



## ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΠΑΤΡΩΝ

ΑΚΤΗ ΔΥΜΑΙΩΝ 48 – Τ.Κ. 26333 ΠΑΤΡΑ

ΤΗΛ. 2610 366100 FAX 2610 325790 e-mail: [sewage@deyap.gr](mailto:sewage@deyap.gr)

<b>Έργο</b>	<b>"Κατασκευή - ανακατασκευή αγωγών αποχέτευσης και εξωτερικών διακλαδώσεων Δήμου Πατρέων - 2017(Β)"</b>
<b>Κωδικός μελέτης</b>	<b>15.96.120</b>



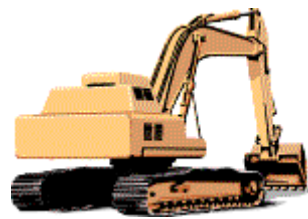
## ΤΕΥΧΟΣ 6: ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ - ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

6.1.	ΓΕΝΙΚΑ – ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΑΝΑΔΟΧΟΥ
6.2.	ΣΤΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΩΛΗΝΩΝ ΑΠΟ ΠΡΟΚΑΤ/ΝΟΥΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΣΩΛΗΝΕΣ
6.3.	ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΩΛΗΝΩΝ PVC, HDPE
6.4.	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΝΩΣΗΣ
6.5.	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΡΗΞΗ ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ
6.6.	ΣΤΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΦΡΕΑΤΙΩΝ ΑΠΟ ΠΡΟΚΑΤ/ΝΟΥΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΣΩΛΗΝΕΣ
6.7.	ΣΤΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ Ε1-Ο, Ε2-Ο και Ε3-Ο
6.8.	ΣΤΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΧΥΤΩΝ ΦΡΕΑΤΙΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ Ε3, Ε4 και Ε5

Πράξη	Όνομα	Ημ/νία	Υπογραφή
Σύνταξη	Χρήστος Λύκουρας Πολιτικός Μηχανικός		
	Κων/νος Πανουτσόπουλος Πολιτικός Μηχανικός		
Έλεγχος Θεώρηση	Νικόλαος Χαραλαμπόπουλος Αγρ. Τοπογράφος Μηχανικός Προϊστάμενος Υπηρεσίας Αποχέτευσης		



## **6.1. ΓΕΝΙΚΑ – ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΑΝΑΔΟΧΟΥ**

## ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΑΝΑΔΟΧΟΥ

- Το τευχος αυτο συνταχθηκε με βαση τη μελετη Δαλλα από οπου 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 transmision 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)

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 3
---------	------------------------------------	--------



## **6.2. ΣΤΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**

σωληνων από προκατασκευασμένους 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 ενδιάμεσως 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 παρουμενωση 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 υπόψη, κατά περίπτωση, τα παρακάτω φορτία . Κατα περιπτωση επισης θα λαμβάνονται υπόψη 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 (rec) 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.

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 6
---------	------------------------------------	--------

### 3. ΙΣΧΥΟΝΤΕΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ - ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Οι σωληνες και τα εν γενει υλικά θα είναι σύμφωνα με τις Τεχνικές Προδιαγραφές της μελετης. Για τον σχεδιασμό και υπολογισμος των κατασκευών απο οπλισμένο σκυρόδεμα θα εφαρμόζονται οι ισχύοντες Ελληνικοι Κανονισμοι και Προδιαγραφες και εφ'οσον κάποιο αντικείμενο δεν καλυπτεται απο αυτους θα χρησιμοποιουνται οι ξενοι Κανονισμοι μετα από συμφωνη γνώμη της Υπηρεσίας.

### 4. ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΑΝΑΔΟΧΟΥ

Στην περίπτωση κατα την οποιαν κατα την χαραξη του αγωγου απο την Υπηρεσία επι των προσκομισθεντων απο τον Αναδοχο κατα μηκος τομων η κατα την διαρκεια της κατασκευης παραστει αναγκη να τοποθετηθει καποιος αγωγος αποχετευσης σε βαθος διαφορετικο αυτου της μελετης η σε διαφορετικο πλατος ορυγματος τοτε ο Αναδοχος οφειλει να υποβαλλει στην Υπηρεσία προς εγκριση πληρως αιτιολογημενη προταση μετα των αναγκαιων υπολογισμων για την ασφαλη τοποθετηση των σωληνων.

Ομοιως ο Αναδοχος είναι υποχρεωμενος να υποβαλλει τευχος με τους απαιτητους στατικούς υπολογισμους για οποιαδηποτε νεα κατασκευη προκυψει αναγκη να κατασκευαστει κατα την πορεία του έργου η σε περίπτωση σοβαρης αλλαγης διαστάσεων, υλικων κ.λ.π. οποιουδηποτε δομικου τμηματος το οποίο προβλεπεται στην μελετη.

Σε περίπτωση κατα την οποία εκ των εργαστηριακων δοκιμων αποδειχθει οτι ο βαθμος συμπίεσης του υλικου επιχώσης του ορυγματος είναι μικροτερη του 95% κατα PROCTOR τοτε περαν και ανεξαρτητως των αλλων προβλεπομενων κυρσεων σε βαρος του Αναδοχου τουτος υποχρεουται οπως αποδειξει με βαση την μεθοδολογια και τις παραδοχες της παρουςας μελετης οτι για τον συγκεκριμενο βαθμο συμπυκνωσης δεν υφισταται κινδυνος αστοχιας του αγωγου. Στην περίπτωση κατα την οποιαν καταδειχτει οτι υφισταται τετοιος κινδυνος ειτε λογω κακης συμπυκνωσης η για οποιαδηποτε άλλη αιτια, ο Αναδοχος είναι υπευθυνος για την αποκατασταση του με ευθυνη, φροντιδα και δαπανη του.

Λογω των αλλαγων στους Κανονισμους (Σκυροδεματος, Αντισεισμικο κ.α.) ο Αναδοχος υποχρεουται, χωρις καμμία προσθετη αμοιβη η αποζημιωση η δαπανη να ελέγξει τους στατικούς υπολογισμους των χυτων επι τοπου αγωγών της μελετης με την χρηση των νεων Κανονισμων. Τυχον αυξηση των διατομων του σκυροδεματος η 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 υπ'όψη τόσο στον σχεδιασμό όσο και στην κατασκευη και επίβλεψη του έργου:

- Το υλικό του εδαφους κοιτοστρωσης και εγκιβωτισμου αλλα και τελικης επιχώσης πρεπει να είναι κυρίως μη συνεκτικό έδαφος με καλη κοκκομετρικη διαβαθμιση.
- Η συμπίεση του εδάφους να είναι για καθε ειδος εδαφους 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.

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 7
---------	------------------------------------	--------



- 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 απο τα ελάχιστα αυτά βάθη πρέπει να λαμβάνονται οπωσδήποτε πρόσθετα μέτρα. Σε καμμία περίπτωση δεν τοποθετούνται πλαστικοί αγωγοί σε βάθος μεγαλύτερο των 15m. Στην περίπτωση γραμμών τραίνου και αεροδρομίων το ελάχιστο καλύψεως πρεπει να είναι  $H > 1.50 \cdot D$  και οπωσδηποτε  $H$  ισο ή μεγαλυτερο των 1.20 m .
- Τα πλαστικά υλικά παρουσιάζουν με την πάροδο του χρόνου το φαινόμενο του ερπυσμού (creep) και τούτο πρέπει να ληφθεί υπ'όψη στην εκλογή τιμής του μέτρου ελαστικότητας του αγωγού.
- Η επιρροη της αντιστηριξης κατα την φαση της ανασυρσης της ειναι σημαντικη και πρεπει να τηρουνται τα μετρα που περιγραφονται παρακατω.
- 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 καταδείξει ως απαγορευτική την τοποθέτηση συγκεκριμένου αγωγού στο επιθυμητό βάθος πρέπει:

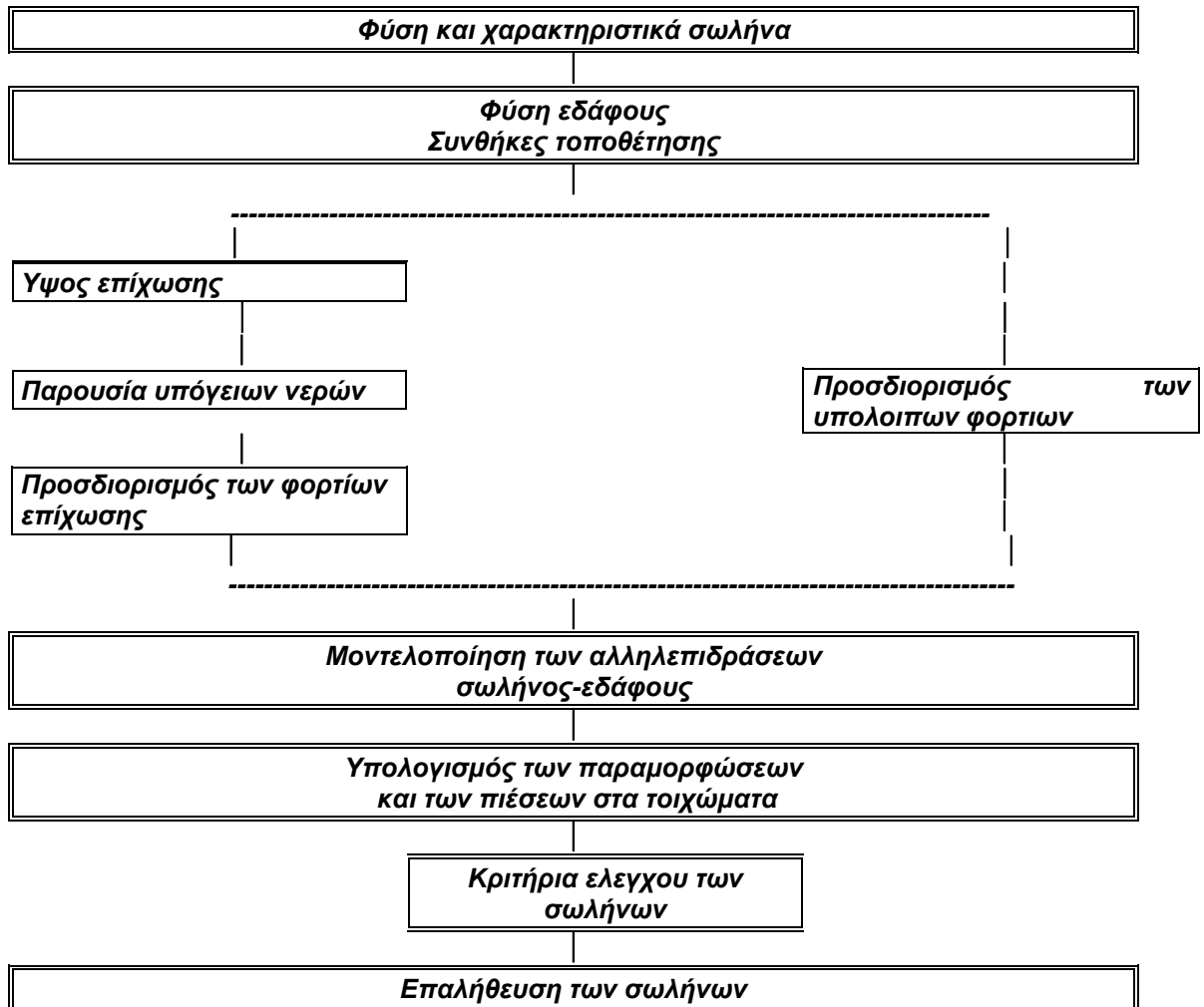
- να εξετασθεί εκ νέου η αντοχή του αγωγού με πλέον συμπυκνωμένο υλικό επιχώσεως.
- να εξετασθεί η δυνατότητα κατασκευής στενότερου ορυγματος (εαν βεβαιως υπαρχει δυνατότητα εργασίας σε αυτο το στενότερο όρυγμα με ασφαλη παραμονη και εργασια των εργαζομενων ) και να επανεξεταστεί η αντοχή του αγωγού για συνθηκη στενου ορυγματος.
- να γίνει επιλογή άλλου σωληνα από ιδιο υλικο αλλα μεγαλυτερης αντοχης
- να γίνει επιλογή άλλου σωληνα από αλλα 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 συγκριση οικονομικών κυρίως δεδομένων και τεχνικών χαρακτηριστικών και δυνατοτητων.

Σημειώνεται ότι για τον υπολογισμό στην περίπτωση επένδυσης των αγωγών με σκυρόδεμα εξ'ολοκλήρου δεν λαμβάνεται υπ'όψη η αντοχή του σωλήνα καθοσον τα φορτια αναλαμβανονται εξολοκληρου από το κελυφος του σκυροδεματος.

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 8
---------	------------------------------------	--------

## 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 :

$RIG = 8 (1 - V_s^2) \frac{ras_i}{E_s} - 0.1$ (βραχυπροθεσμο)	$E_s$ μετρο ελαστικοτητας εδαφους $E_t$ μετρο ελαστικοτητας σωληνα
	$V_s$ λογος Poisson
	$ras_i$ ειδικη ακαμψια δακτυλιου
$ras_i = E_t \cdot I / Dm$	$I$ ροπη αδρανειας διατομης σωληνα
	$Dm$ 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 ιδιατερα 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

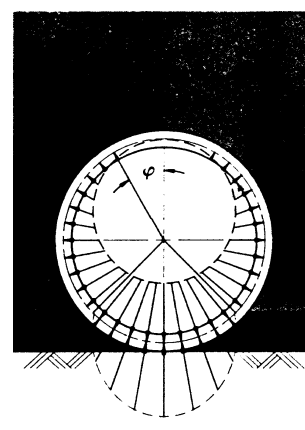
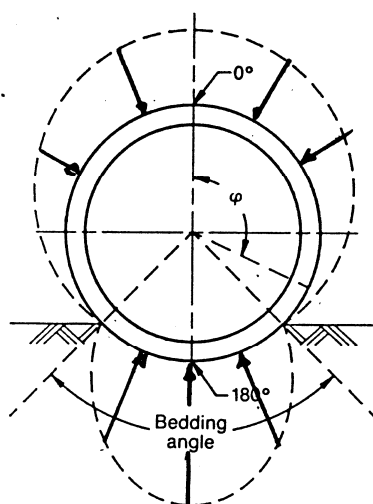
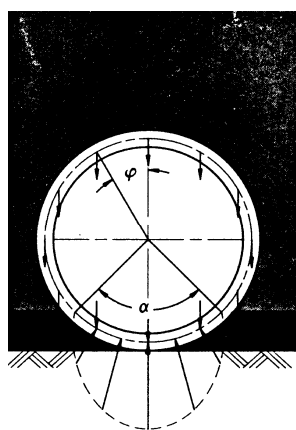
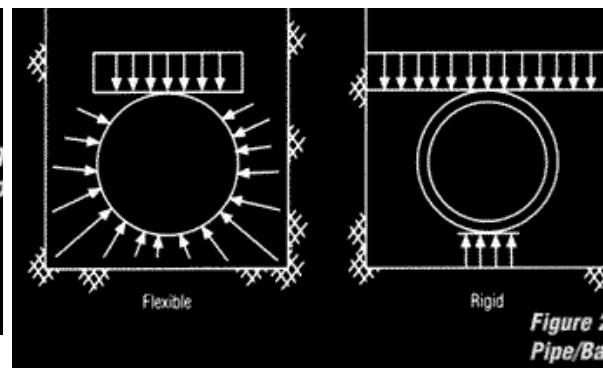
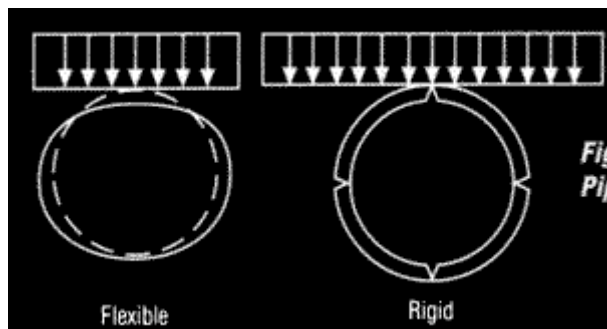
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΩΛΗΝΩΝ- ΕΓΚΙΒΩΤΙΣΜΟΥ

ΕΥΚΑΜΠΤΟΙ  
(FLEXIBLE)

ΑΚΑΜΠΤΟΙ  
(RIGID)

ΕΥΚΑΜΠΤΟΙ  
(FLEXIBLE)

ΑΚΑΜΠΤΟΙ  
(RIGID)

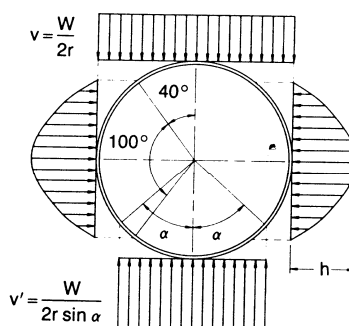
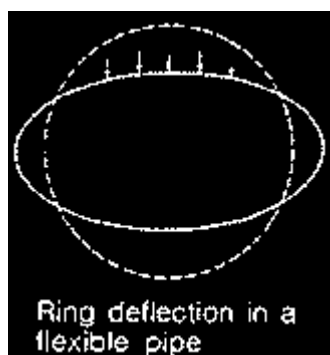


ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ

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, σιράγγα 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.

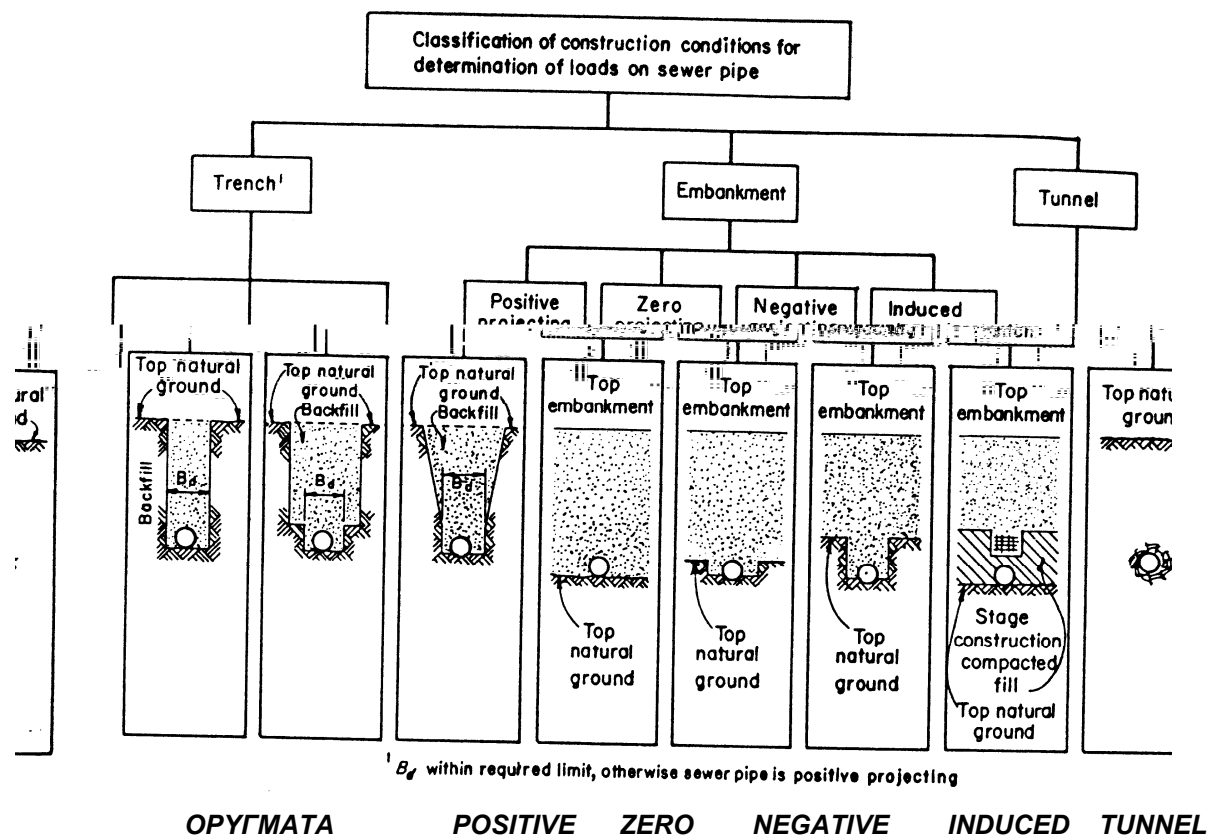
Υπαρχουν επισης αλλα δεν αναλυονται στο παρον τευχος η γαλλικη μεθοδος FASCICULE 70 και η γερμανικη (ATV A 127)

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

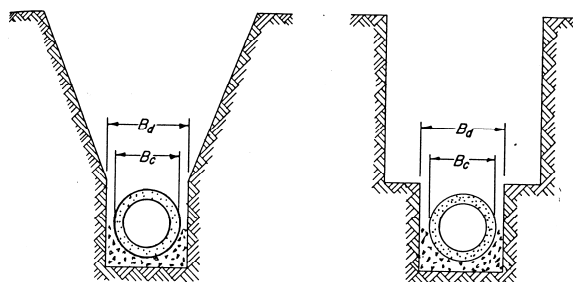
## Γ. ΤΡΟΠΟΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΣΩΛΗΝΩΝ

### 1. ΤΡΟΠΟΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ

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



(α) Το ορυγμα μπορεί να έχει :



- Κατακορυφα τοιχωματα ή
- Κεκλιμμενα τοιχωματα στο συνολο τους ή στο ανω τμημα τους ή
- Συνθετη (για τοποθετηση περισσοτερων του ενός σωληνων) διατομη.

Μπορει επισης το ορυγμα να ειναι αντιστηριγμενο ή οχι.

(β) Η τοποθέτηση σε επιχώμα διακρίνεται στις παρακάτω περιπτώσεις (επισημαίνεται ότι λόγω της ελλείψης αντιστοιχών ελληνικών ορων κρατήσαμε την αμερικανική ορολογία) ητοι :

- *Positive projecting pipe* : Τοποθέτηση του σωληνα στο φυσικο εδαφος και κατασκευη επιχώματος πανω από αυτον
- *Zero projecting pipe* : Τοποθέτηση του σωληνα σε ορυγμα μεχρι την κορυφη του και κατασκευη επιχώματος πανω από αυτον
- *Negative projecting pipe* : Τοποθέτηση του σωληνα σε ορυγμα μεχρι επανω από την κορυφη του και κατασκευη επιχώματος πανω από αυτον. Οσο μεγαλυτερη η αποσταση του χείλους του ορυγματος επανω από την κορυφη του σωληνα τοσο μεγαλωνουν οι δυναμεις τριβης που ανακουφίζουν τον αγωγο.
- *Induced trench pipe* : Ειδικη μεθοδος τοποθέτησης η οποια χρησιμοποιειται προκειμενου να μειωθουν τα φορτια σε αγωγο εντος επιχώματος αυνηθιστα μεγαλου υψους. Αρχικα εγκαθισταται ο αγωγος ως "positive projecting" και στην συνεχεια κατασκευαζεται το επιχώμα εως πανω από την κορυφη του σωληνα και συμπυκνωνεται τελεια. Εν συνεχεια ενα ορυγμα ιδιου πλατους με την εξωτερικη διαμετρο του σωληνα σκαβεται κατευθειαν πανω από τον αγωγο εως (ή πλησιον) της κορυφης του. Το ορυγμα αυτο επιχωνεται με συμπιεστο υλικο.

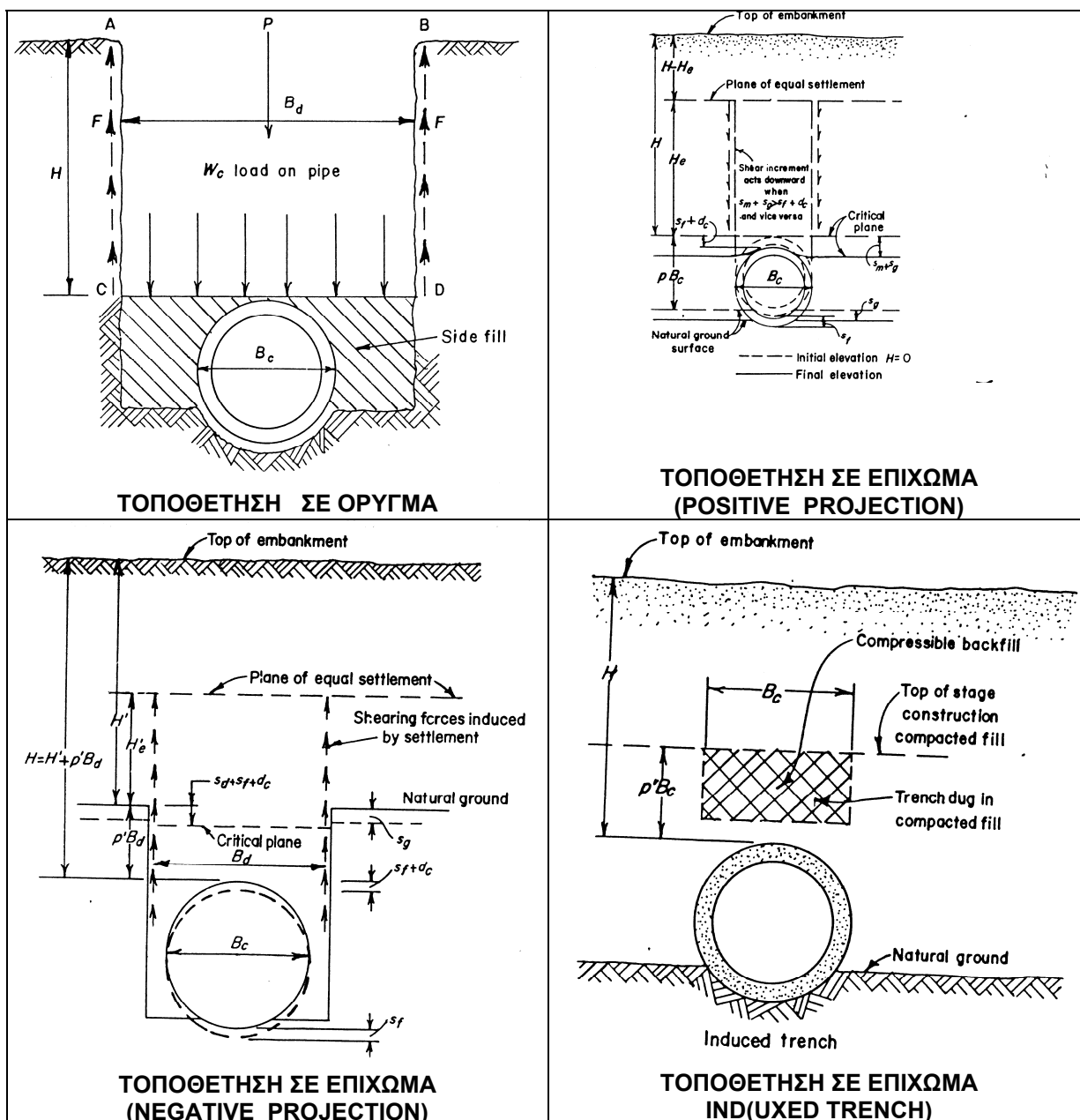
Σε περιπτωση που το πλατος του ορυγματος μεγαλωσει σημαντικα (ή αντιστοιχα το βαθος τοποθέτησης ειναι μικρο σε σχεση το πλατος) τοτε θεωρουμε (οπως αναλυτικα θα εξετασουμε παρακατω) οτι ο σωληνας εχει τοποθετηθει σε επιχώμα (ή κατα αλλη ορολογία σε "πλατυ ορυγμα" ) και επιλυεται με τον αντιστοιχο τροπο.

