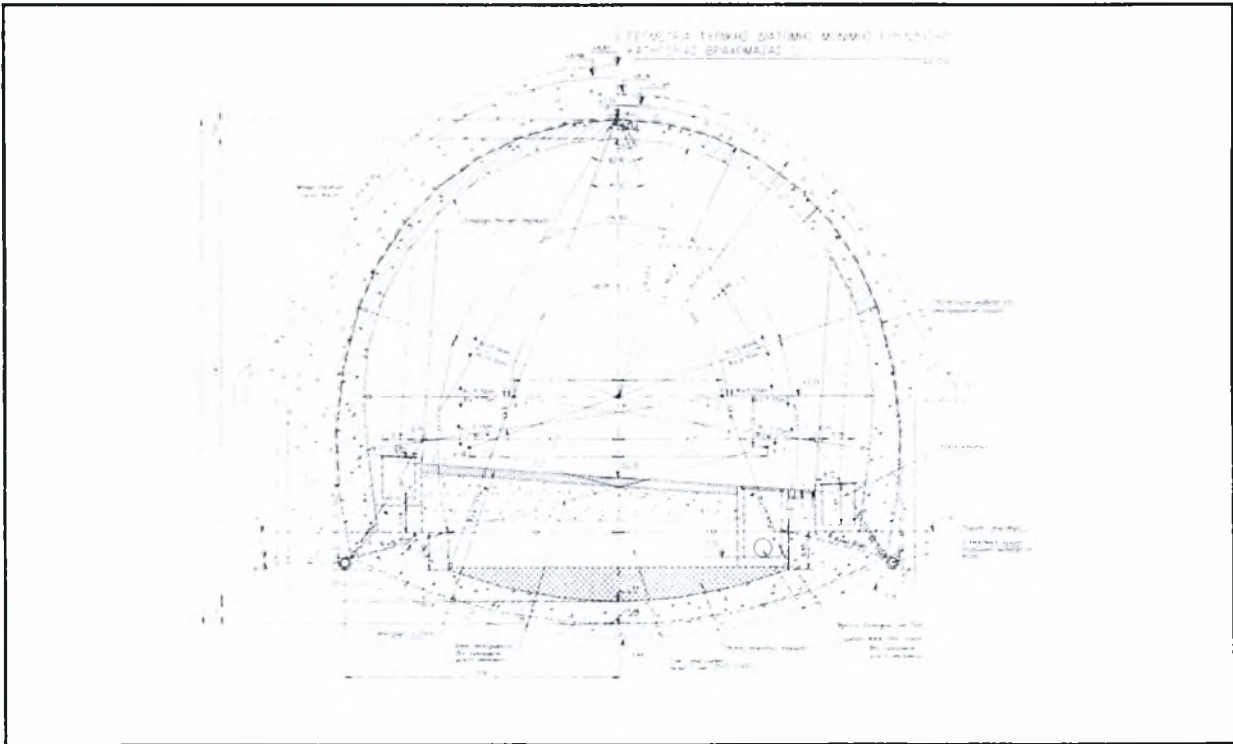




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διερεύνηση της Διαστασιολόγησης της Μόνιμης Επένδυσης
Σηράγγων στο Πλαίσιο Αλληλεπίδρασης με τα Μέτρα Αμεσης
Υποστήριξης



Εκπόνηση: Άννα Συμεού

Επιβλέπων: Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Επικ. Καθηγητής

ΒΟΛΟΣ 2002



αρ. εισ. 32.6 / Π.Α.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 922/1
Ημερ. Εισ.: 15-07-2002
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΠΜ
2002
ΣΥΜ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000062889

Αφιερωμένη στους γονείς μου

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Ερευνητικού Προγράμματος 2579 με χρηματική Επιχορήγηση της Επιτροπής Ερευνών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με Επιστημονικό Υπεύθυνο τον Επίκουρο Καθηγητή Αιμίλιο Κωμοδρόμο.

Η οικονομική συμβολή της Επιτροπής Ερευνών και η συνεχής παρακολούθηση του Επιβλέποντα Καθηγητή και των μελών της τριμελούς επιτροπής Π. Ντακούλα, Επικ. Καθηγητή και Σ. Κωστόπουλου, Αναπλ. Καθηγητή του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα στην ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας. Τους απευθύνω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Συμπεράσματα – Προτάσεις	1
1. Εισαγωγή	1-1
2. Επίπτωση της θλιπτικής αξονικής δύναμης στην διαστασιολόγηση ορθογωνικής διατομής από ωπλισμένο σκυροδέμα	
2.1 Γενικά	2-1
2.2 Διερεύνηση χαρακτηριστικών διατομών	2-4
2.3 Συμπεράσματα	2-7
3. Επικρατούσες γεωτεχνικές συνθήκες στην θέση κατασκευής της σήραγγας	
3.1 Γενικά στοιχεία-Επικρατούσες συνθήκες	3-1
3.2 Προσδιορισμός παραμέτρων προσομοίωσης των εδαφικών σχηματισμών	3-3
3.3 Προσδιορισμός των μέτρων άμεσης υποστήριξης	
3.3.1 Γενικά	3-4
3.3.2 Μεθοδολογία κατά Beniaowski	3-5
3.3.3 Μεθοδολογία κατά Barton	3-7
4. Αριθμητική ανάλυση	
4.1 Γενικά	4-1
4.2 Προσομοίωση	4-4
4.3 Παραμετρικές αναλύσεις	4-9
4.3.1 Πλήρης αφαίρεση των μέτρων άμεσης υποστήριξης	4-9
4.3.2 Μηδενική ανάληψη καμπτικών ροπών και μείωση του μέτρου ελαστικότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος	4-10
4.3.3 Μηδενική ανάληψη καμπτικών ροπών και χωρίς μείωση του μέτρου ελαστικότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος	4-10
5. Διαστασιολόγηση	
5.1 Γενικά	5-1
5.2 Μέθοδος επιτρεπόμενων τάσεων	5-2
5.3 Μέθοδος οριακής αντοχής	5-5
5.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων	5-8

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

A. Διερεύνηση της επίπτωσης της αξονικής δύναμης στην διαστασιολόγηση διατομής ωπλισμένου σκυροδέματος	A-1
B. Διαστασιολογήσεις	
B1. Μέθοδος επιτρεπόμενων τάσεων	B-1
B2. Μέθοδος οριακής αντοχής	
B2.1 Ολικός συντελεστής 1,50	B-37
B2.2 Ολικός συντελεστής 1,75	B-55
Γ. Αποτελέσματα αριθμητικών επιλύσεων σήραγγας	Γ-1

