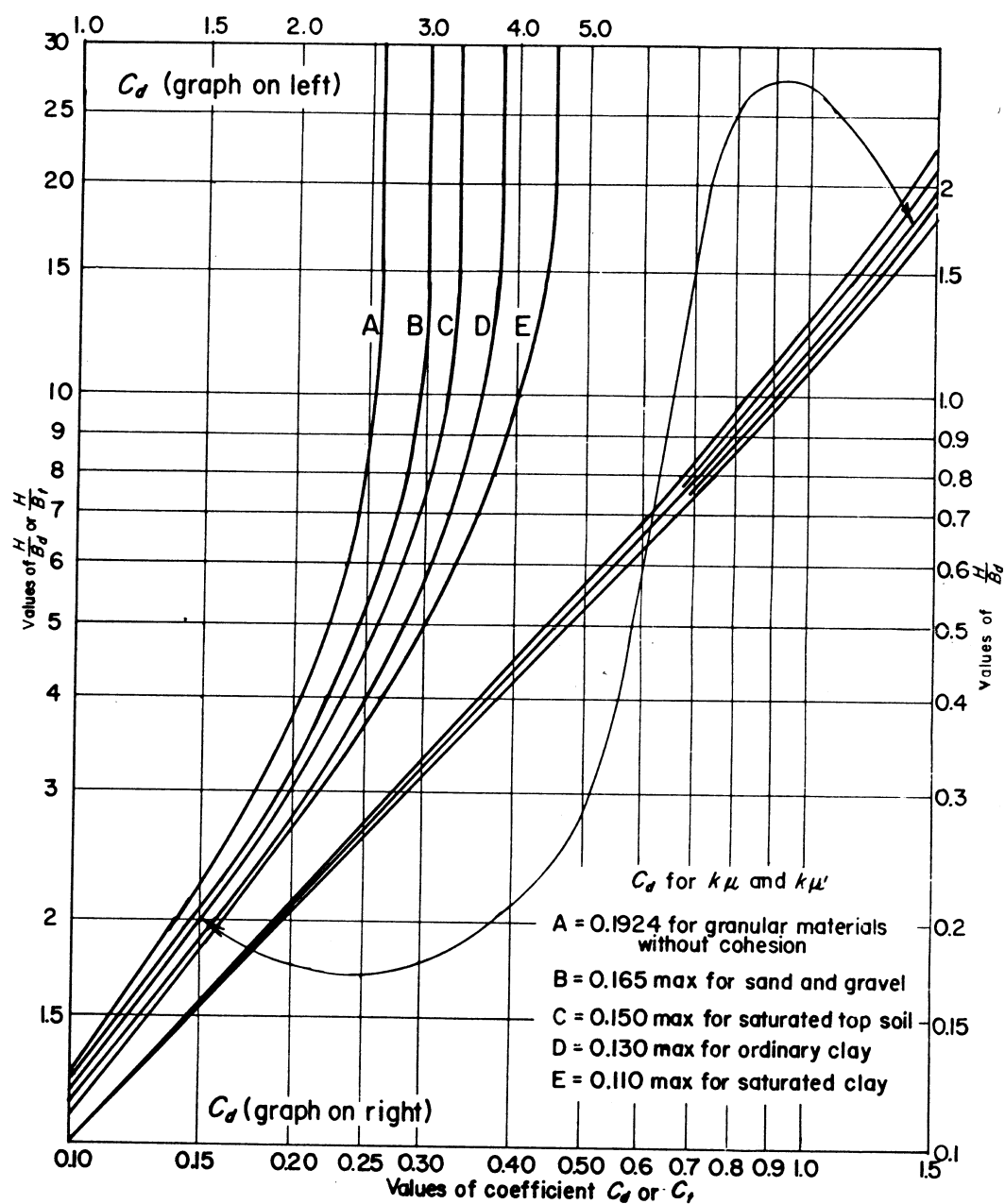
ΕΔΑΦΟΣ	φ (μοίρες)
φυσική υγρή αργίλλος	$12 < \varphi \leq 15$
αργίλλοαμμώδη υλικά	$15 < \varphi \leq 20$
χαλαρά κοκκώση υλικά	$20 < \varphi \leq 37$

Συντελεστής Cd (φορτίο γαιών για τοποθέτηση σε ορυγμα)

ΛΟΓΟΣ H/B _d	ΚΟΚΚΩΔΗ ΥΛΙΚΑ ΧΩΡΙΣ ΣΥΝΟΧΗ K _μ =K _{μ'} =0,1924	ΑΜΜΟΣ ΚΑΙ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ K _μ =K _{μ'} =0,165	ΥΓΡΟ ΕΠΙΧΩΜΑ K _μ =K _{μ'} =0,150	ΣΥΝΗΘΗΣ ΑΡΓΙΛΟΣ K _μ =K _{μ'} =0,130	ΥΓΡΗ ΑΡΓΙΛΟΣ K _μ =K _{μ'} =0,110
0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
0,50	0,45	0,46	0,46	0,47	0,47
0,75	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69
1,00	0,83	0,85	0,86	0,88	0,90
1,25	0,98	1,02	1,04	1,07	1,09
1,50	1,14	1,18	1,21	1,24	1,28
1,75	1,27	1,33	1,36	1,41	1,45
2,00	1,36	1,46	1,50	1,56	1,62
2,25	1,51	1,59	1,64	1,71	1,77
2,50	1,61	1,70	1,76	1,84	1,92
2,75	1,70	1,81	1,87	1,97	2,06
3,00	1,78	1,90	1,98	2,08	2,20
3,25	1,85	1,99	2,08	2,19	2,32
3,50	1,92	2,08	2,17	2,30	2,44
3,75	1,98	2,15	2,25	2,40	2,55
4,00	2,04	2,22	2,33	2,48	2,66
4,25	2,09	2,28	2,40	2,57	2,76
4,50	2,14	2,34	2,47	2,65	2,86
4,75	2,18	2,40	2,53	2,73	2,95
5,00	2,22	2,45	2,59	2,80	3,03
5,50	2,29	2,54	2,69	2,93	3,19
6,00	2,34	2,61	2,78	3,04	3,33
6,50	2,39	2,68	2,86	3,13	3,46
7,00	2,42	2,73	2,93	3,22	3,57
7,50	2,45	2,78	2,98	3,30	3,67
8,00	2,48	2,81	3,03	3,37	3,76
8,50	2,50	2,85	3,07	3,42	3,84
9,00	2,52	2,87	3,11	3,47	3,92
9,50	2,53	2,90	3,14	3,52	3,98
10,00	2,54	2,92	3,17	3,56	4,04
11,00	2,56	2,95	3,21	3,63	4,14
12,00	2,57	2,97	3,24	3,68	4,22
13,00	2,58	2,99	3,27	3,72	4,29
14,00	2,59	3,00	3,28	3,75	4,34
15,00	2,59	3,01	3,30	3,77	4,38
16,00	2,59	3,01	3,31	3,79	4,41
17,00	2,59	3,02	3,31	3,80	4,44
18,00	2,60	3,02	3,32	3,81	4,46
19,00	2,60	3,02	3,32	3,82	4,48
20,00	2,60	3,03	3,33	3,83	4,49

Από το «AMERICAN CONCRETE PIPE ASSOCIATION»

Διαγράμμα Cd (φορτίο γαιών για τοποθέτηση σε ορυγμα)



- Για ευκαμπτους αγωγους

Για ευκαμπτους αγωγους αλλα μονον οταν η συμπίεση των γαιων στην ζωνη του αγωγου ειναι εξαιρετικα καλη τοτε εφαρμοζεται ο τύπος του Marston μετασχηματίσμενος σε:

$$W = C_d * \gamma * B_c * B_d$$

Διαφορετικα οι ευκαμπτοι αγωγοι υπολογιζονται σε συνθηκες επιχωματος οπως παρακατω περιγραφεται .

2.4.2. Συνθήκη επιχωματος ("πλατιού ορύγματος")

- Για ακαμπτους αγωγους

Περίπτωση "positive projecting"

Ο γενικός τύπος του Marston μετασχηματίζεται σε:

$$W = C_c * \gamma * B_c^2$$

Στην περιπτωση αυτη λαμβανουμε $k_m = 0,19$.

Η τιμή του συντελεστού C_c δίνεται απο το σχετικο διαγραμμα για γινόμενο $r * p = 0,50$.

Περίπτωση "negative projecting"

Στην περιπτωση αυτη λαμβανουμε $k_m = 0,13$

ρ' ειναι ο λογος της αποστασης της κορυφης του σωληνα απο τα χειλη του ορυγματος προς το πλατος του ορυγματος.

Ο γενικός τύπος του Marston μετασχηματίζεται σε:

$$W = C_n * \gamma * B_d^2$$

Η τιμή του συντελεστού C_n δίνεται απο το σχετικο διαγραμμα

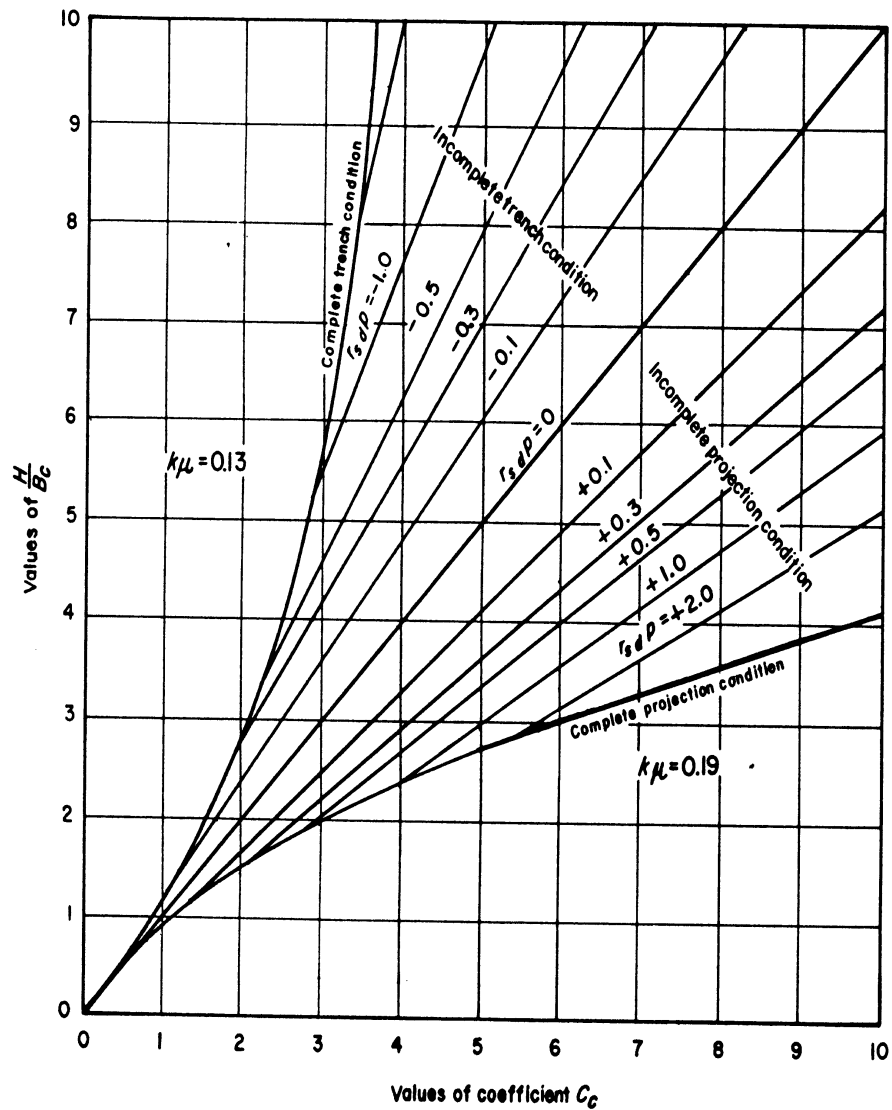
Περίπτωση "induced trench"

Ο γενικός τύπος του Marston μετασχηματίζεται σε:

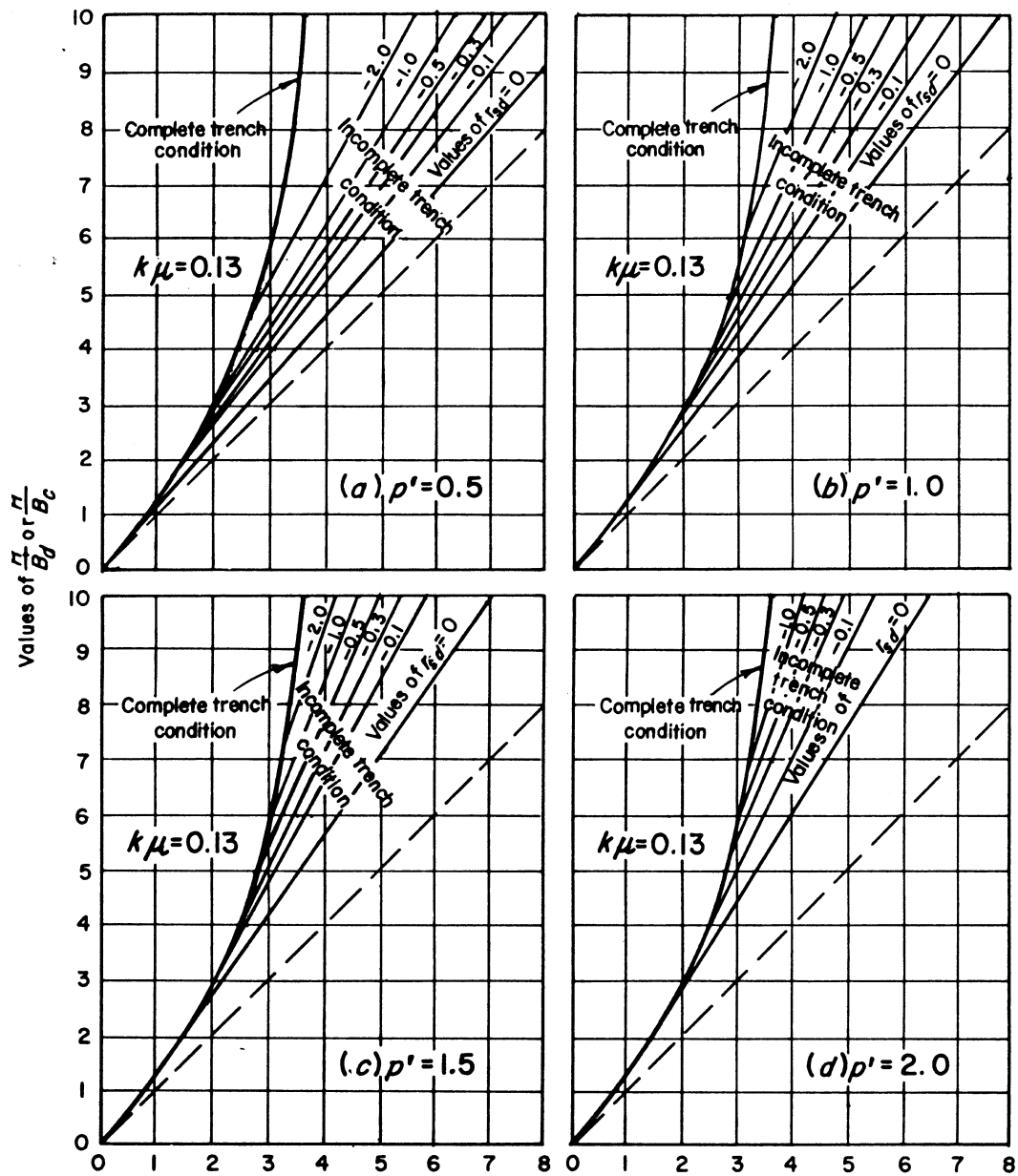
$$W = C_n * \gamma * B_c^2$$

Η τιμή του συντελεστού C_n δίνεται απο το σχετικο διαγραμμα

Διαγραμμα συντελεστού C_c



Διαγραμμα συντελεστού C_n

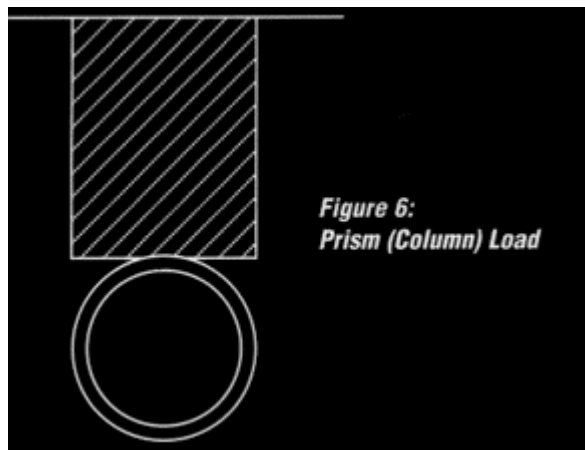


- Για ευκαμπτους αγωγους

Στην περίπτωση ευκαμπτων αγωγων (οπως φαινεται από τις δυο τελευταίες περιπτώσεις του πίνακα της παρ. 2.1.) λαμβανουμε $r^*p = 0$ συνεπώς $C_c = H/B_c$ οποτε ο τυπος του Marston μετασχηματιζεται σε:

$$W = H * \gamma * B_c$$

Ο τυπος αυτος περιγραφεται ως φορτιο πρισματος γαιων.



ΦΟΡΤΙΟ ΠΡΙΣΜΑΤΟΣ ΓΑΙΩΝ

Μια εναλλακτική θεωρηση της φορτισης ευκαμπτων αγωγων περιγραφεται αμεσως παρακατω:

$$P_s = k * \gamma * H$$

όπου P_s = Πίεση πάνω στον υπόγειο αγωγό (Mp/m²)

γ = Ειδικό βάρος επιχώσεως (Mp/m³)

k = Συντελεστής φορτιου του εδάφους

Ο συντελεστής k υπολογίζεται από την εξίσωση.

$$k = \frac{-2 * K * \epsilon \phi \delta * (H/B) - e}{1 + 2 * K * \epsilon \phi \delta * (H/B)}$$

όπου

K = Συντελεστής που δείχνει τη σχέση οριζοντίων προς τις κάθετες τάσεις κατα το γέμισμα της τάφρου

B = Πλάτος της τάφρου (m)

δ = Γωνία τριβής του εδάφους με τα κάθετα τοιχώματα της τάφρου

Ο συντελεστής K παίρνει διάφορες τιμές ανάλογα το είδος της τάφρου και τις συνθήκες πληρώσεως αυτής με το υλικό επιχώσεως.

Διακρίνουμε τις παρακατω περιπτώσεις:

α. Δεν έχουμε πλευρικά τοιχώματα η απόσταση αυτών από τα τοιχώματα του σωλήνα είναι μεγαλύτερη από 2,5 φορές της διαμέτρου του σωλήνα. Αρα ο λόγος $H/B = 0$ και το κ λαμβάνει ίσο με 1. Αυτή η περίπτωση είναι η δυσμενέστερη περίπτωση επιδράσεων των στατικών φορτίων του εδάφους στον αγωγό γιατί δεν λαμβάνεται υπόψη η εσωτερική τριβή του υλικού πληρώσεως.

β. Έχουμε πλευρικά τοιχώματα το υλικό συμπιέζεται αλλά δε γνωρίζουμε το μέγεθος της συμπίεσης. Τότε $K=0,5$ και $\delta = \rho$ όπου ρ είναι η γωνία εσωτερικής τριβής του υλικού πληρώσεως

γ. Έχουμε

- καθετα κατασκευασμένα τοιχώματα για την υποστήριξη του εδάφους.
- πλευρικά τοιχώματα αλλά το υλικό δεν συμπιέζεται επαρκώς
- Υπαρξη υδάτινου ορίζοντα πάνω από τον αγωγό

Τότε $K=0,5$ και $\delta=2.\rho/3$

δ. Έχουμε πλευρικά τοιχώματα και η συμπίεση του υλικού επιχώσεως είναι επαρκής

- Για μη συνεκτικό έδαφος πρέπει να είναι $D\rho \Rightarrow 97 \%$
- Για συνεκτικό έδαφος πρέπει να είναι $D\rho \Rightarrow 95 \%$

Τότε $K= 0.7$ και $\delta=\rho$

2.4. Πίνακες φορτιων γαιων

Με βάση όσα προαναφέρθηκαν συντάσσονται πίνακες οι οποίοι δίνουν τα φορτία γαιών για καθε κατηγορια αγωγων και αναλογως των συνθηκων τοποθετησης για διάφορα βάθη επίχωσης ανα διάμετρο αγωγού .

3. ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ

3.1. Γενικά

Τα κινητά φορτία P ν εξαρτώνται από την κυκλοφορία που υπάρχει στην περιοχή τοποθέτησης του αγωγού.

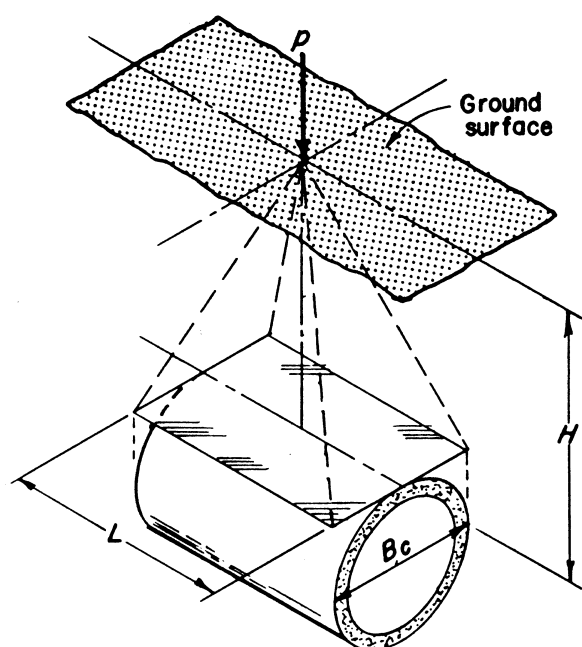
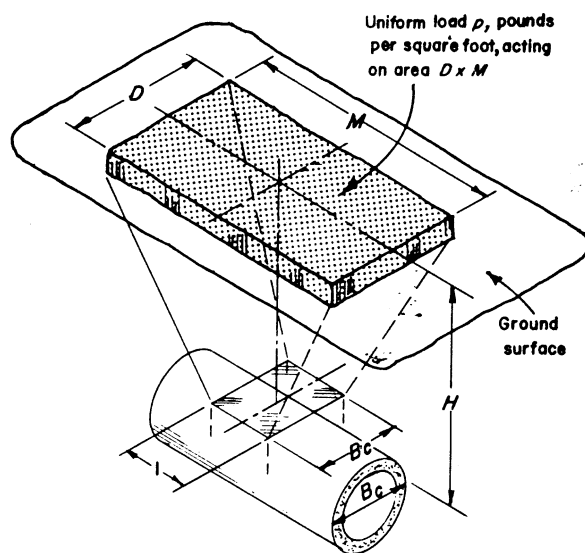
Όταν το υψος επιχώσης είναι μεγάλο (διστανται οι αποψεις σχετικά με τον προσδιορισμό του υψους το οποίο κυμαίνεται από 0,70 έως 2.00 μ.) τα κινητά φορτία υπολογίζονται ως ομοιομορφα κατανεμημένα. Σε αντίθετη περίπτωση (μικρο υψος επιχώσης) οι υπολογισμοί γίνονται λαμβανοντας υπόψη τα μεμονωμένα φορτία τροχων.

Εδώ διακρινουμε δυο περιπτώσεις υπολογισμού των κινητών φορτίων:

- (i) Κινητά φορτία σε μικρές επιχώσεις ($H < 0.70 \text{ m}$)
- (ii) Κινητά φορτία σε μεγάλες επιχώσεις ($H > 0.70 \text{ m}$)

Για τον στατικό υπολογισμό των αγωγών δεν επιτρέπεται να θεωρείται κατά τον υπολογισμό το κινητο φορτιο σαν προσθετο υψος επιχώσης και τουτο γιατί με τον τροπο αυτο θα θεωρουσαμε λαθεμενα οτι και για το κινητο φορτιο ενεργουν ευνοικα οι πλευρικες δυναμεις.

Ο υπολογισμος φορτιων που ακολουθει ειναι για την περιπτωση κινητων φορτιων που εξασκουνται στον αξονα τοπυ αγωγου. Στην περιπτωση ομοιομορφων φορτιων εκτος του αξονα του αγωγου τα κινητα φορτια υπολογιζονται από την επαλληλια φορτισεων τεσσαρων τετραγωνων που εχουν ολα κορυφη το σημειο τομης του αξονα του σωληνα με το εππεδο φορτισης. Για καθε τετραγωνο ο αντιστοιχος συντελεστης C_s (βλεπε παρακατω) διαιρειται δια του τεσσερα.



ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΟ ΦΟΡΤΙΟ

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ

3.2 Ειδη κυκλοφοριας

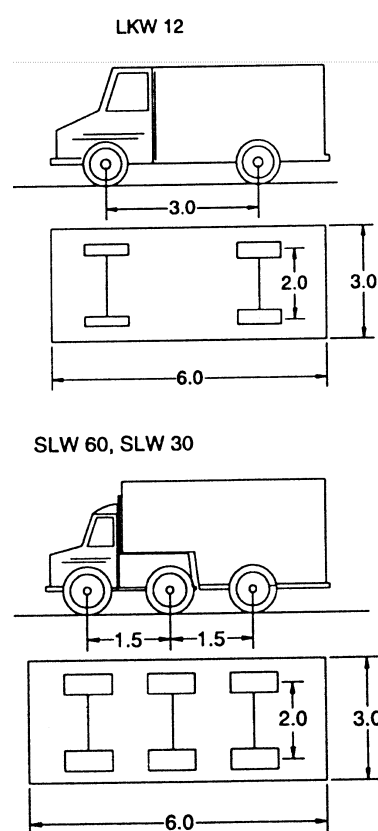
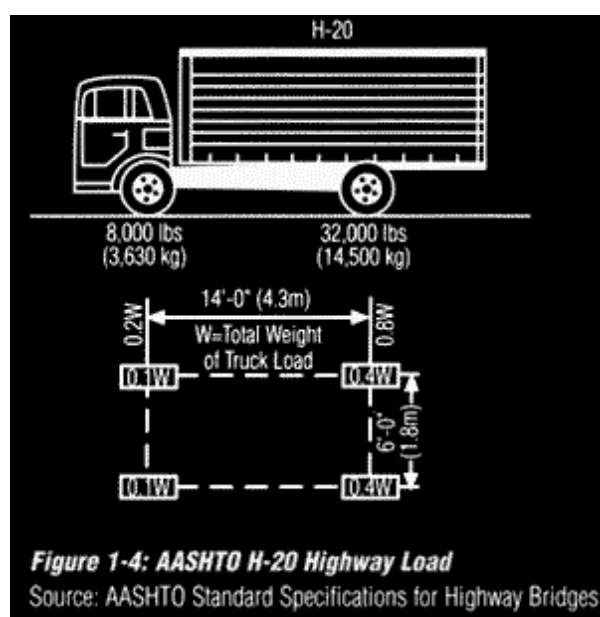
ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α. Π. Υπηρεσία Αποχετευσης	Σελ. 36
---------	-------------------------------------	---------

1. Αραιή κυκλοφορία (LKW12) Δυο τροχοί ο καθένας με βάρος 3000 kg
2. Κανονική κυκλοφορία (SLW30) Δυο τροχοί ο καθένας με βάρος 7300 kg
3. Βαρειά κυκλοφορία (SLW60) Οκτώ τροχοί ο καθένας με βάρος 9100 kg
4. Διαβαση κατω από σιδηροδρομικές γραμμές
5. Τοποθέτηση σε διαδρομους αεροδρομιων

Για την αστική κυκλοφορία με βάση τους γερμανικούς κανονισμούς διακρινουμε :

1. Αραιή κυκλοφορία (LKW12) Δυο τροχοί ο καθένας με βάρος 3000 kg
2. Κανονική κυκλοφορία (SLW30) Δυο τροχοί ο καθένας με βάρος 7300 kg
3. Βαρειά κυκλοφορία (SLW60) Οκτώ τροχοί ο καθένας με βάρος 9100 kg

Για τον υπολογισμό της σεισμικής επιφόρτισης εαν απαιτείται θα λαμβάνεται υπ'όψη το 1/2 του φορτίου 60t. Θα θεωρείται δε ότι το κέντρο βάρους 1ου οχήματος απέχει 1,0m απο το οδόστρωμα.



ΦΟΡΤΙΟ Η -20 της AASHTO

ΦΟΡΤΙΑ ΓΕΡΜΑΝΙΚΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

Στον παρακατω πίνακα φαινονται τα φορτια κυκλοφοριας που χρησιμοποιουν διαφοροι Κανονισμοι και το συνιστωμενο ελαχιστο βαθος αγωγων:

ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΦΟΡΤΙΟ ΤΡΟΧΟΥ (κΝ)	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΒΑΘΟΣ (m)
AASHTO (USA)	72	1,00
BS 153 HA	90	1,50
ATV - LKW12	40	1,00
ATV - SLW30	50	1,00
ATV - SLW60	100	1,50

Ιδιαίτερα στοιχεία για τα φορτια των γερμανικων κανονισμων (DIN 1072, ATV) δινονται στον παρακατω πίνακα:

ΤΥΠΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΦΟΡΤΙΟ ΤΡΟΧΟΥ (κΝ)	ΒΑΡΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ (κΝ)
ATV - LKW12	20/40 (εμπρος/πίσω τροχος)	120
ATV - SLW30	50	300
ATV - SLW60	100	600

Για διαβαση κατω από σιδηροδρομικές γραμμές θα λαμβανονται τα καταλλήλα φορτία (κατα μήκος και κατα πλάτος της σιδηροδρομικής γραμμής) σύμφωνα με τους σχετικούς κανονισμούς της επιλογής του Ο.Σ.Ε. Στην περίπτωση αυτή θα υπάρχει απολυτή συμμορφωση με όλες τις απαιτήσεις του Ο.Σ.Ε. όχι μόνον για την επιλογή και υπολογισμό των φορτίων αλλά και γενικότερα για τον σχεδιασμό και τους υπολογισμούς εν γενει.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι Γερμανικοί Κανονισμοί DS 804 της FEDERAL GERMANY RAILWAY προβλέπουν τεσσέρις τροχούς των 250 κΝ εκαστος σε απόσταση 1,60 m.

Ομοίως υπάρχουν διαφοροί κανονισμοί για τις φορτισείς σε διαδρομούς αεροδρομίων.

3.3 Επίδραση ασφαλοταπτητα

Πρέπει να τονισθεί ότι όταν το έδαφος είναι στρωμένο με ασφαλοταπτητα τότε η επίδραση των κινητών φορτίων επί του αγωγού μειώνεται σημαντικά. Σύμφωνα με τη θεωρία των πολλαπλών στρώσεων λόγω της ύπαρξης του ασφαλοταπτητα το βάθος επιχώσεως H αυξάνεται κατά ένα μέγεθος de που δίνεται από την εξίσωση:

$$de = d * [(Ed / Eb) ^{(1/3)} - 1]$$

Οπου d = Το πάχος του ασφαλοταπτητα (cm)

Ed = Το μέτρο Ελαστικότητας του ασφαλοταπτητα (kp / cm^2)

Eb = Το μέτρο Ελαστικότητας του εδαφους (kp / cm^2)

Επομένως στην περίπτωση αυτή σαν βάθος επιχώσεως για τον υπολογισμό των κινητών φορτίων παίρνουμε το άθροισμα :

$$H' = H + de$$

Συνιστάται παντως να μην λαμβανεται υποψη η ανακουφιστική λειτουργία του ασφαλοταπτητα

3.4 Υπολογισμός κινητων φορτιων

3.4.1. Κινητά φορτία για $H \leq 0.70 m$

Για μικρά βάθη η επιρροή των γειτονικών τροχών των κινητών φορτίων μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα. Στην περίπτωση αυτή ο υπολογισμός γίνεται με ολοκλήρωση κατά D.L.Holl της σχέσης Boussinesq.

$Ws = Cs * \frac{P * \varphi}{L}$	<p>P : Φορτίο Τροχού (t)</p> <p>φ : συντελεστής κρούσης</p> <p>L : επιπονούμενο μήκος σωλήνα.</p> <p>Cs : αδιάστατος συντελεστής</p>
-----------------------------------	--

Ετσι για φορτίο SLW 30 λαμβανεται $P = 5 t$ και για SLW 60 $P = 10 t$

Για το μήκος L έχει βρεθεί πειραματικά ότι συνήθως $L \leq 0.90 m$ και εν πασει περιπτώσει λαμβανεται από τον πίνακα :

H (m)	L(m)
0,40	0,60
0,50	0,65
0,60	0,70
0,70	0,75

και τέλος ο συντελεστής C_s είναι αδιάστατος συντελεστής εξαρτώμενος από τους λόγους $B_c/(2 \cdot H)$ και $L/(2 \cdot H)$. Οι τιμές του συντελεστή C_s δίνονται στον σχετικό πίνακα.

Ο συντελεστής κρούσης (συντελεστής δυναμικής φορτίσης)

- Κατά τους γερμανικούς κανονισμούς θεωρούμε :

ΤΥΠΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	φ
SLW 60	1,20
SLW 30	1,40
LKW 12	1,50
Για σιδηροδρομικά φορτία	$1,40-0,1(h-0,50)>1,0$

- Κατά τους αμερικάνικους κανονισμούς:

ΤΥΠΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ	φ
Βαρεία κυκλοφορία (Highway)	1,30
Σιδηροδρομοί	1,40

Για την αποφυγή του φαινομένου της κόπωσης οι Γερμανικοί κανονισμοί συνιστούν αύξηση του ύψους κατά $0,3/H$.

Με βάση τα παραπάνω καταρτίζεται ο πίνακας των κινητών φορτίων για μικρές επιχώσεις.

3.4.2. Υπολογισμός κινητών φορτίων για $H > 0.70 \text{ m}$

Για την περίπτωση αυτή λαμβάνεται υπόψη η επιρροή αι των γειτονικών τροχών. Ο υπολογισμός του κινητού φορτίου W_s γίνεται βάσει της σχέσης:

$$W_s = \varphi \cdot \rho \cdot B_c$$

ή κατ' άλλους

$$W_s = C_s \cdot \varphi \cdot \rho \cdot B_c$$

όπου

ρ : τάση στην άνω παρειά αγωγού λόγω κινητών φορτίων. (t/m^2)

φ : συντελεστής κρούσης όπως παραπάνω

Για τον υπολογισμό της τάσης ρ δίνεται ο πίνακας Zsche ο οποίος πρέπει να χρησιμοποιείται μονον για βάθη $> 0,70 \text{ m}$ διότι σε μικροτερα βαθη δίνει τασεις σημαντικα μεγαλυτερες από τις πραγματικες.

Με βάση τα παραπάνω καταρτίζονται οι πίνακες των κινητών φορτίων για μεγάλες επιχώσεις.

Συντελεστής C_s κινητών φορτίων στον άξονα του αγωγού

	L/2H													
Bc/2H	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2,0	5,0
0,1	0,019	0,037	0,053	0,067	0,079	0,089	0,097	0,103	0,108	0,112	0,117	0,121	0,124	0,128
0,2	0,037	0,072	0,103	0,131	0,155	0,174	0,189	0,202	0,211	0,219	0,229	0,238	0,244	0,248
0,3	0,053	0,103	0,149	0,190	0,224	0,252	0,274	0,292	0,306	0,318	0,333	0,345	0,355	0,360
0,4	0,067	0,131	0,190	0,241	0,284	0,320	0,349	0,373	0,391	0,405	0,425	0,440	0,454	0,460
0,5	0,079	0,155	0,224	0,284	0,336	0,379	0,414	0,441	0,463	0,481	0,505	0,525	0,540	0,548
0,6	0,089	0,174	0,252	0,320	0,379	0,428	0,467	0,499	0,524	0,544	0,572	0,596	0,613	0,624
0,7	0,097	0,189	0,274	0,349	0,414	0,467	0,511	0,546	0,584	0,597	0,628	0,650	0,674	0,688
0,8	0,103	0,202	0,292	0,373	0,441	0,499	0,546	0,584	0,615	0,639	0,674	0,703	0,725	0,740
0,9	0,108	0,211	0,306	0,391	0,463	0,524	0,574	0,615	0,647	0,673	0,711	0,742	0,766	0,784
1,0	0,112	0,219	0,318	0,405	0,481	0,544	0,597	0,639	0,673	0,701	0,740	0,774	0,800	0,816
1,2	0,117	0,229	0,333	0,425	0,505	0,572	0,628	0,674	0,711	0,740	0,783	0,820	0,849	0,868
1,5	0,121	0,238	0,345	0,440	0,525	0,596	0,650	0,703	0,742	0,774	0,820	0,861	0,894	0,916
2,0	0,124	0,244	0,355	0,454	0,540	0,613	0,674	0,725	0,766	0,800	0,849	0,896	0,930	0,956

Τάσεις P (σε t/m²) λόγω κινητών φορτίων

ΠΙΝΑΚΑΣ ΖΑΣΧΚΕ

H	SLW 60	SLW 30	LKW 12
0,00	83,33	62,50	66,67
0,10	67,80	49,99	51,64
0,20	43,80	30,05	28,55
0,30	29,04	18,32	16,33
0,40	20,17	11,92	10,22
0,50	14,67	8,27	6,90
0,60	11,07	6,07	4,95
0,70	8,69	4,66	3,71
0,80	7,05	3,72	2,89
0,90	5,90	3,08	2,31
1,00	5,07	2,62	1,90
1,10	4,45	2,29	1,59
1,20	3,99	2,04	1,36
1,30	3,63	1,85	1,18
1,40	3,35	1,70	1,03
1,50	3,12	1,58	0,92
1,60	2,93	1,48	0,82
1,70	2,76	1,39	0,74
1,80	2,62	1,32	0,68
1,90	2,51	1,26	0,63
2,00	2,45	1,22	0,58
2,10	2,39	1,19	0,54
2,20	2,33	1,16	0,52
2,30	2,26	1,13	0,49
2,40	2,19	1,10	0,47
2,50	2,12	1,06	0,45
2,60	2,06	1,03	0,43
2,70	1,99	0,99	0,41
2,80	1,92	0,96	0,39
2,90	1,86	0,93	0,37
3,00	1,79	0,90	0,36
3,10	1,73	0,87	0,34
3,20	1,67	0,84	0,33
3,30	1,61	0,81	0,32
3,40	1,56	0,78	0,30
3,50	1,50	0,75	0,29
3,60	1,45	0,73	0,28
3,70	1,40	0,70	0,27
3,80	1,35	0,68	0,26
3,90	1,31	0,65	0,25
4,00	1,26	0,63	0,24
4,10	1,22	0,61	0,23
4,20	1,18	0,59	0,22
4,30	1,14	0,57	0,22
4,40	1,10	0,55	0,21
4,50	1,07	0,53	0,20
4,60	1,03	0,52	0,20
4,70	1,00	0,50	0,19
4,80	0,97	0,48	0,19
4,90	0,94	0,47	1,18
5,00	0,91	0,45	1,17

H	SLW 60	SLW 30	LKW 12
5,00	0,91	0,45	0,17
5,10	0,88	0,44	0,17
5,20	0,85	0,43	0,16
5,30	0,83	0,41	0,16
5,40	0,80	0,40	0,15
5,50	0,78	0,39	0,15
5,60	0,76	0,38	0,15
5,70	0,73	0,37	0,14
5,80	0,71	0,36	0,14
5,90	0,69	0,35	0,13
6,00	0,67	0,34	0,13
6,10	0,66	0,33	0,13
6,20	0,64	0,32	0,12
6,30	0,62	0,31	0,12
6,40	0,60	0,30	0,12
6,50	0,59	0,29	0,11
6,60	0,57	0,29	0,11
6,70	0,56	0,28	0,11
6,80	0,54	0,27	0,11
6,90	0,53	0,27	0,10
7,00	0,52	0,26	0,10
7,10	0,50	0,25	0,10
7,20	0,49	0,25	0,10
7,30	0,48	0,24	0,09
7,40	0,47	0,23	0,09
7,50	0,46	0,23	0,09
7,60	0,45	0,22	0,09
7,70	0,44	0,22	0,09
7,80	0,43	0,21	0,08
7,90	0,42	0,21	0,08
8,00	0,41	0,20	0,08
8,10	0,40	0,20	0,08
8,20	0,39	0,19	0,08
8,30	0,38	0,19	0,07
8,40	0,37	0,19	0,07
8,50	0,36	0,18	0,07
8,60	0,36	0,18	0,07
8,70	0,35	0,17	0,07
8,80	0,34	0,17	0,07
8,90	0,33	0,17	0,07
9,00	0,33	0,16	0,06
9,10	0,32	0,16	0,06
9,20	0,31	0,16	0,06
9,30	0,31	0,15	0,06
9,40	0,30	0,15	0,06
9,50	0,30	0,15	0,06
9,60	0,29	0,15	0,06
9,70	0,29	0,14	0,06
9,80	0,28	0,14	0,06
9,90	0,27	0,14	0,05
10,00	0,27	0,13	0,05

4. ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ ΣΩΛΗΝΩΝ - ΝΕΡΟΥ

Όταν οι σωληνες είναι μεγάλοι και ακαμπτοι το ίδιο βαρος και το βαρος του νερου (γεματος σωληνας) πρεπει να λαμβανονται υποψη. Στους πλαστικους λόγω του μικρού βάρους αυτων των αγωγών συνηθως αμελείται ο όρος αυτος.