## 2. ΣΥΝΘΗΚΗ ΟΡΥΓΜΑΤΟΣ - ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ

Η τοποθέτηση του αγωγου σε "στενο" ορυγμα η "πλατυ" ορυγμα η επιχώμα επιδρα σημαντικα στην αντοχη του αγωγου . Η επιδραση αυτη εντοπιζεται στην επιδραση των διατμητικων δυναμεων των τοιχωματων του ορυγματος η των παραπλευρων επιφανειων γενικότερα . Στην περιπτωση " στενου ορυγματος " οι διατμητικες αυτες δυναμεις τριβης επιδρουν ευνοικα διοτι λειτουργουν αντιθετα με τα φορτια γαιων. Κατα γενικο κανονα οι αγωγοι ( και κυριως οι ακαμπτοι) εχουν μεγαλυτερη ακαμψια από το περιβαλλον εδαφος και θα φερουν το συνολο των εξασκουμενων φορτιων εαν οι επιχωσεις τις πλευρες του πυθμενα δεν εχουν υποστει συμπυκνωση.

Αντιθετα σε " πλατυ ορυγμα " η επιχώμα οι καθιζησεις του εξωρραχιου του αγωγου ειναι σημαντικα μικροτερες των καθιζησεων του υλικου επιχώσης παραπλευρως του αγωγου με αποτελεσμα στις δημιουργουμενες κατακορυφες επιφανειες ολισθησεως να δημιουργουνται δυναμεις τριβης οι οποιες επιφορτιζουν προσθετως τον αγωγο. Στην θεωρητικη περιπτωση κατα την οποιαν το εδαφος διπλα από τον αγωγο καθιζανει ισα με αυτον δεν θα ειχαμε δημιουργια επιφανειων ολισθησης και ο αγωγος θα εφερε ακριβως το φορτιο γαιων .

Εαν ομως οι καθιζησεις του εδαφους πλευρικα του σωληνα ειναι μεγαλυτερες αυτων του εξωρραχιου του σωληνα τοτε αυτος επιβαρυνεται με συμπληρωματικα φορτια. Αντιθετως εαν ο σωληνας υποχωρει περισσοτερο από το περιβαλλον εδαφος τοτε οι αναπτυσσομενες δυναμεις τριβης στις επιφανειες ολισθησης δρουν ανακουφιστικα 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 ισχύει 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 συνεχεια θα αναφερεται η συνθηκη στενου ορυγματος και σαν συνθηκη "T" η δε συνθηκη πλατιου ορυγματος η επιχωματος και σαν συνθηκη "E".



### 3. ΤΥΠΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ ΟΡΥΓΜΑΤΟΣ

Το πλάτος του ορυγματος μετρείται πάντα στο επίπεδο της κορυφής του σωληνα. (Για συνθετες διατομες περιγραφεται παρακατω σε αλλο κεφαλαιο η μεθοδολογια που ακολουθειται)

Από τους Ευρωπαϊκους κανονισμους δινονται για το απαιρητο ελαχιστο πλάτος ορυγματος οι παρακατω δυο πινακες:

- Πλάτος ορυγματος συναρτησει βαθους αυτου

Βαθος ορυγματος (m)	Ελαχιστο πλάτος 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

- Πλάτος ορυγματος συναρτησει διαμετρου αγωγου

Ονομαστικη διαμετρος αγωγου (mm)	Αντιστηριζομενο ορυγμα	Μη αντιστηριζομενο ορυγμα	
(mm)	-----	$\beta > 60$ μοιρων	$\beta = < 60$ μοιρων
$225 \geq D_n$	$OD + 0,40$	$OD + 0,40$	$OD + 0,40$
$225 < D_n \leq 350$	$OD + 0,50$	$OD + 0,50$	$OD + 0,40$
$350 < D_n \leq 700$	$OD + 0,70$	$OD + 0,70$	$OD + 0,40$
$700 < D_n \leq 1200$	$OD + 0,85$	$OD + 0,85$	$OD + 0,40$
$0200 < D_n$	$OD + 1,00$	$OD + 1,00$	$OD + 0,40$

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

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

Επισημαινεται παντως οτι το συμβατικο πλάτος 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 ανάσυρσης της αντιστήριξης και το σχετικο πάχος αυτης 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:

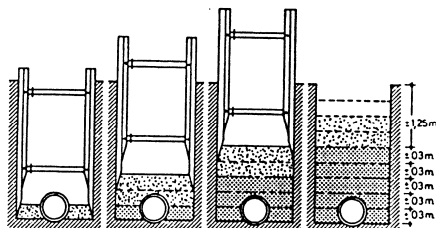
Τύπος αντιστήριξης
Εγκιβωτισμός ή σανιδότοιχος που απομακρύνεται σταδιακά κατά στρώσεις επίχωσης πριν την συμπίκνωση κάθε μιάς

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 περιπτωση κατα την οποιαν υπαρχει 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  $\gamma = 10 \text{ κΝ/μ}^3$

## Δ. ΥΛΙΚΑ ΚΟΙΤΟΣΤΡΩΣΗΣ - ΕΓΚΙΒΩΤΙΣΜΟΥ - ΕΠΙΧΩΣΗΣ

### I. ΓΕΝΙΚΑ

Συνήθως μπορούμε να διακρίνουμε το έδαφος στις παρακατω βασικές κατηγορίες ητοι:

- Βραχος
- Μη συνεκτικά εδάφη (αμμος, χαλίκες, λίθοι και μίγματα τους)
- Συνεκτικά εδάφη (αργίλος, πηλος και μίγματα τους)
- Οργανικά εδάφη (τυρφη, ιλύς από καθαρισμό λυματών, 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 ευρυτάτα χρησιμοποιούμενο στο παρελθόν περιέχεται στα DIN 4023 και DIN 18196. Σήμερα ολό και περισσότερο χρησιμοποιείται το αμερικανικό σύστημα "Unified Soil Classification System" (U.S.C.S).

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

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

Στο ASTM D-2321 δίνονται οι εξής τυποί υλικών :

ΕΙΔΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ $\gamma$ (Mp/m <sup>2</sup> )	ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ $\rho_r$
ΤΥΠΟΣ I Μη συνεκτικά χονδροκοκκα	2	35
ΤΥΠΟΣ II Μη συνεκτικά ψιλοκοκκα	2	30
ΤΥΠΟΣ III Συνεκτικά μικτα	2	25
ΤΥΠΟΣ IV Συνεκτικά εδάφη	2	20

Ακαταλληλα υλικά για χρήση σε οποιαδήποτε ζώνη του ορυγματος είναι τα υλικά που είναι ανομοιογενή, δεν επιδεχονται συμπύκνωση, περιέχουν επιβλαβείς ουσίες όπως παρακατω :

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

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

## II. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ

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

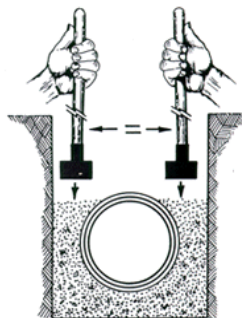
- Χωρίς συμπίεση : Όταν δεν χρησιμοποιηθούν καθόλου μέσα συμπίεσης ή όπου η συμπίεση δεν έχει ελεγχθεί ή υποβληθεί σε δοκιμή
- Με ελεγχόμενη συμπίεση : Όταν έχει γίνει έλεγχος της συμπίεσης. Στην περίπτωση αυτή ο κατασκευαστής υποβάλλει στον κύριο του έργου στοιχεία για τον τρόπο εκτέλεσης της εργασίας 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 Αναδόχου η συμπτυκνωση σε βαθμο 95% κατα PROCTOR.

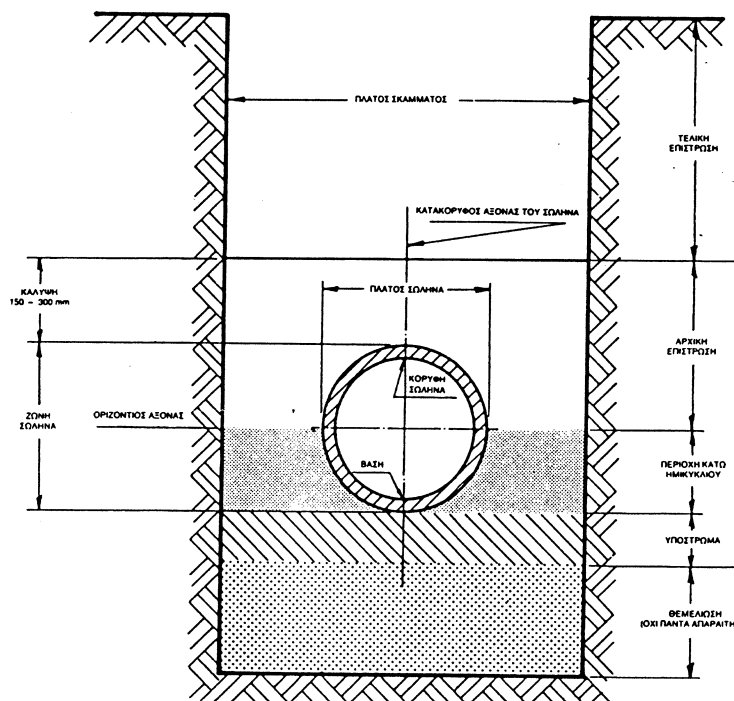
Η συμπτυκνωση πρεπει να γινει με τροπο και μηχανηματα καταλληλα ωστε να μην προκληθουν βλαβες στον σωληνα.

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



## 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  $18 \text{ kN/m}^3$  και για τις δυο ζωνες)
- Το μετρο ελαστικοτητας του εδαφους ( $E_s$  σε  $\text{Mpa}$ )
- 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 - εγκιβωβωτισμου
- Γωνια συμβατικης στηριξης σωληνα  $2\alpha$

## 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)

Κλαση 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 (fountain) : 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 βαριους 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 υπόψη 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 bacfill) :** Γενικά δεν επηρεάζει την στατική συμπεριφορά του αγωγού (εκτός της αύξησης ή μείωσης των φορτιών 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 δινετια το μετρο ελαστικοτητας η μετρο αντιδράσεως γαιών (E') αναλόγως του τύπου εδάφους επιχώσεως και του βαθμού συμπίκνωσης κατά Proctor. Είναι φανερό ότι η ποιότητα της εφρασης και του εγκιβωτισμου αυξανει σημαντικα απο πανω προς τα κατω στον πινακα αυτο. Τα υλικά τελευταίων κατηγοριών πρέπει κατα κανονα να αποφευγονται. Στον πινακα αυτον δεν περιλαμβανεται με οποιονδηποτε τροπο καποιος συντελεστης ασφαλειας. Συνιστάται δε σε περιπτωση 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	Ειδικo βαρος Mp/m3	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 εγκιβωτισμος (οπως αναφερεται στα τευχη δημοπρατησης) του αγωγου πρεπει να επεκτεινεται μεχρι 0.30 m πανω απο το εξωρραχιο του αγωγου.*

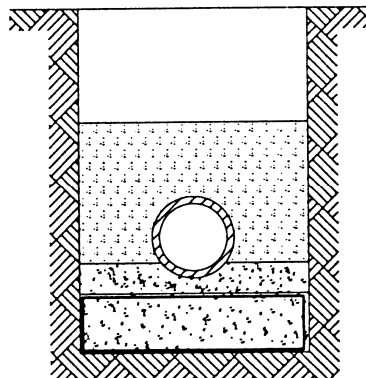
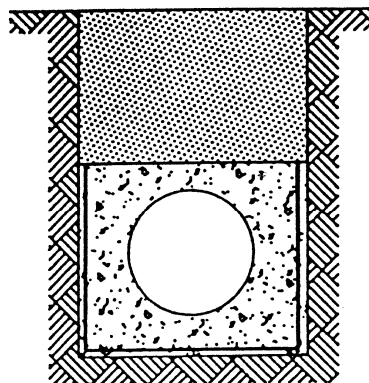
V . ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΑΓΩΓΟΥ

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

⇒ Εκσκαφή και εξυγίανση του υποκειμένου εδαφους με καταλληλα υλικά

⇒ Τοποθέτηση γεωυφασματος Το καταλληλο γεωυφασμα μπορεί να αντιμετωπισει καταλληλα τοποθετημενο διαφορα προβληματα (ανωση αγωγου, μεταναστευση υλικου εξυγίανσης και υλικου κοιτοιστρωσης και εγκιβωτισμου, βελτίωση της μηχανικής συμπεριφοράς της σωληνογραμμής). Το γεωυφασμα τοποθετείται εις τροπον ώστε είτε να περικλείει την αντιστοιχη ζωνη (κλειστη διατομή) είτε να ακολουθει τα τοιχωματα τηςεκσκαφής (ανοικτη διατομή).

⇒ Αντληση με διαφορους μεθοδους ή/και τοποθέτηση στραγγιστηριων σωληνων.





## Ε. ΦΟΡΤΙΑ

### 1. ΦΟΡΤΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΓΩΓΟΥ

Το φορτίο λειτουργίας του αγωγού υπολογίζεται από 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 Συντελεστές $r, p$

- Συντελεστής  $p$  (projection ratio) για τοποθέτηση σε επιχώματα: Είναι ο λόγος της κατακόρυφης απόστασης της άνω γενετειρας του σωλήνα από 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. Από το προσημο 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 πριματος 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 πριματος 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 φυσικου εδαφους και κορυφης σωλήνα (πρισμα γαιων  $p \cdot B_c$ )

$S_g$  η καθίζηση του φυσικου εδαφους (παρακειμενες γαιες)

$S_f$  η καθίζηση του αγωγου

$d_c$  η μεταβολή (παραμορφωση) του υψους του αγωγου λογω της συμπίεσεως την οποιαν υφισταται

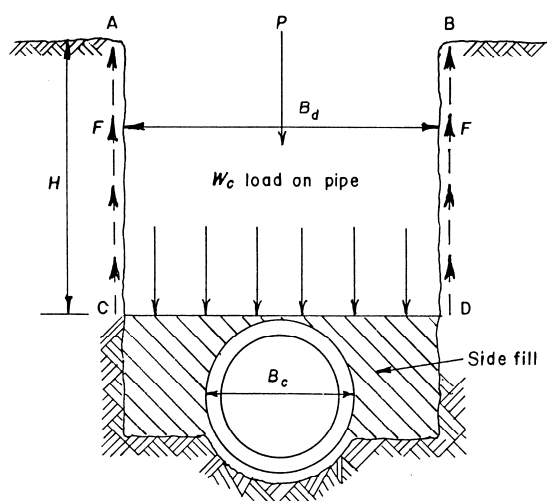
Όταν  $r > 0$  τότε οι δυνάμεις τριβής κατευθύνονται προς τα κάτω και επιβαρύνουν τον σωλήνα.

- 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 αυτου επιπεδου προσιοριζεται εξισωνοντας την ολικη ταση των γαιων πανω από τον

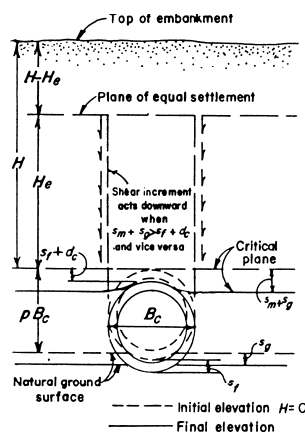
ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 24
---------	------------------------------------	---------

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").

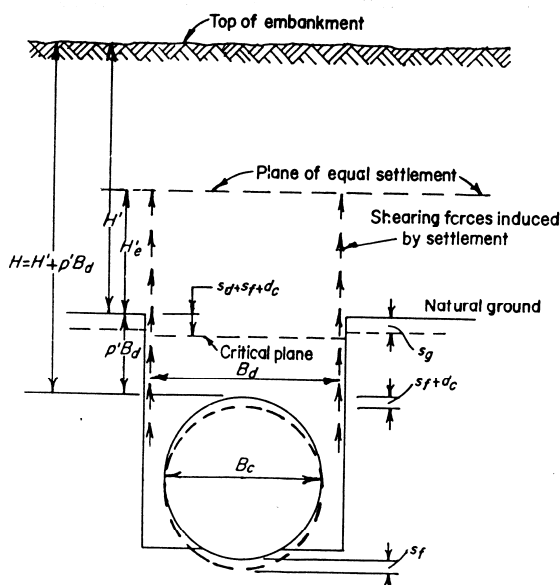
ΕΙΔΟΣ ΑΓΩΓΟΥ	ΕΔΑΦΟΣ	ΤΙΜΗ $r$
Ακαμπτos	Βραχωδεις ή ανυποχωρητη εδραση	+1,00
"	Συνηθης εδραση	+0,50 ~ +0,80
"	Υποχωρησιμη εδραση	0,00 ~ +0,50
"	Negative projecting εγκατασταση	-0,30 ~ -0,50
Ευκαμπτos	Μικρη συμπίεση πλευρικων γαιων	-0,40 ~ 0,00
"	Καλη συμπτκνωση πλευρικων γαιων	0,00



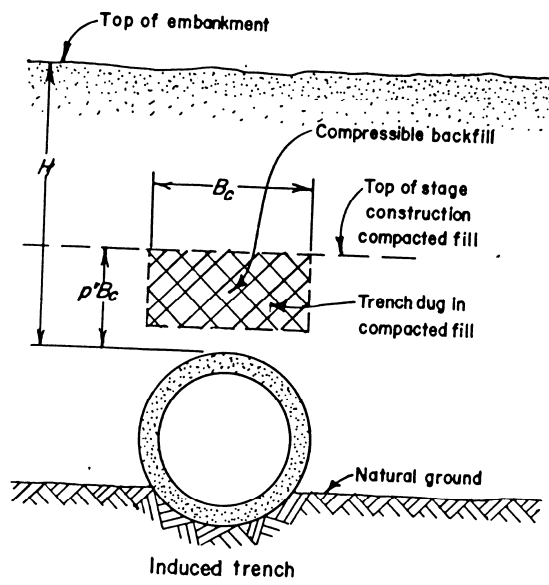
ΟΡΥΓΜΑ



POSITIVE PROJECTING



NEGATIVE 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  $B_{dop}$ . 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  $H_{op}$ .

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  $r * p$  όπου:

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

## ΟΡΙΑΚΑ ΥΨΗ ΕΠΙΧΩΣΗΣ

$d$ (mm)	$B_c$ (m)	$B_d$ (m)	$B_c/B_d$	$H_{op}/B_c$	$H_{op}$ (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

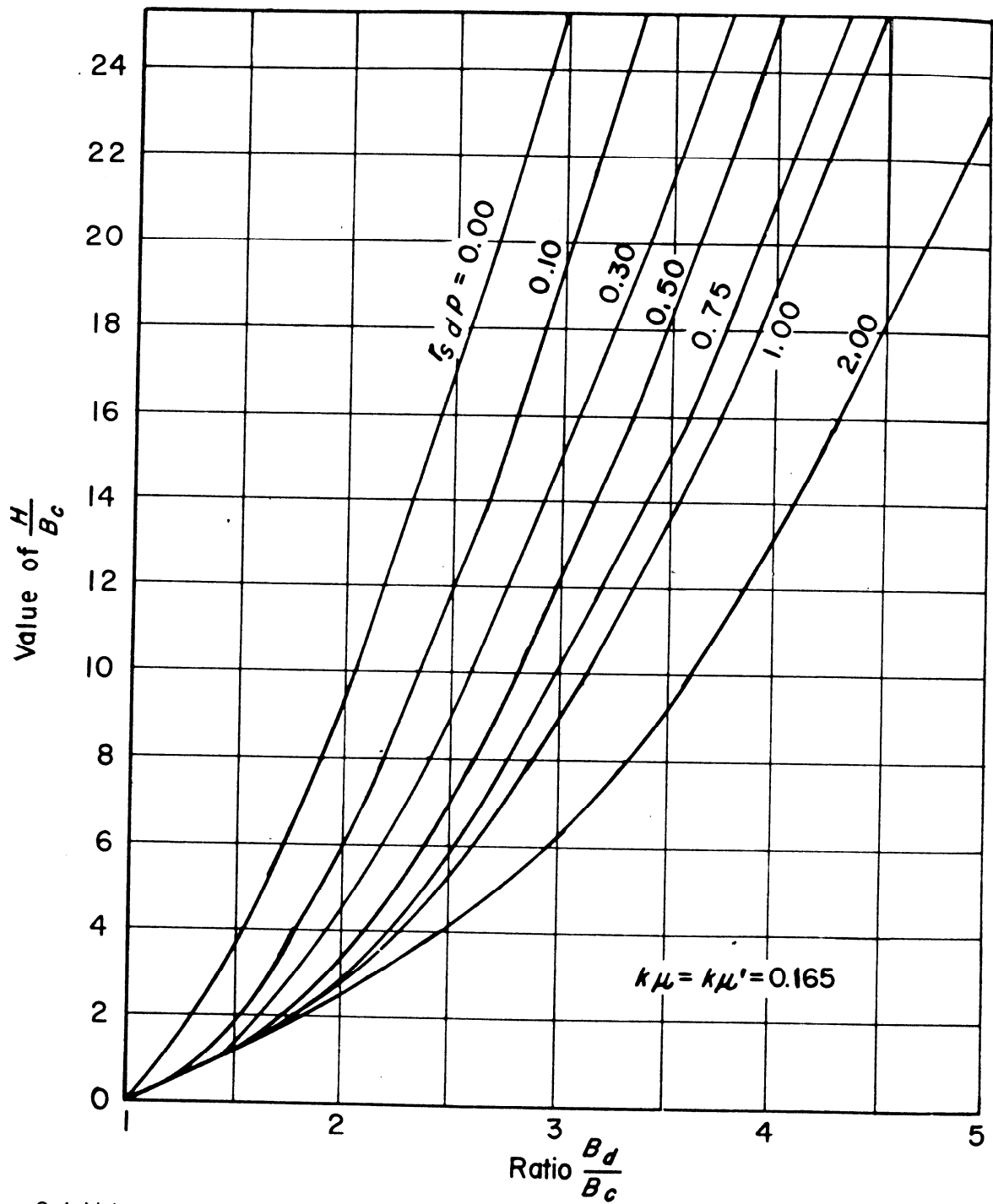
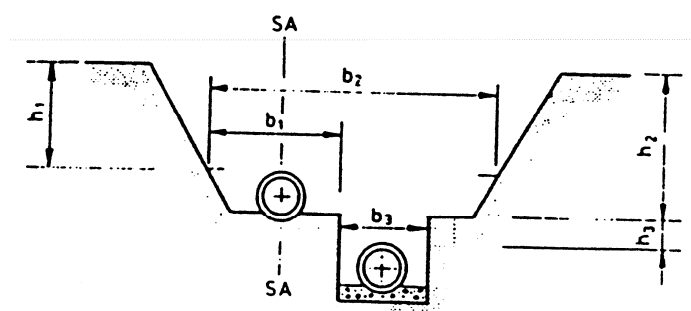


Fig. 9.4 Values of  $B_c/B_d$  at which earth pressures are equal

### 2.3. Ειδικες μορφες ορυγματος

- 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 μορφη 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  <math>\gamma</math> : 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 H/B.</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 "πλατιου 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  $H/B_d$  και το υλικό επίχωσης, είναι δε:

$Cd = \frac{1 - e^{-\frac{H}{2 \cdot k \cdot \mu'}}}{2 \cdot k \cdot \mu'}$	<p><math>e</math> : βάση φυσικών λογαριθμικών</p> <p><math>H</math> : ύψος επιχώσης</p> <p><math>\mu</math> : συντελεστής εσωτερικής τριβής υλικού</p>
<p>επιχώσης</p> <p><math>\mu = \tan \phi = (1 - \sin \phi) / (1 + \sin \phi)</math></p> <p><math>\mu' = \tan \phi' = (1 - \sin \phi') / (1 + \sin \phi')</math></p>	<p><math>\mu'</math> : συντελεστής εσωτερικής τριβής υλικού</p>
<p>επίχώσης -</p> $k = \frac{(\mu^2 + 1)^{0.50} - \mu}{(\mu^2 + 1)^{0.50} + \mu}$	<p>παρειών ορύγματος (<math>\mu' \leq \mu</math>)  </p>
<p>κατακόρυφα</p>	<p><math>k</math> : λόγος Rankine πλευρικών φορτίων προς</p>

Η τιμή του συντελεστού  $Cd$  μπορούν να ληφθούν είτε από το διαγράμμα είτε από τον πίνακα που ακολουθούν

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

ΕΔΑΦΟΣ	$K_{\mu}, K_{\mu'}$
κοκκώδη υλικά χωρίς συνοχή	0,1924
αμμος, χαλίκι	0,165
κορεσμένα υλικά	0,150
συνήθης αργίλλος	0,130
κορεσμένη αργίλλος	0,110