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Συμπεράσματα – Προτάσεις

- ✚ Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση των επιπτώσεων, όσον αφορά στο πάχος και στις απαιτήσεις οπλισμού της μόνιμης επένδυσης των σηράγγων, σε περίπτωση μη αγνόησης των μέτρων άμεσης υποστήριξης κατά τη διαδικασία των αριθμητικών επιλύσεων.
- ✚ Σε αντίθεση με την πάγια τακτική περί πλήρους αγνόησης των μέτρων άμεσης υποστήριξης κατά τη διαστασιολόγηση της μόνιμης επένδυσης σηράγγων, η μερική ανάληψη θλιπτικών τάσεων από το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα οδηγεί σε μικρότερες θλιπτικές αξονικές δυνάμεις στη διατομή της μόνιμης επένδυσης.
- ✚ Η θεώρηση μη ανάληψης ορθής δύναμης από το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα δεν πρέπει να λαμβάνεται ως δεδομένη αφού δεν ανταποκρίνεται στην πραγματική αναμενόμενη συμπεριφορά του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, το οποίο τελεί υπό καθεστώς τριαξονικής θλίψης και είναι σε θέση να παραλαμβάνει μεγάλες θλιπτικές τάσεις ανεξαρτήτως του χρόνου.
- ✚ Για τον προσδιορισμό του είδους της επίπτωσης που επιφέρει η μείωση των θλιπτικών αξονικών δυνάμεων στις απαιτήσεις οπλισμού της μόνιμης επένδυσης, πραγματοποιούνται παραμετρικές αναλύσεις με μεταβαλλόμενα εντατικά μεγέθη και γεωμετρία διατομών, μεγέθη εντούτοις τα οποία παραμένουν εντός των ορίων που πολύ συχνά παρατηρούνται κατά τον σχεδιασμό σηράγγων.
- ✚ Σύμφωνα με τις ανωτέρω παραμετρικές επιλύσεις παρατηρούνται τα ακόλουθα:
 - Η δράση θλιπτικής αξονικής δύναμης σε διατομή ωπλισμένου σκυροδέματος κρίνεται ευνοϊκή καθ' ότι οδηγεί σε μείωση του απαιτούμενου ποσοστού οπλισμού.
 - Η αύξηση του πάχους της διατομής οδηγεί σε μείωση των απαιτήσεων ως προς το ποσοστό οπλισμού, η μείωση εντούτοις αυτή δεν είναι ανάλογη της αύξησης του πάχους.

- ✚ Προκειμένου να διερευνηθεί ακριβέστερα ο βαθμός επίπτωσης στην διαστασιολόγηση και ειδικότερα στο απαιτούμενο ποσοστό οπλισμού εξετάζεται συγκεκριμένη σήραγγα της οποίας διετέθησαν τα στοιχεία ανάλυσης και σχεδιασμού.
- ✚ Οι πραγματοποιούμενες παραμετρικές επιλύσεις, στις οποίες ο βαθμός συνεισφοράς του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στην ανάληψη των θλιπτικών τάσεων αυξάνεται σταδιακά, οδηγούν στη διαπίστωση ότι το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι σε θέση να αναλάβει σημαντικό μέρος των θλιπτικών τάσεων που προέρχονται από τις ωθήσεις της περιβάλλουσας βραχομάζας.
- ✚ Η διερεύνηση της δράσης της αξονικής θλιπτικής δύναμης στην διαστασιολόγηση και στις απαιτήσεις οπλισμού της μόνιμης επένδυσης σηράγγων βάσει των διαθέσιμων στοιχείων ανάλυσης και σχεδιασμού συγκεκριμένης σήραγγας, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η παντελής αγνόηση ανάληψης δυνάμεων από το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αποτελεί ευνοϊκή θεώρηση διαστασιολόγησης της μόνιμης επένδυσης.

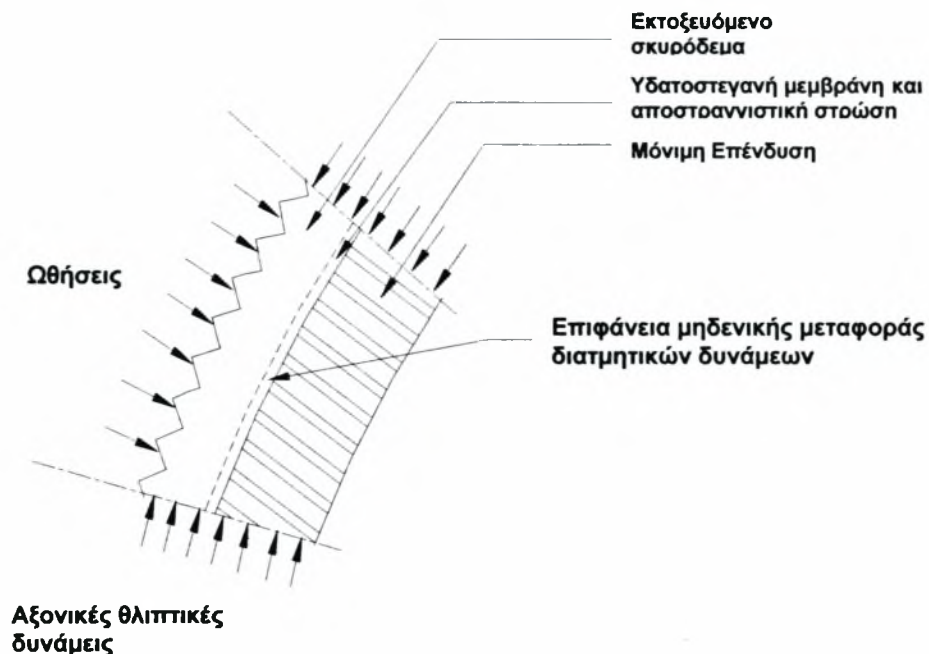
1. Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός των σηράγγων αποτελεί ένα ιδιαίτερα σύνθετο πρόβλημα αλληλεπίδρασης εδάφους - κατασκευής, όπου ο προσδιορισμός των μεγεθών βάσει των οποίων πραγματοποιείται ο τελικός σχεδιασμός των μέτρων άμεσης υποστήριξης και μόνιμης επένδυσης πρέπει να ανταποκρίνεται, όσο πιο πιστά γίνεται, στην πραγματική απόκριση της κατασκευής και του περιβάλλοντος μέσου, ώστε να διασφαλίζεται η επάρκεια των μέτρων αυτών κατά την φάση κατασκευής και λειτουργίας του έργου.

Η θέσπιση ειδικών κανονισμών που να καλύπτουν όλο το φάσμα ανάλυσης και σχεδιασμού κατ' αντίστοιχο τρόπο με άλλων έργων υποδομής, όπως οι γέφυρες για παράδειγμα, παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες και δεν έχει ολοκληρωθεί μέχρι στιγμής. Για τον σχεδιασμό των έχουν εκδοθεί εθνικές οδηγίες από διάφορες χώρες ενώ εφαρμόζονται και επιμέρους διατάξεις Κανονισμών, όπως αυτός του ωπλισμένου σκυροδέματος, των μεταλλικών κατασκευών, του εκτοξευόμενου σκυροδέματος κλπ. Η εφαρμογή των ανωτέρω Κανονισμών εντούτοις, θα πρέπει να είναι συμβατή τόσο με την μεθοδολογία αναλύσεων όσο και με τη θεώρηση φορτίσεων. Οι υπόγειες κατασκευές, εν αντιθέσει με τις υπέργειες, πραγματοποιούνται εντός ενός προϋπάρχοντος αρχικού εντατικού πεδίου, του οποίου η ισορροπία διαταράσσεται με την εκσκαφή και οδηγείται μετά από σχετική ανακατανομή σε νέα εντατική ισορροπία.