ΣΤ. ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΣΩΛΗΝΩΝ

Επισημαίνεται ότι με παρόμοιο τρόπο γίνεται και ο υπολογισμός των αμιαντοτσιμεντοσωλήνων.

1. Τύποι και σειρές τσιμεντοσωλήνων

Ο στατικός υπολογισμός γίνεται στους παρακάτω τύπους και σειρές προκατασκευασμένων τσιμεντοσωλήνων.

- Τσιμεντοσωλήνες με καμπάνα άοπλοι ή οπλισμένοι

Σειράς 75 εσωτερ. διαμέτρων 400 έως 1600 mm

Σειράς 100 εσωτ. διαμέτρων ως άνω (σειράς 75)

Σειράς 150 εσωτ. διαμέτρων ως άνω (σειράς 75)

- Τσιμεντοσωλήνες με τόρμη και εντορμία

Αοπλοι τύπου AI (συνήθους αντοχής) εσωτερ. διαμέτρων 300 έως 1200 mm.

Αοπλοι τύπου AII (εξαιρετικής αντοχής) εσωτερ. διαμέτρων 300 έως 700 mm.

Οπλισμένοι Πίνακα I εσωτερ. διαμέτρων 400 έως 1200 mm.

Οπλισμένοι Πίνακα II εσωτερ. διαμέτρων ως άνω (Πίνακα I).

Οπλισμένοι Πίνακα III εσωτερ. διαμέτρων ως άνω (Πίνακα I).

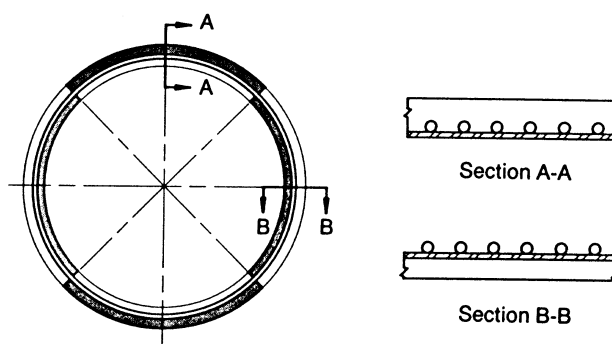
2. Προδιαγραφές τσιμεντοσωλήνων.

Οι παραπάνω τσιμεντοσωλήνες πρέπει να είναι σύμφωνοι με τις εξής προδιαγραφές:

- Την Πρότυπη Τεχνική Προδιαγραφή T110 «Αποχέτευση και αποστράγγιση έργων οδοποιίας (μεθ'οδηγιών)» που έχει εγκριθεί με την απόφαση του Υπουργού Δημοσίων Εργων αριθ. Γ. 62091/1966 - Εγκύκλιος Γ. 79/1966-ΦΕΚ 203/1967, τ.Β'.
- Την Προδιαγραφή σωλήνων από οπλισμένο σκυρόδεμα ή χωρίς προστατευτική επένδυση για μεταφορά οικιακών λυμάτων, βιομηχανικών αποβλήτων και ομβρίων που έχει εγκριθεί με την απόφαση του Υπουργού Δημοσίων Εργων αριθμ. ΕΔ2α/02/44/Φ.1.1/1984-ΦΕΚ 253/1984, τ. Β'.

Οι τσιμεντοσωλήνες πρέπει να έχουν σύμφωνα με τις Τ.Π. διπλο οπλισμο (εσωτερικός και εξωτερικός κλωβος)

Στο σκαριφμα φαινονται οι περιοχες που εργαζονται οι δυο κλωβοι



ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΣΩΛΗΝΩΝ

d (mm)	t (mm)	Bc (m)	Bd (m)	Wi (t/m)	P3A Τσιμεντοσωλήνες με καμπάνα σειρών 75,100, 150 ή τσιμεντοσωλήνες με τόρμη και εντορμία πινάκων I,II, III			Τσιμεντοσωλήνες με τόρμη και εντορμία άσπλοι	
					Σειράς 75 ή Πίνακα I	Σειράς 100 ή Πίν. II	Σειράς 150 ή Πίν. III	Τύπου AI	Τύπου AII
300	53	0,41	0,90	0,13	-	-	-	2,30	3,40
400	59	0,52	1,00	0,21	3,00	4,00	6,00	2,80	4,40
500	68	0,64	1,10	0,32	3,75	5,00	7,50	3,20	5,60
600	90	0,78	1,20	0,48	4,50	6,00	9,00	3,60	6,00
700	95	0,89	1,30	0,60	5,25	7,00	10,50	4,10	6,30
800	101	1,00	1,40	0,75	6,00	8,00	12,00	4,30	-
900	110	1,12	1,50	0,95	6,75	9,00	13,50	4,60	-
1000	128	1,26	1,70	1,13	7,50	10,00	15,00	4,90	-
1100	125	1,35	1,80	1,26	8,25	11,00	16,50	-	-
1200	145	1,49	1,90	1,52	9,00	12,00	18,00	5,50	-
1300	145	1,59	2,10	1,76	9,75	13,00	19,50	-	-
1400	155	1,71	2,20	2,03	10,50	14,00	21,00	-	-
1600	175	1,95	2,45	2,50	12,00	16,00	24,00	-	-
d	εσωτερική (ή ονομαστική) διάμετρος των σωλήνων								
t	πάχος τοιχώματος των σωλήνων								
Bc	εξωτερική διάμετρος των σωλήνων (Bc=d+2t)								
Bd	πλάτος τάφρου (λαμβάνονται τα πλάτη τάφρων που χρησιμοποιούνται συνήθως στην πράξη)								
Wi	ίδιο βάρος σωλήνων								
P3A	φορτίο θραύσης που προκύπτει κατά την δοκιμή αντιδιαμετρικής θλίψης με τη μέθοδο των τριών ακμών								

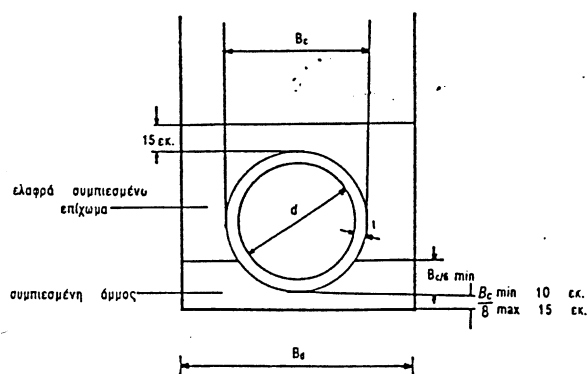
3. Αντικείμενο μελέτης

Ο έλεγχος της αντοχής των τσιμεντοσωλήνων που αναφέρονται παραπάνω γίνεται για βάθη επίχωσης από 0,40 μ. έως 7,00 μ. για δύο περιπτώσεις κινητών φορτίων που αφορούν βαρύ φορτηγό όχημα τύπου SLW 30 ή SLW 60 κατά DIN 1072 (οδογέφυρες διαφόρων κατηγοριών) και για τέσσερις περιπτώσεις έδρασης των τσιμεντοσωλήνων.

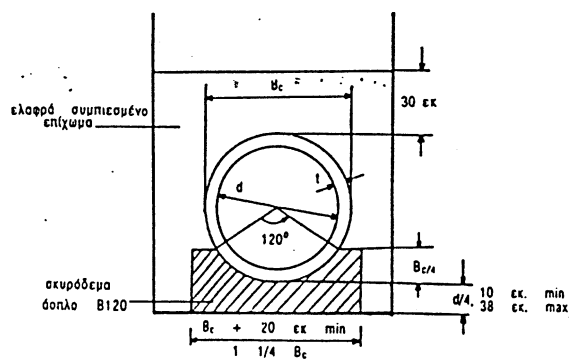
4. Τοποθέτηση τσιμεντοσωλήνων - Γεωμετρικά στοιχεία

Οι τσιμεντοσωλήνες τοποθετούνται μέσα σε τάφρους - εδραζόμενοι με διάφορους τρόπους - και επιχώνονται με άμμο ή κατάλληλο διαβαθμισμένο υλικό. Στην μελέτη αυτή - για τον υπολογισμό των σωλήνων - εξετάζονται οι παρακάτω τέσσερις περιπτώσεις τρόπου έδρασης αυτών:

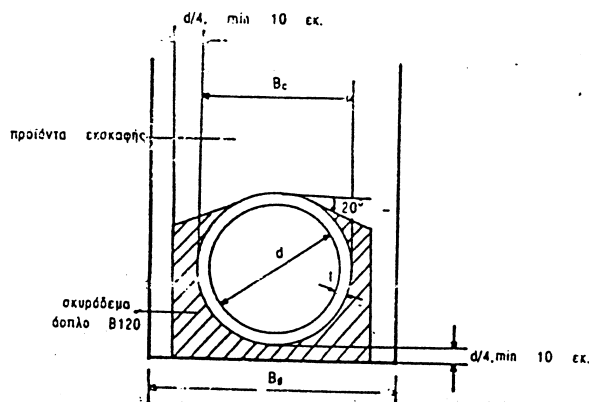
- Έδραση I : σε κλίνη άμμου ή υλικού της ΠΤΠ 0150 πάχους 0,20 μ. κατάλληλα συμπυκνωμένου.
- Έδραση II : σε άοπλο σκυρόδεμα B120 με επίκεντρη γωνία διανομής 120°.
- Έδραση III : εγκιβωτισμός σε άοπλο σκυρόδεμα B120 μέχρι την άνω γενέτειρα του σωλήνα.
- Έδραση IV : Πλήρης εγκιβωτισμός του σωλήνα



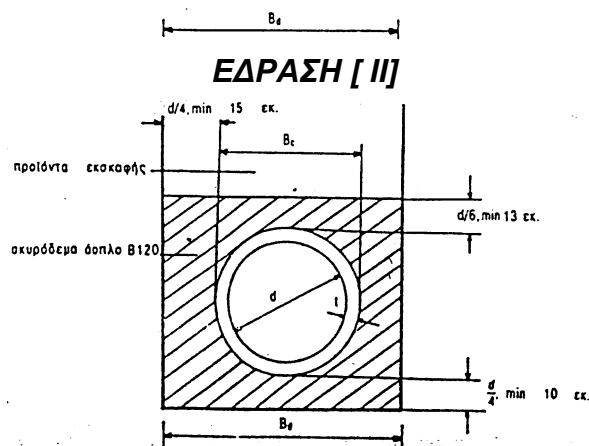
ΕΔΡΑΣΗ [I]



ΕΔΡΑΣΗ [II]



ΕΔΡΑΣΗ [III]



ΕΔΡΑΣΗ [IV]

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

(α) Η διαμόρφωση του ορύγματος στις εδράσεις II και III (όπου το πλάτος του σκυροδέματος εγκιβωτισμού είναι μικρότερο του B_c) είναι θεωρητική και εφαρμόζεται όταν είναι εφικτό το καλούπωμα. Σε αντίθετη περίπτωση, είτε δημιουργούμε βαθμιδωτό όρυγμα, είτε επεκτείνουμε τον εγκιβωτισμό μέχρι τις παρειές του ορύγματος

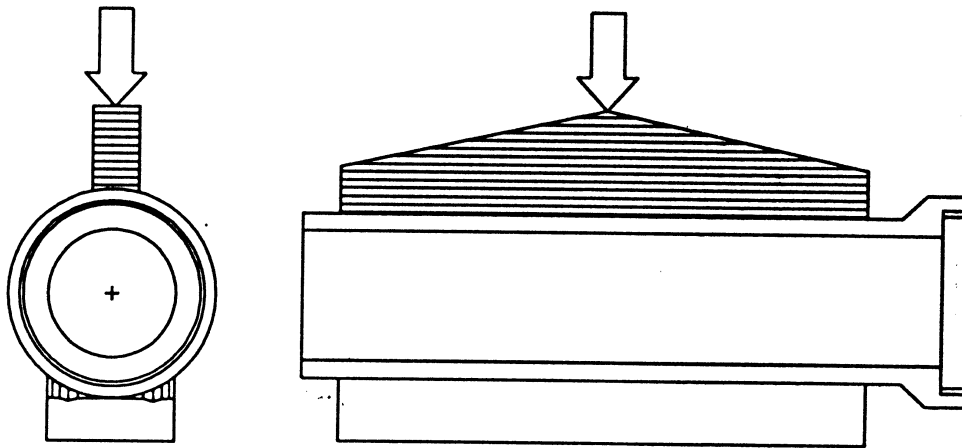
(β) Οι ανωτέρω τυποί έδρασης είναι οι θεωρητικοί. Τα ακριβή συμβατικά στοιχεία για κάθε τρόπο έδρασης καθορίζονται στα σχέδια της μελέτης.

Τα γεωμετρικά στοιχεία της κατασκευής είναι:

- d η εσωτερική (ονομαστική) διάμετρος του σωλήνα
- t το πάχος του τοιχώματος του σωλήνα
- Bc η εξωτερική διάμετρος του σωλήνα ($Bc = d + 2t$)
- Bd το πλάτος της τάφρου
- H το βάθος (ή ύψος) της επίχωσης

5. Μέθοδος υπολογισμού

Η μέθοδος που ακολουθείται στη μελέτη αυτή περιγράφεται στο βιβλίο «DESIGN AND CONSTRUCTION OF SANITARY AND STORM SEWERS» της ASCE (1969). Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην σύγκριση των πραγματικών φορτίων που δρουν στον εγκατεστημένο σωλήνα με το φορτίο θραύσης ενός δοκιμίου - σωλήνα που προκύπτει κατά τη δοκιμή αντιδιαμετρικής θλίψης με τη μέθοδο των τριών ακμών. Κατά τη δοκιμή αυτή ο σωλήνας τοποθετείται οριζόντια σε δύο έδρανα και πιέζεται στην κορυφή του με φορτίο μέχρι τη θραύση αυτού. Η δοκιμή αυτή γίνεται σύμφωνα με τις Αμερικάνικες Προδιαγραφές ASTM C-14 και ASTM C-76 για τους άοπλους και οπλισμένους αντίστοιχα σωλήνες αποχέτευσης από σκυρόδεμα και την προδιαγραφή ΦΕΚ 253/Β/1984.



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΤΡΙΩΝ ΑΚΜΩΝ

Το φορτίο θραύσης που θα προκύψει κατά τη παραπάνω δοκιμή είναι πολύ δυσμενέστερη φόρτιση από αυτή που παρουσιάζεται στην πράξη. Είναι ευνόητο ότι ο τρόπος έδρασης (σε κλίνη άμμου ή σκυρόδεμα) επιτυγχάνει ευνοϊκότερη διανομή του φορτίου και επομένως ο σωλήνας θα έχει στην πράξη καλύτερη συμπεριφορά, ιδίως αν ληφθεί υπόψη και η ανακουφιστική επίδραση των πλευρικών ωθήσεων. Σύμφωνα με τη μέθοδο που περιγράφεται λεπτομερώς στο παραπάνω σύγγραμμα, εισάγονται κατάλληλοι συντελεστές και επιτυγχάνεται έτσι ο έλεγχος της πραγματικής αντοχής του εγκατεστημένου σωλήνα σε σύγκριση με την αντοχή δοκιμής του σωλήνα.

6. Έλεγχος αντοχής σωλήνων - Φορτία

Ο έλεγχος αντοχής των τσιμεντοσωλήνων γίνεται με βάση τη σχέση:

$$P_{\text{λειτ.}} < P_{\text{επ}}$$

$P_{\text{λειτ.}}$: το φορτίο λειτουργίας στον εγκατεστημένο σωλήνα δηλαδή το σύνολο των φορτίων που επιδρούν στον σωλήνα κατά τις πραγματικές συνθήκες έδρασης και φόρτισης

$P_{\text{επ}}$ το επιτρεπόμενο φορτίο του σωλήνα

Το επιτρεπόμενο φορτίο είναι:

$$P_{\text{επ}} = \frac{P \cdot L}{3A \cdot f \cdot v}$$

P : το φορτίο θραυσης (t/m) της δοκιμης αντιδιαμετρικης θλιψης με την μεθοδο των τριων ακμων
 L : συντελεστής αναγωγής των φορτισεων στις πραγματικες συνθηκες
 v : συντελεστής ασφαλειας (v = 1.50)

Για συνθήκη πλατιου ορυγματος (επιχωματος) ο συντελεστής L_f δίνεται απο τον τύπο :

$$L = \frac{A}{f \cdot N - x \cdot q}$$

A : συντελεστής σχήματος αγωγού (για κυκλικό $A=1,431$)

N : συντελεστής υλικού έδρασης.

m : λόγος τμήματος υποκειμένου σε πλευρικές πιέσεις προς εξωτερική διάμετρο.

x : συντελεστής τρόπου έδρασης.

$$q = \frac{m \cdot k}{C_c} \cdot \left(\frac{H}{B_c} \cdot \frac{m}{2} \right)$$

K : λόγος Rankine. Λόγω της ανακουφιστικής δράσης της πλευρικής ώθησης λαμβάνουμε την ενεργητική ώθηση οπότε $K=0,33$.

H : ύψος επίχωσης.

C_c : συντελεστής Marston

Ο συντελεστής υλικού έδρασης N είναι για άμμο και αλλα γαιώδη υλικά (δηλαδή έδραση I) $N=0,84$ για άοπλο σκυρόδεμα (υπολοιπες εδρασεις) είναι $N=0,50-0,64$. Σαν μέση τιμή για τους υπολογισμούς μας τίθεται $N=0,57$.

Για κυκλικους αγωγους ο συντελεστης χ δινεται από τον παρακατω πινακα:

Συντελεστης m	Αλλες εδρασεις πλην (I)	Έδραση (I)
0	0,150	0,000
0,30	0,743	0,217
0,50	0,856	0,423
0,70	0,811	0,594
0,90	0,678	0,655
1,00	0,638	0,638

Για την περιπτωση "negative projecting" λαμβανουμε τον συντελεστη L_f οπως στην τοποθετηση σε ορυγμα, εκτος εαν εχουμε εξαιρετικα καλες συνθηκες επιχωσης και συμπακνωσης οποτε ακολουθειται ο παραπανω υπολογισμος για "positive projecting" τοποθετηση αλλα με $\kappa = 0,150$.