και για την γωνία  $\phi$

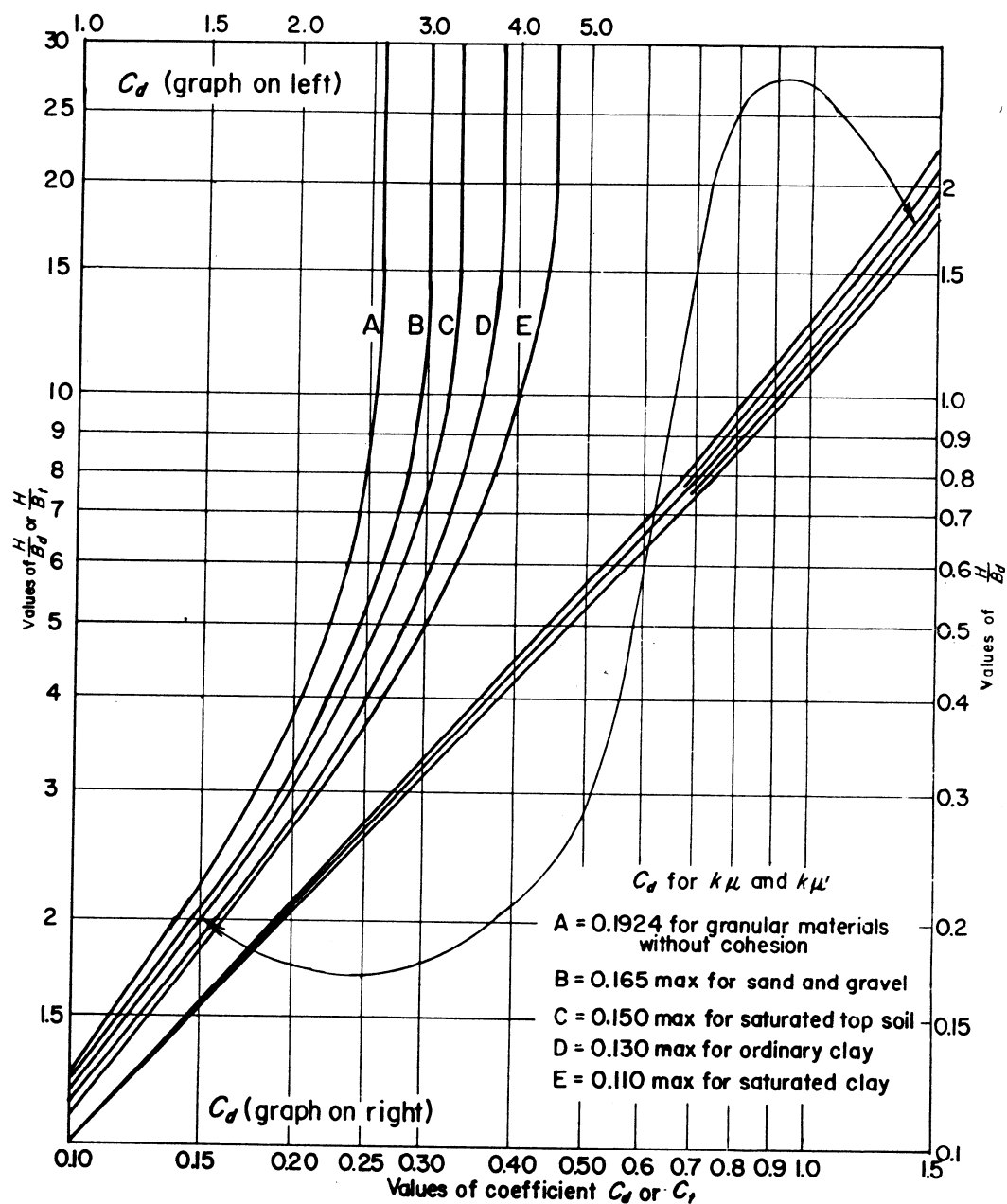
ΕΔΑΦΟΣ	$\phi$ (μοίρες)
φυσική υγρή αργίλλος	$12 < \phi < 15$
αργίλλοαμμώδη υλικά	$15 < \phi < 20$
χαλαρά κοκκώση υλικά	$20 < \phi < 37$

**Συντελεστής Cd (φορτίο γαιών για τοποθέτηση σε ορυγμα)**

ΛΟΓΟΣ H/B <sub>d</sub>	ΚΟΚΚΩΔΗ ΥΛΙΚΑ ΧΩΡΙΣ ΣΥΝΟΧΗ K <sub>μ</sub> =K <sub>μ'</sub> =0,192 4	ΑΜΜΟΣ ΚΑΙ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ K <sub>μ</sub> =K <sub>μ'</sub> =0,165	ΥΓΡΟ ΕΠΙΧΩΜΑ K <sub>μ</sub> =K <sub>μ'</sub> =0,150	ΣΥΝΗΘΗΣ ΑΡΓΙΛΟΣ K <sub>μ</sub> =K <sub>μ'</sub> =0,130	ΥΓΡΗ ΑΡΓΙΛΟΣ K <sub>μ</sub> =K <sub>μ'</sub> =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 περίπτωση 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 περίπτωση αυτη λαμβανουμε  $k_m = 0,13$

$\rho'$  ειναι ο λογος της αποστασης της κορυφης του σωληνα από 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

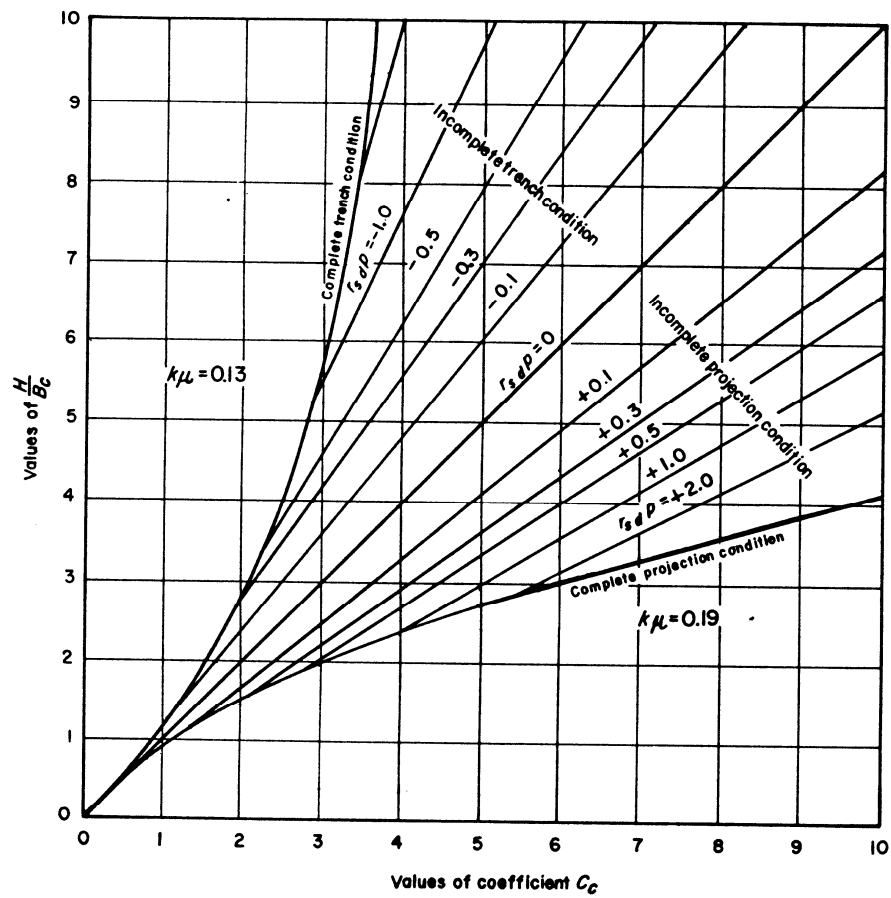
Περίπτωση "induced trench"

Ο γενικός τύπος του Marston μετασχηματίζεται σε:

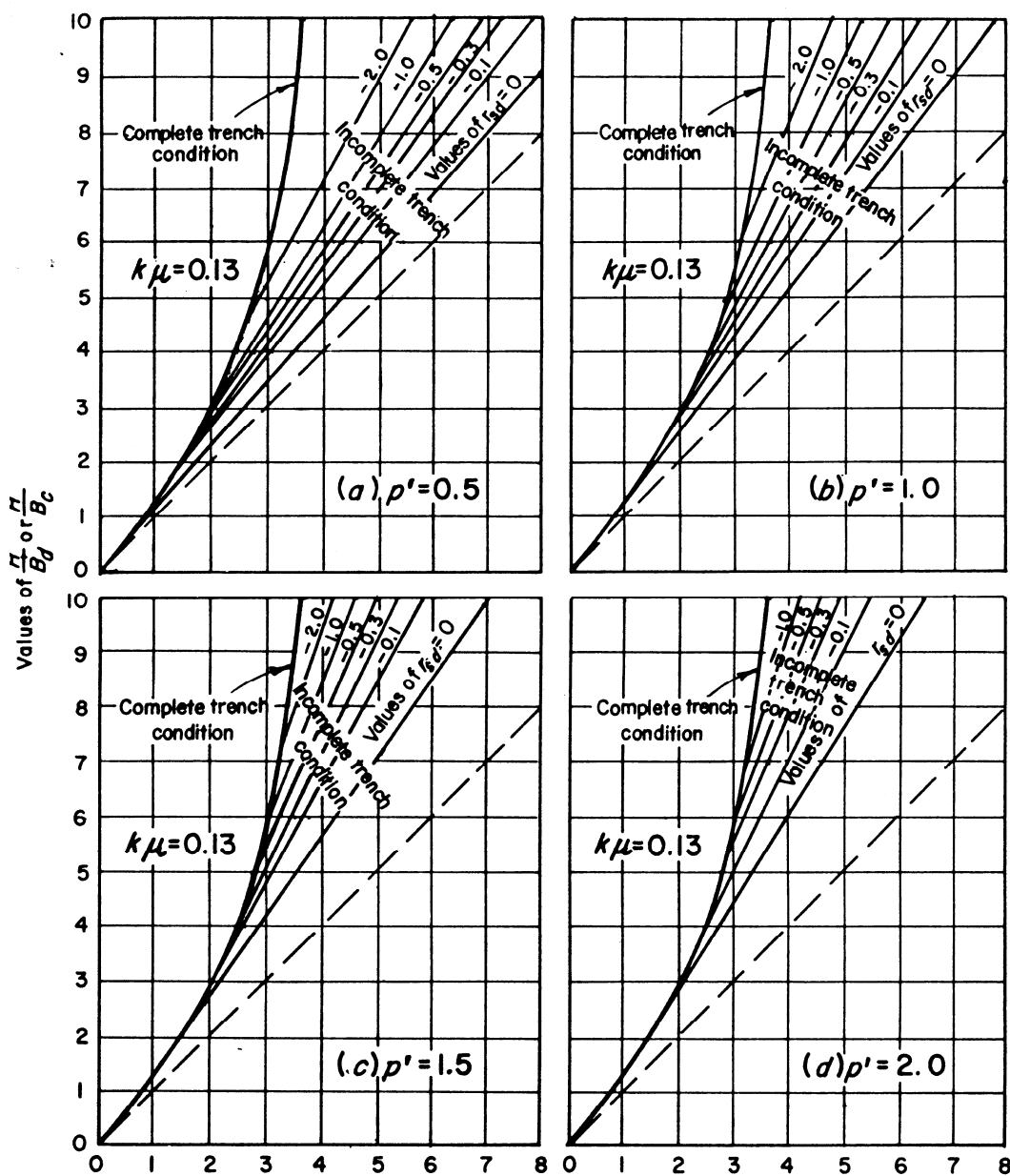
$$W = C_n * \gamma * B_c^2$$

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 μετασχηματίζεται σε:

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

Ο τυπος αυτος περιγραφεται ως φορτιο πρισματος γαιων.

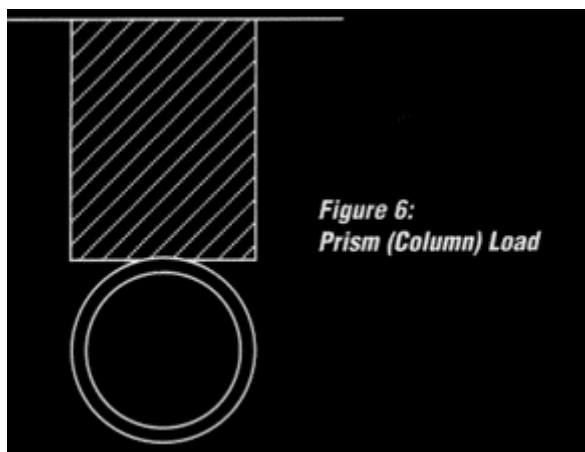


Figure 6:  
Prism (Column) Load

## 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 ( $\text{Mr/m}^2$ )

$\gamma$  = Ειδικό βάρος επιχώσεως ( $\text{Mr/m}^3$ )

$k$  = 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 κατά το γέμισμα της τάφρου

$B$  = Πλάτος της τάφρου (m)

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

γ. Εχουμε

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 35
---------	------------------------------------	---------

- καθετα κατασκευασμενα 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. Εχουμε 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. Πινακες 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  $P_n$  εξαρτώνται από την κυκλοφορία που υπάρχει στην περιοχή τοποθέτησης του αγωγού.

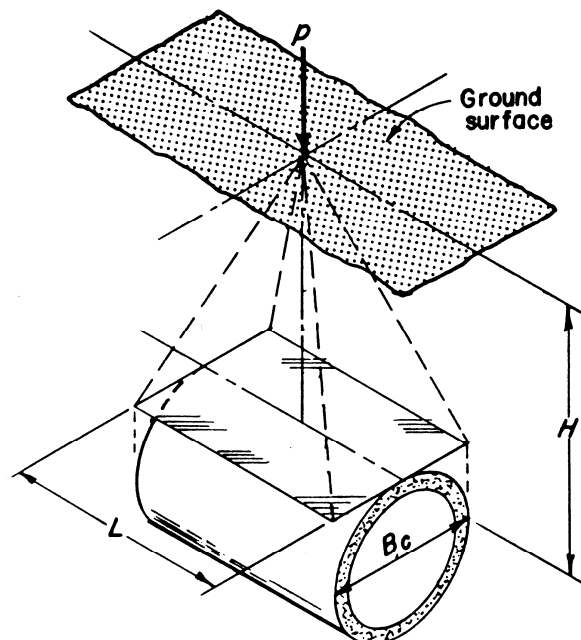
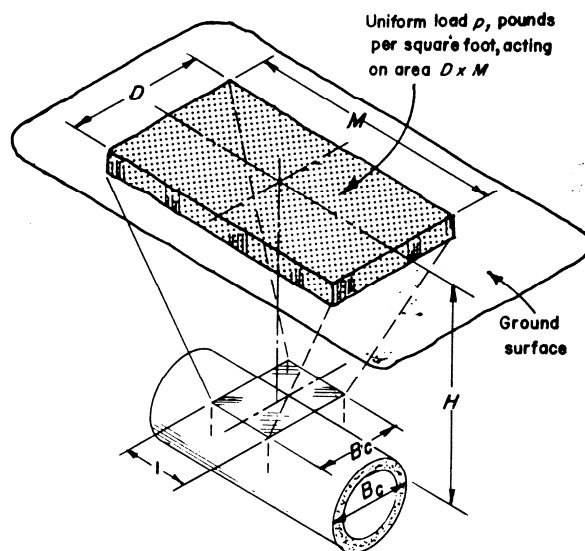
Όταν το υψος επιχώσης είναι μεγάλο (διστανται οι αποψεις σχετικά με τον προσδιορισμό του υψους το οποίο κυμαίνεται από 0,70 έως 2.00 μ.) τα κινητά φορτία υπολογίζονται ως ομοιομορφα κατανεμημένα. Σε αντίθετη περίπτωση (μικρό υψος επιχώσης) οι υπολογισμοί γίνονται λαμβανοντας υπόψη τα μεμονωμένα φορτία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

Εδώ διακρινουμε δυο περιπτώσεις υπολογισμού των κινητών φορτίων:

- (i) Κινητά φορτία σε μικρές επιχώσεις ( $H \leq 0.70 \text{ m}$ )
- (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 τοπου 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

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

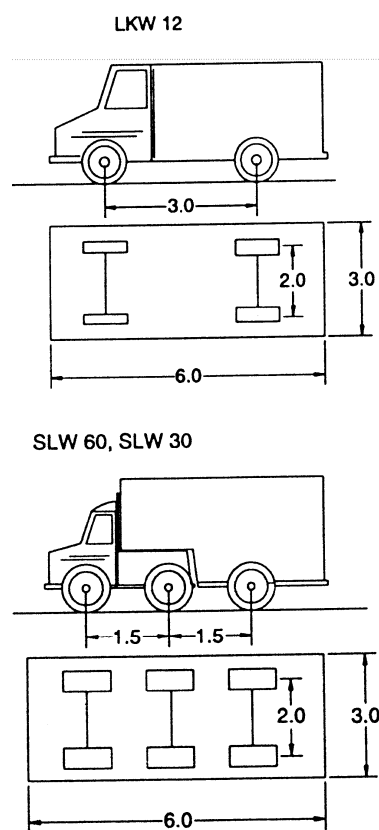
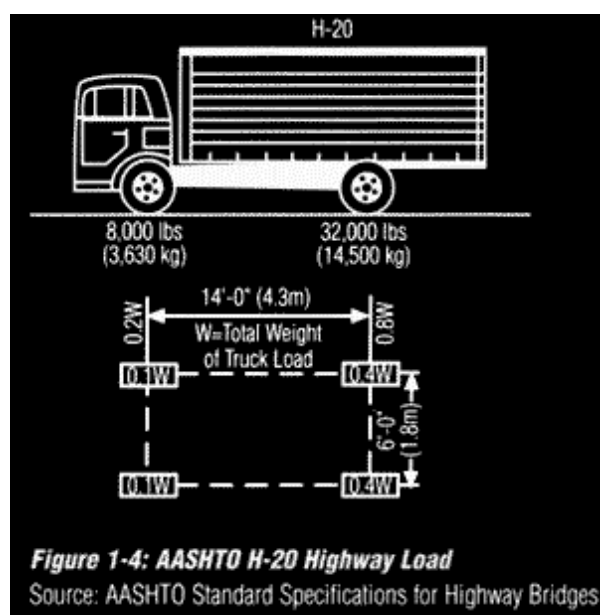
ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 37
---------	------------------------------------	---------

4. Διαβαση κατω από σιδηροδρομικές γραμμές
5. Τοποθέτηση σε διαδρομους αεροδρομιων

Για την αστική κυκλοφορία με βάση τους γερμανικούς κανονισμούς διακρίνουμε :

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 εάν απαιτείται θα λαμβάνεται υπ'όψη το 1/2 του φορτίου 60t. Θα θεωρείται δε ότι το κέντρο βάρους 1ου οχήματος απέχει 1,0m από το οδόστρωμα.



**ΦΟΡΤΙΟ H -20 της AASHTO**  
**ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ**

**ΦΟΡΤΙΑ ΓΕΡΜΑΝΙΚΩΝ**

Στον παρακατω πίνακα φαίνονται τα φορτία κυκλοφορίας που χρησιμοποιούν διάφοροι Κανονισμοί και το συνιστώμενο ελαχιστο βαθος αγωγών:

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 φορτία των γερμανικών κανονισμών (DIN 1072, ATV) δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

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

Για διαβάση κάτω από σιδηροδρομικές γραμμές θα λαμβανονται τα καταλλήλα φορτία (κατά μήκος και κατά 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 γενεί.

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

Ομοίως υπάρχουν διαφοροί κανονισμοί για τις φορτίσεις σε διαδρομούς αεροδρομίων.

### 3.3 Επίδραση ασφαλοταπτητα

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

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

Όπου  $d$  = Το πάχος του ασφαλοταπτητα (cm)

$Ed$  = Το μέτρο Ελαστικότητας του ασφαλοταπτητα (kp / cm<sup>2</sup>)

$Eb$  = Το μέτρο Ελαστικότητας του εδαφους (kp / cm<sup>2</sup>)

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 Υπολογισμος 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 :** Φορτίο Τροχού (t)  
**φ :** συντελεστής κρούσης  
**L :** επιτινόμενο μήκος σωλήνα.  
**Cs :** αδιάστατος συντελεστής

Ετσι για φορτίο SLW 30 λαμβανεται  $P=5\text{ t}$  και για SLW 60  $P=10\text{ t}$

Για το μήκος L έχει βρεθεί πειραματικά ότι συνήθως  $L \leq 0.90\text{ m}$  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 Cs είναι αδιάστατος συντελεστής εξαρτώμενος από τους λόγους  $Bc/(2*H)$  και  $L/(2*H)$ . Οι τιμές του συντελεστή Cs 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
Βαρειά 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 Ws γίνεται βάσει της σχέσης:

$$Ws = \varphi * \rho * Bc$$

ή κατ' άλλους

$$Ws = Cs * \varphi * \rho * Bc$$

οπου

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 40
---------	------------------------------------	---------

*ρ: τάση στην άνω παρειά αγωγού λόγω κινητών φορτίων. ( t/m<sup>2</sup> )*

*φ: συντελεστής κρούσης όπως παραπάνω*

*Για τον υπολογισμό της τάσης ρ δίνεται ο πίνακας Zsche ο οποίος πρέπει να χρησιμοποιείται μονον για βάθη > 0,70m διοτι σε μικροτερα βαθη δινει 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/m<sup>2</sup>) λόγω κινητών φορτίων**

**πινακας ZASCHKE**

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

<b>4. ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ ΣΩΛΗΝΩΝ - ΝΕΡΟΥ</b>
--------------------------------------

*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

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

Άοπλοι 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).

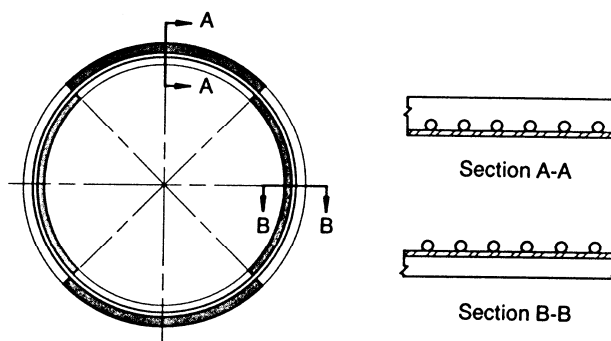
### 2. Προδιαγραφές τσιμεντοσωλήνων.

Οι παραπάνω τσιμεντοσωλήνες πρέπει να ε ίναι σύμφωνα με τις εξής προδιαγραφές:

- Την Πρότυπη Τεχνική Προδιαγραφή T110 «Αποχέτευση και αποστράγγιση έργων οδοποιΐας (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 σκαριφημα φαινονται οι περιοχές 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 άοπλοι	
					Σειράς 75 ή Πίνακα I	Σειράς 100 ή Πίν. II	Σειρας 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								

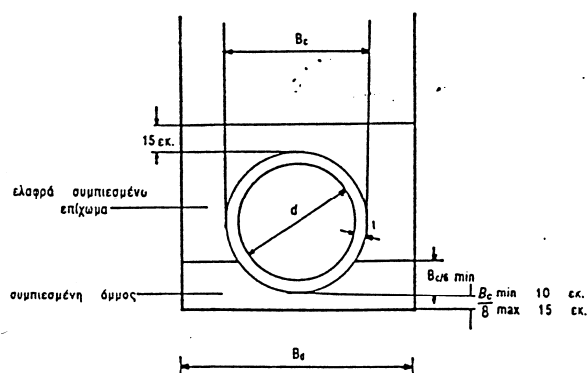
### 3. Αντικείμενο μελέτης

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.

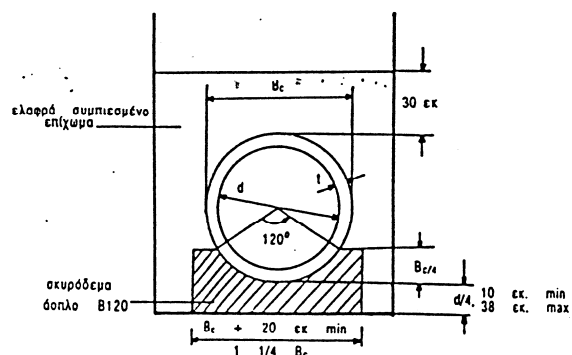
### 4. Τοποθέτηση τσιμεντοσωλήνων - Γεωμετρικά στοιχεία

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:

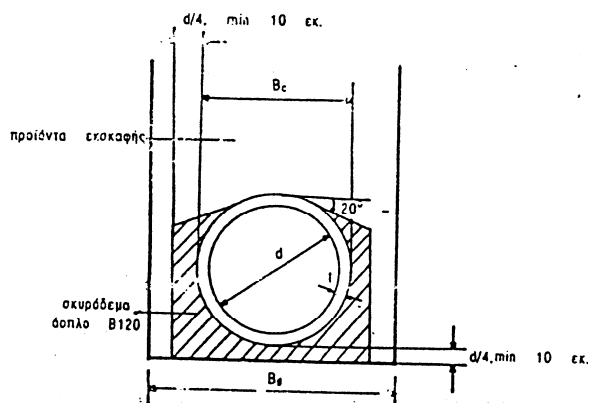
- Έδραση I : σε κλίνη άμμου ή υλικού της ΠΤΠ 0150 πάχους 0,20 μ. κατάλληλα συμπυκνωμένου.
- Έδραση II : σε άοπλο σκυρόδεμα B120 με επίκεντρη γωνία διανομής 120°.
- Έδραση III : εγκιβωτισμός σε άοπλο σκυρόδεμα B120 μέχρι την άνω γενέτειρα του σωλήνα.
- Έδραση IV : Πληρης εγκιβωτισμός του σωλήνα



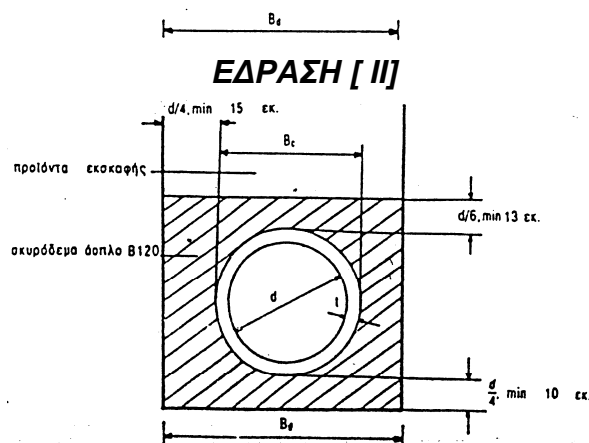
**ΕΔΡΑΣΗ [ I ]**



**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  $B_d$ ) 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



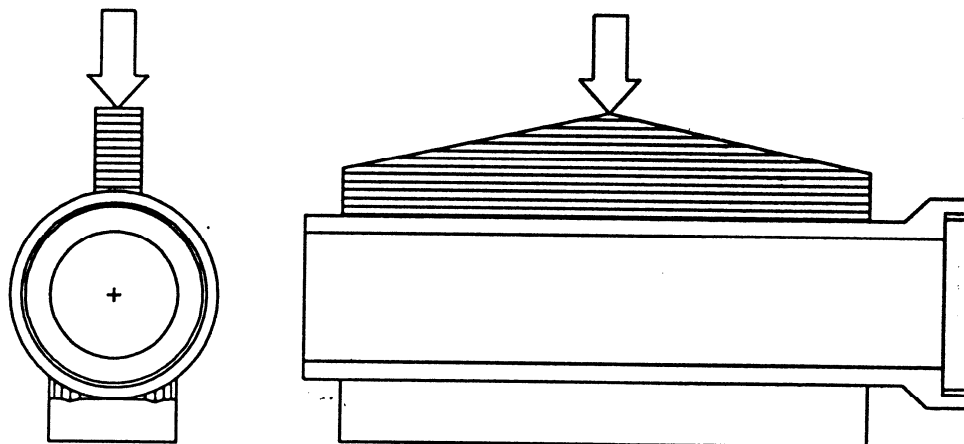
(β) Οι ανωτέρω τυποί έδρασης είναι οι θεωρητικοί. Τα ακριβή συμβατικά στοιχεία για κάθε τρόπο έδρασης καθορίζονται στα σχέδια της μελέτης.