Η μόνιμη επένδυση θεωρείται ως το μόνιμο μέτρο υποστήριξης, ικανό να παραλάβει το σύνολο των αναμενόμενων φορτίων ή συνδυασμού φορτίων καθ' όλη την διάρκεια ζωής του έργου. Τα μέτρα άμεσης υποστήριξης, παρ' ότι αποσκοπούν στην εξασφάλιση της ευστάθειας του έργου κατά την κατασκευή, μπορούν να αναλάβουν σημαντικό φορτίο για μεγάλο τμήμα της διάρκειας ζωής του έργου, ανάλογα με το είδος των στοιχείων και την προστασία τους έναντι απώλειας αντοχής. Μέτρα άμεσης υποστήριξης αποτελούν οι ηλώσεις, οι αγκυρώσεις, το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, τα χαλύβδινα πλαίσια, δικτυωτά πλαίσια καθώς και άλλα μέτρα προενίσχυσης του υπεδάφους. Με την πάροδο του χρόνου τα αγκύρια παύουν να αναλαμβάνουν πρακτικά δυνάμεις. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και τα μεταλλικά πλαίσια, που πιθανόν να έχουν τοποθετηθεί, δεν συνεισφέρουν

ουσιαστικά στην ανάληψη καμπτικών ροπών, τις οποίες πρακτικά αναλαμβάνει εξ' ολοκλήρου η μόνιμη επένδυση. Θα πρέπει εντούτοις να σημειωθεί ότι το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, το οποίο περιβάλλεται από την μόνιμη επένδυση και την βραχομάζα, τελεί υπό καθεστώς τριαξονικής θλίψης και είναι σε θέση να παραλαμβάνει μεγάλες θλιπτικές τάσεις ανεξαρτήτως του χρόνου όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1. Συνεπώς η θεώρηση μη ανάληψης ορθής δύναμης από το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα δεν θα πρέπει να θεωρείται δεδομένη, αφού δεν ανταποκρίνεται στην πραγματική αναμενόμενη συμπεριφορά του.



Σχήμα 1.1: Απεικόνιση της αναμενόμενης εντατικής κατάστασης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος αφού κατασκευαστεί και η μόνιμη επένδυση.

Με στόχο την ακριβέστερη δυνατή προσέγγιση του προβλήματος και τον πληρέστερο κατά το δυνατό σχεδιασμό, η παρούσα εργασία αποσκοπεί στη διερεύνηση της απόκρισης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και του βαθμού επιρροής των φορτίων, τα οποία καλείται να φέρει η μόνιμη επένδυση μιας σήραγγας. Για το λόγο αυτό πραγματοποιούνται παραμετρικές αναλύσεις με κλιμακούμενο βαθμό συνεισφοράς του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στην ανάληψη των θλιπτικών τάσεων.

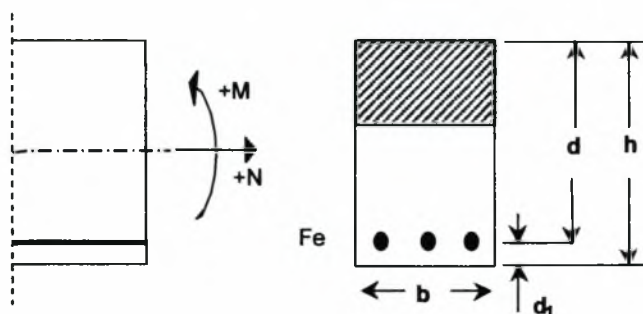
Σε αντίθεση με την πάγια τακτική περί πλήρους αγνόησης των μέτρων άμεσης υποστήριξης κατά την διαστασιολόγηση της μόνιμης επένδυσης σηράγγων, η μερική ανάληψη θλιπτικών τάσεων από το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα οδηγεί σε μικρότερες θλιπτικές αξονικές δυνάμεις στη διατομή της μόνιμης επένδυσης. Για τον προσδιορισμό του είδους της επίπτωσης, που επιφέρει η μείωση αυτή, εξετάζεται κατ' αρχήν με παραμετρική ανάλυση η διαστασιολόγηση ορθογωνικών διατομών από ωπλισμένο σκυρόδεμα.

Για την περαιτέρω μελέτη της επίπτωσης αυτής εξετάζεται η περίπτωση δίδυμης σήραγγας του τμήματος Λευκόπετρα – Κουλούρα της Εγνατίας Οδού.

2. Επιπτώσεις της Θλιπτικής Αξονικής Δύναμης στην Διαστασιολόγηση Ορθογωνικής Διατομής από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα

2.1 Γενικές Εξισώσεις Διαστασιολόγησης

Προκειμένου να διερευνηθούν οι επιπτώσεις της θλιπτικής δύναμης επί της διαστασιολόγησης ορθογωνικής διατομής από ωπλισμένο σκυρόδεμα θεωρείται απαραίτητη η παράθεση των βασικών εξισώσεων ισορροπίας δυνάμεων και ροπών ορθογωνικής διατομής. Παρατίθενται αρχικά οι εξισώσεις που αναφέρονται στη Μέθοδο Επιτρεπομένων Τάσεων, ενώ στη συνέχεια δίνονται οι εξισώσεις της Μεθόδου Οριακής Αντοχής. Παρ' ότι η Μέθοδος Οριακής Αντοχής, όπως αυτή συνδυάζεται με την χρήση συντελεστών φόρτισης και συντελεστών ασφαλείας επί των υλικών κρίνεται ακριβέστερη, οι εξισώσεις της Μεθόδου Επιτρεπομένων Τάσεων δίνουν με περισσότερο παραστατικό τρόπο την εξάρτηση του απαιτούμενου ποσοστού οπλισμού από την τιμή και το πρόσημο της ασκούμενης ορθής δύναμης.



Σχήμα 2.1: Απεικόνιση ορθογωνικής διατομής καταπονούμενης από καμπτική ροπή και ορθή αξονική δύναμη.

Σύμφωνα με τη Μέθοδο των Επιτρεπομένων Τάσεων ο φορέας θεωρείται ότι έχει αστοχήσει, έστω και εάν σε ένα σημείο μιας διατομής του η αναπτυσσόμενη τάση έχει υπερβεί την επιτρεπόμενη τιμή του Κανονισμού.