Για την περιπτωση "induced trench" λαμβανουμε τον συντελεστη L_f οπως στην "positive projecting" τοποθετηση.

Απο τα παραπάνω προκύπτει ότι ο συντελεστής L_f είναι παντα μεγαλυτερος της μοναδας και για συνθήκη επιχωματος είναι φθίνουσα συνάρτηση του ύψους επίχωσης H . Για περισσότερη ασφάλεια δεχόμαστε το L_f που αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ύψος.

Ο Πίνακας περιλαμβάνει για την συνθήκη ορύγματος τις τιμές που προκύπτουν σύμφωνα με τα παραπάνω και για " πλατυ ορύγμα " τις τιμές οι οποίες δίνονται απο την βιβλιογραφία ανεξαρτήτως διατομής.

ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ L_f

ΓΙΑ ΕΠΙΧΩΜΑ (ολες οι εδρασεις πλην Ι)		ΓΙΑ ΟΡΥΓΜΑ	
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	L_f	ΤΥΠΟΣ ΕΔΡΑΣΗΣ	L_f
300-400	3,40	(I)	1,50
500	3,20	(II)	2,20
600-700	3,60	(III)	3,50
800-1200	3,80	(IV)	4,50

Για επιχώμα και εδραση (I) λαμβανεται ανεξαρτητως διαμετρου $L_f = 2,00$

Με βάση τα παραπάνω υπολογίζονται στους σχετικούς πίνακες για κάθε κατηγορία τσιμεντίνων και για κάθε διάμετρο και περίπτωση έδρασης ο συντελεστής L_f και το επιτρεπόμενο φορτίο $R_{επ}$. Οι Πίνακες υπολογίζονται με συντελεστή ασφαλείας $\gamma = 1.50$.

7. Πίνακες

Με βάση τα ανωτέρω γίνεται ο υπολογισμός των παραπάνω φορτίων και ο έλεγχος αντοχής των τσιμεντοσωλήνων προκειμένου να προσδιορισθεί το πεδίο εφαρμογής αυτών.

Κατά τον υπολογισμό των φορτίων λειτουργίας οι σωλήνες εξετάζονται για κάθε διάμετρο ενιαία χωρίς διάκριση κατά τύπους και σειρές σωλήνων καθόσον τα φορτία αυτά εξαρτώνται κυρίως από τη διάμετρο των σωλήνων.

Στις περιπτώσεις σωλήνων της ίδιας διαμέτρου αλλά διαφορετικών παχών τοιχώματος, υπολογίζεται ο δυσμενέστερος σωλήνας που είναι εκείνος με το παχύτερο τοίχωμα καθόσον δέχεται μεγαλύτερα φορτία λόγω της μεγαλύτερης εξωτερικής διαμέτρου. Το ίδιο γίνεται και στις περιπτώσεις σωλήνων της ίδιας διαμέτρου αλλά διαφορετικών ίδιων βαρών.

Κατά τον υπολογισμό των επιτρεπόμενων φορτίων και τον έλεγχο της αντοχής των τσιμεντοσωλήνων γίνεται διάκριση κατά τύπους και σειρές σωλήνων σύμφωνα με το φορτίο θραύσης αυτών.

ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΠΑΤΡΑΣ

[Δ.Ε.Υ.Α. ΠΑΤΡΑΣ -(Ν.Π.Ι.Δ.)]

ΑΚΤΗ ΔΥΜΑΙΩΝ 48 - ΠΑΤΡΑ, Τ.Κ. 26333, ΤΗΛ 2610 - 366100, FAX 325790, email: sewage@devap.gr

**ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΤΣΙΜΕΝΤΟΣΩΛΗΝΩΝ**

MONIMA ΦΟΡΤΙΑ ΓΑΙΩΝ

Συνθήκη "Ε": $W_E = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$ (t/m) - Συνθήκη "Τ": $W_T = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2$ (t/m) $\gamma = 2 \text{ t/m}^3$																		
d (mm)	Bc (m)	Bd (m)	Hop (m)	H=0,40 m			H=0,50 m			H=0,60 m			H=0,70 m			H=0,80 m		
				Συνθήκη "Ε"			Συνθήκη "Ε"			Συνθήκη "Ε"			Συνθήκη "Ε"			Συνθήκη "Ε"		
				H/B _c	C _c	W _E (t/m)	H/B _c	C _c	W _E (t/m)	H/B _c	C _c	W _E (t/m)	H/B _c	C _c	W _E (t/m)	H/B _c	C _c	W _E (t/m)
300	0,406	0,90	1,90	0,99	1,45	0,48	1,23	1,85	0,61	1,48	2,15	0,71	1,72	2,50	0,82	1,97	2,85	0,94
400	0,518	1,00	1,60	0,77	1,10	0,59	0,97	1,40	0,75	1,16	1,75	0,94	1,35	2,05	1,10	1,54	2,25	1,21
500	0,636	1,10	1,50	0,63	0,90	0,73	0,79	1,15	0,93	0,94	1,35	1,09	1,10	1,65	1,33	1,26	1,90	1,54
600	0,780	1,20	1,00	0,51	0,75	0,91	0,64	0,95	1,16	0,77	1,10	1,34	0,90	1,30	1,58	1,03	1,55	1,89
700	0,890	1,30	1,00	0,45	0,65	1,03	0,56	0,80	1,27	0,67	0,95	1,50	0,79	1,15	1,82	0,90	1,30	2,06
800	1,002	1,40	1,00	0,40	0,60	1,20	0,50	0,75	1,51	0,60	0,85	1,71	0,70	1,00	2,01	0,80	1,15	2,31
900	1,120	1,50	1,10	0,36	0,50	1,25	0,45	0,65	1,63	0,54	0,80	2,01	0,63	0,90	2,26	0,72	1,05	2,63
1000	1,256	1,70	1,20	0,32	0,45	1,42	0,40	0,60	1,89	0,48	0,70	2,21	0,56	0,80	2,52	0,64	0,95	3,00
1100	1,350	1,80	1,30	0,30	0,45	1,64	0,37	0,55	2,00	0,44	0,65	2,37	0,52	0,75	2,73	0,59	0,85	3,10
1200	1,490	1,90	1,40	0,27	0,40	1,78	0,34	0,50	2,22	0,40	0,60	2,66	0,47	0,70	3,11	0,54	0,80	3,55
1300	1,590	2,10	1,50	0,25	0,35	1,77	0,31	0,45	2,28	0,38	0,55	2,78	0,44	0,65	3,29	0,50	0,75	3,79
1400	1,710	2,20	1,60	0,23	0,35	2,05	0,29	0,40	2,34	0,35	0,50	2,92	0,41	0,60	3,51	0,47	0,70	4,09
1600	1,950	2,45	1,80	0,21	0,30	2,28	0,26	0,40	3,04	0,31	0,45	3,42	0,36	0,50	3,80	0,41	0,60	4,56

ΜΟΝΙΜΑ ΦΟΡΤΙΑ ΓΑΙΩΝ

Συνθήκη "Ε": $W_E = C_C \cdot \gamma \cdot B_C^2$ (t/m)				Συνθήκη "Τ": $W_T = C_D \cdot \gamma \cdot B_D^2$ (t/m)				$\gamma = 2 \text{ t/m}^3$										
d (mm)	B_C (m)	B_D (m)	Hop (m)	H = 0,90 m			H = 1,00 m			H = 1,10 m			H = 1,20 m			H = 1,30 m		
				Συνθήκη "Ε"			Συνθήκη "Ε"			Συνθήκη "Ε"			Συνθήκη "Ε"			Συνθήκη "Ε"		
				H/B_C	C_C	W_E (t/m)	H/B_C	C_C	W_E (t/m)	H/B_C	C_C	W_E (t/m)	H/B_C	C_C	W_E (t/m)	H/B_C	C_C	W_E (t/m)
300	0,406	0,90	1,90	2,22	3,20	1,05	2,46	3,55	1,17	2,71	3,95	1,30	2,96	4,30	1,42	3,20	4,65	1,53
400	0,518	1,00	1,60	1,74	2,50	1,34	1,93	2,80	1,50	2,12	3,05	1,64	2,32	3,35	1,80	2,51	3,65	1,96
500	0,636	1,10	1,50	1,41	2,15	1,74	1,57	2,30	1,86	1,73	2,50	2,02	1,89	2,75	2,22	2,04	2,95	2,39
600	0,780	1,20	1,00	1,15	1,75	2,13	1,28	1,95	2,37	*0,92	*0,82	*2,36	*1,00	*0,88	*2,53	*1,08	*0,94	*2,71
700	0,890	1,30	1,00	1,01	1,55	2,46	1,12	1,70	2,69	*0,85	*0,76	*2,57	*0,92	*0,82	*2,77	*1,00	*0,88	*2,97
800	1,002	1,40	1,00	0,90	1,30	2,61	1,00	1,45	2,91	*0,79	*0,71	*2,78	*0,86	*0,77	*3,02	*0,93	*0,83	*3,25
900	1,120	1,50	1,10	0,80	1,15	2,89	0,89	1,30	3,26	0,98	1,40	3,51	*0,80	*0,72	*3,24	*0,87	*0,78	*3,51
1000	1,256	1,70	1,20	0,72	1,05	3,31	0,80	1,15	3,63	0,88	1,30	4,10	0,96	1,40	4,42	*0,76	*0,69	*3,99
1100	1,350	1,80	1,30	0,67	0,95	3,46	0,74	1,05	3,83	0,82	1,20	4,37	0,89	1,30	4,74	0,96	1,40	5,10
1200	1,490	1,90	1,40	0,60	0,85	3,77	0,67	0,95	4,22	0,74	1,05	4,66	0,81	1,15	5,11	0,87	1,25	5,55
1300	1,590	2,10	1,50	0,57	0,85	4,30	0,63	0,90	4,55	0,69	1,00	5,06	0,75	1,10	5,56	0,82	1,20	6,07
1400	1,710	2,20	1,60	0,53	0,80	4,68	0,59	0,85	4,97	0,64	0,95	5,56	0,70	1,00	5,85	0,76	1,10	6,43
1600	1,950	2,45	1,80	0,46	0,70	5,32	0,51	0,75	5,70	0,56	0,80	6,08	0,62	0,90	6,84	0,67	0,95	7,22

MONIMA ΦΟΡΤΙΑ ΓΑΙΩΝ

Συνθήκη "Ε" : $W_E = C_E \cdot \gamma \cdot B_C^2$ (t/m) Συνθήκη "Τ" : $W_T = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2$ (t/m) $\gamma = 2 \text{ t/m}^3$																		
d (mm)	B_C (m)	B_d (m)	Hop (m)	H = 1,40 m			H = 1,50 m			H = 1,60 m			H = 1,70 m			H = 1,80 m		
				Συνθήκη "Ε" *Συνθήκη "Τ"			Συνθήκη "Ε" *Συνθήκη "Τ"			Συνθήκη "Ε" *Συνθήκη "Τ"			Συνθήκη "Ε" *Συνθήκη "Τ"			Συνθήκη "Ε" *Συνθήκη "Τ"		
				H/B _C *	C _C *	W _E *	H/B _C *	C _C *	W _E *	H/B _C *	C _C *	W _E *	H/B _C *	C _C *	W _E *	H/B _C *	C _C *	W _E *
300	0,406	0,90	1,90	3,45	5,00	1,65	3,69	5,35	1,76	3,94	5,70	1,88	4,19	6,10	2,01	4,43	6,40	2,11
400	0,518	1,00	1,60	2,70	3,90	2,09	2,90	4,20	2,25	3,09	4,50	2,42	3,70	5,38	2,76	3,80	5,44	2,88
500	0,636	1,10	1,50	2,20	3,20	2,59	2,36	3,40	2,75	2,45	3,12	2,93	3,55	4,27	3,07	3,64	5,34	3,24
600	0,780	1,20	1,00	1,17	1,01	2,91	1,25	1,07	3,08	1,33	1,12	3,23	1,42	1,19	3,43	1,50	1,24	3,57
700	0,890	1,30	1,00	1,08	0,94	3,18	1,15	0,99	3,35	1,23	1,05	3,55	1,31	1,11	3,75	1,38	1,16	3,92
800	1,002	1,40	1,00	1,00	0,88	3,45	1,07	0,93	3,65	1,14	0,99	3,88	1,21	1,04	4,08	1,29	1,10	4,31
900	1,120	1,50	1,10	0,93	0,83	3,74	1,00	0,88	3,96	1,07	0,93	4,19	1,13	0,98	4,41	1,20	1,03	4,64
1000	1,256	1,70	1,20	0,82	0,74	4,28	0,88	0,78	4,51	0,94	0,83	4,80	1,00	0,88	5,09	1,06	0,93	5,38
1100	1,350	1,80	1,30	0,78	0,70	4,54	0,83	0,74	4,80	0,89	0,79	5,12	0,95	0,84	5,44	1,00	0,88	5,70
1200	1,490	1,90	1,40	0,94	1,35	5,99	0,79	0,71	5,13	0,84	0,75	5,42	0,89	0,79	5,70	0,95	0,84	6,06
1300	1,590	2,10	1,50	0,88	1,30	6,57	0,94	1,35	6,83	0,76	0,69	6,09	0,81	0,73	6,44	0,86	0,77	6,79
1400	1,710	2,20	1,60	0,82	1,20	7,02	0,88	1,30	7,60	0,94	1,35	7,90	0,77	0,70	8,78	0,82	0,73	9,07
1600	1,950	2,45	1,80	0,72	1,05	7,99	0,77	1,10	8,37	0,82	1,20	9,13	0,87	1,25	9,51	0,92	1,35	10,27

ΜΟΝΙΜΑ ΦΟΡΤΙΑ ΓΑΙΩΝ

Συνθήκη "Ε" : $W_E = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$ (t/m)				Συνθήκη "Τ" : $W_T = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2$ (t/m)				$\gamma = 2 \text{ t/m}^3$										
d (mm)	B_c (m)	B_d (m)	H _{op} (m)	H = 1,90 m			H = 2,00 m			H = 2,50 m			H = 3,00 m			H = 3,50 m		
				Συνθήκη "Ε" *Συνθήκη "Τ"			Συνθήκη "Τ"			Συνθήκη "Τ"			Συνθήκη "Τ"			Συνθήκη "Τ"		
				H/B _c	C _c	W _E *W _T	H/B _d	C _d	W _T (t/m)	H/B _d	C _d	W _T (t/m)	H/B _d	C _d	W _T (t/m)	H/B _d	C _d	W _T (t/m)
300	0,406	0,90	1,90	4,68	6,80	2,24	2,22	1,69	2,73	2,78	1,98	3,21	3,33	2,23	3,61	3,89	2,44	3,95
400	0,518	1,00	1,60	*1,90	*1,50	*3,00	2,00	1,56	3,12	2,50	1,84	3,68	3,00	2,08	4,16	3,50	2,30	4,60
500	0,636	1,10	1,50	*1,73	*1,40	*3,39	1,82	1,45	3,51	2,27	1,72	4,16	2,73	1,96	4,74	3,18	2,16	5,23
600	0,780	1,20	1,00	*1,58	*1,29	*3,72	1,67	1,36	3,92	2,08	1,61	4,64	2,50	1,84	5,30	2,92	2,04	5,88
700	0,890	1,30	1,00	*1,46	*1,21	*4,09	1,54	1,27	4,29	1,92	1,51	5,10	2,31	1,74	5,88	2,69	1,94	6,56
800	1,002	1,40	1,00	*1,36	*1,14	*4,47	1,43	1,19	4,66	1,79	1,43	5,61	2,14	1,64	6,43	2,50	1,84	7,21
900	1,120	1,50	1,10	*1,27	*1,08	*4,86	1,33	1,12	5,04	1,67	1,36	6,12	2,00	1,56	7,02	2,33	1,75	7,88
1000	1,256	1,70	1,20	*1,12	*0,97	*5,61	1,18	1,02	5,90	1,47	1,22	7,05	1,76	1,42	8,21	2,06	1,60	9,25
1100	1,350	1,80	1,30	*1,06	*0,93	*6,03	1,11	0,96	6,22	1,39	1,17	7,58	1,67	1,36	8,81	1,95	1,53	9,91
1200	1,490	1,90	1,40	*1,00	*0,88	*6,35	1,05	0,92	6,64	1,32	1,12	8,09	1,58	1,29	9,31	1,84	1,46	10,54
1300	1,590	2,10	1,50	*0,90	*0,80	*7,06	0,95	0,84	7,41	1,19	1,02	9,00	1,43	1,19	10,50	1,67	1,36	12,00
1400	1,710	2,20	1,60	*0,86	*0,77	*7,45	0,91	0,81	7,84	1,14	0,99	9,58	1,37	1,15	11,13	1,59	1,30	12,58
1600	1,950	2,45	1,80	*0,78	*0,70	*8,40	0,82	0,74	8,88	1,02	0,90	10,80	1,22	1,05	12,61	1,43	1,19	14,29

ΜΟΝΙΜΑ ΦΟΡΤΙΑ ΓΑΙΩΝ

Συνθήκη "Ε": $W_E = C_E \cdot \gamma \cdot B_C^2$ (t/m)				Συνθήκη "Τ": $W_T = C_D \cdot \gamma \cdot H_D^2$ (t/m)				$V = Z$ t/m ³										
d (mm)	B _C (m)	B _D (m)	H ₀₀ (m)	H = 4,00 m			H = 4,50 m			H = 5,00 m			H = 6,00 m			H = 7,00 m		
				Συνθήκη "Τ"			Συνθήκη "Τ"			Συνθήκη "Τ"			Συνθήκη "Τ"			Συνθήκη "Τ"		
				H/B _D	C _D	W _T (t/m)	H/B _D	C _D	W _T (t/m)	H/B _D	C _D	W _T (t/m)	H/B _D	C _D	W _T (t/m)	H/B _D	C _D	W _T (t/m)
300	0,406	0,90	1,90	4,44	2,63	4,26	5,00	2,80	4,54	5,56	2,94	4,76	6,67	3,16	5,12	7,78	3,34	5,41
400	0,518	1,00	1,60	4,00	2,48	4,96	4,50	2,65	5,30	5,00	2,80	5,60	6,00	3,04	6,08	7,00	3,22	6,44
500	0,636	1,10	1,50	3,64	2,36	5,71	4,09	2,51	6,05	4,55	2,67	6,46	5,45	2,92	7,07	6,36	3,10	7,50
600	0,780	1,20	1,00	3,33	2,23	6,42	3,75	2,40	6,91	4,17	2,54	7,32	5,00	2,80	8,06	5,83	3,00	8,64
700	0,890	1,30	1,00	3,08	2,12	7,17	3,46	2,28	7,71	3,85	2,43	8,21	4,61	2,69	9,09	5,38	2,90	9,80
800	1,002	1,40	1,00	2,86	2,02	7,92	3,21	2,17	8,51	3,57	2,33	9,13	4,28	2,58	10,11	5,00	2,80	10,98
900	1,120	1,50	1,10	2,67	1,93	8,69	3,00	2,08	9,36	3,34	2,23	10,04	4,00	2,48	11,16	4,67	2,70	12,15
1000	1,256	1,70	1,20	2,35	1,76	10,17	2,65	1,92	11,10	2,94	2,05	11,85	3,53	2,31	13,35	4,12	2,52	14,57
1100	1,350	1,80	1,30	2,22	1,69	10,95	2,50	1,84	11,92	2,78	1,94	12,57	3,34	2,23	14,45	3,89	2,44	15,83
1200	1,496	1,90	1,40	2,10	1,62	11,70	2,37	1,77	12,78	2,63	1,91	13,79	3,16	2,15	15,52	3,68	2,37	17,11
1300	1,590	2,10	1,50	1,90	1,50	13,23	2,14	1,64	14,46	2,36	1,84	16,23	2,86	2,02	17,82	3,33	2,23	19,67
1400	1,710	2,20	1,60	1,82	1,45	14,04	2,05	1,59	15,39	2,28	1,73	16,75	2,73	1,96	18,97	3,19	2,16	20,91
1600	1,950	2,45	1,80	1,63	1,33	15,97	1,84	1,46	17,53	2,04	1,58	18,97	2,45	1,81	21,73	2,86	2,02	24,25

ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ

Μικρές επιχρώσεις (H = 0,40 - 0,70 m W_{SC} = C_S·P·l/L (t/m)

d (mm)	P _C (kn)	H = 0,40 m φ=1,60, L=0,60, L/2H= 0,75				H = 0,50 m φ=1,60, L= 0,65, L/2H = 0,65				H = 0,60 m φ=1,50, L= 0,70, L/2H = 0,58				H = 0,70 m φ=1,43, L= 0,75, L/2H = 0,54			
		B _C /2H	C _S	W _{SC} (t/m)		B _C /2H	C _S	W _{SC} (t/m)		B _C /2H	C _S	W _{SC} (t/m)		B _C /2H	C _S	W _{SC} (t/m)	
				SLM30 P=5t	SLM60 P=10t			SLM30 P=5t	SLM60 P=10t			SLM30 P=5t	SLM60 P=10t			SLM30 P=5t	SLM60 P=10t
300	0,406	0,51	0,433	5,77	11,55	0,41	0,341	4,20	8,39	0,34	0,273	2,92	5,85	0,29	0,228	2,17	4,35
400	0,518	0,65	0,506	6,75	13,49	0,52	0,407	5,01	10,02	0,43	0,330	3,54	7,07	0,37	0,271	2,58	5,17
500	0,636	0,80	0,565	7,53	15,07	0,64	0,469	5,77	11,54	0,53	0,384	4,11	8,23	0,45	0,326	3,11	6,22
600	0,780	0,98	0,613	8,17	16,35	0,78	0,516	6,35	12,70	0,65	0,437	4,68	9,36	0,56	0,381	3,63	7,26
700	0,890	1,11	0,636	8,48	16,96	0,89	0,546	6,72	13,44	0,74	0,469	5,01	10,03	0,64	0,413	3,94	7,87
800	1,002	1,25	0,655	8,73	17,47	1,00	0,571	7,03	14,06	0,83	0,495	5,30	10,61	0,72	0,441	4,20	8,41
900	1,120	1,40	0,668	8,91	17,81	1,12	0,588	7,24	14,47	0,93	0,518	5,55	11,10	0,80	0,464	4,42	8,85
1000	1,255	1,57	0,680	9,07	18,13	1,26	0,605	7,45	14,89	1,05	0,538	5,76	11,53	0,90	0,487	4,64	9,29
1100	1,350	1,69	0,685	9,13	18,27	1,35	0,612	7,53	15,06	1,12	0,548	5,87	11,74	0,96	0,498	4,75	9,50
1200	1,490	1,86	0,693	9,24	18,48	1,49	0,622	7,65	15,31	1,24	0,562	6,02	12,04	1,06	0,514	4,90	9,80
1300	1,590	1,99	0,699	9,32	18,64	1,59	0,627	7,72	15,43	1,32	0,568	6,09	12,17	1,14	0,524	5,00	9,99
1400	1,710	2,14	0,705	9,40	18,80	1,71	0,632	7,78	15,56	1,42	0,576	6,17	12,34	1,22	0,533	5,08	10,16
1600	1,950	2,44	0,719	9,59	19,17	1,95	0,642	7,90	15,80	1,62	0,586	6,28	12,56	1,39	0,545	5,20	10,39

ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ

$$W_{sd} = \varphi \cdot p \cdot B_C \quad (t/m)$$

ΜΕΓΑΛΕΣ ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ (H = 0.80 - 1.50 m)

d (mm)	B _C (m)	H = 0,80 m φ = 1,38		H = 0,90 m φ = 1,33		H = 1,00 m φ = 1,30		H = 1,10 m φ = 1,27		H = 1,20 m φ = 1,25		H = 1,30 m φ = 1,23		H = 1,40 m φ = 1,21		H = 1,50 m φ = 1,20	
		W _{sd} (t/m)		W _{sd} (t/m)		W _{sd} (t/m)		W _{sd} (t/m)		W _{sd} (t/m)		W _{sd} (t/m)		W _{sd} (t/m)		W _{sd} (t/m)	
		SLW30 P=3,72 t/m ²	SLW60 P=7,05 t/m ²	SLW30 P=3,03 t/m ²	SLW60 P=5,90 t/m ²	SLW30 P=2,62 t/m ²	SLW60 P=5,07 t/m ²	SLW30 P=2,29 t/m ²	SLW60 P=4,45 t/m ²	SLW30 P=2,04 t/m ²	SLW60 P=3,99 t/m ²	SLW30 P=1,85 t/m ²	SLW60 P=3,63 t/m ²	SLW30 P=1,70 t/m ²	SLW60 P=3,35 t/m ²	SLW30 P=1,58 t/m ²	SLW60 P=3,12 t/m ²
300	0,406	2,08	3,95	1,66	3,19	1,38	2,68	1,18	2,29	1,04	2,02	0,92	1,81	0,84	1,65	0,77	1,52
400	0,518	2,66	5,04	2,12	4,06	1,76	3,41	1,51	2,93	1,32	2,58	1,18	2,31	1,07	2,10	0,98	1,94
500	0,636	3,26	6,19	2,61	4,99	2,17	4,19	1,85	3,59	1,62	3,17	1,45	2,84	1,31	2,57	1,21	2,38
600	0,780	4,00	7,59	3,20	6,12	2,66	5,14	2,27	4,41	1,99	3,89	1,77	3,48	1,60	3,16	1,48	2,92
700	0,890	4,57	8,66	3,65	6,98	3,03	5,87	2,59	5,03	2,27	4,44	2,03	3,97	1,83	3,61	1,69	3,33
800	1,002	5,14	9,75	4,10	7,86	3,41	6,60	2,91	5,66	2,56	5,00	2,28	4,47	2,06	4,06	1,90	3,75
900	1,120	5,75	10,90	4,59	8,79	3,81	7,38	3,26	6,33	2,86	5,59	2,55	5,00	2,30	4,54	2,12	4,19
1000	1,256	6,45	12,22	5,15	9,86	4,28	8,28	3,65	7,10	3,20	6,26	2,86	5,61	2,58	5,09	2,38	4,70
1100	1,350	6,93	13,13	5,53	10,59	4,60	8,90	3,93	7,63	3,44	6,73	3,07	6,03	2,78	5,47	2,56	5,05
1200	1,490	7,65	14,50	6,10	11,69	5,07	9,82	4,33	8,42	3,80	7,43	3,39	6,65	3,06	6,04	2,83	5,58
1300	1,590	8,16	15,47	6,51	12,48	5,42	10,48	4,62	8,99	4,05	7,93	3,62	7,10	3,27	6,45	3,01	5,95
1400	1,710	8,78	16,64	7,00	13,42	5,82	11,27	4,97	9,66	4,36	8,53	3,89	7,63	3,52	6,93	3,24	6,40
1600	1,950	10,01	18,97	7,99	15,30	6,64	12,25	5,67	11,02	4,97	9,73	4,44	8,71	4,01	7,90	3,70	7,30

ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ

ΜΕΓΑΛΕΣ ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ (H = 1,60 - 3,50 m)

Wsd = φ · P · B_G (t/m)

d (mm)	B _G (m)	H = 1,60 m φ = 1,20		H = 1,70 m φ = 1,20		H = 1,80 m φ = 1,20		H = 1,90 m φ = 1,20		H = 2,00 m φ = 1,20		H = 2,50 m φ = 1,20		H = 3,00 m φ = 1,20		H = 3,50 m φ = 1,20	
		Wsd (t/m)	SLM60 P=1,48 t/m ²	Wsd (t/m)	SLM30 P=1,33 t/m ²	Wsd (t/m)	SLM60 P=2,62 t/m ²	Wsd (t/m)	SLM30 P=1,26 t/m ²	Wsd (t/m)	SLM60 P=2,45 t/m ²	Wsd (t/m)	SLM30 P=1,06 t/m ²	Wsd (t/m)	SLM60 P=1,79 t/m ²	Wsd (t/m)	SLM30 P=0,75 t/m ²
300	0,406	0,72	1,43	0,68	1,34	0,64	1,28	0,61	1,22	0,59	1,19	0,52	1,03	0,44	0,87	0,37	0,73
400	0,518	0,92	1,82	0,86	1,72	0,82	1,63	0,78	1,56	0,76	1,52	0,66	1,32	0,56	1,11	0,47	0,93
500	0,636	1,13	2,24	1,06	2,11	1,01	2,00	0,96	1,92	0,93	1,87	0,81	1,62	0,69	1,37	0,57	1,14
600	0,780	1,39	2,74	1,30	2,58	1,24	2,45	1,18	2,35	1,14	2,29	0,99	1,98	0,84	1,68	0,70	1,40
700	0,890	1,54	3,13	1,48	2,95	1,41	2,80	1,35	2,68	1,30	2,62	1,13	2,26	0,96	1,91	0,80	1,60
800	1,002	1,70	3,52	1,67	3,32	1,59	3,15	1,52	3,02	1,47	2,95	1,27	2,55	1,08	2,15	0,90	1,80
900	1,120	1,99	3,94	1,87	3,71	1,77	3,52	1,69	3,37	1,64	3,29	1,42	2,85	1,21	2,41	1,01	2,02
1000	1,256	2,23	4,42	2,10	4,16	1,99	3,93	1,90	3,78	1,84	3,69	1,60	3,20	1,36	2,70	1,13	2,26
1100	1,350	2,40	4,75	2,25	4,47	2,14	4,24	2,04	4,07	1,98	3,97	1,72	3,43	1,46	2,90	1,22	2,43
1200	1,490	2,65	5,24	2,49	4,93	2,36	4,68	2,26	4,49	2,18	4,38	1,90	3,79	1,61	3,20	1,34	2,68
1300	1,590	2,82	5,59	2,65	5,27	2,52	5,00	2,40	4,79	2,33	4,67	2,02	4,04	1,72	3,42	1,43	2,86
1400	1,710	3,04	6,01	2,85	5,66	2,71	5,38	2,59	5,15	2,50	5,03	2,18	4,35	1,85	3,67	1,54	3,09
1600	1,950	3,46	6,86	3,25	6,46	3,09	6,13	2,95	5,87	2,85	5,73	2,48	4,96	2,11	4,19	1,76	3,51

ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ

Μεγάλος επιχώσις (H = 4,00 - 7,00 m) $Wsd = \eta \cdot p \cdot B_C$ (t/m)

d	B _C	H = 4,00 m φ = 1,20		H = 4,50 m φ = 1,20		H = 5,00 m φ = 1,20		H = 6,00 m φ = 1,20		H = 7,00 m φ = 1,20	
		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)	
(mm)	(m)	SLW30 P=0,63 t/m ²	SLW60 P=1,26 t/m ²	SLW30 P=0,53 t/m ²	SLW60 P=1,07 t/m ²	SLW30 P=0,45 t/m ²	SLW60 P=0,91 t/m ²	SLW30 P=0,34 t/m ²	SLW60 P=0,67 t/m ²	SLW30 P=0,26 t/m ²	SLW60 P=0,52 t/m ²
300	0,406	0,31	0,61	0,26	0,52	0,22	0,44	0,17	0,33	0,13	0,25
400	0,518	0,39	0,78	0,33	0,67	0,28	0,57	0,21	0,42	0,16	0,32
500	0,636	0,48	0,96	0,40	0,82	0,34	0,69	0,26	0,51	0,20	0,40
600	0,780	0,59	1,18	0,50	1,00	0,42	0,85	0,32	0,63	0,24	0,49
700	0,890	0,67	1,35	0,57	1,14	0,48	0,97	0,36	0,72	0,28	0,56
800	1,002	0,76	1,52	0,64	1,29	0,54	1,09	0,41	0,81	0,31	0,63
900	1,120	0,85	1,69	0,71	1,44	0,60	1,22	0,46	0,90	0,35	0,70
1000	1,256	0,95	1,90	0,80	1,61	0,68	1,38	0,51	1,01	0,39	0,78
1100	1,350	1,02	2,04	0,86	1,73	0,73	1,47	0,55	1,09	0,42	0,84
1200	1,490	1,13	2,25	0,95	1,91	0,80	1,63	0,61	1,20	0,46	0,93
1300	1,590	1,20	2,40	1,01	2,04	0,86	1,74	0,65	1,28	0,50	0,99
1400	1,710	1,29	2,59	1,09	2,20	0,92	1,87	0,70	1,37	0,53	1,07
1600	1,950	1,47	2,95	1,24	2,50	1,05	2,13	0,80	1,57	0,61	1,22

ΠΡΟΪΚΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

$$\rho_{\text{ext}} = \rho_{\text{ext}} + \rho_{\text{ext}} \quad (1) \quad \rho_{\text{ext}} = \rho_{\text{ext}} + \rho_{\text{ext}} \quad (2)$$

FILE.

d	W_k	H = 0,40 m	H = 0,50 m	H = 0,60 m	H = 0,70 m	H = 0,80 m	H = 0,90 m	H = 1,00 m	H = 1,10 m	H = 1,20 m
(mm)	(t/m)	SLR30	SLR60	SLR90	SLR60	SLR30	SLR60	SLR90	SLR60	SLR30
300	0,13	6,38	12,16	4,94	9,13	3,76	6,69	3,12	5,30	3,15
400	0,21	7,55	14,29	5,97	10,98	4,69	8,22	3,89	6,48	4,08
500	0,32	8,58	16,12	7,02	12,79	5,52	9,64	4,76	7,87	5,12
600	0,48	9,56	17,74	7,99	14,34	6,50	11,18	5,69	9,32	6,37
700	0,60	10,11	18,59	8,59	15,31	7,11	12,13	6,36	10,20	7,23
800	0,75	10,68	19,42	9,29	16,32	7,76	13,07	6,96	11,17	8,20
900	0,95	11,11	20,01	9,82	17,05	8,51	14,06	7,63	12,06	9,33
1000	1,13	11,62	20,68	10,47	17,91	9,10	14,87	8,29	12,94	10,58
1100	1,26	12,03	21,17	10,79	18,32	9,50	15,37	8,74	13,40	11,29
1200	1,52	12,54	21,78	11,40	19,05	10,20	16,22	9,53	14,13	12,72
1300	1,76	12,85	22,17	11,76	19,47	10,63	16,71	10,05	15,04	13,71
1400	2,03	13,48	22,88	12,15	19,93	11,12	17,29	10,62	15,70	14,90
1600	2,50	14,37	23,95	13,44	21,34	12,20	18,48	11,50	16,69	17,07

ΦΟΡΤΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

$$p_{\text{λειτ}} = w_1 + w_E \text{ (ή } w_T) + w_{gc} \text{ (ή } w_{sd}) \quad (\text{t/m})$$

d	w ₁	PANEL												H = 2,00m	H = 2,50 m				
		H = 1,30 m	H = 1,40 m	H = 1,50 m	H = 1,60 m	H = 1,70 m	H = 1,80 m	H = 1,90 m											
(mm)	(t/m)	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60		
300	0,13	2,58	3,47	2,62	3,43	2,66	3,41	2,75	3,44	2,82	3,48	2,88	3,52	2,98	3,59	3,45	4,05	3,86	4,37
400	0,21	3,35	4,48	3,37	4,40	3,44	4,40	3,54	4,44	3,83	4,69	3,91	4,72	3,99	4,77	4,09	4,85	4,55	5,21
500	0,32	4,16	5,55	4,22	5,48	4,28	5,45	4,38	5,49	4,45	5,50	4,57	5,56	4,67	5,63	4,76	5,70	5,29	6,10
600	0,48	4,96	6,67	4,99	6,55	5,04	6,48	5,10	6,45	5,21	6,49	5,29	6,50	5,38	6,55	5,54	6,59	6,11	7,10
700	0,60	5,60	7,54	5,61	7,30	5,64	7,28	5,73	7,28	5,83	7,30	5,93	7,32	6,04	7,37	6,19	7,51	6,83	7,96
800	0,75	6,28	8,47	6,26	8,26	6,30	8,15	6,41	8,15	6,50	8,15	6,65	8,21	6,74	8,24	6,88	8,36	7,63	8,91
900	0,95	7,01	9,46	6,99	9,23	7,03	9,10	7,13	9,08	7,23	9,07	7,36	9,11	7,50	9,18	7,63	9,28	8,49	9,92
1000	1,13	7,98	10,73	7,99	10,50	8,02	10,34	8,16	10,35	8,32	10,38	8,50	10,46	8,64	10,52	8,87	10,72	9,79	11,38
1100	1,26	9,43	12,39	9,58	11,27	9,62	11,11	8,78	11,13	8,95	11,17	9,10	11,20	9,33	11,36	9,46	11,45	10,56	12,27
1200	1,52	10,46	13,72	10,57	13,55	9,48	12,23	9,59	12,18	9,71	12,15	9,94	12,26	10,13	12,36	10,34	12,54	11,51	13,40
1300	1,76	11,45	14,93	11,60	14,78	11,60	14,54	10,67	13,44	10,85	13,47	11,07	13,55	11,22	13,61	11,50	13,84	12,78	14,80
1400	2,03	12,35	16,09	12,57	15,98	12,57	16,03	12,07	15,94	11,66	14,47	11,81	14,48	12,07	14,63	12,57	14,90	13,79	15,96
1600	2,50	14,16	18,43	14,50	18,39	14,57	18,17	15,09	18,49	15,26	18,47	15,86	18,90	13,95	16,77	14,23	17,11	15,78	18,35

ΦΟΡΤΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

$$P_{\text{λελ.}} = W_I + W_E \text{ (ή } W_T) + W_{SC} \text{ (ή } W_{SD}) \quad (t/m)$$

d	w _I	H = 3,00 m		H = 3,50 m	H = 4,00 m		H = 4,50 m		H = 5,00 m		H = 6,00 m		H = 7,00 m		
		ρ _{λεπ.}													
(mm)	(t/m)	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60
300	0,13	4,18	4,61	4,45	4,81	4,70	5,00	4,93	5,19	5,11	5,33	5,42	5,58	5,67	5,79
400	0,21	4,93	5,48	5,28	5,74	5,56	5,95	5,84	6,18	6,09	6,38	6,50	6,71	6,81	6,97
500	0,32	5,75	6,43	6,12	6,69	6,51	6,99	6,79	7,21	7,12	7,47	7,65	7,90	8,02	8,22
600	0,48	6,62	7,46	7,06	7,76	7,49	8,08	7,39	8,39	8,22	8,65	8,86	9,17	9,36	9,61
700	0,60	7,44	8,39	7,96	8,76	8,44	9,12	8,88	9,45	9,29	9,78	10,05	10,41	10,68	11,24
800	0,75	8,26	9,33	8,86	9,76	9,43	10,19	9,90	10,55	10,42	10,97	11,27	11,67	12,04	12,36
900	0,95	9,18	10,38	9,84	10,85	10,49	11,33	11,02	11,75	11,59	12,21	12,57	13,01	13,45	13,80
1000	1,13	10,70	12,04	11,51	12,64	12,25	13,20	13,03	13,84	13,66	14,36	14,99	15,49	16,09	16,48
1100	1,26	11,53	12,97	12,39	13,60	13,23	14,25	14,04	14,91	14,56	15,30	16,26	16,80	17,49	17,91
1200	1,52	12,44	14,03	13,40	14,74	14,35	15,47	15,25	16,21	16,11	16,94	17,65	18,24	19,09	19,56
1300	1,76	13,98	15,68	15,19	16,62	16,19	17,39	17,23	18,26	18,85	19,73	20,23	20,86	21,93	22,92
1400	2,03	15,01	16,83	16,15	17,69	17,36	18,66	18,51	19,62	19,70	20,65	21,70	22,37	23,47	24,01
1600	2,50	17,22	19,30	18,55	20,30	19,94	21,42	21,27	22,53	22,52	23,60	25,03	25,80	27,36	27,97

ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ

Τσιμεντοσωλήνες με καμπάνα σειράς 75

ή τσιμεντοσωλήνες με τόρμη και εντορμιά πίνακα Ι

$$P_{\text{επ}} = \frac{P_{\text{βλ}} \cdot L_c}{v} \quad (\text{t/m})$$

$v = 1,5$

d (mm)	$P_{\text{βλ}}$ (t/m)	Συνθήκη "Ε"				Συνθήκη "Τ"			
		H (m)	Περιπ. έδρασ.	L_c f	$P_{\text{επ}}$ (t/m)	H (m)	Περιπ. έδρασ.	L_c	$P_{\text{επ}}$ (t/m)
400	3,00	H = 0,40 : 1,60	I	2,00	4,00	H > 1,60	I	1,50	3,00
			II	3,40	6,30		II	2,20	4,40
			III	3,40	6,80		III	3,50	7,00
			IV	3,40	6,80		IV	4,50	9,00
500	3,75	H = 0,40 : 1,50	I	2,00	5,00	H > 1,50	I	1,50	3,75
			II	3,20	8,00		II	2,20	5,50
			III	3,20	8,00		III	3,50	8,75
			IV	3,20	8,00		IV	4,50	11,25
600	4,50	H = 0,40 : 1,00	I	2,00	6,00	H > 1,00	I	1,50	4,50
			II	3,60	10,80		II	2,20	6,60
			III	3,60	10,80		III	3,50	10,50
			IV	3,60	10,80		IV	4,50	13,50
700	5,25	H = 0,40 : 1,00	I	2,00	7,00	H > 1,00	I	1,50	5,25
			II	3,60	12,60		II	2,20	7,70
			III	3,60	12,60		III	3,50	12,25
			IV	3,60	12,60		IV	4,50	15,75
800	6,00	H = 0,40 : 1,00	I	2,00	8,00	H > 1,00	I	1,50	6,00
			II	3,80	15,20		II	2,20	8,80
			III	3,80	15,20		III	3,50	14,00
			IV	3,80	15,20		IV	4,50	18,00
900	6,75	H = 0,40 : 1,10	I	2,00	9,00	H > 1,10	I	1,50	6,75
			II	3,80	17,10		II	2,20	9,90
			III	3,80	17,10		III	3,50	15,75
			IV	3,80	17,10		IV	4,50	20,25
1000	7,50	H = 0,40 : 1,20	I	2,00	10,00	H > 1,20	I	1,50	7,50
			II	3,80	19,00		II	2,20	11,00
			III	3,80	19,00		III	3,50	17,50
			IV	3,80	19,00		IV	4,50	22,50
1100	8,25	H = 0,40 : 1,30	I	2,00	11,00	H > 1,30	I	1,50	8,25
			II	3,80	20,90		II	2,20	12,10
			III	3,80	20,90		III	3,50	19,25
			IV	3,80	20,90		IV	4,50	24,75
1200	9,00	H = 0,40 : 1,40	I	2,00	12,00	H > 1,40	I	1,50	9,00
			II	3,80	22,80		II	2,20	13,20
			III	3,80	22,80		III	3,50	21,00
			IV	3,80	22,80		IV	4,50	27,00
1300	9,75	H = 0,40 : 1,50	I	2,00	13,00	H > 1,50	I	1,50	9,75
			II	3,80	24,70		II	2,20	14,30
			III	3,80	24,70		III	3,50	22,75
			IV	3,80	24,70		IV	4,50	29,25
1400	10,50	H = 0,40 : 1,60	I	2,00	14,00	H > 1,60	I	1,50	10,50
			II	3,80	26,60		II	2,20	15,40
			III	3,80	26,60		III	3,50	24,50
			IV	3,80	26,60		IV	4,50	31,50
1600	12,00	H = 0,40 : 1,80	I	2,00	16,00	H > 1,80	I	1,50	12,00
			II	3,80	30,40		II	2,20	17,60
			III	3,80	30,40		III	3,50	28,00
			IV	3,80	30,40		IV	4,50	36,00

ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ

Τσιμεντοσφαλμένες με καμπάνα σειράς 100
ή τσιμεντοσφαλμένες με τόξα και εντορπιο πέλματα II

$$P_{\pi} = \frac{P_{3A} \cdot L_F}{v} \quad (t/m)$$

$$v = 1.5$$

δ (cm)	P _{3A} (t/m)	Σ υ ν θ ή κ η "Ε"				Σ υ ν θ ή κ η "Τ"			
		H (m)	Προσπ. έδραυ.	L _F	Ρελ. (t/m)	H (m)	Προσπ. έδραυ.	L _F	Ρελ. (t/m)
400	4,00	H = 0,40 ± 1,60	I	2,20	5,33	H > 1,60	I	1,50	4,00
			II	3,40	9,07		II	2,20	5,87
			III	3,40	9,07		III	3,50	9,33
			IV	3,40	9,07		IV	4,50	12,00
500	5,00	H = 0,40 ± 1,50	I	2,00	6,67	H > 1,50	I	1,50	5,00
			II	3,20	10,67		II	2,20	7,33
			III	3,20	10,67		III	3,50	11,67
			IV	3,20	10,67		IV	4,50	15,00
600	6,00	H = 0,40 ± 1,00	I	2,00	8,00	H > 1,00	I	1,50	6,00
			II	3,60	14,40		II	2,20	8,80
			III	3,60	14,40		III	3,50	14,00
			IV	3,60	14,40		IV	4,50	18,00
700	7,00	H = 0,40 ± 1,00	I	2,00	9,33	H > 1,00	I	1,50	7,00
			II	3,60	16,80		II	2,20	10,27
			III	3,60	16,80		III	3,50	16,33
			IV	3,60	16,80		IV	4,50	21,00
800	8,00	H = 0,40 ± 1,00	I	2,00	10,67	H > 1,00	I	1,50	8,00
			II	3,80	20,27		II	2,20	11,73
			III	3,80	20,27		III	3,50	18,67
			IV	3,80	20,27		IV	4,50	24,00
900	9,00	H = 0,40 ± 1,10	I	2,00	12,00	H > 1,10	I	1,50	9,00
			II	3,80	22,80		II	2,20	13,20
			III	3,80	22,80		III	3,50	21,00
			IV	3,80	22,80		IV	4,50	27,00
1000	10,00	H = 0,40 ± 1,20	I	2,00	13,33	H > 1,20	I	1,50	10,00
			II	3,80	25,33		II	2,20	14,67
			III	3,80	25,33		III	3,50	23,33
			IV	3,80	25,33		IV	4,50	30,00
1100	11,00	H = 0,40 ± 1,30	I	2,00	14,67	H > 1,30	I	1,50	11,00
			II	3,80	27,87		II	2,20	16,13
			III	3,80	27,87		III	3,50	25,67
			IV	3,80	27,87		IV	4,50	33,00
1200	12,00	H = 0,40 ± 1,40	I	2,00	16,00	H > 1,40	I	1,50	12,00
			II	3,80	30,40		II	2,20	17,60
			III	3,80	30,40		III	3,50	28,00
			IV	3,80	30,40		IV	4,50	36,00
1300	13,00	H = 0,40 ± 1,50	I	2,00	17,33	H > 1,50	I	1,50	13,00
			II	3,80	32,93		II	2,20	19,07
			III	3,80	32,93		III	3,50	30,33
			IV	3,80	32,93		IV	4,50	39,00
1400	14,00	H = 0,40 ± 1,60	I	2,00	18,67	H > 1,60	I	1,50	14,00
			II	3,80	35,47		II	2,20	20,53
			III	3,80	35,47		III	3,50	32,67
			IV	3,80	35,47		IV	4,50	42,00
1600	16,00	H = 0,40 ± 1,80	I	2,00	21,33	H > 1,80	I	1,50	16,00
			II	3,80	40,53		II	2,20	23,47
			III	3,80	40,53		III	3,50	37,33
			IV	3,80	40,53		IV	4,50	48,00

ΕΠΙΤΡΕΝΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ

Τοιμεντοσωλήνες με καμπάνα σειράς 150
ή τοιμεντοσωλήνες με τόρμη και εντορμία πίνακα III

$$P_{3A} = \frac{P_{3A} \cdot L_f}{v} \quad (t/m)$$

$$v = 1,5$$

d (mm)	P _{3A} (t/m)	Σ υ ν θ ή κ η "Ε"				Σ υ ν θ ή κ η "Τ"			
		H (m)	Περιλ. έδραση	L _f	P _{επ} (t/m)	H (m)	Περιλ. έδραση	L _f	P _{επ} (t/m)
400	6,00	H = 0,40 ± 1,60	I	2,00	8,00	H > 1,60	I	1,50	6,00
			II	3,40	13,60		II	2,20	8,80
			III	3,40	13,60		III	3,50	14,00
			IV	3,40	13,60		IV	4,50	18,00
500	7,50	H = 0,40 ± 1,50	I	2,00	10,00	H > 1,50	I	1,50	7,50
			II	3,20	16,00		II	2,20	11,00
			III	3,20	16,00		III	3,50	17,50
			IV	3,20	16,00		IV	4,50	22,50
600	9,00	H = 0,40 ± 1,00	I	2,00	12,00	H > 1,00	I	1,50	9,00
			II	3,60	21,60		II	2,20	15,40
			III	3,60	21,60		III	3,50	21,00
			IV	3,60	21,60		IV	4,50	27,00
700	10,50	H = 0,40 ± 1,00	I	2,00	14,00	H > 1,00	I	1,50	10,50
			II	3,60	25,20		II	2,20	15,40
			III	3,60	25,20		III	3,50	24,50
			IV	3,60	25,20		IV	4,50	31,50
800	12,00	H = 0,40 ± 1,00	I	2,00	16,00	H > 1,00	I	1,50	12,00
			II	3,80	30,40		II	2,20	17,60
			III	3,80	30,40		III	3,50	26,00
			IV	3,80	30,40		IV	4,50	36,00
900	13,50	H = 0,40 ± 1,10	I	2,00	18,00	H > 1,10	I	1,50	13,50
			II	3,80	34,20		II	2,20	19,80
			III	3,80	34,20		III	3,50	31,50
			IV	3,80	34,20		IV	4,50	40,50
1000	15,00	H = 0,40 ± 1,20	I	2,00	20,00	H > 1,20	I	1,50	15,00
			II	3,80	38,00		II	2,20	22,00
			III	3,80	38,00		III	3,50	35,00
			IV	3,80	38,00		IV	4,50	45,00
1100	16,50	H = 0,40 ± 1,30	I	2,00	22,00	H > 1,30	I	1,50	16,50
			II	3,80	41,80		II	2,20	24,20
			III	3,80	41,80		III	3,50	38,50
			IV	3,80	41,80		IV	4,50	49,50
1200	18,00	H = 0,40 ± 1,40	I	2,00	24,00	H > 1,40	I	1,50	18,00
			II	3,80	45,60		II	2,20	26,40
			III	3,80	45,60		III	3,50	42,00
			IV	3,80	45,60		IV	4,50	54,00
1300	19,50	H = 0,40 ± 1,50	I	2,00	26,00	H > 1,50	I	1,50	19,50
			II	3,80	49,40		II	2,20	28,60
			III	3,80	49,40		III	3,50	45,50
			IV	3,80	49,40		IV	4,50	58,50
1400	21,00	H = 0,40 ± 1,60	I	2,00	28,00	H > 1,60	I	1,50	21,00
			II	3,80	53,20		II	2,20	30,80
			III	3,80	53,20		III	3,50	49,00
			IV	3,80	53,20		IV	4,50	63,00
1600	24,00	H = 0,40 ± 1,80	I	2,00	32,00	H > 1,80	I	1,50	24,00
			II	3,80	60,80		II	2,20	35,20
			III	3,80	60,80		III	3,50	56,00
			IV	3,80	60,80		IV	4,50	72,00

ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ

Τσιμεντοσφλάνες με τόρμη και εντορμία
όσπλοι τύπου Α₁

$$P_{\text{επ}} = \frac{P_{3A} \cdot L_f}{v} \quad (\text{t/m})$$

$$v = 1,5$$

d (mm)	P _{3A} (t/m)	Σ υ ν θ ή κ η "Ε"				Σ υ ν θ ή κ η "Τ"			
		H (m)	Περίπτ. έδρασ.	L _f	P _{επ} (t/m)	H (m)	Περίπτ. έδρασ.	L _f	P _{επ} (t/m)
300	2,30	H = 0,40 : 1,90	I	2,00	3,07	H > 1,90	I	1,50	2,30
			II	3,40	5,21		II	2,20	3,37
			III	3,40	5,21		III	3,50	5,36
			IV	3,40	5,21		IV	4,50	6,90
400	2,80	H = 0,40 : 1,60	I	2,00	3,73	H > 1,60	I	1,50	2,80
			II	3,40	6,35		II	2,20	4,11
			III	3,40	6,35		III	3,50	6,53
			IV	3,40	6,35		IV	4,50	8,40
500	3,20	H = 0,40 : 1,50	I	2,00	4,27	H > 1,50	I	1,50	3,20
			II	3,20	6,83		II	2,20	4,69
			III	3,20	6,83		III	3,50	7,47
			IV	3,20	6,83		IV	4,50	9,60
600	3,60	H = 0,40 : 1,00	I	2,00	4,80	H > 1,00	I	1,50	3,60
			II	3,60	8,64		II	2,20	5,28
			III	3,60	8,64		III	3,50	8,40
			IV	3,60	8,64		IV	4,50	10,80
700	4,10	H = 0,40 : 1,00	I	2,00	5,47	H > 1,00	I	1,50	4,10
			II	3,60	9,84		II	2,20	6,01
			III	3,60	9,84		III	3,50	9,57
			IV	3,60	9,84		IV	4,50	12,30
800	4,30	H = 0,40 : 1,00	I	2,00	5,73	H > 1,00	I	1,50	4,30
			II	3,80	10,89		II	2,20	6,51
			III	3,80	10,89		III	3,50	10,03
			IV	3,80	10,89		IV	4,50	12,90
900	4,60	H = 0,40 : 1,10	I	2,00	6,13	H > 1,10	I	1,50	4,60
			II	3,80	11,65		II	2,20	6,75
			III	3,80	11,65		III	3,50	10,73
			IV	3,80	11,65		IV	4,50	13,80
1000	4,90	H = 0,40 : 1,20	I	2,00	6,53	H > 1,20	I	1,50	4,90
			II	3,80	12,41		II	2,20	7,19
			III	3,80	12,41		III	3,50	11,43
			IV	3,80	12,41		IV	4,50	14,70
1200	5,50	H = 0,40 : 1,40	I	2,00	7,33	H > 1,40	I	1,50	5,50
			II	3,80	13,93		II	2,20	8,07
			III	3,80	13,93		III	3,50	12,83
			IV	3,80	13,93		IV	4,50	16,50

ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ

Τσιμεντοσωλήνες με τόρμη και εντορμία
όσπλοι τύπου Α11

$$P_{\text{επ}} = \frac{P_{3A} \cdot L_f}{v} \quad (\text{t/m})$$

$$v = 1,5$$

d (mm)	P _{3A} (t/m)	Σ υ ν θ ή κ η "Ε"				Σ υ ν θ ή κ η "Τ"			
		H (m)	Περιπτ. έδρασ.	L _f	P _{επ} (t/m)	H (m)	Περιπτ. έδρασ.	L _f	P _{επ} (t/m)
300	3,40	H = 0,40 : 1,90	I	2,00	4,53	H > 1,90	I	1,50	3,40
			II	3,40	7,70		II	2,20	5,00
			III	3,40	7,70		III	3,50	7,93
			IV	3,40	7,70		IV	4,50	10,20
400	4,40	H = 0,40 : 1,60	I	2,00	5,87	H > 1,60	I	1,50	4,40
			II	3,40	9,97		II	2,20	6,45
			III	3,40	9,97		III	3,50	10,27
			IV	3,40	9,97		IV	4,50	13,20
500	5,60	H = 0,40 : 1,50	I	2,00	7,47	H > 1,50	I	1,50	5,60
			II	3,20	11,95		II	2,20	8,21
			III	3,20	11,95		III	3,50	13,07
			IV	3,20	11,95		IV	4,50	16,80
600	6,00	H = 0,40 : 1,00	I	2,00	8,00	H > 1,00	I	1,50	6,00
			II	3,60	14,40		II	2,20	8,80
			III	3,60	14,40		III	3,50	14,00
			IV	3,60	14,40		IV	4,50	18,00
700	6,30	H = 0,40 : 1,00	I	2,00	8,40	H > 1,00	I	1,50	6,30
			II	3,60	15,12		II	2,20	9,24
			III	3,60	15,12		III	3,50	14,70
			IV	3,60	15,12		IV	4,50	18,90

ΠΕΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

d (mm)	min H/max H (σε m) για κινητό SLW 30				min H/max H (σε m) για κινητό SLW 60			
	Εδρ. I	Εδρ. II	Εδρ. III	Εδρ. IV	Εδρ. I	Εδρ. II	Εδρ. III	Εδρ. IV
Τσιμεντοσωλήνες με καμπάνα σειράς 75 ή με τόρμη και εντορμιά πίνακα I								
400	0,70/1,60	0,50/2,30	0,50/7,00	0,50/7,00	-	*0,70/1,50	*0,70/7,00	*0,70/7,00
500	0,70/1,50	0,50/2,70	0,50/7,00	0,50/7,00	-	*0,70/1,70	*0,70/7,00	*0,70/7,00
600	0,70/1,00	0,40/3,00	0,40/7,00	0,40/7,00	-	*0,70/1,90	*0,70/7,00	*0,70/7,00
700	0,70/1,00	0,40/3,20	0,40/7,00	0,40/7,00	-	0,60/2,20	0,60/7,00	0,60/7,00
800	0,60/1,00	0,40/3,40	0,40/7,00	0,40/7,00	-	0,60/2,40	0,60/7,00	0,60/7,00
900	0,60/1,10	0,40/3,50	0,40/7,00	0,40/7,00	-	*0,50/2,40	*0,50/7,00	*0,50/7,00
1000	0,60/1,20	0,40/3,10	0,40/7,00	0,40/7,00	-	*0,50/2,20	*0,50/7,00	*0,50/7,00
1100	0,50/1,30	0,40/3,30	0,40/7,00	0,40/7,00	-	*0,50/2,40	*0,50/7,00	*0,50/7,00
1200	0,50/1,40	0,40/3,40	0,40/7,00	0,40/7,00	-	*0,40/2,40	*0,40/7,00	*0,40/7,00
1300	0,40/1,50	0,40/3,20	0,40/7,00	0,40/7,00	-	*0,40/2,20	*0,40/6,90	*0,40/7,00
1400	0,40/1,60	0,40/3,20	0,40/7,00	0,40/7,00	-	*0,40/2,20	*0,40/7,00	*0,40/7,00
1600	0,40/1,80	0,40/3,10	0,40/7,00	0,40/7,00	-	*0,40/2,20	*0,40/7,00	*0,40/7,00
Τσιμεντοσωλήνες με καμπάνα σειράς 100 ή με τόρμη και εντορμιά πίνακα II								
400	0,60/1,90	0,40/4,50	0,40/7,00	0,40/7,00	1,00/1,60	0,60/3,80	0,60/7,00	0,60/7,00
500	0,60/2,20	0,40/5,40	0,40/7,00	0,40/7,00	1,00/1,50	0,60/4,70	0,60/7,00	0,60/7,00
600	0,50/2,40	0,40/5,90	0,40/7,00	0,40/7,00	1,00/1,00	*0,50/5,30	*0,50/7,00	*0,50/7,00
700	0,50/2,60	0,40/6,30	0,40/7,00	0,40/7,00	1,00/1,00	*0,50/5,70	*0,50/7,00	*0,50/7,00
800	0,40/2,80	0,40/6,60	0,40/7,00	0,40/7,00	1,00/1,00	*0,40/6,10	*0,40/7,00	*0,40/7,00
900	0,40/2,90	0,40/6,70	0,40/7,00	0,40/7,00	1,00/1,10	*0,40/6,20	*0,40/7,00	*0,40/7,00
1000	0,40/2,60	0,40/5,70	0,40/7,00	0,40/7,00	1,00/1,20	*0,40/5,30	*0,40/7,00	*0,40/7,00
1100	0,40/2,70	0,40/5,90	0,40/7,00	0,40/7,00	1,00/1,30	*0,40/5,60	*0,40/7,00	*0,40/7,00
1200	0,40/2,80	0,40/5,90	0,40/7,00	0,40/7,00	1,00/1,40	*0,40/5,50	*0,40/7,00	*0,40/7,00
1300	0,40/2,60	0,40/5,10	0,40/7,00	0,40/7,00	1,00/1,50	*0,40/4,70	*0,40/7,00	*0,40/7,00
1400	0,40/2,60	0,40/5,40	0,40/7,00	0,40/7,00	1,00/1,60	*0,40/4,90	*0,40/7,00	*0,40/7,00
1600	0,40/2,60	0,40/5,40	0,40/7,00	0,40/7,00	1,00/1,80	*0,40/4,90	*0,40/7,00	*0,40/7,00

ΠΕΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

d (mm)	min H/max H (σε m) για κινητό SLW 30				min H/max H (σε m) για κινητό SLW 60			
	Εδρ. I	Εδρ. II	Εδρ. III	Εδρ. IV	Εδρ. I	Εδρ. II	Εδρ. III	Εδρ. IV
Τσιμεντοσωλήνες με καμπάνα σειράς 150 ή με τόρμη & εντορμιά πίνακα III								
400	0,40/4,80	0,40/7,00	0,40/7,00	0,40/7,00	0,70/4,10	*0,50/7,00	*0,50/7,00	*0,50/7,00
500	0,40/5,70	"	"	"	0,60/5,10	*0,50/7,00	*0,50/7,00	*0,50/7,00
600	0,40/6,20	"	"	"	0,60/5,80	0,40/7,00	0,40/7,00	0,40/7,00
700	0,40/6,70	"	"	"	0,60/6,10	0,40/7,00	0,40/7,00	0,40/7,00
800	0,40/6,90	"	"	"	0,60/6,40	0,40/7,00	0,40/7,00	0,40/7,00
900	0,40/7,00	"	"	"	*0,50/6,60	0,40/7,00	0,40/7,00	0,40/7,00
1000	0,40/6,00	"	"	"	*0,50/5,50	0,40/7,00	0,40/7,00	0,40/7,00
1100	0,40/6,20	"	"	"	*0,40/5,80	0,40/7,00	0,40/7,00	0,40/7,00
1200	0,40/6,20	"	"	"	*0,40/5,80	0,40/7,00	0,40/7,00	0,40/7,00
1300	0,40/5,40	"	"	"	*0,40/4,90	0,40/7,00	0,40/7,00	0,40/7,00
1400	0,40/5,60	"	"	"	0,40/5,20	0,40/7,00	0,40/7,00	0,40/7,00
1600	0,40/5,60	"	"	"	0,40/5,20	0,40/7,00	0,40/7,00	0,40/7,00

* Παρατήρηση

Για τους παραπάνω τσιμεντοσωλήνες (σειρών 75, 100, 150) συνιστάται όπως -για περισσότερη ασφάλεια- οι τιμές με αστερίσκο (*) αυξάνονται κατά 0,10m καθόσον στη πράξη οι συνθήκες κατασκευής δεν είναι ιδανικές (ανεπαρκείς συμπυκνώσεις, διαφορετικά πλάτη ορυγμάτων, ακατάλληλα υλικά επιχώσεων κλπ)

ΠΕΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

d (mm)	min H/max H (σε m) για κινητό SLW 30				min H/max H (σε m) για κινητό SLW 60			
	Εδρ. I	Εδρ. II	Εδρ. III	Εδρ. IV	Εδρ. I	Εδρ. II	Εδρ. III	Εδρ. IV
<u>Τσιμεντοσωλήνες με τόρμη & εντορμία άσπλοι τύπου ΑI</u>								
300	0,90/1,90	0,50/1,90	0,50/5,80	0,50/7,00	-	0,80/1,90	0,80/5,10	0,80/7,00
400	0,90/1,60	0,50/2,00	0,50/6,10	0,50/7,00	-	*0,90/1,60	*0,90/5,60	*0,90/7,00
500	1,10/1,50	0,60/1,90	0,60/5,60	0,60/7,00	-	*1,00/1,50	*1,00/5,00	*1,00/7,00
600	-	0,50/1,80	0,50/5,20	0,50/7,00	-	*1,00/1,00	*1,00/4,50	*1,00/7,00
700	-	0,50/1,80	0,50/5,40	0,50/7,00	-	*1,00/1,00	*1,00/4,70	*1,00/7,00
800	-	0,40/1,00	0,40/4,60	0,40/7,00	-	*1,00/1,00	*1,00/3,80	*1,00/7,00
900	-	0,40/1,10	0,40/4,20	0,40/7,00	-	*1,00/1,10	*1,00/3,30	*1,00/7,00
1000	-	0,40/1,20	0,40/3,40	0,40/5,80	-	1,10/1,20	1,10/2,50	1,10/5,30
1200	-	0,40/1,40	0,40/3,20	0,40/5,20	-	1,30/1,40	1,30/2,10	1,30/4,70
<u>Τσιμεντοσωλήνες με τόρμη & εντορμία άσπλοι τύπου ΑII</u>								
300	0,60/1,90	0,40/4,70	0,40/7,00	0,40/7,00	0,90/1,90	0,60/4,00	0,60/7,00	0,60/7,00
400	0,60/2,30	0,40/5,80	0,40/7,00	0,40/7,00	0,90/1,60	0,60/5,20	0,60/7,00	0,60/7,00
500	0,50/2,80	0,40/7,00	0,40/7,00	0,40/7,00	0,90/1,80	0,60/7,00	0,60/7,00	0,60/7,00
600	0,50/2,40	0,40/5,90	0,40/7,00	0,40/7,00	1,00/1,00	0,60/5,20	0,60/7,00	0,60/7,00
700	0,60/2,10	0,40/4,90	0,40/7,00	0,40/7,00	-	0,60/4,20	0,60/7,00	0,60/7,00

* Παρατήρηση

Για τους τσιμεντοσωλήνες τύπου ΑI (άσπλους) οι τιμές με αστερίσκο (*) μπορούν να γίνουν 0,80 m γιατί το βάθος αυτό συνηθίζεται στη πράξη δεχόμενοι μείωση του συντελεστή ασφαλείας από $v=1,5$ σε $v=1,3$.



6.3. ΣΤΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

σωληνων PVC , HDPE

ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΓΩΓΩΝ PVC, HDPE

1. ΓΕΝΙΚΑ

Κατά την τοποθέτηση των σωλήνων κατω από το έδαφος έχουμε επίδραση σημαντικών φορτίων τα οποία καταπονούν το σωλήνα.

Μεγάλη καταπόνηση των πλαστικών σωλήνων επιφέρει παραμορφώσεις και στην περίπτωση υδροστατικής πίεσης, ρήξη του σωλήνα.

Τα φορτία είναι ίδια με αυτά στην περίπτωση καταπόνησης ακαμπτων σωλήνων και προκαλούν παραμορφώσεις οι οποίες είναι αντιστρεπτες.

Στην περίπτωση άσκησης μεγάλης υδροστατικής πίεσης (υψηλός υδροφόρος ορίζοντας, τοποθέτηση σε θάλασσα, λίμνες, ποτάμια) σε εύκαμπτους σωλήνες επερχεται ρήξη του αγωγού.

Η προκαλούμενη παραμόρφωση δεν πρέπει να υπερβαίνει μια μέγιστη τιμή ώστε να μην επηρεάζεται η αντοχή του αγωγού και να μην εμφανίζονται προβλήματα στεγανότητας στις συνδέσεις των αγωγών μεταξύ τους.

Διακρίνουμε τις περιπτώσεις.

Τοποθετηση σε ξηρα εδαφη

Σε αυτή την περίπτωση υπολογίζεται μόνο η παραμόρφωση που υφίστανται ο αγωγός υπό την επίδραση υπερκείμενων φορτίων (φορτία εδάφους, κινητά φορτία). Η παραμόρφωση καθορίζεται βάσει προδιαγραφών και είναι 5%. Η μικρή αυτή παραμόρφωση δεν επηρεάζει την αντοχή του σωλήνα και δεν προκαλεί προβλήματα στη στεγανότητα των πλαστικών συνδέσμων όπως καθορίζεται από τον ΕΛΟΤ 476.

Η παραμορφωση αυτή είναι αντιστρεπτή.

Τοποθετηση σε εδαφη με υψηλο υδατινο οριζοντα

Σε αυτή την περίπτωση εξετάζεται η αντοχή σε ρήξη υπό την επίδραση εξωτερικής πίεσης (στην περίπτωση αυτή υδροστατικής πίεσης) που μας δίνει ένα μέγιστο ύψος του υδάτινου ορίζοντα πάνω από το σωλήνα και η παραμόρφωση του σωλήνα λόγω υπερκείμενων φορτίων.

Τοποθετηση μεσα σε νερο (Λιμνες, θαλασσα, ποταμια)

Σε αυτή την περίπτωση εξετάζεται μόνο η αντοχή σε ρήξη υπό την επίδραση υδροστατικής πίεσης που μας δίνει ένα μέγιστο βάθος τοποθέτησης του σωλήνα.

2. ΕΔΡΑΣΗ ΑΓΩΓΩΝ

Η εδραση και ο εγκιβωτισμος του αγωγου γινεται συνηθως με αμμο. Ο εγκιβωτισμος του αγωγου πρεπει να γινεται μεχρι 0.30 m πανω απο το εξωρραχιο του αγωγου.

Οι ευκαμπτοι αγωγοι δεν πρεπει να εγκιβωτιζονται με σκυροδεμα εκτος εαν ο εγκιβωτισμος σχεδιασει να αναλαμβανει μονος του ολα τα φορτια που ασκουνται στον αγωγο .

3. ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

Η προκαλούμενη παραμόρφωση δεν πρέπει να υπερβαίνει μια μέγιστη τιμή ώστε να μην επηρεάζεται η αντοχή του αγωγού και να μην εμφανίζονται προβλήματα στεγανότητας στις συνδέσεις των αγωγών μεταξύ τους.

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α. Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 71
---------	-------------------------------------	---------

Η κρίσιμη οριακή παραμόρφωση είναι περίπου 10% . Η μέγιστη επιτρεπόμενη παραμόρφωση είναι 5% και προκύπτει από την κρίσιμη οριακή παραμορφωση διαιρούμενη δια του συντελεστού ασφαλείας ο οποίος ορίζεται σε 2 .

4. ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΣΩΛΗΝΩΝ

Υπάρχουν διαφοροί τρόποι συνδεσης των πλαστικών σωληνων :

- Συνδεσεις με μπουφα ενσωματωμενη στον σωληνα και ελαστικο δακτυλιο.
- Συνδεσεις με σιδερενιους δακτυλιους
- Συνδεσεις με διαφορους μεθοδους αυτογενους συγκολλησης και αλλες .

Ο τρόπος συνδεσης των ευκαμπτων σωληνων επηρεαζεται σημαντικα από την παραμορφωση των σωληνων γιατι στην περιπτωση μεγαλων παραμορφωσεων δεν ειναι δυνατον να διατηρηθει η αναγκαια στεγανοτητα των συνδεσεων.

5. ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΩΛΗΝΩΝ PVC, HDPE

Τα πλαστικά υλικά παρουσιάζουν το φαινόμενο του ερπυσμού (creep). Ετσι η αρχική παραμόρφωση παρουσιάζει μια μικρή αύξηση για μεγάλα χρονικά διαστήματα χρήσης του αγωγού.

ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	PVC	HDPE
Μέτρο ελαστικότητας για μικρό διάστημα χρήσης	30.000 kp/cm ²	8.000 kp/cm ²
Μέτρο ελαστικότητας για μεγάλο διάστημα χρήσης	20.000	2.000

6. ΛΟΓΟΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ

Η παραμόρφωση των πλαστικών σωληνων υπό την επίδραση φορτίων καθορίζεται από το μέγεθος R_s που είναι ο λόγος ακαμψίας (stiffness ratio) και προκύπτει από την εξίσωση :

$$R_s = \frac{E_b}{E_r * I / D^3}$$

οπου R_s : Λογος ακαμψιας
 E_b : Μετρο Ελαστικοτητας Εδαφους (Kp/cm²)
 E_r : Μετρο Ελαστικοτητας σωληνα (Kp/cm²)
 I : Ροπη αδρανειας τοιχωματος σωληνα ανα μοναδα μηκους (cm⁴/cm)
 D : Διαμετρος σωληνα (cm)

Η ροπή αδρανειας για τους συμπαγείς σωλήνες δίνεται από τον τύπο:

$$I = S^3 / 12 \text{ οπου } S : \text{ Το παχος του τοιχωματος του σωληνα.}$$

Για σωληνες με οχι συμπαγη τοιχωματα η ροπη αδρανειας εξαρταται από τα γεωμετρικα χαρακτηριστικα της διατομης τους και λαμβανεται από τον κατασκευαστη.

Η παράσταση $E_r * I / D^3$ ονομάζεται ακαμψία του δακτυλίου του σωλήνα και σύμφωνα με το ASTM D-2412 παριστάνει την αντίσταση του σωλήνα στην παραμόρφωση.

Τιμές του μέτρου αντιδράσεως γαιών Ε' (από το ANSI/AWWA C900-81)
Ε' ανάλογα με τον βαθμό συμπύκνωσης κατά Proctor σε kgf/cm² (PSI)

ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ			
επιχώσεως γύρω από σωλήνες κατά ASTM D 2487	ΠΛΗΜΜΕΛΗΣ	ΕΛΑΦΡΙΑ (<85% pr) Σχετ. πυκνότητα <40	ΜΕΤΡΙΑ 85%-95% Σχετ. Πυκνότητα 40 - 70%	ΥΨΗΛΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ >95% pr. Σχετ. πυκνότητα >70%
Λεπτοκοκκα εδάφη με μέτρια έως υψηλή πλαστικότητα (παχεία άργιλος, ιλυούχα εδάφη κ.λ.π) με ορ. υδαρ. LL>50.	<u>ΔΕΝ</u> <u>ΕΙΔΙΚΟΥΣ</u> <u>ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ</u>	<u>ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΕΤΑΙ</u> <u>ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙ</u> <u>ΛΑΜΒΑΝΟΥΜΕ</u>	<u>ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ</u> <u>ΚΟΥΣ .</u> <u>Ε' = 0</u>	<u>ΚΑΘΟΡΙΣΤΕΙ ΑΠΟ</u>
Λεπτοκοκκα εδάφη με μέτρια έως καθόλου πλαστικότητα (αργιλούχος άμμος, λεπτόκοκκος άμμος, ισχνή άργιλος κ.λ.π) με λιγότερο από 25% χονδρά προσμίγματα και όριο υδαρ. LL<50.	3,5 (50)	14 (200)	28 (400)	70 (1000)
Λεπτοκοκκα εδάφη με μέτρια έως καθόλου πλαστικότητα με περισσότερα από 25% χονδρά προσμίγματα καθώς και χονδρόκοκκα εδάφη σε λιγότερο από 12% λεπτά προσμίγματα (αργιλοαμμώδη, χαλικοαμμώδη κ.λ.π) με όριο υδαρ. LL<50.	7 (100)	28 (400)	70 (1000)	140 (2000)
Χονδρόκοκκα εδάφη με λίγα ή καθόλου λεπτά προσμίγματα, λιγότερα από 12% (χαλικώδη εδάφη).	14 (200)	70 (1000)	140 (2000)	210 (3000)
Θρυμματισμένος βράχος	70 (1000)	210 (3000)	210 (3000)	210 (3000)
Ακρίβεια μεταξύ προκτιμηθείσας παραμπορφωσης και πραγματικής % (συν/πλην)	2	2	1	0,5

7. ΤΥΠΟΣ SPANGLER - IOWA

Για τον έλεγχο τασεων και παραμορφωσεων επιλυεται οπως παρακατω το υπερστατικο συστημα σωληνας - εδαφος.

7.1. Έλεγχος παραμορφωσης αγωγών

Με τον τροποποιημένο τύπο SPANGLER - IOWA της μεθόδου Marston υπολογίζεται η οριζοντια παραμορφωση του αγωγού.

Για μικρες παραμορφωσεις η κατακορυφη παραμορφωση θεωρειται κατα προσεγγιση ιση με την οριζοντια . Για μεγαλες παραμορφωσεις καθως και για αγωγους μικρης ακαμψιας η παραδοχη αυτη δεν ισχυει.

7.2. Τροποποιημενος τυπος SPANGLER - IOWA

$$y = \frac{DI \cdot k \cdot W_c + k \cdot W_s}{2 \cdot E} + \frac{0.061 \cdot E'}{3 \cdot (R-1)^3}$$

και

$$\Delta y = 100 \cdot y/D$$

y : παραμόρφωση αγωγού (cm)
 Δy : εκατοστιαία παραμόρφωση
 DI : αδιάστατος συντελεστής ο οποίος εκφράζει την υστέρηση της παραμόρφωσης.
 R : λόγος διαμέτρου προς πάχος αγωγού
 K : σταθερά εξαρτώμενη απο την γωνία εδράσεως
 W_c : Φορτία γαιών (kr/cm²)
 W_s : Κινητά φορτία (")
 E : μέτρο ελαστικότητας αγωγού (")
 E' : μέτρο αντιδράσεως γαιών (")

Στην εξισωση αυτη ο πρωτος ορος του παρονομαστη δηλωνει την επιδραση της ακαμψιας (stiffness) του ευκαμπτου αγωγου ενω ο δευτερος την επιδραση της παθητικης ωθησης των γαιων γυρω απο τον αγωγο.

Λαμβάνονται: $DI = 1.50$ και $K = 0.10$

7.3. Συντελεστής R

Οι τιμές του συντελεστή R για αγωγους PVC σειρας 41 δίνονται στον παρακάτω πίνακα

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (σε χιλιοστα)	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ (σε χιλιοστα)	Συντελεστής R
110	3.00	35.67
125	3.00	41.67
160	3.90	41.026
200	4.90	40.82
250	6.10	40.98
315	7.70	40.91
355	8.70	40.805
400	9.80	40.815
450	12.2	36.885
630	15.40	40.91

7.4. Άλλη εκφραση τροποποιημένου τυπου SPANGLER - IOWA

$\Delta\chi = \frac{CI * Cb * Wc}{0,149 * Ps + 0.061 * E'}$ <p>και</p> $Ps = E * I / 0.149 \text{ (m3)}$	<p>$\Delta\chi$: οριζοντια παραμόρφωση αγωγού (cm)</p> <p>CI : συντελεστής παραμόρφωσης</p> <p>Cb : συντελεστής εδρασης</p> <p>Wc : συνολικο κατακορυφο φορτιο</p> <p>E : μέτρο ελαστικότητας αγωγού</p> <p>E' : μέτρο αντιδράσεως γαιών</p>
--	--

Ο συντελεστής εδρασης Cb λαμβανεται συνηθως ισος με 0,083 τιμη η οποια αντιστοιχει σε γωνια εδρασης 180 μοιρων

ΓΩΝΙΑ ΕΔΡΑΣΗΣ (βαθμοι)	Cb
0	0,110
30	0,108
45	0,105
60	0,102
90	0,096
120	0,090
180	0,083

Ο συντελεστής παραμορφωσης CI λαμβανεται συνηθως ισος με την μοναδα.