Τα γεωμετρικά στοιχεία της κατασκευής είναι:

- $d$  η εσωτερική (ονομαστική) διάμετρος του σωλήνα
- $t$  το πάχος του τοιχώματος του σωλήνα
- $B_c$  η εξωτερική διάμετρος του σωλήνα ( $B_c = d + 2t$ )
- $B_d$  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:

$$P_{\text{Λειτ.}} < P_{\text{Ρεπ}}$$

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

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

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 48
---------	------------------------------------	---------

Το επιτρεπόμενο φορτίο είναι:

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

$P$  : το φορτίο θραυσής ( t/m ) της δοκιμής αντιδιαμετρικής θλίψης 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.  
 $q = \frac{m \cdot k}{C_c} \cdot \left( \frac{H}{B_c} \right)^2$  : λόγος Rankine. Λόγω της ανακουφιστικής δράσης της 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  $x$  δινεται από τον παρακατω πινακα:

Συντελεστης $m$	Αλλες εδρασεις πλην (I)	Εδραση (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 συμπυκνωσης 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 πάντα μεγαλύτερος της μονάδας 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 από 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 επιχωμα και εδραση (I) λαμβανεται ανεξαρτητως διαμετρου  $L_f = 2,00$

Με βάση τα παραπάνω υπολογίζονται στους σχετικούς πίνακες για κάθε κατηγορία τσιμεντ/νων 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 ΠΑΤΡΩΝ**

**[ Δ.Ε.Υ.Α. ΠΑΤΡΑΣ - (Ν.Π.Ι.Δ.) ]**

---

ΑΚΤΗ ΔΥΜΑΙΩΝ 48-ΠΑΤΡΑ, Τ.Κ. 26333, ΤΗΛ 2610 366100 FAX 2610 325790

**ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ  
ΤΣΙΜΕΝΟΣΩΛΗΝΩΝ**

ΜΟΝΙΜΑ ΦΟΡΤΙΑ ΓΑΙΩΝ

Συνθήκη "Ε": $W_E = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2$ (t/m) - Συνθήκη "Γ": $W_T = C_d \cdot \gamma \cdot B_d^2$ (t/m) $\gamma = 2 \text{ t/m}^3$																		
d (mm)	Bc (m)	Bd (m)	H0p (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/Bc	Cc	WE (t/m)	H/Bc	Cc	WE (t/m)	H/Bc	Cc	WE (t/m)	H/Bc	Cc	WE (t/m)	H/Bc	Cc	WE (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) $\gamma = 2$ t/m <sup>3</sup>																		
d (mm)	B <sub>C</sub> (m)	B <sub>D</sub> (m)	H <sub>00</sub> (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 <sub>C</sub>	C <sub>C</sub>	W <sub>E</sub> (t/m)	H/B <sub>C</sub>	C <sub>C</sub>	W <sub>E</sub> (t/m)	H/B <sub>C</sub>	C <sub>C</sub>	W <sub>E</sub> (t/m)	H/B <sub>C</sub>	C <sub>C</sub>	W <sub>E</sub> (t/m)	H/B <sub>C</sub>	C <sub>C</sub>	W <sub>E</sub> (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

ΜΟΝΙΜΑ ΦΟΡΤΙΑ ΓΑΙΩΝ

Συνθήκη "Ε" : $W_E = C_G \cdot \gamma \cdot B_C^2$ (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	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 <sub>C</sub> *	C <sub>G</sub> *	$W_E$ * $W_T$ *	H/B <sub>C</sub> *	C <sub>G</sub> *	$W_E$ * $W_T$ *	H/B <sub>C</sub> *	C <sub>G</sub> *	$W_E$ * $W_T$ *	H/B <sub>C</sub> *	C <sub>G</sub> *	$W_E$ * $W_T$ *	H/B <sub>C</sub> *	C <sub>G</sub> *	$W_E$ * $W_T$ *
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	3,17	4,70	2,26	3,80	4,44	2,88
500	0,636	1,10	1,50	2,20	3,20	2,59	2,36	3,40	2,75	2,45	4,21	2,93	2,55	4,27	3,07	3,64	4,34	3,24
600	0,780	1,20	1,00	1,17	1,01	2,91	1,25	1,07	3,08	1,33	4,12	3,23	1,42	4,19	3,43	3,50	4,24	3,57
700	0,890	1,30	1,00	1,08	0,94	3,18	1,15	0,99	3,35	1,23	4,05	3,55	1,31	4,11	3,75	3,38	4,16	3,92
800	1,002	1,40	1,00	1,00	0,88	3,45	1,07	0,93	3,65	1,14	3,99	3,88	1,21	4,04	4,08	3,29	4,10	4,31
900	1,120	1,50	1,10	0,93	0,83	3,74	1,00	0,88	3,96	1,07	3,93	4,19	1,13	4,08	4,41	3,20	4,03	4,64
1000	1,256	1,70	1,20	0,82	0,74	4,28	0,88	0,78	4,51	0,94	3,83	4,80	1,00	3,88	5,09	3,06	3,93	5,38
1100	1,350	1,80	1,30	0,78	0,70	4,54	0,83	0,74	4,80	0,89	3,79	5,12	0,95	3,84	5,44	3,00	3,88	5,70
1200	1,490	1,90	1,40	0,94	1,35	5,99	0,79	0,71	5,13	0,84	3,75	5,42	0,89	3,79	5,70	2,95	3,84	6,06
1300	1,590	2,10	1,50	0,88	1,30	6,57	0,94	1,35	6,83	0,76	3,69	6,09	0,81	3,73	6,44	2,86	3,77	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	3,70	6,78	2,82	3,73	7,07
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" : $w_E = C_G \cdot \gamma \cdot B_G^2$ (t/m)										Συνθήκη "Τ" : $w_T = C_D \cdot \gamma \cdot B_D^2$ (t/m)										$\gamma = 2 \text{ t/m}^3$	
d (mm)	$B_G$ (m)	$B_D$ (m)	Hop (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/ $B_G$	$C_G$	$w_E$ */ $w_T$	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			



MONIMA HOPTIA FAION

Συνθήκη "Ε": $\omega_E = C_E \cdot \gamma \cdot B_C^2$ (t/m)      Συνθήκη "Τ": $\omega_T = C_D \cdot \gamma \cdot H_D^2$ (t/m) $\gamma = 2 \text{ t/m}^3$																	
d (mm)	$B_C$ (m)	$B_D$ (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 <sub>D</sub>	C <sub>D</sub>	$\omega_T$ (t/m)	H/B <sub>D</sub>	C <sub>D</sub>	$\omega_T$ (t/m)	H/B <sub>D</sub>	C <sub>D</sub>	$\omega_T$ (t/m)	H/B <sub>D</sub>	C <sub>D</sub>	$\omega_T$ (t/m)	H/B <sub>D</sub>	C <sub>D</sub>	$\omega_T$ (t/m)
300	0,406	0,90	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	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	3,64	2,36	5,71	4,09	2,51	6,07	4,55	2,67	6,46	5,45	2,92	7,07	6,36	3,10	7,50
600	0,780	1,20	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	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	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	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	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	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	15,81
1200	1,490	1,90	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	1,90	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	1,82	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	1,63	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

ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΠΙΧΩΣΕΩΣ (H = 0,40 - 0,70 m W<sub>SC</sub> = C<sub>S</sub>·P·10/L (t/m)

d (mm)	D <sub>C</sub> (mm)	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 <sub>C</sub> /2H	C <sub>S</sub>	W <sub>SC</sub> (t/m)		B <sub>C</sub> /2H	C <sub>S</sub>	W <sub>SC</sub> (t/m)		B <sub>C</sub> /2H	C <sub>S</sub>	W <sub>SC</sub> (t/m)		B <sub>C</sub> /2H	C <sub>S</sub>	W <sub>SC</sub> (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	0,468	5,01	10,03	0,64	0,413	3,94	7,87
800	1,002	1,25	0,655	8,75	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	9,15	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	7,66	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

$$Wsd = \varphi \cdot P \cdot B_G \quad (t/m)$$

$$\text{ΜΕΓΑΛΕΣ ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ (H = 0,80 - 1,50 m)}$$

d (mm)	B <sub>G</sub> (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	
		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)	
		SLW30 P=3,72 t/m <sup>2</sup>	SLW60 P=7,05 t/m <sup>2</sup>	SLW30 P=3,08 t/m <sup>2</sup>	SLW60 P=5,90 t/m <sup>2</sup>	SLW30 P=2,62 t/m <sup>2</sup>	SLW60 P=5,07 t/m <sup>2</sup>	SLW30 P=2,29 t/m <sup>2</sup>	SLW60 P=4,45 t/m <sup>2</sup>	SLW30 P=2,04 t/m <sup>2</sup>	SLW60 P=3,99 t/m <sup>2</sup>	SLW30 P=1,85 t/m <sup>2</sup>	SLW60 P=3,63 t/m <sup>2</sup>	SLW30 P=1,70 t/m <sup>2</sup>	SLW60 P=3,35 t/m <sup>2</sup>	SLW30 P=1,58 t/m <sup>2</sup>	SLW60 P=3,12 t/m <sup>2</sup>
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	12,85	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)  $W_{ed} = \varphi \cdot p \cdot B_c$  (t/m)

d (mm)	B <sub>c</sub> (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	
		W <sub>ed</sub> (t/m)	SIW60 P=1,48 t/m <sup>2</sup>	SIW30 P=1,33 t/m <sup>2</sup>	SIW60 P=2,76 t/m <sup>2</sup>	SIW30 P=1,22 t/m <sup>2</sup>	SIW60 P=2,62 t/m <sup>2</sup>	SIW30 P=1,22 t/m <sup>2</sup>	SIW60 P=2,51 t/m <sup>2</sup>	SIW30 P=1,19 t/m <sup>2</sup>	SIW60 P=2,45 t/m <sup>2</sup>	SIW30 P=1,06 t/m <sup>2</sup>	SIW60 P=2,12 t/m <sup>2</sup>	SIW30 P=0,90 t/m <sup>2</sup>	SIW60 P=1,79 t/m <sup>2</sup>	SIW30 P=0,75 t/m <sup>2</sup>	SIW60 P=1,50 t/m <sup>2</sup>
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	1,78	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)  $Wsd = \eta \cdot p \cdot B_G$  (t/m)

d	$B_G$	H = 4,00 m $\varphi = 1,20$		H = 4,50 m $\varphi = 1,20$		H = 5,00 m $\varphi = 1,20$		H = 6,00 m $\varphi = 1,20$		H = 7,00 m $\varphi = 1,20$	
		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)		Wsd (t/m)	
(mm)	(m)	SLM30 P=0,63 t/m <sup>2</sup>	SLM60 P=1,26 t/m <sup>2</sup>	SLM30 P=0,53 t/m <sup>2</sup>	SLM60 P=1,07 t/m <sup>2</sup>	SLM30 P=0,45 t/m <sup>2</sup>	SLM60 P=0,91 t/m <sup>2</sup>	SLM30 P=0,34 t/m <sup>2</sup>	SLM60 P=0,67 t/m <sup>2</sup>	SLM30 P=0,26 t/m <sup>2</sup>	SLM60 P=0,52 t/m <sup>2</sup>
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

ΠΡΟΤΥΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

$$\mathcal{P}_{\mathcal{S}, \mathcal{S}^c, T} = \mathcal{W}_T + \mathcal{W}_{\mathcal{S}} \{I_{\mathcal{S}}\} + \mathcal{W}_{\mathcal{S}^c} \{I_{\mathcal{S}^c}\} \quad (\text{E}/\text{m}^2)$$

**DELETED.**

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	SLR30	SLR60	SLR30	SLR60	SLR30	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	3,99	6,48	4,08
500	0,32	8,58	16,12	7,32	12,79	5,52	9,64	4,76	7,37	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	10,29	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
1500	2,50	14,37	23,95	13,44	21,34	12,20	18,48	11,50	16,69	17,07

ΦΟΡΤΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

$$P_{\text{LEIT}} = W_1 + W_E \cdot (h \cdot W_T) + W_{GC} \cdot (h \cdot W_{GD}) \quad (\text{t/m})$$

d	W <sub>1</sub>	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						H = 2,00m						H = 2,50 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		P <sub>NEUT.</sub>												P <sub>NEUT.</sub>												P <sub>NEUT.</sub>												P <sub>NEUT.</sub>												P <sub>NEUT.</sub>												P <sub>NEUT.</sub>												P <sub>NEUT.</sub>												P <sub>NEUT.</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
(mm)	(t/m)	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30</

ΦΟΡΤΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

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

d	w <sub>I</sub>	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	
		SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60	SLW30	SLW60
πλετ.															
(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	7,89	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

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

$v = 1,5$

d (mm)	P <sub>3λ</sub> (t/m)	Συνθήκη "Ε"				Συνθήκη "Τ"			
		H (m)	Περιλτ. έδραο.	L <sub>f</sub>	P <sub>επ</sub> (t/m)	H (m)	Περιλτ. έδραο.	L <sub>f</sub>	P <sub>επ</sub> (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 σελράς 100  
ή τσιμεντοσφαλμένες με τόρμα και εντορβόλο πίνακα II

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

$$v = 1,5$$

d (mm)	P <sub>3A</sub> (t/m)	Σ υ ν θ ή κ η "Ε"				Σ υ ν θ ή κ η "Τ"			
		H (m)	Προσπ. έδρου.	L <sub>ε</sub>	P <sub>επ</sub> (t/m)	H (m)	Προσπ. έδρου.	L <sub>ε</sub>	P <sub>επ</sub> (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	15,33	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

ΕΠΙΤΡΕΤΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ

Τοιμεντοσωλήνες με καυπάνα σειράς 150  
ή τοιμεντοσωλήνες με τάβλη και εντορβία πίνακα ΙΙΙ

$$P_{\Sigma A} = \frac{P_{\Sigma A} \cdot L \cdot f}{v} \quad (t/m)$$

$$v = 1,5$$

d (mm)	P <sub>ΣΑ</sub> (t/m)	Σ υ ν θ ή κ η "Ε"				Σ υ ν θ ή κ η "Τ"			
		H (m)	Περιπ. έδραο.	L f	P <sub>εκ</sub> (t/m)	H (m)	Περιπ. έδραο.	L f	P <sub>εκ</sub> (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	15,20
			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

Τσιμεντοσφαλήνες με τόρμη και εντορμιά  
όπλατοι τύπου Α<sub>1</sub>

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

$$v = 1,5$$

d (mm)	P <sub>3A</sub> (t/m)	Σ υ ν θ ή κ η "Ε"				Σ υ ν θ ή κ η "Τ"			
		H (m)	Περίπτ. έδραο.	L <sub>f</sub>	P <sub>επ</sub> (t/m)	H (m)	Περίπτ. έδραο.	L <sub>f</sub>	P <sub>επ</sub> (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	6,31
			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 <sub>3A</sub> (t/m)	Σ υ ν θ ή κ η "Ε"				Σ υ ν θ ή κ η "Τ"			
		H (m)	Περιπτ. έδρασ.	L <sub>f</sub>	P <sub>επ</sub> (t/m)	H (m)	Περιπτ. έδρασ.	L <sub>f</sub>	P <sub>επ</sub> (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
<u>Τσιμεντοσωλήνες με καμπάνα σειράς 75 ή με τόρμη και εντορμιά πίνακα I</u>								
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
<u>Τσιμεντοσωλήνες με καμπάνα σειράς 100 ή με τόρμη και εντορμιά πίνακα II</u>								
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 SIW 30				min H/max H (σε m) για κινητό SIW 60			
	Εδρ. I	Εδρ. II	Εδρ. III	Εδρ. IV	Εδρ. I	Εδρ. II	Εδρ. III	Εδρ. IV
Τσιμεντοσωλήνες με καμπάνα σειράς 150 ή με τρύμη & 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 &amp; εντορμιά άσπλοι τύπου ΑΙ</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 &amp; εντορμιά άσπλοι τύπου ΑΙΙ</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 ΑΙ (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 επέρχεται 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 έδραση 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 σχεδιαστει 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.

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 σωληνών :

- Συνδεσεις με μπουφα ενσωματωμένη στον σωληνα και ελαστικό δακτυλίο.
- Συνδεσεις με σιδερενιούς δακτυλίους
- Συνδεσεις με διαφορους μεθόδους αυτογενούς συγκολλησης και άλλες .

Ο τρόπος συνδεσης των ευκαμπτων σωληνών επιρρεάζεται σημαντικά από την παραμόρφωση των σωληνών γιατί στην περίπτωση μεγάλων παραμορφώσεων δεν είναι δυνατόν να διατηρηθεί η αναγκαία στεγανότητα των συνδέσεων.

### 5. ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΩΛΗΝΩΝ PVC, HDPE

Τα πλαστικά υλικά παρουσιάζουν το φαινόμενο του ερπυσμού (creep). Έτσι 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 <sup>2</sup>	8.000 kp/cm <sup>2</sup>
Μέτρο ελαστικότητας για μεγάλο διάστημα χρήσης	20.000	2.000

### 6. ΛΟΓΟΣ ΑΚΑΜΨΙΑΣ

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

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

οπου  $R_s$  : Λογος ακαμψιας

$E_b$  : Μετρο Ελαστικοτητας Εδαφους ( Kp/cm<sup>2</sup> )

$E_r$  : Μετρο Ελαστικοτητας σωληνα ( Kp/cm<sup>2</sup> )

$I$  : Ροπή αδρανειας τοιχωματος σωληνα ανα μοναδα μηκους ( cm<sup>4</sup>/cm)

$D$  : Διαμετρος σωληνα ( cm )

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

Τιμές του μέτρου αντιδράσεως γαιών E' (από το ANSI/AWWA C900-81)  
Ε' ανάλογα με τον βαθμό συμπίκνωσες κατά Proctor σε kgf/cm<sup>2</sup> (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>E' = 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 προκτιμθείσας παραμπορφωσης και πραγματικής % (συν/πλην)	2	2	1	0,5

$$I = S^3 / 12 \text{ όπου } S : \text{Το πάχος του τοιχώματος του σωλήνα.}$$

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

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

## 7. ΤΥΠΟΣ SPANGLER - IOWA

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

### 7.1. Ελεγχος παραμορφωσης αγωγων

Με τον τροποποιημένο τύπο SPANGLER - IOWA της μεθόδου Marston υπολογιζεται η οριζοντια παραμορφωση του αγωγου.

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

$$y = \frac{DI \cdot k \cdot W_c + k \cdot W_s}{2 \cdot E} + 0.061 \cdot \frac{E'}{3 \cdot (R-1)^3} \text{ και } \Delta y = 100 \cdot y / D$$

$y$  : παραμόρφωση αγωγού (cm)  
 $\Delta y$  : εκατοστιαία παραμόρφωση  
 $DI$  : αδιάστατος συντελεστής ο οποίος εκφράζει την υστερηση της παραμόρφωσης.  
 $R$  : λόγος διαμέτρου προς πάχος αγωγού  
 $K$  : σταθερά εξαρτώμενη απο την γωνία εδράσεως  
 $W_c$  : Φορτία γαιών (  $\text{kp/cm}^2$  )  
 $W_s$  : 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. Συντελεστης R

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

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (σε χιλιοστα)	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ (σε χιλιοστα)	Συντελεστης 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><math>\Delta\chi</math> : 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

$$K_o = 1 - \sin\phi$$

οπου

$K_o$  : συντελεστής διανομης εξαρτωμενος από το υλικο εγκιβωτισμου του σωληνα

$\phi$  : η γωνια εσωτερικης τριβης του υλικου εγκιβωτισμου

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

$D_e$  : η εξωτερικη διαμετρος του σωληνα

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 77
---------	------------------------------------	---------

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  $\varepsilon$  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 αργιλλικου 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  $105 \text{ kgf/cm}^2$  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  $\delta v$  του σωλήνα προς την κάθετη παραμόρφωση του εδάφους  $\epsilon b$ , σχετικά με το  $R_s$ ,

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

όπου  $\delta v$  = η μεταβολή της καθετης παραμόρφωσης του σωλήνα % ( $\delta v = \Delta \psi / D$ )  
 $\epsilon b$  = η κάθετη παραμόρφωση του εδάφους  
 $R_s$  = ο λογος ακαμψίας  
 $A.B$  = Εμπειρικές σταθερές

Η καθετη παραμόρφωση του εδάφους ισούται με

$$\epsilon b = P / E_b$$

όπου  $\epsilon b$  = η κάθετη παραμόρφωση του εδάφους  
 $P$  = τα συνολικά υπερκείμενα φορτία (Kp/cm<sup>2</sup>)  
 $E_b$  = το μετρο ελαστικότητας του εδάφους (Kp/cm<sup>2</sup>)

Με βάση τον λόγο  $\delta v / \epsilon b$  και το  $\epsilon b$  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 ΠΙΕΣΕΩΣ ( BUCKLING STRENGTH )**

**ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ**

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 πολυ μικρότερο από το ύψος που προκαλεί ρήξη του σωλήνα.

Οταν ο σωλήνα υποστηρίζεται από το έδαφος επιχώσεως τότε η αντοχή του στην ρήξη αυξάνεται αρκετα, 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 σωλήνων μεσα στο έδαφος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 15m)

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

Το «buckling strength» των πλαστικών σωλήνων εξετάζεται στην περίπτωση τοποθέτησης σε έδαφος με υψηλό υδάτινο 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<sup>2</sup>)

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

$S$  = Το πάχος του σωλήνα (cm)

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

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

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

Οταν 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

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 ρήξη του σωλήνα (Kp/cm<sup>2</sup>) και  $P_w$  η υδροστατική πίεση του υδατινού οριζοντα πάνω στον σωλήνα. Η υδροστατική πίεση δίνεται από την εξίσωση :

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

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

$$P_b = 1 \cdot 15 \cdot \sqrt{P_{K2} \cdot E_B}$$

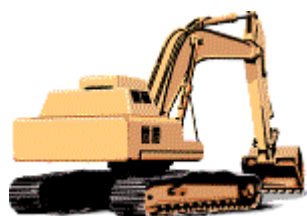
Το βάθος τοποθέτησης όχι μεγαλύτερο των 15 μ.

**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



## **6.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΝΩΣΗΣ**

σωληνων PVC , HDPE

**ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΜΕΛΕΤΗ**

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 85
---------	------------------------------------	---------



## **6.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΡΗΞΗ ΥΠΟ ΤΗΝ** **ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ** σωληνων HDPE

**ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΜΕΛΕΤΗ**





## **6.6 ΣΤΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**

φρεατίων από προκατ/νους τσιμεντοσωληνες

## ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΡΕΑΤΙΟΥ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ 1,20 μ. ΑΠΟ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟΥΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΣΩΛΗΝΕΣ

### 1. Παραδοχές

Το φρεάτιο αυτό είναι σπονδυλωτό με αρχικά κολουροκωνικό τμήμα 0,60/1.20 ύψους 1,00 μ. Στη συνέχεια υπάρχουν κυλινδρικοί σπόνδυλοι Φ120 με πάχος κελύφους 0,15 μ.

- Κατηγορία σκυροδέματος: τουλάχιστον B300
- Ειδικό βάρος σκυροδέματος:  $\gamma = 2400 \text{ kr/m}$
- Ειδικό βάρος υγρών γαιών:  $\gamma = 2000 \text{ kg/m}$
- Κινητό φορτίο SLW 60: όχημα κλάσης 60 tn
- Οι ωθήσεις των γαιών λαμβάνονται ουδέτερες

### 2. Επίλυση :

Εξετάζονται οι παρακάτω περιπτώσεις

- α. Η εντατική κατάσταση του τελευταίου σπονδύλου σε μέγιστο βάθος 6,00 μ. (πολύ μικρή επίδραση του κινητού φορτίου)
- β. Η εντατική κατάσταση του πρώτου κυλινδρικού σπονδύλου με έκκεντρη πλευρική φόρτιση του κινητού SLW 60.
- γ. Η εντατική κατάσταση της πλάκας έδρασης.
- δ. Το κολουροκωνικό τμήμα

- ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (α):

Εστω  $P_y$  = ακτινική ομοιόμορφη πίεση γαιών  
 $P_{yk}$  = κατακορυφή συνιστώσα  
 $P_{yo}$  = οριζόντια συνιστώσα

Σε ένα στοιχειώδες τμήμα  $\delta\chi$  της περιφέρειας εξασκείται πίεση  $P_y$

$$P_{yk} = P_y \cdot \eta\mu\varphi \text{ και } \delta\chi = R \cdot \eta\mu\varphi$$

$$2N\varphi = \Sigma(P_{yk}) = P_y \cdot \eta\mu\varphi = \int_0^\pi (P_y \cdot \eta\mu\psi \cdot R \cdot \delta\psi) = P_y \cdot R \cdot \int_0^\pi \eta\mu\varphi \cdot \delta\varphi = 2 P_y \cdot R$$

$$\text{Συνεπώς } N\varphi = P_y \cdot R$$

$P_y = k \cdot \gamma \cdot H$  όπου  $k$  ο συντελεστής RANKINE (λογος οριζοντιων ωθησεων προς κατακορυφα φορτια) λαμβανομενος ισος προς 0,50.