Η ισορροπία ροπών στην εφελκόμενη ίνα, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1, ικανοποιείται από την σχέση

$$M_e = M - N \cdot y_s \quad (2.1)$$

όπου M_e : η καμπτική ροπή στην εφελκόμενη ίνα οπλισμού
 y_s : απόσταση του κέντρου της διατομής από την εφελκόμενη ίνα

Ο απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός για την περίπτωση απουσίας θλιβόμενου οπλισμού δίνεται από την ακόλουθη σχέση

$$F_e = k_e \cdot \frac{M_e}{d} + \frac{N}{\sigma_e} \quad (2.2)$$

όπου k_e : συντελεστής οπλισμού
 σ_e : επιτρεπόμενη τάση του χάλυβα

Από τις εξισώσεις 2.1 και 2.2 είναι φανερό ότι η δράση ορθής της δύναμης οδηγεί σε μεταβολή της ροπής με αναφορά την ίνα σχεδιασμού, καθώς και του ποσοστού οπλισμού. Ειδικότερα, η δράση εφελκυστικής ορθής δύναμης μειώνει την τιμή της καμπτικής ροπής M_e , αυξάνει εντούτοις το απαιτούμενο ποσοστό οπλισμού με τον δεύτερο προσθετέο όρο της εξίσωσης 2.2. Αντίστοιχα, η δράση θλιπτικής δύναμης οδηγεί σε αύξηση της ροπής M_e , μειώνει εντούτοις το απαιτούμενο ποσοστό οπλισμού με την εισαγωγή του δεύτερου αφαιρετέου όρου της εξίσωσης 2.2. Κατά πόσο η δράση της θλιπτικής ή εφελκυστικής ορθής δύναμης είναι ευεργετική ως προς τις απαιτήσεις οπλισμού εξαρτάται καθοριστικά από τα εντατικά μεγέθη και κυρίως από τον μοχλοβραχίονα της ορθής δύναμης, ήτοι την γεωμετρία της διατομής.

Αντίστοιχα, βάσει της Μεθόδου Οριακής Αντοχής, η αστοχία σε ένα φορέα επέρχεται έστω και εάν σε μία διατομή του οι εσωτερικές δυνάμεις σχεδιασμού υπερβαίνουν την συνολική αντοχή σχεδιασμού.

Για την ικανοποίηση των συνθηκών ισορροπίας της ορθογωνικής διατομής, όπως αυτή αποδίδεται στο σχήμα 2.1, κατά τη Μέθοδο Οριακής Αντοχής και λαμβάνοντας ισορροπία των ροπών στην εφελκόμενη ίνα, η τιμή της καμπτικής ροπής σχεδιασμού προκύπτει

$$M_{sd} = M - N \cdot y_s \quad (2.3)$$

όπου M_{sd} : η καμπτική ροπή στην εφελκόμενη ίνα οπλισμού
 y_s : απόσταση του κέντρου της διατομής από την εφελκόμενη ίνα

Ο απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός για την περίπτωση απουσίας θλιβόμενου οπλισμού υπολογίζεται από την σχέση

$$A_s = \omega \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N}{f_{yd}} \quad (2.4)$$

όπου ω : ποσοστό οπλισμού
 f_{yd} : η οριακή τάση σχεδιασμού διαρροής του χάλυβα
 f_{cd} : η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος
 d : το στατικό ύψος της διατομής
 b : το πλάτος της διατομής

Επισημαίνεται ότι η τιμή του ποσοστού οπλισμού προσδιορίζεται ως ακολούθως

$$\omega = f(\mu_{sd}, f_{yd}) \quad (2.5)$$

όπου μ_{sd} : η ανηγμένη ροπή σχεδιασμού
 f_{yd} : η οριακή τάση σχεδιασμού διαρροής του χάλυβα

και επιπλέον η ανηγμένη ροπή σχεδιασμού ορίζεται από τη σχέση

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \quad (2.6)$$

όπου M_{sd} : η καμπτική ροπή στην εφελκόμενη ίνα οπλισμού
 f_{cd} : η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος
 d : το στατικό ύψος της διατομής
 b : το πλάτος της διατομής

Από τις εξισώσεις 2.5 και 2.6 διαπιστώνεται η εξάρτηση του ποσοστού οπλισμού τόσο από την καμπτική ροπή σχεδιασμού και την γεωμετρία της διατομής όσο και από τις αντοχές που αντιστοιχούν στο σκυρόδεμα και στο χάλυβα.

Κατά αντιστοιχία προς την Μέθοδο των Επιτρεπόμενων Τάσεων είναι φανερό ότι και κατά την Μέθοδο Οριακής Αντοχής η δράση ορθής δύναμης οδηγεί σε μεταβολή της ροπής, με αναφορά την ίνα σχεδιασμού, καθώς επίσης και του ποσοστού οπλισμού. Στην περίπτωση που η δρώσα ορθή δύναμη είναι εφελκυστική προκαλεί μείωση της τιμής της καμπτικής ροπής M_{sd} , ενώ παράλληλα αυξάνει το απαιτούμενο ποσοστό οπλισμού με τον δεύτερο

προσθετό όρο της εξίσωσης 2.4. Αντίστοιχα, η δράση θλιπτικής ορθής δύναμης αυξάνει μεν την ροπή M_{sd} , μειώνει δε το απαιτούμενο ποσοστό οπλισμού με την εισαγωγή του δεύτερου αφαιρετέου όρου της εξίσωσης 2.4. Η γεωμετρία της διατομής και τα εντατικά μεγέθη εξακολουθούν να αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες όσον αφορά στην ευεργετική δράση της θλιπτικής ή εφελκυστικής ορθής δύναμης ως προς τις απαιτήσεις οπλισμού, όπως και με την προηγούμενη μέθοδο.

Δεδομένου ότι δεν είναι δυνατή η αντιστροφή του προβλήματος, πραγματοποιούνται στην επόμενη παράγραφο παραμετρικές αναλύσεις με μεταβαλλόμενα εντατικά μεγέθη και γεωμετρία διατομών, μεγέθη εντούτοις τα οποία παραμένουν εντός των ορίων που πολύ συχνά παρατηρούνται κατά τον σχεδιασμό σηράγγων.