7.5. Κατανομη κατακορυφων και οριζοντιων φορτιων

Η συνολικη κατακορυφη καταπονηση στην κορωνιδα του σωληνα παραλαμβάνεται :

- Κατα ενα μέρος από το εδαφος
- Κατα το υπολοιπο από τον σωληνα

Το κατακορυφο φορτιο που παραλαμβάνει ο σωληνας δινεται από τον τυπο

$$P_v = K_o * W_{o\lambda} / D_e$$

και

$$K_o = 1 - \sin\varphi$$

οπου

K_o : συντελεστής διανομης εξαρτωμενος από το υλικο εγκιβωτισμου του σωληνα

φ : η γωνια εσωτερικης τριβης του υλικου εγκιβωτισμου

$W_{o\lambda}$: το ολικο εξωτερικο κατακορυφο φορτιο (μονιμο + κινητο)

D_e : η εξωτερικη διαμετρος του σωληνα

Η οριζοντια αντιδραση δινεται από τον τυπο

$$Ph = k^* \times Pv$$

οπου ο συντελεστης κατανομης K^* δινεται από τον τυπο

$$K^* = 0.083 / (Ss + 0.066)$$

Ο συντελεστης Ss συσχετιζει τις ιδιοτητες του σωληνα (Rs) με αυτες του εδαφους (Bs)

$$Ss = Rs / Bs$$

οπου

$$Rs = E \cdot I / 3$$

και

$$Bs = 0.060 \cdot E' \cdot \varepsilon$$

Ο συντελεστης ε είναι διορθωτικος συντελεστης εξαρτωμενος από το υλικο επιχωσης.

Θεωρειται οτι ο συντελεστης Bs λαμβανει την τιμη $2,50 \text{ kgf/cm}^2$ για συμπυκνωση κατα PROCTOR σε συνθηκες βελτιστης υγρασιας και για την δυσμενη περιπτωση αργιλικου εδαφους.

Ο συντελεστης Ss δινεται και από την εκφραση

$$Ss = 1.20 \cdot E / E' \cdot (t / De)^3$$

7.6. Ροπη - Ταση

Η μεγιστη ροπη επι της διατομης του σωληνα δινεται από την σχεση :

$$M = Pv \cdot r^2 \cdot (m_0 + m_1 \cdot k)$$

οπου

$$m_0 = 0.25$$

$$m_1 = -0.1812$$

και r η μέση ακτινα του αγωγου

Η ταση δινεται από τον τυπο :

$$\sigma_{bz} = M \cdot e / 2J = 6 \cdot M / t^2$$

Η ταση δεν επιτρεπεται να υπερβαινει τα 105 kgf/cm^2 για σωληνες PVC σειρας 41

Η παραμορφωση του σωληνα μπορεί να υπολογιστει και από τον τυπο :

$$f = Pv \cdot r \cdot (-0.166 + 0.128 \cdot K^*) / Rs$$

8. ΜΕΘΟΔΟΣ GAUBE

Η μεταβολή του λόγου της καθετης παραμόρφωσης δv του σωλήνα προς την κάθετη παραμόρφωση του εδάφους ϵb , σχετικά με το R_s .

$$\frac{\delta v}{\epsilon b} = \frac{R_s}{A * R_s + B}$$

όπου δv = η μεταβολή της καθετης παραμόρφωσης του σωλήνα % ($\delta v = \Delta \psi / D$)
 ϵb = η κάθετη παραμόρφωση του εδαφους
 R_s = ο λογος ακαμψίας
 A, B = Εμπειρικές σταθερές

Η κάθετη παραμόρφωση του εδάφους ισούται με

$$\epsilon b = P / E_b$$

όπου ϵb = η κάθετη παραμόρφωση του εδαφους
 P = τα συνολικά υπερκείμενα φορτία (Kp/cm^2)
 E_b = το μετρο ελαστικότητας του εδάφους (Kp/cm^2)

Με βάση τον λόγο $\delta v / \epsilon b$ και το ϵb που είναι το πηλίκο του συνολικού υπερκείμενου φορτίου δια το μέτρο ελαστικότητας του εδάφους μπορούμε να υπολογίσουμε την παραμόρφωση $\Delta \psi$ ενός σωλήνα με εξωτερική διάμετρο D

$$\delta v = \Delta \psi / D = (\delta v / \epsilon b) * \epsilon b$$

Ο συντελεστής ασφαλείας που χρησιμοποιούμε (επιτρεπτός συντελεστής ασφαλείας) για τον υπολογισμό είναι 2.

Επειδή τα πλαστικά παρουσιάζουν ερπυσμό (creep) η αρχική παραμόρφωση των πλαστικών σωλήνων που οφείλεται στα υπερκείμενα φορτία παρουσιάζει μια μικρή αύξηση με την πάροδο του χρόνου.

9. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΩΛΗΝΑ ΣΕ ΡΗΞΗ ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΕΩΣ (BUCLING STRENGTH)

Στην περίπτωση των ευκαμπτων σωληνων το κριτήριο για τον υπολογισμό της αντοχής σωληνα σε ρηξη υπο την επιδραση εξωτερικης πιεσεως είναι η υδροστατική πίεση που εξασκείται από τον υψηλό υδατινό ορίζοντα.

Το ύψος της στήλης του εδάφους που μπορεί να προκαλέσει ρήξη του σωλήνα είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το βάθος που συνήθως τοποθετούνται οι αγωγοί υπονόμων.

Εξ' άλλου το ύψος της επιχώσεως που προκαλεί παραμορφώσεις μεγαλύτερες από τις επιτρεπτές 5%-6% είναι κατα πολύ μικρότερο από το ύψος που προκαλεί ρήξη του σωλήνα.

Όταν ο σωλήνα υποστηρίζεται από το έδαφος επιχώσεως τότε η αντοχή του στην ρήξη αυξάνεται αρκετά, ανάλογα με τη φύση και τον βαθμό συμπίεσεως του εδάφους.

Γενικά η αύξηση της αντοχής είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος του μέτρου ελαστικότητας του εδάφους (E_B) προς το μέτρο ελαστικότητας του σωλήνα (E_R).

(Το βάθος τοποθέτησης των πλαστικών σωληνων μεσα στο έδαφος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 15m).

Για τους παραπάνω λογους δεν απαιτειται συνηθως ο υπολογισμος αντοχης σωληνα σε ρηξη υπο την επιδραση εξωτερικης πιεσεως.

Το «buckling strength» των πλαστικών σωληνων εξετάζεται στην περίπτωση τοποθέτησης σε έδαφος με υψηλό υδατινό ορίζοντα ή μέσα σε ποτάμια, λίμνες κ.λ.π και δίνεται από την εξίσωση:

$$P_{KO} = \frac{E_{RL}}{4 \cdot (1 \pm \mu^2)} \cdot \left(\frac{S}{r_m} \right)^3$$

όπου:

P_{KO} = «buckling strength» του σωλήνα που τοποθετείται μέσα στο νερό (kp/cm^2)

E_{RL} = Το μέτρο ελαστικότητας του σωλήνα για μεγάλα χρονικά διαστήματα καταπόνησης (kp/cm^2)

S = Το πάχος του σωλήνα (cm)

μ = Ο λόγος του Poisson που στην περίπτωση του uPVC είναι 0,38 του HDPE 0,4 .

Στην περίπτωση των ελικοειδών σωληνων το «buckling strength» δίνεται από την εξίσωση:

$$P_{KO} = \frac{24 \cdot E \cdot I}{(1 - \mu^2) \cdot D m^3}$$

Όταν ο σωλήνας υποστηρίζεται από το έδαφος επιχώσεως, τότε η αντοχή του στην ρήξη αυξάνεται αρκετά, ανάλογα με την φύση και το βαθμό συμπίεσεως του εδάφους. Γενικά η αύξηση της αντοχής είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος του μέτρου ελαστικότητας του εδάφους (E_B) προς το μέτρο ελαστικότητας του σωλήνα (E_R).

Στην περίπτωση επομένως που έχουμε τοποθέτηση αγωγού μέσα στο έδαφος ισχύει η εξίσωση:

$$P_{K1} = P_{KO} \cdot f_s$$

όπου:

P_{K1} = «buckling strength» του σωλήνα μέσα στο έδαφος κάτω από την επίδραση εξωτερικής υδροστατικής πίεσεως.

P_{KO} = «buckling strength» του σωλήνα μέσα στο νερό.

f_s = συντελεστής προστασίας του σωλήνα.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ f_s ΓΙΑ ΣΩΛΗΝΕΣ uPVC ΚΑΙ HDPE

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α. Π. Υπηρεσία Αποχετευσης	Σελ. 78
---------	-------------------------------------	---------

ΠΙΕΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΧΩΡΙΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΕΓΚΙΒΩΤΙΣΜΕΝΟΥ ΣΕ ΜΠΕΤΟΝ
3,2	3,0	1,5	4,0
4,0	2,8	1,2	4,0
5,0	2,4	1,0	4,0
6,0	2,3	1,0	4,0
10,0	1,2	1,0	4,0

Τέλος το γεγονός ότι ο σωλήνας παραμορφώνεται κάτω από την επίδραση των υπερκείμενων φορτίων έχει μια επίδραση στο «buckling strength» του.

Σε αυτή την περίπτωση ισχύει η εξίσωση:

$$P_{K2} = P_{KO} \cdot f_s \cdot f_a$$

όπου:

f_a = είναι ένας συντελεστής παραμορφωσης που στην περίπτωση που έχουμε ελλειπτική παραμόρφωση του σωλήνα ισούται με:

$$f_s = \left(\frac{1-\delta}{(1+\delta)^2} \right)^3$$

Ο συντελεστής ασφαλείας για το «buckling strength» του σωλήνα δίνεται από την εξίσωση:

$$s = \frac{P_{K2}}{P_w}$$

Όπου s ο συντελεστής ασφαλείας, P_{K2} η αντοχή σε ρηξη του σωλήνα (Κρ/cm²) και P_w η υδροστατική πίεση του υδατίνου οριζοντα πάνω στον σωλήνα. Η υδροστατική πίεση δίνεται από την εξίσωση :

$P_w = \gamma \cdot H_w$ όπου γ το ειδικό βάρος του νερού και H_w το υψος πάνω από τον πυθμένα του αγωγού στο οποίο ευρίσκεται ο υδροφορος οριζοντας.

Το βάθος στο οποίο επέρχεται ρηξη όταν δεν υπάρχει υδατίνος οριζοντας είναι $H = P_b/\gamma$ όπου:

$$P_b = 1.15 \cdot \sqrt{P_{K2} \cdot E_B}$$

Το βάθος τοποθέτησης όχι μεγαλύτερο των 15 μ.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ PVC ΣΕΙΡΑΣ 41

		1m		2m		3m		4m		5m		6m		7m		8m		ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ			ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΑΘΟΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΣΕ ΝΕΡΟ (m)	
Δεξ	Proctor %							ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ (%)											Υ.Ο. (m)			
		SLW 30	SLW 60	SLW 30	SLW 60	SLW 30	SLW 60	SLW 30	SLW 60	SLW 30	SLW 60	SLW 30	SLW 60	SLW 30	SLW 60	SLW 30	SLW 60	SLW 30		SLW 60		
	85	3,53	5,55	3,28	4,30	3,63	4,37	3,82	4,34	3,94	4,32	4,04	4,31	4,10	4,31	4,13	4,30	9,0	8,5	7,5	8,4	5,2
110	90	1,75	2,75	1,63	2,13	1,80	2,16	1,89	2,15	1,95	2,14	2,00	2,13	2,03	2,13	2,04	2,13	10,6	10,3	9,7	10,2	5,2
	92	1,39	2,19	1,29	1,69	1,43	1,72	1,50	1,71	1,55	1,70	1,59	1,70	1,61	1,70	1,63	1,69	10,9	10,7	10,2	10,6	5,2
	85	3,89		3,63	4,75	4,03	4,84	4,24	4,82	4,39	4,81	4,50	4,81	4,57	4,81	4,61	4,80	5,9	5,5	4,8	5,4	3,5
125	90	1,89	2,98	1,77	2,31	1,96	2,35	2,06	2,34	2,14	2,34	2,19	2,33	2,22	2,34	2,24	2,34	7,0	6,8	6,4	6,8	3,5
	92	1,50	2,36	1,40	1,83	1,55	1,86	1,63	1,85	1,69	1,85	1,73	1,85	1,76	1,85	1,78	1,85	7,3	7,1	6,8	7,1	3,5
	85	4,08		3,84	5,01	4,27	5,12	4,52	5,13	4,70	5,14	4,83	5,15	4,92	5,17	4,98	5,18	4,7	4,4	3,9	4,3	2,9
160	90	1,97	3,10	1,85	2,42	2,06	2,47	2,18	2,47	2,27	2,48	2,33	2,48	2,37	2,49	2,40	2,50	5,7	5,5	5,2	5,5	2,9
	92	1,56	2,45	1,46	1,91	1,63	1,95	1,72	1,95	1,79	1,96	1,84	1,96	1,88	1,97	1,90	1,97	5,9	5,8	5,5	5,7	2,9
	85	4,09		3,87	5,04	4,34	5,19	4,62	5,22	4,82	5,26	4,97	5,29	5,08	5,32	5,14	5,34	4,7	4,3	3,9	4,2	2,9
200	90	1,98	3,10	1,87	2,43	2,09	2,50	2,23	2,52	2,32	2,54	2,40	2,55	2,45	2,57	2,48	2,58	5,7	5,5	5,2	5,4	2,9
	92	1,56	2,45	1,48	1,92	1,65	1,98	1,76	1,99	1,84	2,00	1,90	2,01	1,93	2,03	1,96	2,04	5,9	5,7	5,5	5,7	3,7
	85	3,88		3,69	4,80	4,17	4,97	4,46	5,03	4,68	5,09	4,85	5,15	4,97	5,20	5,05	5,24	6,2	5,6	5,1	5,5	3,7
250	90	1,89	2,96	1,80	2,34	2,03	2,42	2,17	2,45	2,28	2,48	2,36	2,51	2,42	2,53	2,46	2,55	7,4	7,0	6,7	7,0	3,7
	92	1,50	2,35	1,43	1,85	1,61	1,92	1,72	1,94	1,81	1,97	1,87	1,99	1,92	2,01	1,95	2,02	7,7	7,4	7,1	7,3	3,7
	85	3,89		3,74	4,84	4,25	5,05	4,58	5,15	4,83	5,25	5,03	5,33	5,18	5,41	5,28	5,47	6,2	5,5	5,1	5,4	3,7
315	90	1,89	2,97	1,89	2,36	2,07	2,46	2,23	2,51	2,36	2,56	2,45	2,60	2,52	2,64	2,57	2,67	7,4	7,0	6,8	7,0	3,7
	92	1,50	2,35	1,44	1,87	1,64	1,95	1,77	1,99	1,87	2,03	1,94	2,06	2,00	2,09	2,04	2,11	7,7	7,4	7,1	7,3	3,7
	85	3,89		3,78	4,89	4,34	5,14	4,72	5,29	5,02	5,43	5,26	5,56	5,44	5,67	5,57	5,76	6,3	5,4	5,2	5,3	3,7
400	90	1,90	2,97	1,85	2,38	2,12	2,51	2,30	2,58	2,45	2,65	2,57	2,71	2,65	2,77	2,72	2,81	7,5	7,0	6,8	6,9	3,7
	92	1,51	2,35	1,46	1,89	1,68	1,99	1,82	2,04	1,94	2,10	2,03	2,15	2,10	2,19	2,15	2,22	7,8	7,3	7,2	7,3	3,7
	85	3,93		3,85	4,96	4,46	5,26	4,90	5,46	5,25	5,66	5,54	5,83	5,76	5,99	5,92		6,2	5,2	5,1	5,1	3,7
500	90	1,91	2,99	1,88	2,42	2,17	2,56	2,39	2,66	2,56	2,76	2,70	2,84	2,80	2,92	2,89	2,98	7,4	6,8	6,7	6,7	3,7
	92	1,52	2,37	1,49	1,91	1,72	2,03	1,89	2,11	2,03	2,19	2,14	2,25	2,22	2,31	2,29	2,36	7,7	7,1	7,1	7,1	3,7
	85	3,94		3,91	5,02	4,58	5,38	5,08	5,64	5,49	5,90	5,83						6,2	5,0	5,1	4,9	3,7
630	90	1,92	2,99	1,91	2,45	2,23	2,62	2,47	2,75	2,67	2,88	2,84	2,99	2,98	3,09	3,08	3,17	7,4	6,7	6,7	6,6	3,7
	92	1,52	2,37	1,51	1,94	1,77	2,08	1,96	2,18	2,12	2,28	2,25	2,37	2,36	2,45	2,44	2,51	7,7	7,1	7,1	7,0	3,7

ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΕΛΙΚΟΕΙΔΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ PVC

		1m		2m		3m		4m		5m		6m		7m		8m		ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ				ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΑΘΟΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΣΕ ΝΕΡΟ (m)
ΟΝΟΜ ΔΙΑΜ. (mm)	Proctor %							ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ (%)											Υ.Ο. (m)			
		SLW 30	SLW 60	SLW 30	SLW 60	SLW 30	SLW 60	SLW 30	SLW 60	SLW 30	SLW 60	SLW 30	SLW 60	SLW 30	SLW 60	SLW 30	SLW 60	SLW 30		SLW 60		
	85	2,90	4,51	2,88	3,69	3,38	3,97	3,75	4,17	4,06	4,36	4,32	4,59	4,53	4,70	4,69	4,83	24,2	20,6	20,9	20,4	16,8
600	90	1,50	2,34	1,50	1,92	1,75	2,06	1,95	2,16	2,11	2,26	2,24	2,36	2,35	2,44	2,43	2,51	27,4	25,2	25,4	25,0	16,8
	92	1,21	1,88	1,52	1,54	1,41	1,65	1,56	1,74	1,69	1,82	1,80	1,89	1,89	1,96	1,96	2,02	28,1	26,3	26,5	26,2	16,8
	85	3,87		3,90	4,98	4,64	5,42	5,21	5,76	5,71								8,1	6,3	6,7	6,2	6,1
800	90	1,89	2,94	1,91	2,44	2,27	2,65	2,55	2,82	2,79	2,99	3,00	3,15	3,18	3,29	3,31	3,41	9,7	8,5	8,8	8,4	6,1
	92	1,50	2,34	1,53	1,93	1,80	2,10	2,02	2,24	2,22	2,37	2,38	2,49	2,52	2,61	2,63	2,70	10,0	9,0	9,3	9,0	6,1
	85	3,84	5,97	3,93	4,99	4,72	5,49	5,36	5,91	5,93								8,5	6,3	7,0	6,2	6,4
1000	90	1,89	2,93	1,93	2,45	2,32	2,69	2,63	2,90	2,91	3,11	3,16	3,30	3,36	3,47	3,54	3,63	10,1	8,7	9,2	8,7	6,4
	92	1,50	2,32	1,53	1,94	1,84	2,14	2,09	2,30	2,31	2,46	2,50	2,62	2,67	2,76	2,81	2,88	10,5	9,3	9,7	9,3	6,4
	85	3,86	5,98	3,98	5,05	4,83	5,60	5,54										8,5	6,1	7,0	6,0	6,4
1200	90	1,89	2,93	1,95	2,48	2,37	2,75	2,72	2,98	3,03	3,23	3,31	3,45	3,55	3,66	3,76	3,85	10,1	6,6	9,2	8,5	6,4
	92	1,50	2,33	1,55	1,96	1,88	2,18	2,16	2,37	2,40	2,56	2,63	2,74	2,82	2,91	2,98	3,05	10,5	9,2	9,7	9,1	6,4