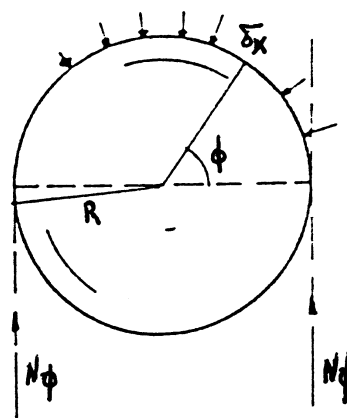
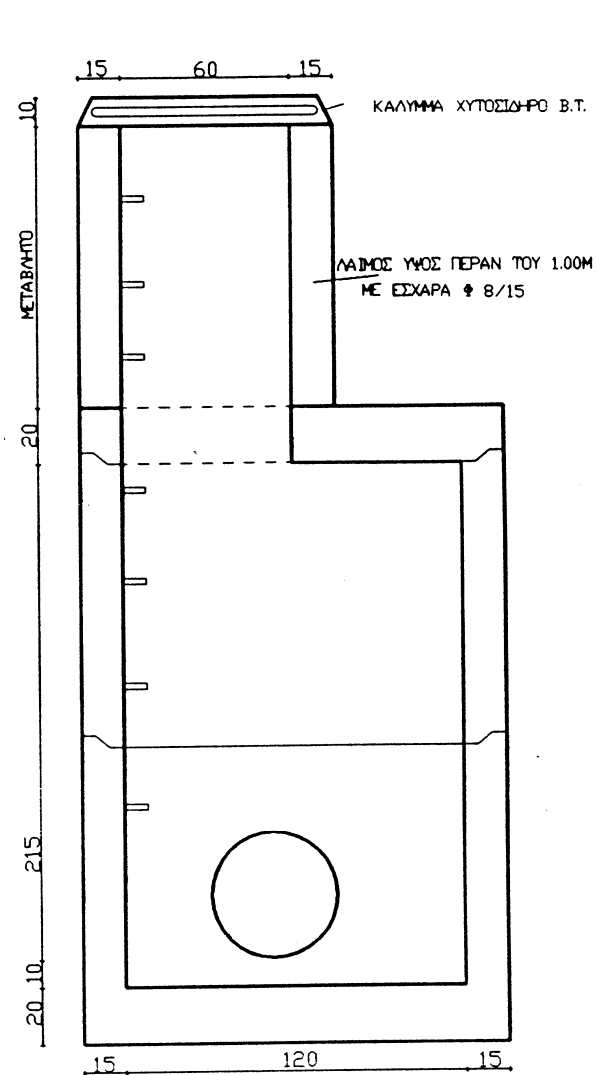
Για υψος  $H = 6,00$  μετρα λαμβανεται ως δυσμενεστερη παραδοχη οτι η πιεση στο κατωτατο ακρο ειναι ιδια για ολο τον σπονδυλο οποτε εχουμε :

$$P_y = 0,50 \cdot 2 \cdot 6 = 6 \text{ t/m}^2$$

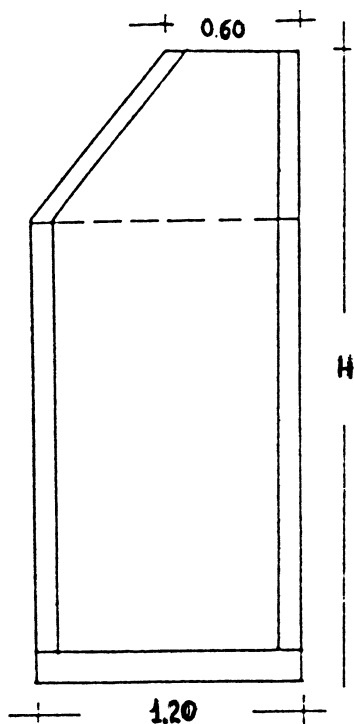
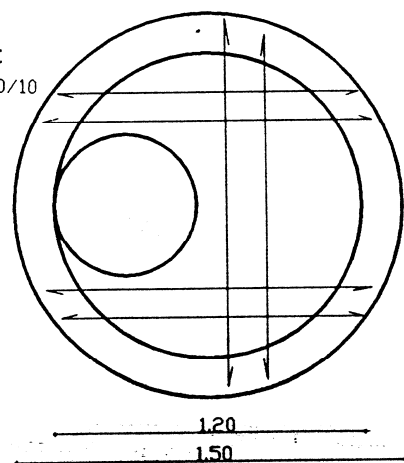
$$N\varphi = 6 \cdot 0,75 = 4,50 \text{ t}$$

Η ολική τάση  $\sigma = 4,50/0,15 \cdot 1 = 30 \text{ t/m}^2$  η οποία είναι αρκετά μικρή.

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 89
---------	------------------------------------	---------



ΟΓΩΙΣΜΟΣ ΠΛΑΚΑΣ  
ΔΙΠΛΗ ΕΣΧΑΡΑ  $\Phi$ 10/10



• ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (β):

Τα κινητά φορτία εξασκούν στον κυλινδρικό σπόνδυλο μονόπλευρη ώθηση και επομένως το φρεάτιο φορτίζεται όπως ένας σωλήνας σε όρυγμα με την διαφορά ότι τα φορτία που δέχεται το φρεάτιο είναι τα μισά (συντελεστής RANKINE 0,5).

Τα φορτία των γαιών βεβαίως (που είναι όμως πολύ μικρότερα των κινητών) φορτίζουν τον σπόνδυλο ομοιόμορφα όπως πριν, χωρίς να αναπτύσουν καμπτικές τάσεις σαν τα κινητά. Επί το δυσμενέστερο και για απλοποίηση των υπολογιστών θεωρείται ότι και αυτά δρούν με τον ίδιο τρόπο. Ετσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί η θεωρία της αντοχής των τριών ακμών και να παρθούν στοιχεία από τον στατικό υπολογισμό των προκατασκευασμένων τσιμεντοσωλήνων. Αν και η παραδοχή για κατάσταση επιχώματος ταιριάζει καλύτερα ο υπολογισμός γίνεται και για τις δύο καταστάσεις και λαμβάνεται η δυσμενέστερη.

Από τον σχετικό πίνακα και για ύψος γαιών 1,5 μ. έχουμε για τον πρώτο σπόνδυλο

$$W_T = 5,134 \text{ t και } P = 0,5 \times 5,13 = 2,57 \text{ t.}$$

Από τον σχετικό πίνακα και για ύψος γαιών 1,5 μ. και για κινητό SLW 60 έχουμε:

$$W_{SD} = 5,58 \text{ t και } P'' = 0,5 \times 5,58 = 2,79 \text{ t.}$$

$$\text{ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ: } P = 2,57 + 2,79 = 5,36 \text{ t}$$

Τα επιτρεπόμενα φορτία είναι για άοπλο τσιμεντοσωλήνα τύπου ΑΙ και για έδραση Ι (σε συμπακνωμένη άμμο), για συνθήκη «Ε» 7,33 tn και συνθήκη «ΤΙ» 5,50 tn .

Επομένως  $P = 5,36 < 5,50$  παρόλο τις δυσμενείς παραδοχές που έγιναν.

• ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (γ) :

Πλάκα έδρασης

$$\begin{aligned} \text{Κινητό φορτίο τροχού : } 10 \text{ t} \cdot 1,50 &= 15 \text{ t} \quad (1,50 \text{ είναι ο συντελεστής κρούσης}) \\ 6 \text{ σπόνδυλοι του } 1,0 \text{ m: } 6 \cdot 1,50 &= 9 \text{ t} \quad (1,50 \text{ είναι το βάρος σπονδυλου}) \end{aligned}$$

$$\text{ΣΥΝΟΛΟ κατακορύφων φορτίων} = 24 \text{ t}$$

$$\text{Επιφάνεια κάτω πλακάς: } E = \pi \cdot D \cdot D/4 = 1,77 \text{ m}^2$$

$$\text{Επιφάνεια δακτυλίων : } 3,14 \cdot (0,75 \cdot 0,75 - 0,60 \cdot 0,60) = 0,636 \text{ m}^2$$

$$\text{Ορθή τάση στον τελευταίο σπονδυλο : } N\phi = 24/0,64 = 37,50 \text{ t/m}^2 \text{ η οποία είναι πολύ μικρή}$$

$$\text{Φορτιζουσα τάση στην πλακά : } Q = 24,00 / 1,77 = 13,56 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Για ελευθερή περιμετρική στηρίξη (αρθρωση) έχουμε μεγίστη ροπή στο κέντρο} \\ M = Q \cdot R_m \cdot R_m/5,33 = 13,56 \cdot 0,675 \cdot 0,675/5,33 = 1,16 \text{ tm} \end{aligned}$$

και μεγίστη τάση για πάχος πλακάς 0,30 cm

$$\sigma = 1160000/(100 \cdot 30 \cdot 30/6) = 7,73 \text{ kg/cm}^2$$

Συνεπώς είναι δεκτή πλακά με  $d=0,30$  από σκυροδεμα B225

• ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (δ):

Ο κώνος ελέγχεται :

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 91
---------	------------------------------------	---------

- I) σε κατακόρυφα φορτία  
 II) σε οριζόντια φορτία

Για την (I) περίπτωση πρέπει να παραλάβει ασφαλώς φορτίο τροχού  $10 \times 1,5 = 15 \text{ tn}$ .

Η αναπτυσσόμενη τάση υπολογίζεται ως ακολούθως:

Επιφάνεια δακτυλίου Φ60:  $E = 3,14 \times (0,45^2 - 0,30^2) = 0,353 \text{ m}^2$   
 Τάση :  $\sigma = 15 / 0,353 = 4,25 \text{ kg/cm}^2$  η οποία είναι πολύ μικρή

Για την (II) περίπτωση ο κώνος θεωρείται σαν σωλήνας μέσης διατομής Φ90 και υπολογίζουμε για τον σωλήνα Φ90 με την μέθοδο των τριών ακμών (τα φορτία από τους πίνακες είναι ίδια και δεν παίζει ρόλο η παραδοχή της διαφοράς σχήματος) για  $H = 0,50 \text{ μ.}$  (μέσο ύψος) :

Μόνιμο φορτίο  $W = 1,63 \text{ tn}$  και  $P = 1,63 \times 0,50 = 0,82$

Κινητό φορτίο  $W_{SD} = 14,47 \text{ tn}$  και  $P' = 7,23 \text{ tn}$ .

---

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ:  $P = 8,05 \text{ tn}$ .

Το φορτίο θραύσης του κώνου με την μέθοδο των τριών ακμών είναι:  $7,00 \text{ tn}$ . Για  $H_{\text{μέσο}} = 0,50$  (λόγω του μικρού βάθους έχουμε συνθήκη «Ε») και για έδραση I (σε άμμο) λαμβανουμε συντελεστή έδρασης  $L_f = 2,00$ . Συνεπώς:

$P_{\text{επιτρ}} = 7 \times 2 / 1,5 = 9,33 > 8,05$

Αρα σαν τελικό συμπέρασμα φαίνεται ότι για τις τέσσερις περιπτώσεις υπάρχουν περιθώριο ασφαλείας.

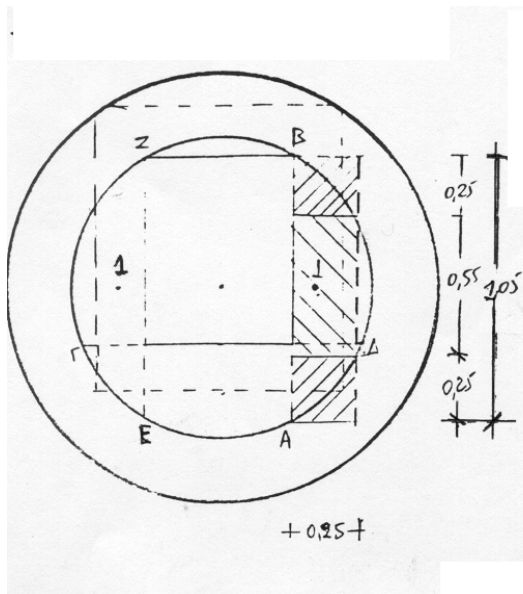


## **6.7 ΣΤΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**

χυτων φρεατιων ομβριων Ε1-Ο, Ε2-Ο και Ε3-Ο

**ΦΡΕΑΤΙΟ ΤΥΠΟΥ Ε1-0 (Dεσωτ = 1,20)**

**Πλάκα επικάλυψης  $d = 20$  εκ.**



**A) Για επίχωση 0,15 μ.**

Η μοναδική περίπτωση φόρτισης είναι να πατά ο ένας τροχός του οχήματος των 60.. στην πλάκα . Δυσμενέστερη θέση του τροχού είναι η θέση 1 (το μέσον της διαμέτρου AB ή EZ αντίστοιχα των ιδεατών ημικυκλικών πλακών με διαμέτρους της AB & EZ).

**Επιφάνεια επιρροής τροχού:**  $[0,15 + 0,10] \times [0,60 - 2 \times (0,15 + 0,10)] = 0,25 \times 1,05$

Αρα το φορτίο που δέχεται η ημικυκλική πλάκα διαμέτρου  $AB=1,05 \text{ μ.}$  περίπου είναι

$$P_{TP} = \frac{14...}{0,25 \times 1,05} = 53,33 t/m^2$$

Το συνολικό φορτίο που δέχεται η πλάκα όμως είναι μικρότερο γιατί όπως φαίνεται και από το σχήμα τμήμα του φορτίου παραλαμβάνουν τα τοιχώματα καθώς επίσης και η ημικυκλική πλάκα διαμέτρου ΓΔ.

**Ετσι έχουμε :**

$$Po\lambda=0,55X0,25XP\tau\rho+0,25X0,25XP\tau\rho/2+0,25X0,25XP\tau\rho/4+0,23 \text{ (}\mu\text{β.κυκλ.τομ)}X 0,20 X 2,40 = 10,00 \text{ t}$$

Επιλύεται η ημικυκλική ιδεατή πλάκα διαμέτρου  $AB=1,05 \mu$ . (βλέπε *HAHN* σελ. 297) με ελεύθερα εδραζόμενη ημιπεριφέρεια:

$$\max M = 10,00 / 4,95 = 2,02 \text{ tm} \quad l = 0,20 \quad h = 0,04 \quad 6b/6e = 80/2200$$

**$Kh = 11,25 \quad 6b/6e = 60/2200 \quad fe = 6,30 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (\Phi 12/20)$**

**β) Ελεγχος πλάκας οροφής φρεατίου E1-0 (για επίχωση 4,00 μ.)**

**Ο τροχός βρίσκεται πάλι στην θέση 1 (βλέπε σχήμα προηγούμενης σελίδας).**

Η επιφάνεια επιρροής του τροχού είναι μια επιφάνεια πλάτους 25 εκ. γύρω από το στόμιο επίσκεψης δηλ. μια επιφάνεια  $0,25 \times 2,60 \mu$ .

**Αρα τα φορτία που εξασκούνται στην ημικυκλική ιδεατή πλάκα διαμέτρου  $AB$  είναι:**

$$P_{Tp} = 14 / (0,25 \times 2,60) = 21,54 \text{ t/m}^2$$

$$Ριδ\ βαρ.\ πλάκ. = 0,20 \times 2,40 = 0,48\ t/m^2$$

$$Ρ_{\text{γαιών}} = 4,00 \times 2,00 = 8,00 \text{ t/m}^2$$

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 94
---------	------------------------------------	---------

$$P_{\text{υπολ. 5 τροχων}} = \frac{5 \times 10 \times (1,4 - 0,1 \times 4)}{(2 + 2 \times 4) \times (3 + 2 \times 4)} = 0,45 t/m^2$$

συνολο

$$P = 8,93 t/m^2$$

και το συνολικό ομοιόμορφο φορτίο που δέχεται η πλάκα

$$P_{\text{ολ}} = 0,55 \times 0,25 \times P_{\text{τρ}} + 0,25 \times 0,25 \times P_{\text{τρ}}/2 + 0,25 \times 0,25 \times P_{\text{τρ}}/4 + 0,14 \text{ (εμβ.κυκλ.τομ)} \times P = 5,20 t$$

Επίσης εξασκείται ένα γραμμικό φορτίο στην διάμετρο AB από το ίδιο βάρος του στομίου επίσκεψης:

$$P_{\text{υγρ.}} = 1,05 \times 0,20 \times 4,00 \times 2,40 = 2,00 t$$

Αρα έχουμε για την ιδεατή ημικυκλική πλάκα διαμέτρου AB (βλέπε ΗΑΗΝ σελ. 297)  
 $\max M = 5,20/4,95 + 2,0/2,81 = 1,76 tm$  που είναι μικρότερη από την αντίστοιχη ροπή για την λύση με την επικάλυψη των 0,15 μ.

## 2. Επίλυση πυθμένα φρεατίου E1-0

Βάθος φρεατίου 6 μ.

$$\text{Υψος φρεατίου : } 2,00 + 0,30 + 0,20 + 0,30 = 2,80 \mu.$$

$$\text{Υψος επικάλυψης: } h = 6,00 - 2,80 = 3,20 \mu.$$

### Φορτία

#### Γαίες

$$\gamma_1 = 2 t/m^3 \quad P_{\gamma} = 2 \times 3,20 = 6,40 t/m^2$$

### Βάρος φρεατίου:

$$V = \pi \cdot 1,70^2/4 \cdot (2 + 0,2 + 0,3) - \pi \cdot 1,25^2/4 \cdot R = 3,22 m^3$$

$$P_B = \frac{3,22 \times 2,4}{\pi \cdot \frac{1,70^2}{4}} = 3,40 t/m^2$$

### Κινητό

$$P_{\text{τρ}} = \frac{14}{\pi \cdot \frac{1,70^2}{4}} = 6,17 t/m^2 -$$

$$P_{\text{καλ.τρ}} = \frac{5,0 \times 10 \times (1,4 - 0,1 \times 4)}{(2 + 2 \times 4) \times (3 + 2 \times 4)} = 0,45 t/m^2$$

$$\text{Αρα } P_{\text{ολ}} = 6,40 + 3,40 + 6,17 + 0,45 = 16,42 t/m^2$$

### Εύρεση ροπών

Πλάκα με ελεύθερη έδραση  
 (Πίνακες Bores)

$$\text{Ροπή στο κέντρο (} \rho = a/r = 0 \text{)} \quad \mu = 0,66$$

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 95
---------	------------------------------------	---------



$$Mr = \frac{16,42 \times (1,05 \times 0,60^2)}{16} \times 3,66 = 0,41 \times 3,66 = 1,49 \frac{tm}{m} = M_{\phi}$$

**Οπλισμός**

**B225 St III     $h = 4,0 \text{ cm}$      $d = 30 \text{ cm}$**

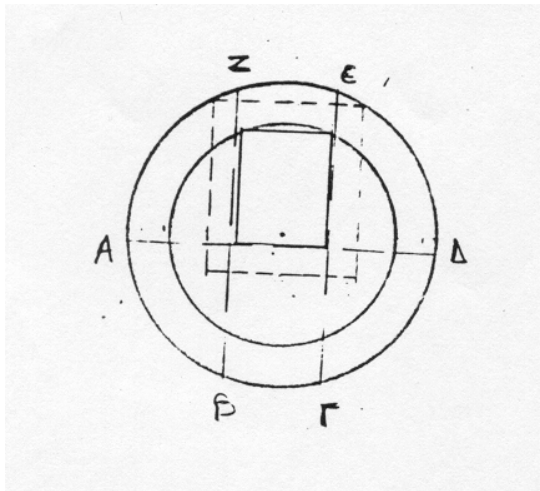
**Κέντρο**

**Mer = 1,49    Kh = 21,30     $6_b/6_e = 29/2200$      $f_{e_r} = 2,75 \text{ m}$     (Φ 10/25)**

**Meφ = 1,49     $f_{e\phi} = 2,75 \text{ cm}^2/\text{m}$     (Φ 10/25)**

**ΦΡΕΑΤΙΟ ΤΥΠΟΥ Ε2-0 (Dεσωτ = 1,50)**

**1. Πλάκα επικάλυψης d=25 εκ.**



α) Επιλύονται οι πλάκες ΑΒΓΔΑ , ΖΑΒΖ , ΕΓΔΕ , για βάθος 4 μ.

Πλάκα ΑΔΓΒΑ (αμφιέριστη λωρίδα)  
Ανοιγμα  
1,48 X 1,00 = 1,55 μ.

$$b_m = t_y + \frac{2,5 \times}{2} \cdot \left(1 - \frac{\times}{l}\right) = 0,35 + 2,5 \left(\frac{1,55}{2}\right) \cdot 0,5/2 = 0,83$$

**Φορτία**

Ιδιο βαρος πλ. 2,4X0,25=0,60  
Γαιες 2X4,00 = 8,00

$$5 \text{ τροχοί } \frac{5 \times 10 \times (1,4 - 0,1 \times 4)}{(2 + 2 \times 4) \times (3 + 2 \times 4)} = 0,45$$

$$P_{10\lambda} = 0,60 + 8 + 0,45 = 9,05 \text{ t/m}^2$$

Βάρος λαιμού: (1,15 X 0,95 - 0,75 X 0,55) X 4,00 X 2,4 = 6,52 t  
1 τροχός = 14 t

$$P = 20,52 \text{ t}$$

$$q_1 = \frac{9,05}{2} \times 0,83 = 3,76 \text{ t/m}$$

$$q_2 = \frac{9,05}{2} \times 0,83 + \frac{20,52}{2,60} = 3,76 + 7,89 = 11,65 \text{ t/m}$$

**Πλάκες ΖΑΒΖ , ΕΓΔΕ**

**Ανοιγμα**

$$l = 1,37 \times 1,05 = 1,44 \text{ μ. } b = 0,35 + 2,5(1,44/2) \cdot 0,5/2 = 0,80 \text{ μ.}$$

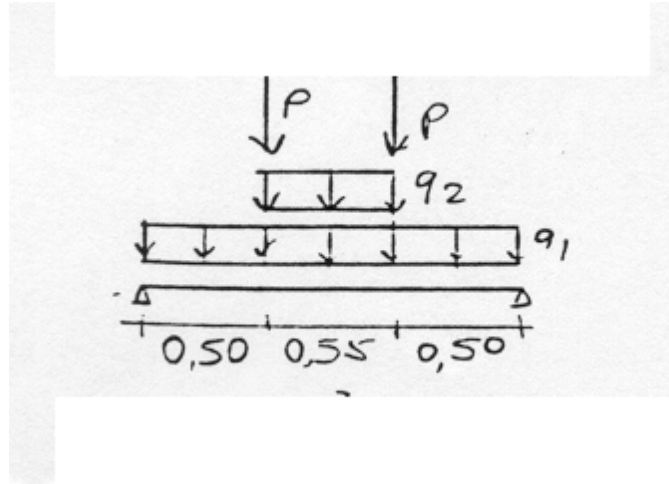
**Φορτία**

$$q_1 = (9,05/2) \times 0,80 = 3,62 \text{ t/m}$$

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 97
---------	------------------------------------	---------

$$q_2 = 3,62 + 7,89 = 11,51 \text{ t/m}$$

Υπολογισμός βελών κάμψης  
πλάκα ΑΔΓΒΑ



$$f_{r1} = [(3,76 \cdot 1,55^4) / (24 \cdot 0,83)] \cdot (0,323 - 2 \cdot 0,323^3 + 0,323^4) = 0,290$$

$$f_{r2} = [(11,65 \cdot 0,55) \cdot 1,55^2 \cdot 0,5] / (6 \cdot 0,83)$$

$$f_{r1} = \frac{3,76 \cdot 1,55^4}{24 \cdot 0,83} \times (0,323 - 2 \cdot 0,323^3 + 0,323^4) = 0,290$$

$$f_{r2} = \frac{(11,65 \cdot 0,55) \cdot 1,55^2 \cdot 0,5}{6 \cdot 0,83} \cdot 0,323 \cdot (1 - 0,5^2 - 0,323^2) = 0,322$$

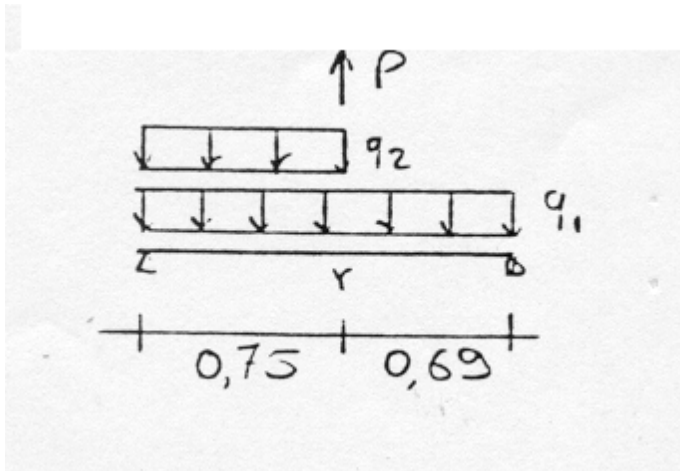
$$f_{rp} = f_{ra} + f_{rd}$$

$$f_{rpa} = \frac{P \cdot 1,55^2 \cdot 1,05}{6 \cdot 0,83} \cdot 0,323 (1 - 0,677^2 - 0,323^2) = 0,072 P$$

$$f = \frac{P \cdot 1,55^2 \cdot 1,05}{6 \cdot 0,83} \cdot 0,323 (1 - 0,323^2 - 0,323^2) = 0,062 P$$

$$f_{\text{loπλ}} = 0,290 + 0,322 + (0,072 + 0,062)P = 0,612 + 0,134P$$

Πλάκα ΖΑΒΖ, ΕΓΔΕ



$$f_{r_1} = \frac{3,62 \cdot 1,44^2}{24 \cdot 0,80} (0,521 - 2 \cdot 0,521^3 + 0,521^4) = 0,122$$

$$f_{r_2} = \frac{11,51 \cdot 0,75^2}{6 \cdot 0,80} (1 - 0,521) \cdot (1,44 - 0,75^2) = 0,567$$

$$f_{r_p} = -\frac{P \cdot 1,44^2 \cdot 0,69}{6 \cdot 0,80} \cdot 0,521 (1 - 0,479^2 - 0,521^2) = -0,078P$$

$$f_{ol} = 0,122 + 0,567 - 0,078P = 0,689 - 0,078P$$

**Αρα τελικά έχω:**

$$0,612 + 0,134P = 0,689 - 0,078P$$

$$P = 0,36t$$

**Υπολογισμός ροπών**

**Πλάκα ΑΔΓΒΑ**

$$M_1 = \frac{q_1 l^2}{8} = 3,76 \cdot 1,55^2 / 8 = 1,13tm$$

$$M_2 = \frac{q_2 \cdot l \cdot c}{8} \cdot \left(2 - \frac{c}{l}\right) = \frac{11,65 \cdot 1,55 \cdot 0,55}{8} \cdot \left(2 - \frac{0,55}{1,55}\right) = 2,04tm$$

$$M_3 = P \cdot a = 0,56 \cdot 0,5 = 0,18tm \rightarrow M_{ολ} = 3,35tm$$

$$M_1 = \frac{q_1 \cdot l^2}{8} = 3,62 \cdot \frac{1,44^2}{8} = 0,94tm$$

$$M_2 = \frac{q_2 \cdot C^2}{2} \cdot \left(1 - 0,5 \cdot \frac{c}{l}\right)^2 = \frac{11,51 \cdot 0,75^2}{2} \cdot \left(1 - 0,5 \cdot \frac{0,75}{1,44}\right)^2 = 1,77tm$$

$$M_p = \frac{-P \cdot a \cdot b}{l} = \frac{-0,36 \cdot 0,75 \cdot 0,69}{1,44} = -0,13tm \Rightarrow M_{ολ} = 2,58tm$$

### Οπλισμός

#### Πλάκα ΑΔΓΒΑ

B225 STIII d=25cm h=4cm b=83cm  
Me=3,35 Kh=10,45 6b/6e=66/2200 fe=8,01cm<sup>2</sup> Φ14/25

#### Πλάκες ΖΑΒΖ, ΕΓΔΕ

B225 STIII d=25cm h=4cm b=80cm  
Me=2,58 Kh=11,69 6b/6e=57/2200 fe=6,11cm<sup>2</sup> Φ14/25

### β) Επίλυση πυθμένα φρεατίου Ε2-0

Βάθος ροής 6,00 μ. d=40cm h'=4cm

#### Φορτία

##### 1) από πλάκα οροφής

$$q_{1ολ} = 9,05 + 20,52/(\pi \cdot 2^2/4) = 15,58 t/\mu^2$$

##### 2) Βάρος τοιχωμάτων

$$\frac{\frac{\pi}{4} \cdot (2^2 - 1,5^2) \cdot 1,75 \cdot 2,4}{\frac{\pi}{4} \cdot 2^2} = 1,84 t/\mu^2$$

$$\alpha \rho \alpha \quad q_{ολ} = 15,58 + 1,84 = 17,42 t/\mu^2$$

### Εύρεση ροπών

Από τους πίνακες Bares για πλάκα κυκλική με ελεύθερη έδραση, έχουμε:

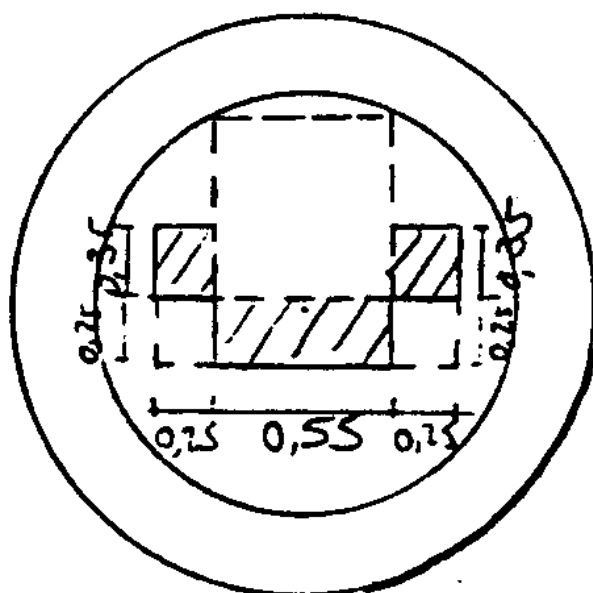
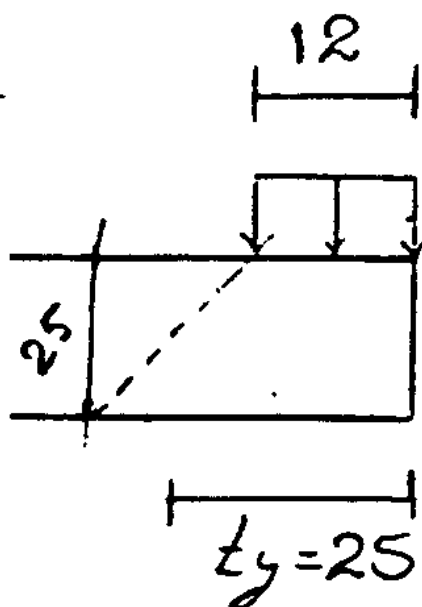
Ροπή στο κέντρο (ρ=a/r=0) ρ=0,66

$$M_- = \frac{17,42 \cdot (1,05 \times 0,75)^2}{16} \times 3,66 = 2,47tm/m = M_\phi$$

### Οπλισμός

Mr = 2,47 Kh=22,90 6b/6e=26/2200 fe=3,29cm<sup>2</sup>/m Φ10/18

2α) Ελεγχος οροφής φρεατίου Ε2-0 για επίχωση 15 εκ



Φορτία

Κατανομή κινητού που πατά στο καπάκι

Το φορτίο του τροχού θεωρείται κατανεμημένο στις γραμμοσκιασμένες επιφάνειες (δυσμενής περίπτωση)

$$(55+2 \times 12+2 \times 12,5=1,05)$$

$$(10+12+12,5=35)$$

1) 1 τροχός

$$2 \times 35+55=125 \text{ εκ.} \quad \text{αρα} \quad q_k=14/1,25=11,2 \text{ t/m}$$

$$2) \text{ Ιδιο βάρος πλάκας } 2,4 \times 0,25=0,60 \text{ t/m}^2$$

$$3) \text{ Γαίες } 2 \times 0,15 = 0,30 \text{ t/m}^2$$

$$t_y = 0,25$$

Πλάκα ΑΔΓΒΑ (bm=0,73)

$$q_1=0,9/2 \times 0,73 = 0,33 \text{ t/m}$$

$$q_2 = 0,33 + 11,20 = \text{t/m}$$

Πλάκα ΖΑΒΖ, ΕΓΔΕ (bm=0,70)

$$q_1 = 0,9/2 \times 0,70 = 0,32 \text{ t/m}$$

$$q_2 = \quad \quad \quad = 0,32 \text{ t/m}$$

$$q_3 = \quad \quad \quad = 11,20 \text{ t/m}$$

Και στις δυο περιπτώσεις τα φορτία είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα με 4,00 μ. επικάλυψη, άρα δεν απαιτείται περαιτέρω έλεγχος .

β) Πυθμένας φρεατίου Ε2-0 για επίχωση 15 εκ.

Φορτία

$$1) P_{\text{κιν}} = 2 \times 14 \text{ t/π.} \cdot r^2/4 = 8,90 \text{ t/m}^2$$

$$2) P_{\gamma} = 0,15 \times 2 \quad \quad \quad = 0,30 \text{ t/m}^2$$

$$3) P_{1\beta.\pi} = 2,4 \times 0,25 \quad \quad \quad = 0,60 \text{ t/m}^2$$

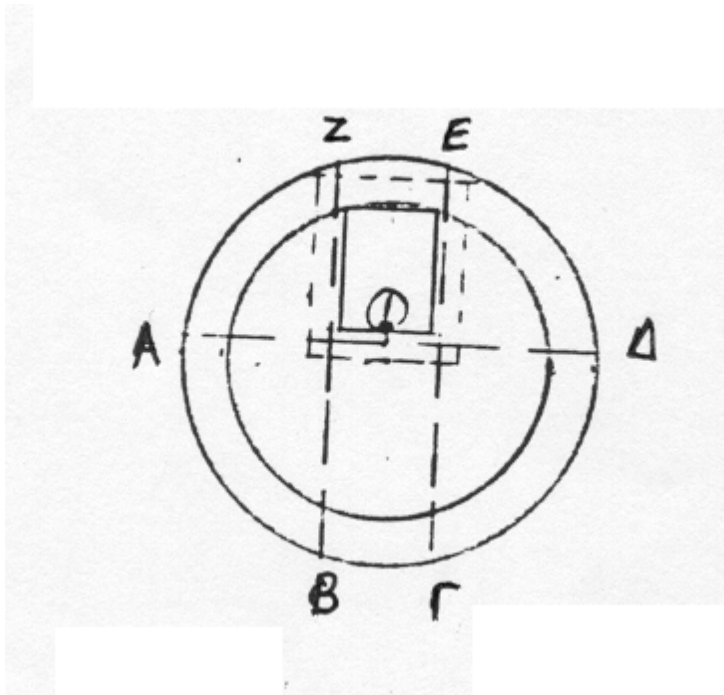
$$4) P_{\text{τοιχ}} = \quad \quad \quad = 1,84 \text{ t/m}^2$$

$$P_{\text{ολ}} = 11,64 \text{ t/m}^2$$

Μικρότερο από το αντίστοιχο με 4,00 μ. επικάλυψη .

**ΦΡΕΑΤΙΟ ΤΥΠΟΥ Ε3-0 (Dεσωτ = 2,00)**

**1. Επικάλυψη πλάκας επικάλυψης φρεατίου Ε3-0**



**α) Για επίχωση 4,00 μ.**

**Πλακά ΑΔΓΒΑ**

**Ανοιγμα  $2 \times 1,05 = 2,10$**

**$bm = ty + 2,5/2 \times (1-x/l) = 1,00$**

**Φορτία**

**1β.πλ.  $0,30 \times 2,40 = 0,72$**

**Γαίες  $2,00 \times 4,00 = 8,00$**

**5 τροχοί  $\frac{5 \times 10 \cdot (1,4 - 0,10 \cdot 4)}{(2 + 2 \cdot 4) \cdot (3 + 2 \cdot 4)} = 0,45$**

**$P_{1ολ} = 0,72 + 8,00 + 0,45 = 9,17 \text{ t/m}^2$**

**Βάρος λαιμού  $(1,15 \times 0,25 - 0,75 \times 0,55) \times 4 \times 2,40 = 6,52 \text{ t}$**

**1 τροχός (στη θέση 1)  $14 \text{ t}$**

**$P_{2ολ} = 20,52 \text{ t}$**

**$q_1 = \frac{9,17}{2} \cdot 1 = 4,58 \text{ t/m}$**

**$q_2 = \frac{9,17}{2} \cdot 1 + \frac{20,52}{2,60} = 4,58 + 7,89 = 12,47 \text{ t/m}$**

**Πλάκες ΖΑΒΖ, ΕΓΔΕ**

**Ανοιγμα  $1,86 \times 1,05 = 1,95$   $bm = 0,73$**

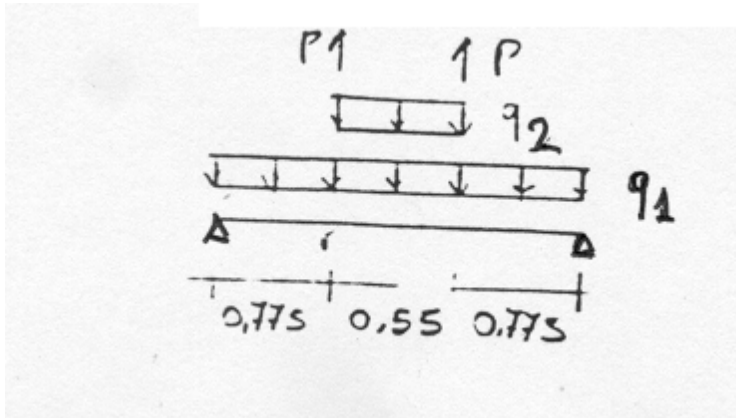
**Φορτία**



$$q_1 = \frac{9,17}{2} \cdot 0,73 = 3,34 \text{ t/m}$$

$$q_2 = 3,34 + 7,89 = 11,23 \text{ t/m}$$

**Υπολογισμός βελών κάμψης**  
**Πλάκα ΑΒΓΔΑ**



$$f_{r1} = \frac{4,58 \cdot 2,1^4}{24 \cdot 1,00} (0,363 - 2 \cdot 0,362^2 + 0,362^4) = 1,0653$$

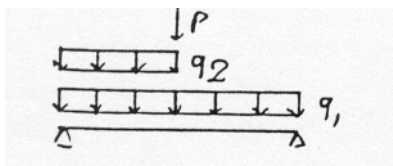
$$f_{r2} = \frac{(12,47 \cdot 0,55) \cdot 2,1^3}{12 \cdot 1,00} \cdot 0,369 (1 - 0,5^2 - 0,369^2) = -0,1674P$$

$$f_{Pa} = \frac{-P \cdot 2,10^2 \cdot 1,325}{6 \cdot 1,00} \cdot \frac{0,775}{2,10} \cdot (1 - 0,631^2 - 0,369^2) = -0,1674P$$

$$f_P = \frac{-P \cdot 2,10^2 \cdot 0,775}{6 \cdot 1,00} \cdot \frac{0,775}{2,10} \cdot (1 - 0,369^2 - 0,369^2) = -0,1530P$$

$$f_1 \text{ ολ} = 1,0653 + 1,988 - 0,3204P = 2,2641 - 0,3204P$$

**Πλάκα ΖΑΒΖ, ΕΓΔΕ**



$$f_{r1} = \frac{3,34 \cdot 1,94^4}{24 \cdot 0,73} \cdot (0,385 - 2 \cdot 0,385^2 + 0,385^4) = 0,8072$$

$$f_{r2} = \frac{11,23 \cdot 0,75^2 \cdot (1 - 0,385)}{6 \cdot 0,73} \cdot (1,95 - 0,75^2) = 1,2381$$

$$f_{r3} = \frac{-P \cdot 1,20^2 \cdot 0,75^2}{3 \cdot 1,95 \cdot 0,73} = -0,1897P$$

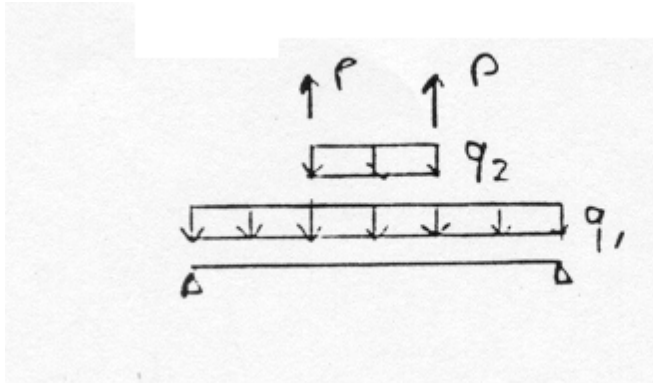
$$f_2 \text{ ολ} = 0,8072 + 1,2381 + 0,1897P = 2,0453 + 0,1897P$$

Αρα τελικά:

$$2,2641 - 0,3204P = 2,0453 + 0,1897P \Rightarrow P = 0,43$$

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 104
---------	------------------------------------	----------

**Υπολογισμός ροπών  
Πλάκα ΑΔΓΒΑ**



$$M_1 = \frac{4,58 \cdot 2,10^2}{8} = 2,52 \text{ tm}$$

$$M_2 = \frac{12,47 \cdot 0,55 \cdot 2,10}{8} \cdot (2 - 0,262) = 3,13 \text{ tm}$$

$$M_3 = -0,43 \cdot 0,775 = -0,33 \text{ tm}$$

$$M_{ολ} = 5,32 \text{ tm}$$

**Πλάκες ΖΑΒΖ, ΕΓΔΕ**

$$M_1 = \frac{3,34 \cdot 1,95^2}{8} = 1,58 \text{ tm}$$

$$M_2 = \frac{11,20 \cdot 0,75^2}{2} \cdot \left(1 - \frac{0,75}{2 \cdot 1,95}\right)^2 = 2,05$$

$$M_3 = \frac{0,41 \cdot 0,75 \cdot 1,20}{1,95} = 0,19$$

$$M_{ολ} = 3,82 \text{ tm}$$

**Οπλισμοί**

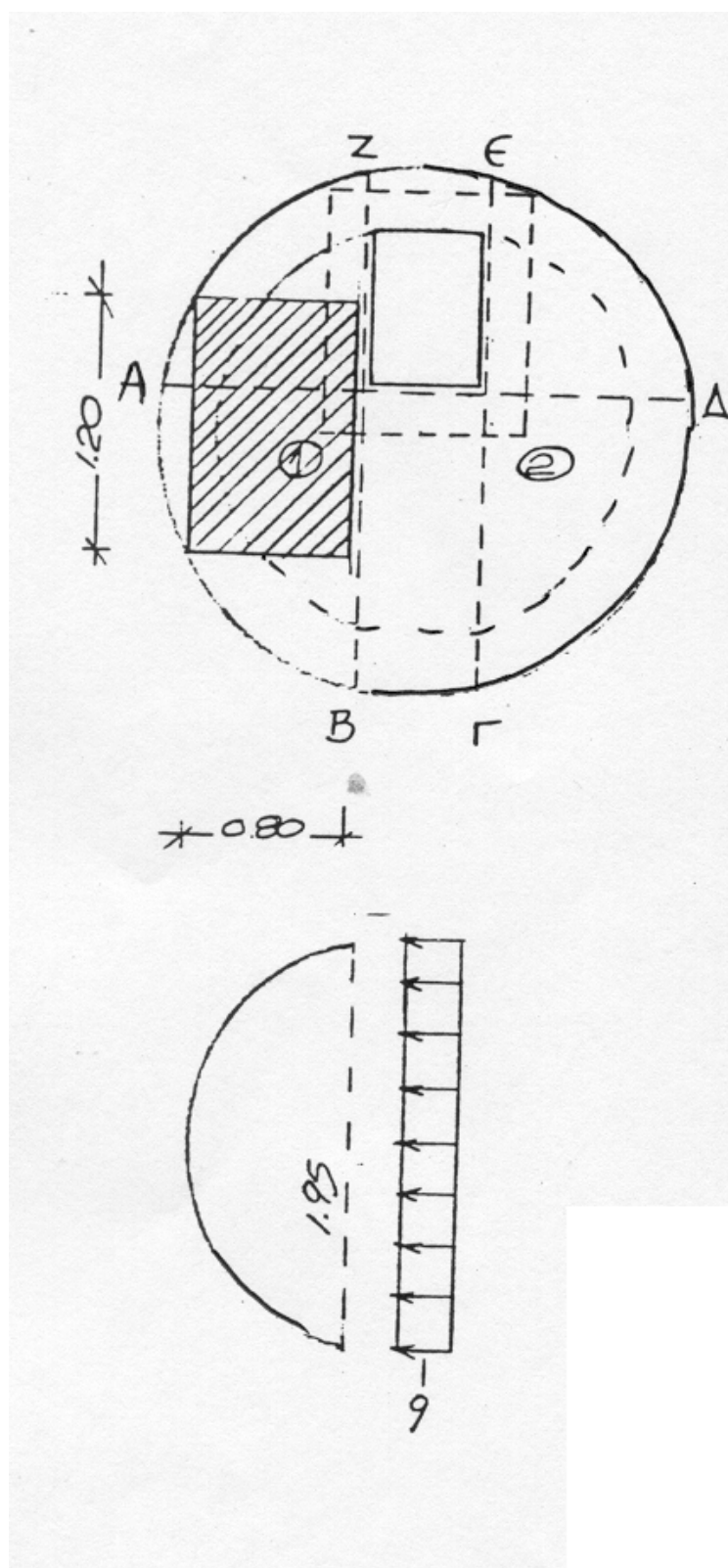
**Πλάκα ΑΔΓΒΑ**

B225 STIII d=30 cm h'=4 cm b=100cm  
Me=5,32tm Kh=11,27 6b/6e=60/2200 fe=10,20cm<sup>2</sup> Φ14/15

**Πλάκες ΖΑΒΖ, ΕΓΔΕ**

B225 STIII d=30 cm h'=4 cm b=73cm  
Me=3,82 tm Kh=11,37 6b/6e=59/2200 fe=732cm/73 ή fe'=10,03cm<sup>2</sup>/m Φ14/17/m

β) Ελεγχος οροφής φρεατίου E3-0 για επίχωση 15 εκ.



Φόρτιση για 2 τροχούς στις θέσεις 1 και 2  
(Δυσμενής φόρτιση)

Επιφάνεια επιρροής τροχού :

$$[0,20+0,30 \times 2] \times [0,60+0,30 \times 2] = 0,80 \times 1$$

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 106
---------	------------------------------------	----------

Στην περίπτωση της φόρτισης αυτής δυσμενέστερα φορτίζονται οι πλάκες ΖΑΒΖ, ΕΓΔΕ τις οποίες και επιλύουμε σαν τριέρειςτες ημικυκλικές πλάκες ελεύθερα εδραζόμενες (βλέπε ΗΑΗΝ σελ. 297).

#### Φορτία

Επειδή η επιφάνεια επιρροής του τροχού καλύπτει σχεδόν όλη την πλάκα θεωρούμε ότι το φορτίο των 14 t είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο.

$$\text{Αρα } q_{1\delta} = 3,14 \times 1952/8 \times 0,30 \times 2,40 = 1,08 \text{ T}$$

$$q_{\gamma\alpha\iota\omega\upsilon\nu} = 3,14 \times 1,952/8 \times 0,15 \times 2,00 = 0,45 \text{ T}$$

$$q_{\text{τροχών}} = \frac{=14,00 \text{ T}}{q_{\text{ολ}} = 15,53 \text{ T}}$$

$$M_{\max} = 15,53/4,95 = 3,14 \text{ x}$$

Η ροπή αυτή, που υπολογίστηκε χωρίς να ληφθεί υπόψη η αλληλεπίδραση των πλακών με την ΑΒΓΔΑ (δυσμενέστερη θεώρηση) είναι μικρότερη από την αντίστοιχη ροπή για την επίχωση των 4,00 μ.

#### 2) Επίλυση πυθμένα φρεατίου Ε3-0

$$\alpha) \text{ Βάθος ροής } 6,00 \text{ μ. } d=45 \quad h'=4$$

#### Φορτία

##### 1) Από την πλάκα οροφής

$$q_{\text{ολ}} = 9,17 + \frac{20,58}{\pi \cdot \frac{2,5^2}{4}} = 13,35 \text{ t/m}^2$$

##### 2) Βάρος τοιχωμάτων

$$\frac{\frac{\pi}{4} \times (2,5^2 - 2) \times 1,70 \times 2,4}{\frac{\pi}{4} \times 2,5^2} = 1,47 \text{ t/m}^2$$

αρα

$$q_{\text{ολ}} = 13,35 + 1,47 = 14,82 \text{ t/m}^2$$

#### Εύρεση ροπών

Από τους πίνακες Bares για πλάκα κυκλική με ελεύθερη έδραση, έχουμε:

Ροπή στο κέντρο ( $\rho=a/r=0$ )  $\rho=0,66$

$$M_r = \frac{14,82 \cdot (1,051)^2}{16} \cdot 3,66 = 3,74 \text{ tm/m} = M_{\phi}$$

#### Οπλισμός

$$Mr=3,74 \quad Kh=21,21 \quad 6b/6e=28/2200 \quad fe=4,38 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \Phi 12/20$$

#### β) Έλεγχος πυθμένα φρεατίου Ε3-0 για επίχωση 15 εκ.

#### Φορτία

$$1) P_{\text{κιν}} = 4 \times 14 = 56 \text{ t}$$

$$2) \text{ ίδιο βάρος}$$

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 107
---------	------------------------------------	----------

**Ογκος για μέση διάμετρο αγωγού Φ110**

$$\frac{\pi}{4} \times 2,5^2 \times 2 - \frac{\pi}{4} \times 2^2 \times (2-1,10) - \frac{\pi}{8} \times 1,10^2 \times 1,5 - \frac{1,10}{2} \times 1,10 \times 1,5 = 5,37 \mu^3$$

**Αρα ι.β. = 5,37 x 2,4 = 12,89 t**

**3) Γαίες 2 x 0,15 = 0,30 t/m<sup>2</sup>**

**Αρα  $q_{ολ} = \frac{56+12,89}{\frac{\pi}{4} \cdot 2,50^2} + 0,30 = 14,33 t/m^2$**

**Το φορτίο είναι μικρότερο από το αντίστοιχο για 4,00 μ. επικάλυψη.**



## **6.8. ΣΤΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ**

χυτων φρεατιων λυματων Ε3, Ε4 και Ε5

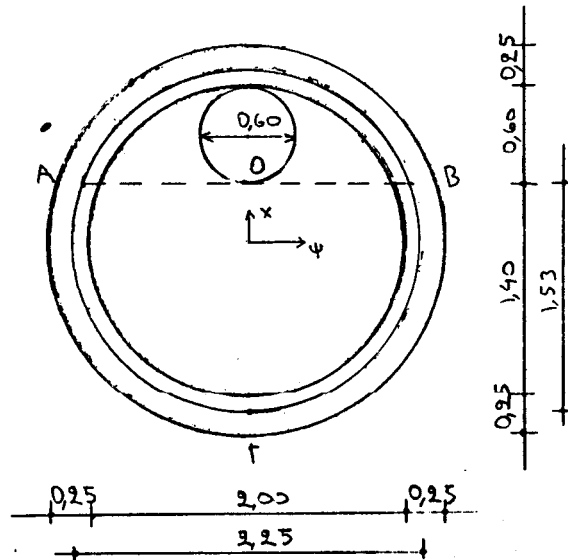
### 1. Διαστάσεις φρεατίων E3, E4, E5 σε m

Τύπος φρεατίου	E3	E4	E5
Πάχος τοιχώματος	0,25	0,25	0,30
Πάχος πλάκας οροφής	0,30	0,30	0,30
Πάχος πλάκας πυθμένα	0,45	0,45	0,45
Μέγιστο βάθος επιχώσης	3,50	3,00	3,00
Ελάχιστο βάθος επίχωσης	1,50	0,15	0,15
Καθαρό ύψος σώματος φρεατίου για το max βάθος επίχωσης	2,60	2,80	3,00
Καθαρό ύψος σώματος φρεατίου για το min βάθος επίχωσης	2,60	1,91	2,14

## 2. Στατικός υπολογισμός

### 2.1. Φρεάτιο τύπου E3 (D=2,00 μ.)

Παραδοχή : B225 , Still, οχήμα 60 t,  $\gamma = 2,0 \text{ t/m}^3$  Πλάκα οροφής d=30εκ.



Υπολογισμός φορτίων:

Μόνιμα:

Ιδιο βάρος πλάκας :  $0,3 \times 2,4 = 0,72 \text{ t/m}^2$

Ιδιο βάρος λαιμού:

$$\pi \times \left[ \frac{(0,6+2 \times 0,2)^2}{4} - \frac{0,6^2}{4} \right] \times (3,5-0,15) \times 2,4 = 4,04 \text{ t}$$

για το οποίο υποθέτουμε ότι μεταβιβάζεται το μισό στο σημείο 0 και ασκείται στο μήκος των 2,25 μ.

Φορτίο επικάλυψης:  $3,5 \times 2,0 = 7,00 \text{ t/m}^2$  (3,5 m = μέγιστο βάθος επίχωσης)

Κινητό φορτίο για το μέγιστο βάθος επίχωσης:

Υποθέτουμε ότι ο ένας από τους 6 τροχούς του οχήματος πατάει στο κάλυμα του φρεατίου οπότε από το φορτίο του  $P=10 \text{ t} \times 1,4 = 14 \text{ t}$  ( $1,4 = q$  συντελεστής κρούσης) μεταβιβάζεται μέσω του λαιμού του φρεατίου το μισό στην πλάκα ΑΒΓΑ στο σημείο 0. Το φορτίο των υπόλοιπων 5 τροχών, θεωρούμε ότι ασκείται ομοιόμορφα στο βάθος των 3,50 m που από τους πίνακες «Tabellen zur statischen Berechnung von Abwasserkanalen» προκύπτει ότι είναι  $1,50 \text{ t/m}^2$ . Άρα στην επιφάνεια της πλάκας ΑΒΓΑ θα ασκείται ομοιόμορφο φορτίο  $5/6 \times 1,50 \times 1,4 = 1,75 \text{ t/m}^2$ .

Επίλυση

Η πλάκα ΑΒΓΑ επιλύεται σαν τριέριστη με πλευρές 2,25 μ και 1,53 μ. με ελεύθερη πλευρά την ΑΒ, σύμφωνα με τον πίνακα 17α σελ. 452 κατά ΗΑΗΝ.