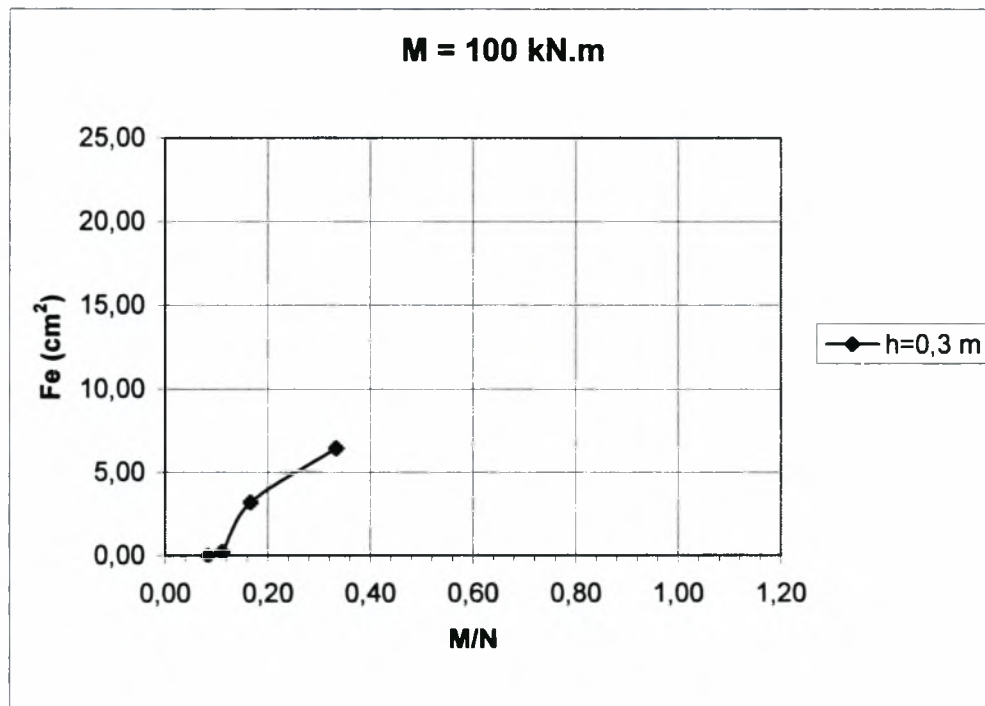
2.2 Διερεύνηση Χαρακτηριστικών Διατομών

Χαρακτηριστικές διατομές σηράγγων περιλαμβάνουν πάχη μόνιμης επένδυσης 0,30 έως και 0,80 m. Στην συνέχεια πραγματοποιούνται παραμετρικές επιλύσεις που καλύπτουν πάχη 0,30, 0,40, 0,50, 0,60, 0,70 και 0,80 m και πλάτος 1,00 m. Ως ποιότητα σκυροδέματος λαμβάνεται η κατηγορία C20/25 και χάλυβα η S500. Οι χαρακτηριστικές αυτές διατομές καταπονούνται από καμπτικές ροπές οι οποίες λαμβάνουν τις τιμές 50, 100, 150, 200, 250 και 300 kN.m και η κάθε μια συνδυάζεται με τις τιμές θλιπτικών αξονικών δυνάμεων 300, 600, 900, 1200, 1500 και 2000 kN.

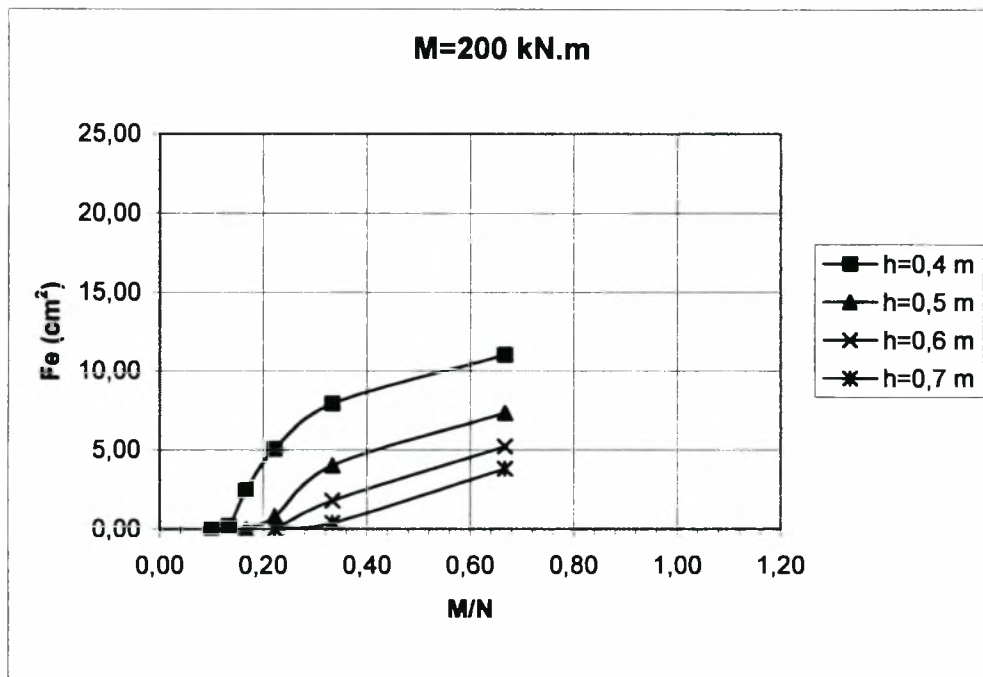
Εφαρμόζεται η μέθοδος της οριακής αντοχής και ακολουθείται η διαδικασία υπολογισμών που περιγράφεται στην παράγραφο 5.3. Ο προσδιορισμός της αντοχής των ως άνω χαρακτηριστικών διατομών γίνεται βάσει των πινάκων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Σκυροδέματος (CEB). Οι υπολογισμοί παρατίθενται στους Πίνακες A.1 - A.6 του παραρτήματος A.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διερεύνησης, στα οποία απεικονίζεται ο απαιτούμενος εφελκυσμένος οπλισμός συναρτήσει του λόγου καμπτικής ροπής προς αξονική δύναμη για τις χαρακτηριστικές διατομές που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Σε καθένα από τα διαγράμματα η ροπή έχει σταθερή τιμή ώστε ο οπλισμός να αποτελεί συνάρτηση της αξονικής δύναμης και του ύψους της διατομής. Το εύρος της καμπύλης κάθε χαρακτηριστικής διατομής περιλαμβάνει τιμές των ζευγών

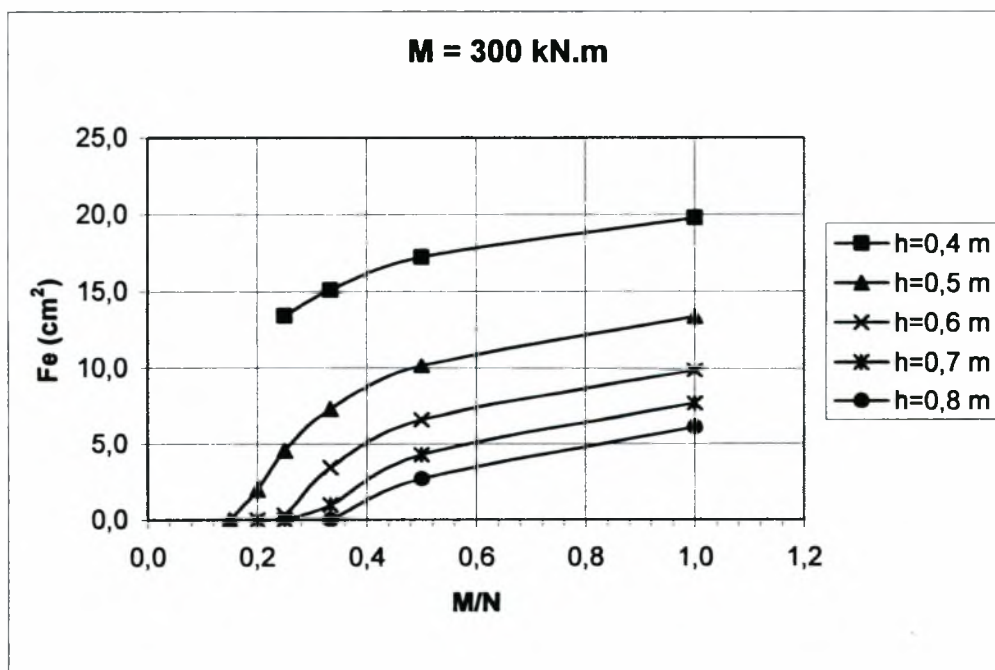
καμπτικής ροπής και αξονικής δύναμης για τις οποίες προκύπτει απαίτηση σε εφελκόμενο οπλισμό, ξεκινώντας από το ζεύγος με την ελάχιστη απαίτηση σε εφελκόμενο οπλισμό και καταλήγοντας σ' αυτό που προηγείται του ζεύγους με απαίτηση σε εφελκόμενο και θλιβόμενο οπλισμό. Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι στον οριζόντιο άξονα η αύξηση του λόγου καμπτικής ροπής προς αξονική δύναμη αντιστοιχεί σε μείωση της τιμής της αξονικής δύναμης αφού στα επιμέρους διαγράμματα η καμπτική ροπή διατηρείται σταθερή, όπως έχει προαναφερθεί.