1. Ομοιόμορφο φορτίο:

0,72  $\text{t/m}^2$  (ίδιο βάρος πλάκας)

7,00 (φορτίο επικάλυψης)

1,75 (φορτίο από τους 5 τροχούς του οχήματος)

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 111
---------	------------------------------------	----------



$$9,47 \text{ t/m}^2$$

$$\varepsilon = l_{\psi}/l_{\chi} = 1,53/2,25 \sim 0,7 \quad \text{Φορτίο } K = 9,47 \times 2,25 \times 1,53 = 32,6 \text{ t.}$$

$$\text{Ροπές : } M_{\chi^0} = 32,6 / 9,1 = 3,6 \text{ tm/m}$$

$$M_{\chi m} = 32,6 / 14,2 = 2,3 \text{ tm /m}$$

$$M_{\psi m} = 32,6/29,9 = 10 \text{ tm /m}$$

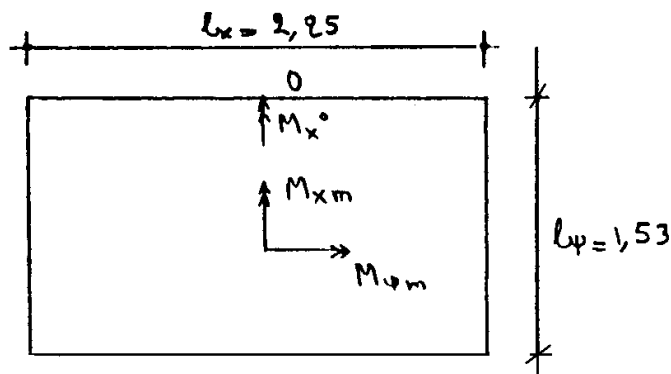
2. Γραμμικό φορτίο επί της πλευράς 2,25 m:

$$4,04 / 2 / 2,25 = 0,9 \text{ t/m (από λαιμό φρεατίου)}$$

$$14 / 2 / 2,25 = \underline{3,10} \text{ (από τον τροχό του οχήματος που πατάει στο καπάκι)}$$

$$4,0 \text{ t/m}$$

$$\text{Φορτίο } S = 4,0 \times 2,25 = 9,0 \text{ t}$$



Ροπές:

$$M_{\chi^0} = 9,0 / 4,3 = 2,1 \text{ tm/m}$$

$$M_{\chi m} = 9,0 / 9,4 = 1,0 \text{ tm /m}$$

$$M_{\psi m} = 9,0/32,8 = 0,3 \text{ tm /m}$$

Οπλισμός

Κατά τη διεύθυνση  $\psi$

$$d=30 \text{ εκ.} \quad h'=4 \text{ εκ.} \quad b=100 \text{ εκ.}$$

$$M=3,6+2,1=5,7 \text{ tm/m}$$

$$K_h=11 \quad \sigma_b/\sigma_e=63/2200 \quad f_e=11,07 \text{ cm}^2$$

Τοποθετούνται Φ16/18

Κατά τη διεύθυνση  $\chi$

$$d=30 \text{ εκ.} \quad h'=4 \text{ εκ.} \quad b=100 \text{ εκ.}$$

$$M=1,0+0,3=1,3 \text{ tm/m}$$

$$K_h=22,8 \quad \sigma_b/\sigma_e=26/2200 \quad f_e=2,39 \text{ cm}^2$$

Τοποθετούνται Φ12/25

Για το μέγιστο βάθος επίχωσης το φορτίο γαιών είναι μέγιστο και το φορτίο οχήματος ελάχιστο.

Η πλάκα επιλύεται και για την περίπτωση του ελάχιστου βάθους επίχωσης (1,50 μ) που το φορτίο οχήματος είναι μέγιστο και το φορτίο γαιών ελάχιστο.

Υπολογισμος φορτίων:

Μόνιμα:

Ιδιο βάρος πλακάς:

$$0,3 \times 2,4 = 0,72 \text{ t/m}^2$$

Ιδιο βάρος λαιμού:

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 112
---------	------------------------------------	----------

$$\pi \times \left[ \frac{(0,6+2 \times 0,2)^2}{4} - \frac{0,6^2}{4} \right] \times (1,50-0,15) \times 2,4 = 1,63t$$

Φορτίο επικάλυψης:  $1,50 \times 2,0 = 3,00 \text{ t/m}^2$

Κινητό φορτίο για το ελάχιστο βάθος επίχωσης:  $(10 \text{ t} \times 1,4 / 2) = 7,0 \text{ t}$  (συγκεντρωμένο στο σημείο Ο) και ομοιόμορφο φορτίο στη πλάκα από τους υπόλοιπους 5 τροχούς του οχήματος :  $5/6 \times 3,12 \times 1,4 = 3,64 \text{ t/m}^2$  ( $3,12 \text{ t/m}^2$  = ομοιόμορφο φορτίο στην πλάκα σε βάθος 1,50 μ. από πίνακες «Tabellen zur statischen Berechnung von Abwasserkanalcn» ).

#### Επίλυση

Η πλάκα ΑΒΓΑ επιλύεται όπως και στην περίπτωση του μέγιστου βάθους επίχωσης (κατά ΗΑΗΝ, πίνακας 17α σελ. 452).

1. Ομοιόμορφο φορτίο:

0,72 t/m<sup>2</sup> (ίδιο βάρος πλάκας)  
 3,00 (φορτίο επικάλυψης)  
3,64 (φορτίο από τους 5 τροχούς του οχήματος)  
 7,36 t/m<sup>2</sup>

$\varepsilon = l_{\psi}/l_{\chi} = 1,53/2,25 \sim 0,7$  Φορτίο  $K = 7,36 \times 2,25 \times 1,53 = 25,3 \text{ t}$ .

Ροπές :  $M_{\chi}^0 = 25,3 / 9,1 = 2,8 \text{ tm/m}$

$M_{\chi} m = 25,3 / 14,2 = 1,8 \text{ tm /m}$

$M_{\psi} m = 25,3/29,9 = 0,9 \text{ tm/m}$

2. Γραμμικό φορτίο επί της πλευράς 2,25 μ:

$1,63 / 2 / 2,25 = 0,4 \text{ t/m}$  (από λαιμό φρεατίου)

$14 / 2 / 2,25 = 3,1$  (από τον τροχό του οχήματος που πατάει στο καπάκι)  
 3,5 t/m

Φορτίο  $S = 3,5 \times 2,25 = 7,9 \text{ t}$

Ροπές:

$M_{\chi}^0 = 7,9 / 4,3 = 1,8 \text{ tm/m}$

$M_{\chi} m = 7,9 / 9,4 = 0,8 \text{ tm /m}$

$M_{\psi} m = 7,9/32,8 = 0,2 \text{ tm /m}$

Οι ροπές συνεπώς στην περίπτωση του ελάχιστου βάθους επίχωσης είναι μικρότερες από την περίπτωση του μέγιστου βάθους , άρα η πλάκα οπλίζεται με τις ροπές του μέγιστου βάθους.

Πλάκα πυθμένα  $d=45\text{εκ.}$

Η κυκλική πλάκα υπολογίζεται για αντίδραση εδάφους ομοιόμορφη σ'ολόκληρη την επιφάνεια, ίση σε μέγεθος με τα υπερκείμενα φορτία.

Η πλάκα επιλύεται για δυο περιπτώσεις (μέγιστο και ελάχιστο βάθος επίχωσης) όπως και η πλάκα οροφής .

Μέγιστο βάθος επίχωσης:

Φορτία:

Μόνιμα:

$0,72 \times \pi \times (2,50^2)/4 = 3,53 \text{ t}$  (ίδιο βάρος πλάκας οροφής)  
 = 4,04 t

$7,00 \times \pi \times (2,50^2)/4 = 34,36 \text{ t}$  (φορτίο επικάλυψης)

$\pi/4 \times (2,50^2-2,00^2) \times 2,60 \times 2,4 = 11,03 \text{ t}$  (τοιχεία ύψους 2,60 μ)  
 52,96 t

Κινητά:

14,0 t (από τον τροχό που πατάει στο κάλυμα)

$1,75 \times 2,88 (=E_{ABΓA}) = 5,04 \text{ t}$  (από τους υπόλοιπους 5 τροχούς)

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 113
---------	------------------------------------	----------

19,04 t

Ομοιόμορφη αντίδραση:  $(52,96 + 19,04) / (\pi \times 2,50^2)/4 = 14,7 \text{ t/m}^2$

Επίλυση:

Από πίνακες Stiglar/Wipper (πλάκα Ντ.Κ/1/α)

$$M = \frac{1}{5,33} \times 14,7 \times \left( \frac{2,25}{2} \right)^2 = 3,49 \text{ tm/m}$$

Ελάχιστο βάθος επίχωσης:

Φορτία:

Μόνιμα:

$$\begin{aligned} 0,72 \times \pi \times (2,50^2)/4 &= 3,53 \text{ t (ίδιο βάρος πλάκας οροφής)} \\ &= 1,63 \text{ t (ίδιο βάρος λαιμού)} \\ 3,00 \times \pi \times (2,50^2)/4 &= 14,73 \text{ t (φορτίο επικάλυψης)} \\ \pi/4 \times (2,50^2 - 2,00^2) \times 2,60 \times 2,4 &= \underline{11,03 \text{ t}} \text{ (τοιχεία ύψους 2,60 μ)} \\ &30,92 \text{ t} \end{aligned}$$

Κινητά:

$$\begin{aligned} &14,0 \text{ t (από τον τροχό που πατάει στο κάλυμα)} \\ 3,64 \times 2,88 (=E_{ABGA}) &= \underline{10,48 \text{ t}} \text{ (από τους υπόλοιπους 5 τροχούς)} \\ &24,48 \text{ t} \end{aligned}$$

Ομοιόμορφη αντίδραση:  $(30,92 + 24,48) / (\pi \times 2,50^2)/4 = 11,29 \text{ t/m}^2$

Επίλυση:

Από πίνακες Stiglar/Wipper (πλάκα Ντ.Κ/1/α)

$$M = \frac{1}{5,33} \times 11,29 \times \left( \frac{2,25}{2} \right)^2 = 2,68 \text{ tm/m}$$

Αρα η πλάκα οπλίζεται με ροπή  $M=3,49 \text{ tm/m}$  (από την επίλυση για το μέγιστο βάθος επίχωσης).

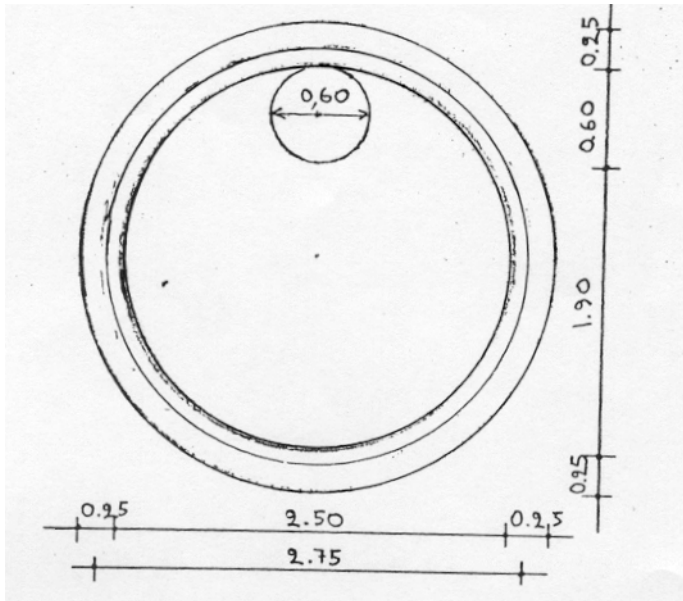
Οπλισμός

$$\begin{aligned} d &= 45 \text{ εκ.} & h' &= 4 \text{ εκ.} & b &= 100 \text{ εκ.} & M &= 3,49 \text{ tm/m} \\ K_h &= 21,95 & \sigma_b/\sigma_e &= 28/2200 & f_e &= 4,09 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Τοποθετούνται Φ12/25

## 2.2. ΦΡΕΑΤΙΟ ΤΥΠΟΥ Ε4 (D=2,50 μ.)

Παραδοχή : B225 , Still, οχήμα 60 t,  $\gamma = 2,0 \text{ t/m}^3$  Πλάκα οροφής d=30εκ.



Θεωρείται ότι η επίδραση της οπής στη λειτουργία της πλάκας είναι μικρή, συνεπώς υπολογίζεται σαν κυκλική πλάκα.

Ο υπολογισμός των φορτίων και η επίλυση της πλάκας γίνεται αρχικά για την περίπτωση του μέγιστου βάθους όπου το φορτίο επικάλυψης είναι μέγιστο και το φορτίο οχήματος ελάχιστο και στη συνέχεια για την περίπτωση του ελάχιστου βάθους όπου το φορτίο οχήματος είναι μέγιστο και το φορτίο γαιών ελάχιστο.

Μέγιστο βάθος επίχωσης ~ 3,00 μ.

Υπολογισμός φορτίων:

Μονιμα φορτία:

Ιδιο βάρος πλάκας :  $0,30 \times 2,4 = 0,72 \text{ t/m}^2$

Επικάλυψη:  $3,00 \times 2,00 = 6,00 \text{ t/m}^2$

Φορτίο λαιμού:  $\pi \times \left[ \frac{(0,60+2 \times 0,2)^2 - 0,60^2}{4} \right] \times (3,00-0,15) \times 2,4 = 3,44 \text{ t}$  που θεωρείται

ομοιόμορφα κατανομημένο στην επιφάνεια της πλάκας :  $3,44 / (\pi \times 2,75^2/4) = 0,58 \text{ t/m}^2$

Κινητά φορτία:

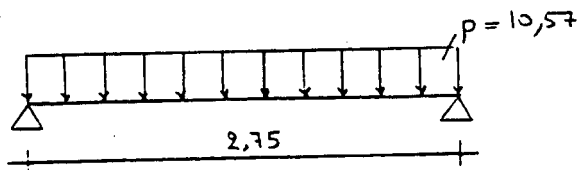
Θεωρούμε ότι ο ένας από τους 6 τροχούς του οχήματος πατάει στο κάλυμα του φρεατίου. Συντελεστής κρούσης  $q=1,4$  . Η δύναμη από τον τροχό είναι  $1,4 \times 10 = 14 \text{ t}$  και θεωρούμε ότι κατανέμεται (η μισή) ομοιόμορφα στην επιφάνεια της πλάκας  $14/2/(\pi \times 2,75^2/4) = 1,18 \text{ t/m}^2$  . Από τους υπόλοιπους 5 τροχούς του οχήματος η φορτίση είναι :  $5/6 \times 1,4 \times 1,79 = 2,09 \text{ t/m}^2$  (1,79 είναι η φόρτιση σε βάθος 3,00 μ. από πίνακες «Tabellen zur statischen Berechnung von Abwasserkanalen»). Αρα το συνολικό ομοιόμορφο φορτίο επι της πλάκας είναι:

0,72 t/m<sup>2</sup> (ίδιο βάρος πλάκας)  
 6,00 t/m<sup>2</sup> (βάρος επικάλυψης)  
 0,58 t/m<sup>2</sup> (βάρος λαιμού)  
 1,18 t/m<sup>2</sup> (από τον τροχό που πατάει στο κάλυμα)  
2,09 t/m<sup>2</sup> (από τους υπόλοιπους 5 τροχούς)

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 115
---------	------------------------------------	----------

10,57 t/m<sup>2</sup>

Ισοδυναμο στατικό σύστημα:



Από πίνακες Stiglar/Wipper (πλάκα Ντ.Κ/1/α) με  $b/a = 1$   $p=r/a = 0 \rightarrow m=5,33$  αρα

$$M = \frac{1}{5,33} \times 10,57 \times \left( \frac{2,75}{2} \right)^2 = 3,75 \text{ tm/m}$$

Στη συνέχεια η πλάκα επιλύεται για το ελάχιστο βάθος επίχωσης όπου το φορτίο οχήματος είναι μέγιστο και το φορτίο γαιών ελάχιστο.

Ελάχιστο βάθος επίχωσης = 0,15 μ.

Μονιμα φορτία:

Ιδιο βάρος πλάκας:  $0,30 \times 2,4 = 0,72 \text{ t/m}^2$

Επικάλυψη:  $0,15 \times 2,00 = 0,30 \text{ t/m}^2$  (βάρος λαιμού =  $0,0 \text{ t/m}^2$ )

Κινητά φορτία:

$P = 10 \text{ t}$ , συντελεστής κρούσης = 1,4  $\rightarrow Q = 14 \text{ t}$

Για την επίλυση της κυκλικής πλάκας (για τα κινητά φορτία) θεωρείται ότι το ορθογωνικό φορτίο διαστάσεων

$$\left( 0,20 + 2 \times \frac{0,30}{2} \right) \times \left( 0,60 + 2 \times \frac{0,30}{2} \right) = 0,50 \times 0,90 \quad (0,30 = \text{πάχος πλάκας θεωρώντας ότι η}$$

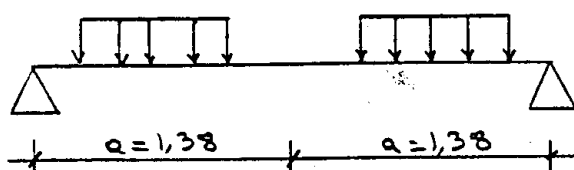
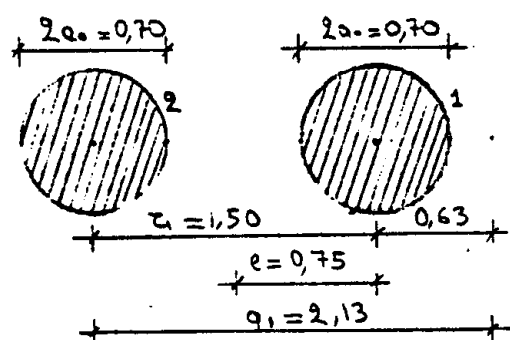
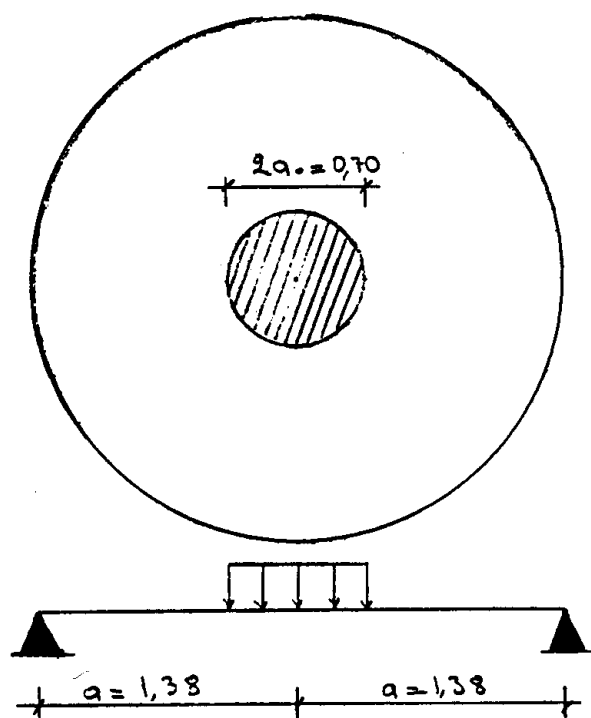
κατανομή γίνεται στο μέσον του πάχους της πλάκας (DIN 1072) μπορεί να αναχθεί σε ισοδύναμο με κυκλικά κατανεμημένο φορτίο διαμέτρου 0,70 μ. Για τον υπολογισμό των μέγιστων ροπών λόγω κινητού φορτίου θεωρείται ότι μπορούν να υπάρξουν οι εξής δυσμενείς θέσεις τροχών τριαξονικού φορτηγού.

**1η περίπτωση:** Όταν ο ένας τροχός έχει θέση στο κέντρο της κυκλικής πλάκας, οπότε οι θέσεις των δυο άλλων τροχών (σε αποστάσεις 150 μ) δεν δημιουργούν εντατική κατάσταση.

**2η περίπτωση:** Όταν οι δυο τροχοί βρίσκονται επί της κυκλικής πλάκας οπότε ο τρίτος τροχός βρίσκεται εκτός.

Η επίλυση θα γίνει και στις δυο περιπτώσεις σύμφωνα με τους πίνακες Bars (πίν. 51 , σελ. 534)

**1η περίπτωση:** Η μέγιστη ροπή εμφανίζεται στο κέντρο του κυκλου εφαρμογής της δύναμης Q.



$M_{rmax}$  (ακτινική ροπή) =  $M_{qmax}$  (εφαπτομενική ροπή)

$$M_{rmax} = M_{qmax} = \frac{Q}{4\pi} \cdot [1 + (1+\mu)] \lg \frac{a-e}{a} - \frac{(1-\mu) \cdot \alpha_0^2}{4(a-e)^2}$$

Για την περίπτωση ομοιόμορφου κατανεμημένου φορτίου και περιμετρικής στήριξης της πλάκας  $\mu$ =λόγος Poisson = 0.30 , οπότε:

$$M_{rmax} = M_{qmax} = (140/4 \times \pi) \times [1 + (1+0,30) \cdot \lg ((1,38 - 0)/0,35) - ((1-0,30) \cdot 0,35^2 / 4 \cdot (1,38 - 0)^2)] = 19,6 \text{ KNm/m} = 1,96 \text{ tm/m} .$$

2η περίπτωση: Η μέγιστη ροπή που εμφανίζεται στο κέντρο του κύκλου εφαρμογής της δύναμης Q στον τροχό 1, είναι :

$$(M_{r1})_{max} = (M_{q1})_{max} = Q/4\pi \cdot [1 + (1+\mu) \cdot \lg ((a-e)/a) - ((1-\mu) \cdot \alpha_0^2) / 4(a-e)^2] = 140/4\pi [1 + (1+0,30) \cdot \lg (1,38-0,75)/0,35 - ((1-0,30) \cdot 0,35^2 / 4 \cdot (1,38 - 0,75)^2)] = 14,25 \text{ KNm/m} = 1,43 \text{ tm/m} .$$

Η ροπή που εμφανίζεται στο κέντρο του κύκλου του τροχού 1 από το φορτίο Q στον τροχό 2, είναι:

$$M_{r2} = (M_{r1})_{max} [((1+\mu) \cdot \lg (a_1/r_1)) / \mu + (1+\mu) \cdot \lg (a_1/\alpha_0)] = 1,43 [(1+0,30) \cdot \lg (2,13/1,50) / 0,30 + (1+0,30) \cdot \lg (2,13/0,35)] = 0,22 \text{ tm/m} .$$

$$M_{q2} = (M_{q1})_{max} [((1+\mu) \cdot \lg (a_1/r_1) + (1-\mu)) / 1 + (1-\mu) \cdot \lg (\alpha_1/\alpha_0)] = 1,43 [(1+0,30) \cdot \lg (2,13/1,50) + (1-0,30) / 1 + (1-0,30) \cdot \lg (2,13/0,35)] = 0,82 \text{ tm/m} .$$

Οι ροπές στο κέντρο του τροχού 1 (το ίδιο ισχύει λόγω συμμετρίας και για το κέντρο του τροχού 2) προκύπτουν από επαλληλία της φόρτισης της πλάκας με το φορτίο του τροχού 1 (ροπές  $(M_{r1})_{max}$ ,  $(M_{q1})_{max}$ ) και της φόρτισης της πλάκας με το φορτίο του τροχού 2 (ροπές  $M_{r2}$ ,  $M_{q2}$ ).

Δηλ. οι ροπές στο κέντρο του τροχού 1 είναι :

$$M_r = M_{r1max} + M_{r2} = 1,43 + 0,22 = 1,65 \text{ tm/m}$$

$$M_q = M_{q1max} + M_{q2} = 1,43 + 0,82 = 2,25 \text{ tm/m}$$

Αρα οι μέγιστες ροπές στην πλάκα από τα κινητά φορτία είναι

$$M_r = 1,96 \text{ tm/m (από την 1η περίπτωση)}$$

$$M_q = 2,25 \text{ tm/m (από την 2η περίπτωση).}$$

Η επίλυση της πλάκας για τα μόνιμα φορτία γίνεται από τους πίνακες Stiglar / Wipper (πλάκα Ντ.Κ/1/α) με  $b=a=1,38$  και  $p=r/a = 0$  . Προκύπτει  $m = 5,33$  . Το φορτίο P είναι ίσο με  $[0,72 \text{ (από το ίδιο βάρος πλάκας) } + 0,30 \text{ (από επικάλυψη)}] \times \pi \times (2,75^2/4) = 6,06 \text{ t}$  οπότε  $M = 1/m \times p \times a^2 = (1/5,33) \times (0,72 + 0,30) \times (2,75/2)^2 = 0,36 \text{ tm/m} .$

Αρα η συνολική (από μόνιμα και κινητά φορτία) ροπή της πλάκας για την περίπτωση του ελάχιστου βάθους επιχώσης είναι  $M = 0,36 + 2,25 = 2,61 \text{ tm/m} < 3,75 \text{ tm/m}$  (= ροπή από επίλυση της πλάκας για την περίπτωση του μέγιστου βάθους επίχωσης) .

Συνεπώς ο οπλισμός της πλάκας υπολογίζεται με τη ροπή  $M = 3,75 \text{ tm/m}$  ,  $d=30 \text{ εκ.}$  ,  $h' = 4 \text{ εκ.}$  ,  $b = 100 \text{ εκ.}$  ,  $Kh=13,43$   $\sigma_b/\sigma_e=49/2200$   $f_e=7,15 \text{ cm}^2$

Τοποθετούνται # Φ12/16

Πλάκα πυθμένα  $d=45 \text{ εκ.}$

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 118
---------	------------------------------------	----------

Η κυκλική πλάκα υπολογίζεται για αντίδραση εδάφους ομοιόμορφη σ'ολόκληρη την επιφάνεια, ίση σε μέγεθος με τα υπερκείμενα φορτία και επιλύεται για δυο περιπτώσεις (για το μέγιστο και για το ελάχιστο βάθος επίχωσης) όπως και η πλάκα οροφής.