Σχήμα 2.2: Διάγραμμα απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει του λόγου καμπτικής ροπής προς θλιπτική αξονική δύναμη για $M=100$ kN.m



Σχήμα 2.3: Διάγραμμα απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσεως του λόγου καμπτικής ροπής προς θλιπτική αξονική δύναμη για $M=200 \text{ kN.m}$



Σχήμα 2.4: Διάγραμμα απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσεως του λόγου καμπτικής ροπής προς θλιπτική αξονική δύναμη για $M=300 \text{ kN.m}$

Από τα σχήματα 2.2 έως 2.4 συμπεραίνεται ότι για σταθερή τιμή καμπτικής ροπής η μείωση της αξονικής θλιπτικής δύναμης οδηγεί σε αύξηση των απαιτήσεων οπλισμού ανεξαρτήτως του στατικού ύψους των εξετασθεισών διατομών. Από τα επιμέρους διαγράμματα παρατηρείται επίσης ότι η αύξηση της τιμής της καμπτικής ροπής είναι καθοριστική ως προς τις απαιτήσεις οπλισμού της διατομής. Ο συνδυασμός των παραπάνω παρατηρήσεων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ανεξάρτητα της αύξησης της καμπτικής ροπής σε μία δεδομένη διατομή σκυροδέματος, η μείωση της δρώσας θλιπτικής δύναμης στη διατομή οδηγεί σε αύξηση της απαίτησης της σε οπλισμό.

2.3 Συμπεράσματα

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της διεξαχθείσας παραμετρικής διερεύνησης για τις συγκεκριμένες διατομές και τους συνδυασμούς δράσεων οδηγεί στα παρακάτω συμπεράσματα:

- ✚ Η δράση θλιπτικής αξονικής δύναμης σε διατομή ωπλισμένου σκυροδέματος κρίνεται ευνοϊκή καθ' ότι οδηγεί σε μείωση του απαιτούμενου ποσοστού οπλισμού.
- ✚ Η αύξηση της τιμής της καμπτικής ροπής είναι, ως αναμένεται, 'ευθέως ανάλογη' των απαιτήσεων οπλισμού.
- ✚ Η αύξηση του πάχους της διατομής οδηγεί σε μείωση των απαιτήσεων ως προς το ποσοστό οπλισμού, η μείωση εντούτοις αυτή δεν είναι ανάλογη της αύξησης του πάχους. Όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο σχήμα 2.4 η αύξηση του πάχους από 0,40 σε 0,50 οδηγεί σε δραστική μείωση του απαιτούμενου ποσοστού οπλισμού, γεγονός που δεν παρατηρείται κατά την αύξηση του πάχους από 0,70 σε 0,80 m. Η σύγκριση αυτή καταδεικνύει ότι, όπως και σε όλα σχεδόν τα θέματα σχεδιασμού, υπάρχει το στοιχείο δυνατότητας βελτιστοποίησης.
- ✚ Η εφαρμογή των ανωτέρω συλλογισμών στον εφαρμοζόμενο τρόπο επίλυσης και διαστασιολόγησης διατομών μόνιμης επένδυσης σηράγγων, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η παντελής αγνόηση ανάληψης δυνάμεων από το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αποτελεί ευνοϊκή θεώρηση διαστασιολόγησης της μόνιμης επένδυσης.

Προκειμένου να διερευνηθεί ακριβέστερα ο βαθμός επίπτωσης στην διαστασιολόγηση και του απαιτούμενου ποσοστού οπλισμού εξετάζεται στη συνέχεια συγκεκριμένη σήραγγα της οποίας διετέθησαν τα στοιχεία ανάλυσης και σχεδιασμού.

3. Επικρατούσες Γεωτεχνικές Συνθήκες στη Θέση Κατασκευής της Σήραγγας

3.1 Γενικά Στοιχεία - Επικρατούσες συνθήκες

Η προς εξέταση σήραγγα βρίσκεται στο τμήμα Βέροια – Λευκόπετρα της Εγνατίας Οδού, η μελέτη της οποίας πραγματοποιήθηκε από το Γραφείο Μελετών Γεωστατική ΕΠΕ.

Σύμφωνα με τη σχετική μελέτη το μέγιστο υψόμετρο του εδάφους κατά μήκος της μηκοτομής είναι ίσο με +445,0 m περίπου στον αριστερό κλάδο και +457,0 m στον δεξιό κλάδο. Ο υπερκείμενος βραχώδης και εδαφικός σχηματισμός της σήραγγας είναι σχετικά περιορισμένου πάχους, με μέγιστη τιμή της τάξης των 25,0 m, ενώ το ύψος των 15,0 m έως 20,0 m καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό του συνόλου της σήραγγας. Οριζοντιογραφικά η σήραγγα κινείται σε καμπύλο τμήμα, ενώ μηκοτομικά κατέρχεται με μέση κλίση 1,8% περίπου. Η διατομή της σήραγγας είναι πεταλοειδής, το οδόστρωμα περιλαμβάνει δύο λωρίδες κυκλοφορίας πλάτους 3,75 m και πεζοδρόμιο σε κάθε πλευρά ελαχίστου πλάτους 0,85 m και ρείθρο 1,50 m. Το συνολικό πλάτος του καταστρώματος είναι 7,50 m, ενώ στο ύψος των πεζοδρομίων το συνολικό ελάχιστο πλάτος ανέρχεται σε 9,20 m. Το ελάχιστο απαιτούμενο ελεύθερο ύψος του περιτυπώματος της σήραγγας είναι ίσο με 5,00 m.

Η γεωμορφολογία της περιοχής κατασκευής της σήραγγας χαρακτηρίζεται από ήπιες έως μέτριες κλίσεις, οι οποίες στις θέσεις των στομιών είναι της τάξης των 20° περίπου. Η ζώνη διέλευσης αποτελεί τμήμα αντερείσματος το οποίο οριοθετείται από δύο ρέματα, ενώ λόγω της δράσης των ρεμάτων η περιοχή της κοίτης είναι εμφανώς διαβρωμένη. Ο εδαφικός σχηματισμός είναι επιδεκτικός διαβρωτικών φαινομένων. Η μεγάλη διαπερατότητα των σχηματισμών του αντερείσματος καθιστά το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής υποτυπώδες έως ανύπαρκτο πέραν των δύο ρεμάτων.

Το βραχώδες υπόβαθρο της περιοχής αποτελείται από εναλλαγές λεπτοστρωματωδών έως μεσοστρωματωδών ασβεστολίθων και αργιλικών φυλλιτών, με όλους τους ενδιάμεσους και συναφείς λιθολογικούς τύπους, και καλύπτεται σε πολύ μεγάλη έκταση από εδαφικά υλικά. Ο σχηματισμός

παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλό βαθμό αποσάθρωσης σε όλη την έκταση και το βάθος του. Οι βραχώδεις σχηματισμοί καλύπτονται από τα υλικά του μανδύα πλευρικών κορημάτων και προϊόντα αποσάθρωσης, το πάχος τους εκτιμάται 2,50 μέχρι και 4,00 m και αποτελούνται από αργιλοαμμώδη και κατά τόπους αργιλοϊλυώδη υλικά με τεμάχια και ογκόλιθους βράχου. Οι πυρήνες των γεωτρήσεων αποτελούνται από τεμάχια των παραπάνω σχηματισμών και από αργιλο-ιλυώδη έως αμμο-ιλυώδη υλικά, καστανέρυθρου χρώματος, ενώ η διεξαγωγή εργαστηριακών δοκιμών περιορίζεται σε δοκιμές κατάταξης - κοκκομετρίες και δοκιμές μέτρησης φυσικών χαρακτηριστικών- οι οποίες έδειξαν ότι ο φυλλιτικός σχηματισμός είναι αργιλοποιημένος με διερχόμενο από το Νο 200 κόσκινο έως και 36% (μέση τιμή της τάξης του 25%), ενώ το όριο πλαστικότητας αντιστοιχεί σε χαμηλής πλαστικότητας εδαφικό υλικό. Η συμπεριφορά του σχηματισμού αντιστοιχεί πρακτικά σε εδαφικό υλικό, με την παρατήρηση ότι διατηρεί σε μεγάλο ποσοστό τη δομή του. Η δομή του μάλιστα, παρά την σημαντική περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκο, δεν επιτρέπει την ανάπτυξη συνοχής μεταξύ των συστατικών υλικών. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από τη συμπεριφορά του σχηματισμού στις θέσεις των δοκιμαστικών ορυγμάτων στην περιοχή των στομιών, όπου η εκσκαφή με μεγάλη κλίση είναι πρακτικά αδύνατη.

Οι σχηματισμοί έχουν υποστεί ιδιαίτερα έντονη τεκτονική καταπόνηση, πιθανότατα στα πλαίσια των επωθητικών κινήσεων της ζώνης της Αλμωπίας προς τα δυτικά και ειδικότερα στα πλαίσια της δημιουργίας μίας λεπίωσης στην ευρύτερη περιοχή της ζώνης διέλευσης των σηράγγων, είναι δε σαφή τα ίχνη χαλάρωσης του σχηματισμού μέχρι τα τελικά βάθη των γεωτρήσεων (20,0 έως 45,0 m). Η τεκτονική αυτή προκάλεσε την διάρρηξη και την έντονη πτύχωση των σχηματισμών με κύριο άξονα πτύχωσης στη διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ/κά και ένα δευτερεύοντα άξονα στη διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ/κά. Η κυρίως βραχομάζα εμφανίζεται πτυχωμένη σε δύο άξονες κάθετους μεταξύ τους, είναι έντονα κερματισμένη, με ανοικτές ρωγμές και αποσάθρωση που κυμαίνεται από μέτρια μέχρι και έντονη. Τα κύρια συστήματα διακλάσεων που συναντώνται έχουν μεγάλο και τοπικά μόνο μέσο ίχνος, είναι δε -σε μεγάλο ποσοστό- ανοικτές ή πληρωμένες με αργιλοϊλυώδη έως αμμοϊλυώδη υλικά. Οι επιφάνειες στρώσης έχουν πολύ συχνή ανάπτυξη, είναι κυματοειδείς λόγω των φαινομένων πτύχωσης και τοπικά παρουσιάζονται επίπεδες και χαρακτηρίζονται από συχνά αναπτυγμένες ζώνες διάτμησης. Εξάλλου, η παρουσία ασυνεχειών και διαρρήξεων με μεγάλη πυκνότητα και έκταση

επιβεβαιώνεται εμμέσως και από την πολύ μεγάλη διαπερατότητα του σχηματισμού.

Οι τιμές του δείκτη ποιότητας της βραχομάζας (RQD) είναι πρακτικά μηδενικές και μόνο σε ορισμένα τμήματα αυτός είναι της τάξης του 10-20% εξαιρεση αποτελεί η αποσπασματική παρουσία ασβεστολιθικού ογκολίθου στη θέση της γεώτρησης F6 σε βάθος 3,0 έως 7,0 m. Η στάθμη του υπόγειου νερού δεν εντοπίστηκε σε καμία γεώτρηση, ενώ κατά την διάτρηση σημειώθηκε υψηλό ποσοστό απώλειας νερού. Οι σχηματισμοί στο σύνολο τους έχουν πολύ μεγάλη διαπερατότητα ($>10^{-2}$ cm/sec), με εξαίρεση ένα μικρό τμήμα της γεώτρησης F-5, όπου αυτή είναι 2 έως 5×10^{-5} cm/sec.

Διεξήχθησαν επίσης λίγες δοκιμές βραχομηχανικής σε ασβεστολιθικά δείγματα ογκολίθων που ενυπάρχουν κατά κύριο λόγο στην επιφανειακή στρώση των πλευρικών κορημάτων και του μανδύα αποσάθρωσης και για το λόγο αυτό δεν θα πρέπει να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικές.

3.2 Προσδιορισμός Παραμέτρων Προσομοίωσης των Εδαφικών Σχηματισμών

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι παράμετροι των συστατικών υλικών. Για τους βραχώδεις και εδαφικούς σχηματισμούς οι παράμετροι αντοχής και παραμορφωσιμότητας προσδιορίζονται στο τεύχος της Έκθεσης Γεωλογικής - Γεωτεχνικής Αξιολόγησης. Για την αριθμητική ανάλυση χρησιμοποιούνται για τα συστατικά αυτά υλικά οι προταθείσες στο ανωτέρω τεύχος τιμές, αφού προηγουμένως ληφθεί υπόψη ο συντελεστής αναγωγής από τις εξισώσεις τριών διαστάσεων σε κατάσταση επίπεδης έντασης.