Μέγιστο βάθος επίχωσης:

Φορτία:

$$\begin{aligned} \text{Μόνιμα: } 0,72 \times \pi \times (3,00^2 / 4) &= 5,09 \text{ t (ίδιο βάρος πλάκας οροφής)} \\ &= 3,44 \text{ t (ίδιο βάρος λαιμού)} \\ 6,00 \times \pi \times (3,00^2 / 4) &= 42,41 \text{ t (φορτίο επικάλυψης)} \\ \pi/4 \times (3,00^2 - 2,50^2) \times 2,80 \times 2,4 &= 14,51 \text{ t (τοιχεία ύψους 2,80 μ.)} \\ &65,45 \text{ t} \end{aligned}$$

Κινητά:

$$\begin{aligned} &= 14,0 \text{ t (από τον τροχό που πατάει στο κάλυμα)} \\ 2,09 \times \pi \times (3,00^2 - 0,60^2)/4 &= 14,18 \text{ t (από τους υπόλοιπους 5 τροχούς)} \\ &28,18 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\text{Ομοιομορφη αντιδραση: } (65,45 + 28,18) / (\pi \times 3,00^2) / 4 = 13,25 \text{ t/m}^2$$

Επιλυση:

$$\text{Από πίνακες Stiglar / Wipper (πλάκα Ντ.Κ/1/α) } M = 1/5,33 \times 13,25 \times (2,75/2)^2 = 4,30 \text{ tm/m}$$

Ελάχιστο βάθος επίχωσης:

Φορτία:

$$\begin{aligned} \text{Μόνιμα: } 0,72 \times \pi \times (3,00^2 / 4) &= 5,09 \text{ t (ίδιο βάρος πλάκας οροφής)} \\ 0,30 \times \pi \times (3,00^2 / 4) &= 2,12 \text{ t (φορτίο επικάλυψης)} \\ \pi/4 \times (3,00^2 - 2,50^2) \times 2,80 \times 2,4 &= 14,51 \text{ t (τοιχεία ύψους 2,80 μ.)} \\ &65,45 \text{ t} \end{aligned}$$

Κινητά:

$$\begin{aligned} &14,0 \text{ t (από τον τροχό που πατάει στο κάλυμα)} \\ 2,09 \times \pi \times (3,00^2 - 0,60^2)/4 &= 14,18 \text{ t (από τους υπόλοιπους 5 τροχούς)} \\ &28,18 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\text{Ομοιόμορφη αντίδραση: } (65,45 + 28,18) / (\pi \times 3,00^2) / 4 = 13,25 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Επίλυση: Από πίνακες Stiglar/Wipper (πλάκα Ντ.Κ/1/α) } M = 1/5,33 \times 13,25 \times (2,75/2)^2 = 4,70 \text{ tm/m}$$

Ελάχιστο βάθος επιχωσης:

Φορτία:

$$\begin{aligned} \text{Μόνιμα: } 0,72 \times \pi \times (3,00^2 / 4) &= 5,09 \text{ t (ίδιο βάρος πλάκας οροφής)} \\ 0,30 \times \pi \times (3,00^2 / 4) &= 2,12 \text{ t (φορτίο επικάλυψης)} \\ \pi/4 \times (3,00^2 - 2,50^2) \times 1,91 \times 2,4 &= 9,90 \text{ t (τοιχεία ύψους 1,91 μ.)} \\ &17,11 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Κινητά: } 2 \times 14 &= 28,0 \text{ t (από τους 2 τροχούς επι της πλάκας)} \\ \text{Ομοιόμορφη αντίδραση: } (17,11 + 2,80) / (\pi \times 3,00^2) / 4 &= 6,38 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Επιλυση:

Από πίνακες Stiglar / Wipper (πλάκα Ντ.Κ/1/α)

$$M = 1/5,33 \times 6,38 \times (2,75/2)^2 = 2,26 \text{ tm/m} < 4,70 \text{ tm/m}, \text{ άρα η πλάκα οπλίζεται με ροπή } M=4,70 \text{ tm/m (από την επίλυση για το μέγιστο βάθος επίχωσης)}$$

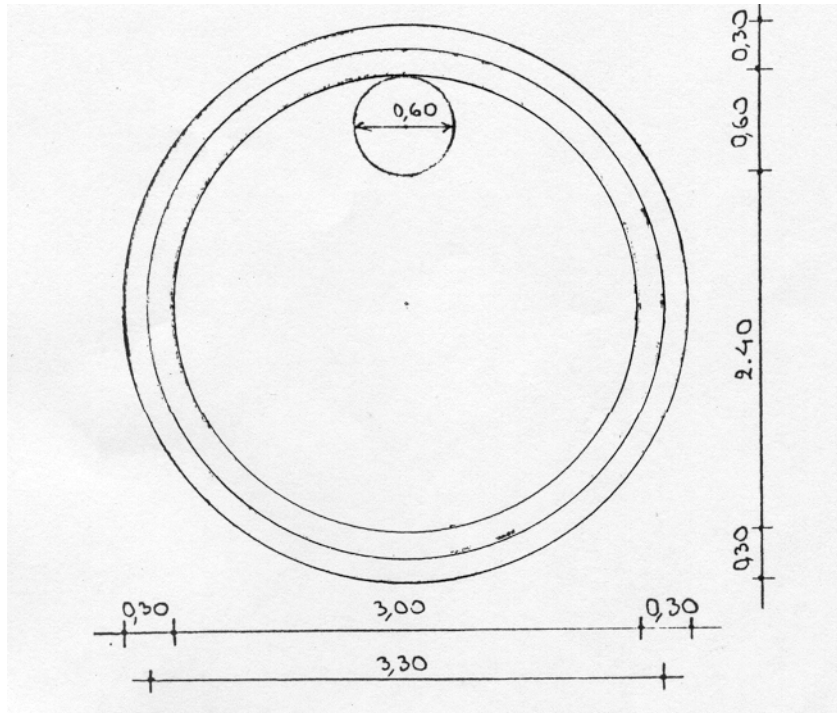
Οπλισμός : d=45 εκ. , h' = 4εκ. , b = 100 εκ. , M=4,70 Kh=18,91 σ<sub>b</sub>/σ<sub>e</sub>=33/2200 fe=5,55 cm<sup>2</sup>  
Τοποθετούνται #Φ12/20

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 119
---------	------------------------------------	----------



### 2.3. Φρεάτιο τύπου E5 (D=3,00 μ.)

Παραδοχή : B225 , Still, οχήμα 60t ,  $\gamma_{\text{επ}} = 2,0 \text{ t/m}^2$  Πλάκα οροφής d=30 εκ.



Θεωρείται ότι η επίδραση της οπής στη λειτουργία της πλάκας είναι μικρή, συνεπώς υπολογίζεται σαν κυκλική πλάκα. Ο υπολογισμός των φορτίων και η επιλυση της πλάκας γίνεται αρχικά για την περίπτωση του μέγιστου βάθους όπου το φορτίο επικάλυψης είναι μέγιστο και το φορτίο οχήματος ελάχιστο, και στη συνέχεια για την περίπτωση του ελάχιστου βάθους όπου το φορτίο οχήματος είναι μέγιστο και το φορτίο γαιών ελάχιστο.

Μέγιστο βάθος επίχωσης 3,00 μ.

Υπολογισμος φορτίων:

Ιδιο βάρος πλάκας:  $0,30 \times 2,4 = 0,72 \text{ t/m}^2$

Επικάλυψη:  $3,00 \times 2,00 = 6,00 \text{ t/m}^2$

Φορτίο λαιμού:

Φορτίο λαιμού:  $\pi \times \left[ \frac{(0,60+2 \times 0,2)^2 - 0,60^2}{4} \right] \times (3,00-0,15) \times 2,4 = 3,44 \text{ t}$  που θεωρείται

ομοιόμορφα κατανεμημένο στην επιφάνεια της πλάκας :  $3,44 / (\pi \times 3,30^2 / 4) = 0,40 \text{ t/m}^2$

Κινητά φορτία:

Θεωρούμε ότι ο ένας από τους 6 τροχούς του οχήματος πατάει στο κάλυμα του φρεατίου. Συντελεστής κρούσης  $\phi=1,4$ . Η δύναμη από τον τροχό είναι  $1,4 \times 10 = 14 \text{ t}$  και θεωρούμε ότι κατανέμεται (ή μισή) ομοιόμορφα στην επιφάνεια της πλάκας  $14/2 / (\pi \times 3,30^2 / 4) = 0,82 \text{ t/m}^2$ . Από τους υπόλοιπους 5 τροχούς του οχήματος η φορτίση είναι :  $5/6 \times 1,4 \times 1,79 = 2,09 \text{ t/m}^2$  (1,79 είναι η φόρτιση σε βάθος 3,00 μ. από πίνακες «Tabellen zur statischen Berechnung von Abwasserkanalen»).

Αρα το συνολικό ομοιόμορφο φορτίο επι της πλάκας είναι:

$0,72 \text{ t/m}^2$  (ίδιο βάρος πλάκας)

$6,00 \text{ t/m}^2$  (βάρος επικάλυψης)

$0,82 \text{ t/m}^2$  (βάρος λαιμού)

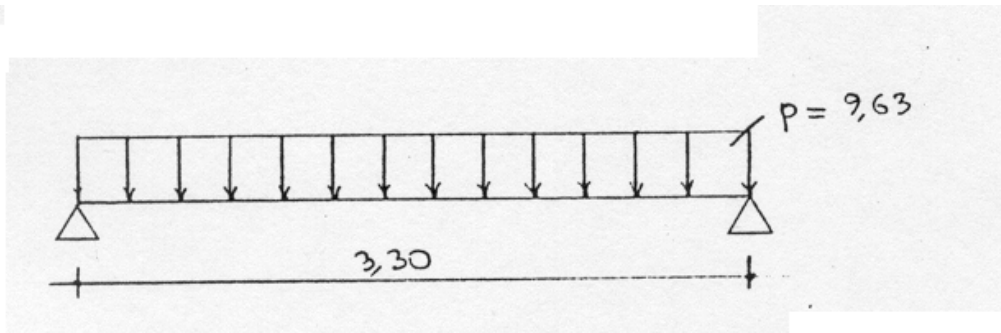
$1,18 \text{ t/m}^2$  (από τον τροχό που πατάει στο κάλυμα)

$2,09 \text{ t/m}^2$  (από τους υπόλοιπους 5 τροχούς)

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 120
---------	------------------------------------	----------

$$9,63 \text{ t/m}^2$$

Ισοδυναμο στατικό σύστημα:



Από πίνακες Stiglar/Wipper (πλάκα Ντ.Κ/1/α) με  $b/a = 1$   $p=r/a = 0 \rightarrow m=5,33$  άρα

$$M = 1/5,33 \times 9,63 \times (3,30/2)^2 = 4,92 \text{ tm/m}$$

Στη συνέχεια η πλάκα επιλύεται για το ελάχιστο βάθος επίχωσης όπου το φορτίο οχήματος είναι μέγιστο και το φορτίο γαιών ελάχιστο.

Ελάχιστο βάθος επίχωσης = 0,15 μ.

Μονιμα φορτία:

Ιδιο βάρος πλάκας:  $0,30 \times 2,4 = 0,72 \text{ t/m}^2$

Επικάλυψη:  $0,15 \times 2,00 = 0,30 \text{ t/m}^2$  (βάρος λαιμού =  $0,0 \text{ t/m}^2$ )

Κινητά φορτία:

$P = 10 \text{ t}$ , συντελεστής κρούσης = 1,4  $\rightarrow Q = 14 \text{ t}$

Για την επίλυση της κυκλικής πλάκας (για τα κινητά φορτία) θεωρείται ότι το ορθογωνικό φορτίο διαστάσεων

$$\left(0,20 + 2 \times \frac{0,30}{2}\right) \times \left(0,60 + 2 \times \frac{0,30}{2}\right) = 0,50 \times 0,90$$

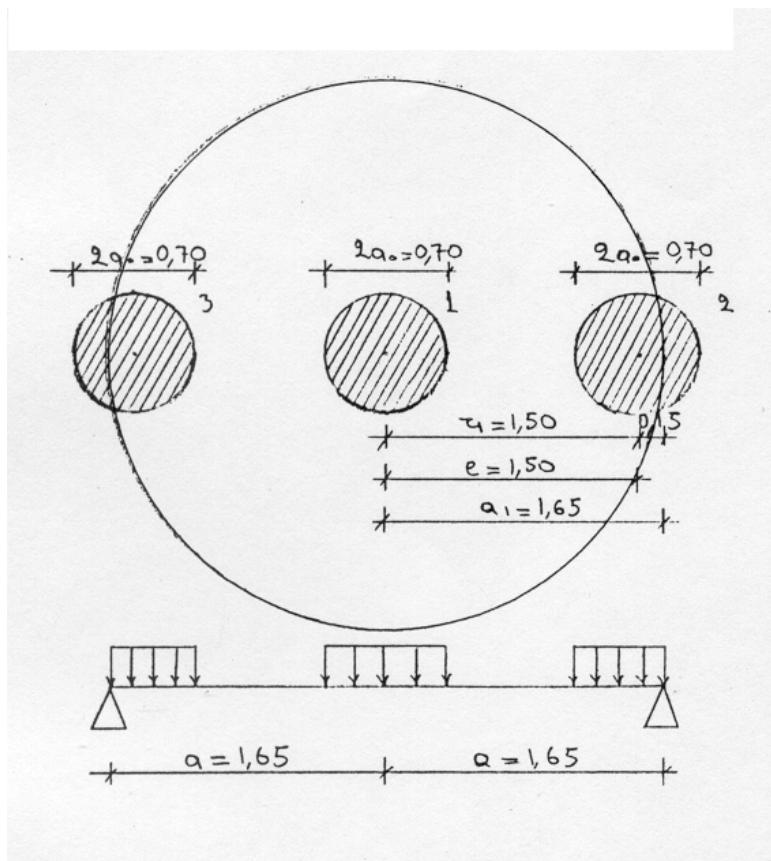
(0,30 = πάχος πλάκας θεωρώντας ότι η κατανομή γίνεται στο μέσον του πάχους της πλάκας (DIN 1072) μπορεί να αναχθεί σε ισοδύναμο με κυκλικά κατανεμημένο φορτίο διαμέτρου 0,70 μ.

Για τον υπολογισμό των μέγιστων ροπών λόγω κινητού φορτίου θεωρείται ότι μπορούν να υπάρξουν οι εξής δυσμενείς θέσεις τροχών τριαξονικού φορτηγού.

**1η περίπτωση:** Όταν ο ένας τροχός έχει θέση στο κέντρο της κυκλικής πλάκας, οπότε οι θέσεις των δυο άλλων τροχών (σε αποστάσεις 150 μ) δεν δημιουργούν εντατική κατάσταση.

**2η περίπτωση:** Όταν οι δυο τροχοί βρίσκονται επί της κυκλικής πλάκας οπότε ο τρίτος τροχός βρίσκεται εκτός.

Η επίλυση θα γίνει και στις δυο περιπτώσεις σύμφωνα με τους πίνακες Bars (πίν. 51, σελ. 534)



1η περίπτωση: Η μέγιστη ροπή εμφανίζεται στο κέντρο του κυκλού εφαρμογής της δύναμης Q στον τροχό 1.

$M_{r\max}$  (ακτινική ροπή) =  $M_{q\max}$  (εφαπτομενική ροπή)

$$M_{r\max} = M_{q\max} = \frac{Q}{4\pi} \cdot [1 + (1+\mu)] \lg \frac{a-e}{a} - \frac{(1-\mu) \cdot a_0^2}{4(a-e)^2}$$

Για την περίπτωση ομοιόμορφου κατανεμημένου φορτίου και περιμετρικής στήριξης της πλάκας  $\mu = \text{λόγος Poisson} = 0.30$ , οπότε:

$$M_{r\max} = M_{q\max} = 140/4\pi \cdot [1 + (1+0.30) \cdot \lg (1.65 - 0/0.35) - ((1-0.30) \cdot 0.35^2) / 4(1.65-0)^2] = 20.98 \text{ KNm/m} = 2.1 \text{ tm/m}$$

Η ροπή στο κέντρο του κύκλου 2 (λόγω του φορτίου του τροχού 2) είναι:

$$(M_{r_2})_{\max} = (M_q)_{\max} = Q/4\pi [1 + (1+\mu) \cdot \lg ((a-e)/a_0) - ((1-\mu) \cdot a_0^2) / 4(a-e)^2] = 140/4\pi [1 + (1+0.30) \cdot \lg (1.65-1.50/0.35) - ((1-0.30) \cdot 0.35^2) / 4(1.65-1.50)^2] = -5.23 \text{ KNm/m} = -0.52 \text{ tm/m}$$

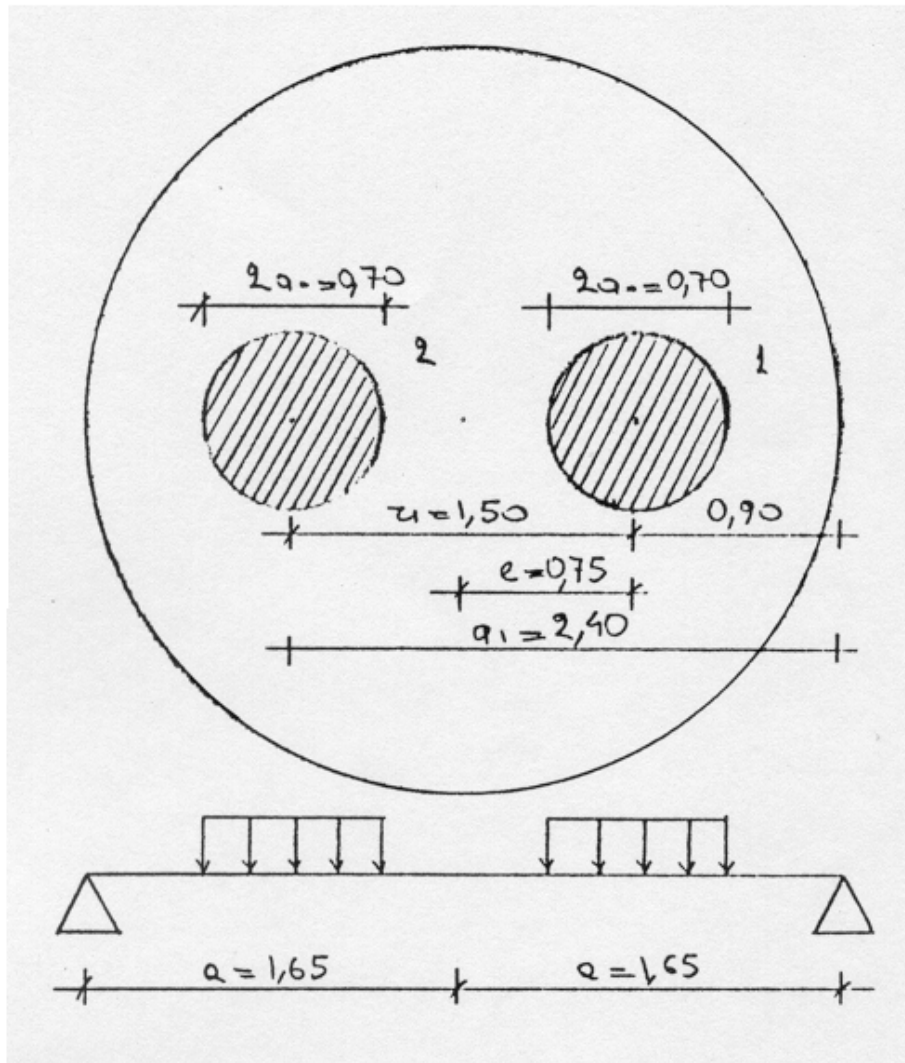
και η ροπή στο κέντρο του κύκλου 1 λόγω του φορτίου του τροχού 2 είναι:

$$M_{r_2} = (M_{r_1})_{\max} [(1+\mu) \cdot \lg (a_1/r_1)] / \mu + (1+\mu) \cdot \lg (a_1/a_0) = -0.52 [(1+0.30) \cdot \lg (1.65/1.50) / 0.30 + (1+0.30) \cdot \lg (1.65/0.35)] = -0.02 \text{ tm/m}$$

$$M_{q2} = (M_{q_2})_{\max} [(1+\mu) \cdot \lg (a_1/r_1) + (1-\mu) / 1 + (1-\mu) \cdot \lg (a_1/a_0)] = -0.52 [(1+0.30) \cdot \lg (1.65/1.50) + (1-0.30) / 1 + (1-0.30) \cdot \lg (1.65/0.35)] = -0.26 \text{ tm/m}$$

Αρα η ροπή στο κέντρο του κύκλου 1 προκύπτει σαν άθροισμα της ροπής στο κέντρο του κύκλου 1 λόγω του φορτίου του τροχού 1 (2,1 tm/m) και της ροπής στο κέντρο του κύκλου 1 λόγω των φορτίων των τροχών 2 και 3,  $[2\chi (-0.26)]$ , δηλ. είναι ίση με  $2.1 + 2\chi (-0.26) = 1.58 \text{ tm/m}$ .

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 122
---------	------------------------------------	----------



2η περίπτωση: Η μέγιστη ροπή εμφανίζεται στο κέντρο του κυκλού εφαρμογής της δύναμης Q στον τροχό 1, είναι:

$$M_{r \max} = M_{q \max} = \frac{Q}{4\pi} \cdot [1 + (1+\mu)] \lg \frac{a-e}{a} - \frac{(1-\mu) \cdot a_0^2}{4(a-e)^2} =$$

$$= 140/4\pi [1 + (1+0,30) \lg(1,65-0,75/0,35) - (1-0,3)/4 (1,65-?)^2] = 16,78 \text{ Kvm/m} = 1,68 \text{ tm/m}.$$

Η ροπή που εμφανίζεται στο κέντρο του κύκλου του τροχού 1 από το φορτίο Q στον τροχό 2 είναι:

$$Mr_2 = (Mr_1)_{\max} [(1+\mu) \cdot \lg(a_1/r_1)] / \mu + (1+\mu) \cdot \lg(a_1/a_0)] = 1,68 [(1+0,30) \cdot \lg(2,40/1,50) / 0,30 + (1+0,30) \cdot \lg(2,40/0,35)] = 0,32 \text{ tm/m}.$$

$$Mq_2 = (Mq_1)_{\max} [(1+\mu) \cdot \lg(a_1/r_1) + (1-\mu) / 1 + (1-\mu) \cdot \lg(a_1/a_0)] = 1,68 [(1+0,30) \cdot \lg(2,40/1,50) + (1-0,30) / 1 + (1-0,30) \cdot \lg(2,40/0,35)] = 1,02 \text{ tm/m}.$$

Οι ροπές στο κέντρο του τροχού 1 (το ίδιο ισχύει λόγω συμμετρίας και για το κέντρο του τροχού 2) προκύπτουν από επαλληλία της φόρτισης της πλάκας με το φορτίο του τροχού 1 (ροπές  $(Mr_1)_{\max}$ ,  $(Mq_1)_{\max}$ ) και της φόρτισης της πλάκας με το φορτίο του τροχού 2 (ροπές  $Mr_2$ ,  $Mq_2$ ). Δηλαδή οι ροπές στο κέντρο του κύκλου 1 είναι:

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 123
---------	------------------------------------	----------

$$M_r = M_{r1,max} + M_{r2} = 1,68 + 0,32 = 2,00 \text{ tm/m}$$

$$M_q = M_{q1,max} + M_{q2} = 1,68 + 1,02 = 2,70 \text{ tm/m}$$

Αρα οι μέγιστες ροπές στην πλάκα από τα κινητά φορτία είναι

$$M_r = 2,00 \text{ tm/m (2η περίπτωση)}$$

$$M_q = 2,70 \text{ tm/m ( « » )}.$$

Η επίλυση της πλάκας για τα μόνιμα φορτία γίνεται από τους πίνακες Stiglar / Wipper (πλάκα Ντ.Κ/1/α) με  $b=a=1,65$  και  $p=r/a = 0$ . Προκύπτει  $m = 5,33$ . Το φορτίο  $P$  είναι ίσο με  $[0,72 \text{ (από το ίδιο βάρος πλάκας)} + 0,30 \text{ (από επικάλυψη)}] \times \pi \times (3,30^2/4) = 8,72 \text{ t}$  οπότε  $M = 1/m \times p \times a^2 = (1/5,33) \times (0,72 + 0,30) \times (3,30/2)^2 = 0,52 \text{ tm/m}$ .

Αρα η συνολική (από μόνιμα και κινητά φορτία) ροπή της πλάκας για την περίπτωση του ελάχιστου βάθους επιχώσης είναι  $M = 0,52 + 2,70 = 3,22 \text{ tm/m} < 4,22 \text{ tm/m}$  (= ροπή από επίλυση της πλάκας για την περίπτωση του μέγιστου βάθους επίχωσης).

Συνεπώς ο οπλισμός της πλάκας υπολογίζεται με τη ροπή  $M = 4,22 \text{ tm/m}$ ,  $d=30 \text{ εκ.}$ ,  $h' = 4 \text{ εκ.}$ ,  $b = 100 \text{ εκ.}$ ,  $M=4,22 \text{ tm/m}$ ,  $Kh=12,66$ ,  $\sigma_b/\sigma_e=52/2200 \text{ fe}=8,08 \text{ cm}^2$   
Τοποθετούνται # Φ12/14

Πλάκα πυθμένα  $d=45 \text{ εκ.}$

Η κυκλική πλάκα υπολογίζεται για αντίδραση εδάφους ομοιόμορφη σ'ολόκληρη την επιφάνεια, ίση σε μέγεθος με τα υπερκείμενα φορτία.

Η πλάκα επιλύεται για δυο περιπτώσεις (για το μέγιστο και για το ελάχιστο βάθος επίχωσης) όπως και η πλάκα οροφής.

Μέγιστο βάθος επίχωσης:

Φορτία:

$$\text{Μόνιμα: } 0,72 \times \pi \times (3,60^2/4) = 7,33 \text{ t (ίδιο βάρος πλάκας οροφής)} \\ = 3,44 \text{ t (ίδιο βάρος λαιμού)}$$

$$6,00 \times \pi \times (3,60^2/4) = 61,07 \text{ t (φορτίο επικάλυψης)} \\ \pi/4 \times (3,60^2 - 3,00^2) \times 3,00 \times 2,4 = \frac{22,39}{94,23} \text{ t (τοιχεία ύψους 3,00 μ.)}$$

Κινητά:

$$= 14,0 \text{ t (από τον τροχό που πατάει στο κάλυμα)} \\ 2,09 \times \pi \times (3,60^2 - 0,60^2)/4 = \frac{20,68}{34,68} \text{ t (από τους υπόλοιπους 5 τροχούς)}$$

$$\text{Ομοιομορφη αντιδραση: } (94,23 + 34,68) / (\pi \times 3,60^2/4) = 12,66 \text{ t/m}^2$$

Επίλυση:

Από πίνακες Stiglar / Wipper (πλάκα Ντ.Κ/1/α)

$$M = 1/5,33 \times 12,66 \times (3,30/2)^2 = 6,47 \text{ tm/m}$$

Ελάχιστο βάθος επίχωσης:

Φορτία:

$$\text{Μόνιμα: } 0,72 \times \pi \times (3,60^2/4) = 7,33 \text{ t (ίδιο βάρος πλάκας οροφής)} \\ 0,30 \times \pi \times (3,60^2/4) = 3,05 \text{ t (φορτίο επικάλυψης)}$$

$$\pi/4 \times (3,60^2 - 3,00^2) \times 2,14 \times 2,4 = \frac{15,97}{26,35} \text{ t (τοιχεία ύψους 2,14 μ.)}$$

Κινητά:

$$3 \times 14,0 = 42,0 \text{ t (από τους 3 τροχούς επί της πλάκας)}$$

$$\text{Ομοιόμορφη αντίδραση: } (26,35 + 42,0) / (\pi \times 3,60^2/4) = 6,7 \text{ t/m}^2$$

Επίλυση

Από πίνακες Stiglar / Wipper (πλάκα Ντ.Κ/1/α)

ΣΤΑΤΙΚΑ	Δ.Ε.Υ.Α.Π. Υπηρεσία Αποχέτευσης	Σελ. 124
---------	------------------------------------	----------

$M = 1/5,33 \times 6,7 \times (3,30/2)^2 = 3,42 \text{ tm/m} < 6,47 \text{ tm/m}$ , άρα η πλάκα οπλίζεται με ροπή  $M=6,47 \text{ tm/m}$  (από την επίλυση για το μέγιστο βάθος επίχωσης).

Οπλισμος

$d=30 \text{ εκ.}$  ,  $h' = 4 \text{ εκ.}$  ,  $b = 100 \text{ εκ.}$  ,  $M=6,47 \text{ tm/m}$  ,  $Kh=16,12$   $\sigma_b/\sigma_e=39/2200$   $f_e=7,72 \text{ cm}^2$   
Τοποθετούνται # Φ12/14