Δεδομένου ότι οι συνθήκες διαφοροποιούνται στις θέσεις των στομιών σε σχέση με τις θέσεις από όπου διέρχεται το κύριο τμήμα της σήραγγας, η σήραγγα υποδιαιρείται σε τρία τμήματα. Τα τμήματα T1 και T3 αντιστοιχούν στις θέσεις των στομιών και το τμήμα T2 περιλαμβάνει το κυρίως τμήμα της σήραγγας. Οι τιμές των παραμέτρων ανά τμήμα δίνονται συνοπτικά στον Πίνακα 3.1 που ακολουθεί, ενώ αναλυτικά ο τρόπος προσδιορισμού τους παρατίθεται στο τεύχος Γεωλογικής-Γεωτεχνικής Έκθεσης Αξιολόγησης.

Πίνακας 3.1: Παράμετροι αντοχής και παραμορφωσιμότητας των βραχωδών σχηματισμών κατά μήκος της σήραγγας

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΓΩΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ / ΓΩΝΙΑ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ (deg)	ΣΥΝΟΧΗ / ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΛΚΥΣΜΟ (kPa)	ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (GPa) / ΔΕΙΚΤΗΣ POISSON
Τμήματα T1 και T3 Στόμια σήραγγας	27/ 0	20/ 0	0,50/ 0,30
Τμήμα T2 Κυρίως τμήμα σήραγγας	27/ 0	30/ 0	0,50/ 0,30

3.3 Προσδιορισμός των Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης

3.3.1 Γενικά

Οι απαιτήσεις υποστήριξης δεν είναι γνωστές εκ των προτέρων, κατά συνέπεια είναι αδύνατο να προσδιοριστεί η βέλτιστη δυνατή λύση, η οποία είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων συμπεριλαμβανομένων του είδους της βραχομάζας, της σύστασης, του τεκτονισμού, της αντοχής, της μορφής και του εύρους των ασυνεχειών κ.λ.π. Ακολουθεί μια πρώτη προσέγγιση των μέτρων άμεσης υποστήριξης με τις αντίστοιχες παραμέτρους, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στην αριθμητική ανάλυση, αν και κατά την διαδικασία προσδιορισμού της βέλτιστης δυνατής λύσης επέρχονται συχνά τροποποιήσεις στο είδος των μέτρων υποστήριξης.

Η προκαταρκτική επιλογή των μέτρων άμεσης υποστήριξης που ακολουθεί πραγματοποιείται με την χρήση εμπειρικών μεθόδων. Προηγείται η ταξινόμηση της βραχομάζας και ακολούθως επιλέγονται τα αντίστοιχα μέτρα άμεσης υποστήριξης που προτείνει κάθε μέθοδος η επιλογή γίνεται με τις μεθοδολογίες κατά Beniaowski και κατά Barton.

3.3.2 Μεθοδολογία κατά Beniaowski

Η ταξινόμηση της βραχομάζας με την μεθοδολογία κατά Beniaowski δίνεται στον πίνακα 3.2 που ακολουθεί:

Πίνακας 3.2: Ταξινόμηση βραχομάζας στη θέση διάτρησης με την μεθοδολογία κατά Beniaowski

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΤΑ BENIAOWSKI
Τμήματα T1 και T3 Στόμια σήραγγας	IV. Φτωχή
Τμήμα T2 Κυρίως τμήμα σήραγγας	RMR ₈₉ =35 IV. Φτωχή

Τμήματα T1 και T3

Κατά την μεθοδολογία Bieniaowski προτείνονται για την κατηγορία V (πολύ φτωχή ποιότητα βραχομάζα) τα ακόλουθα:

□ Αγκυρώσεις

Συστηματική τοποθέτηση αγκυρίων μήκους 5,0 έως 6,0 m ανά απόσταση 1,0 έως 1,5m στην οροφή και στα πλευρικά τοιχώματα, καθώς και τοποθέτηση πλέγματος στην οροφή και στα τοιχώματα. Τοποθέτηση αγκυρίων και στο δάπεδο.

□ Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα

Διάστρωση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 150 έως 200 mm στην οροφή και πάχους 150 mm στα τοιχώματα. Εκτόξευση σκυροδέματος πάχους 50 mm στο μέτωπο.

□ Μεταλλικά Πλαίσια

Τοποθέτηση μεσαίου έως βαρέου τύπου μεταλλικών πλαισίων ανά απόσταση 0,75 m , και δοκών προπορείας, όπου χρειάζεται.

□ Εκσκαφή

Τμηματική εκσκαφή με αρχική προσβολή του άνω μετώπου σε πολλαπλά στάδια και εν συνεχεία των κατωτέρων βαθμίδων. Εκσκαφή του ανώτερου τμήματος με βήμα 0,5 έως 1,5 m, έναρξη υποστήριξης συγχρόνως με την εκσκαφή και εκτόξευση σκυροδέματος αμέσως μετά την έκρηξη (εκσκαφή).

Τμήμα T2

Κατά την μεθοδολογία Bieniawski προτείνονται για την κατηγορία IV (φτωχή ποιότητα βραχομάζα) τα ακόλουθα:

□ Αγκυρώσεις

Συστηματική τοποθέτηση αγκυρίων μήκους 4,0 έως 5,0 m ανά απόσταση 1,0 έως 1,5 m στην οροφή και στα πλευρικά τοιχώματα, καθώς και τοποθέτηση πλέγματος στην οροφή και στα τοιχώματα.

□ Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα

Διάστρωση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 100 έως 150 mm στην οροφή και πάχους 100 mm στα τοιχώματα.

□ Μεταλλικά Πλαίσια

Τοποθέτηση ελαφρού τύπου μεταλλικών πλαισίων ανά απόσταση 1,5 m, όπου χρειάζεται.

□ Εκσκαφή

Τμηματική εκσκαφή με αρχική προσβολή του άνω μετώπου και εν συνεχεία των κατωτέρων βαθμίδων (top heading and bench) με συνδυασμένη χρήση μηχανικών μέσων και εκρηκτικών. Εκσκαφή του ανώτερου τμήματος με βήμα 1,0 έως 1,5 m, έναρξη υποστήριξης συγχρόνως με την εκσκαφή και ολοκλήρωση των μέτρων προσωρινής υποστήριξης σε μέγιστη απόσταση 10 m από το μέτωπο.

3.3.3 Μεθοδολογία κατά Barton

Η ταξινόμηση της βραχομάζας με την μεθοδολογία κατά Barton δίνεται στον πίνακα 3.3 που ακολουθεί:

Πίνακας 3.3: Ταξινόμηση βραχομάζας στη θέση διάτρησης με τη μεθοδολογία κατά Barton

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΤΑ BARTON
Τμήματα T1 και T3 Στόμια σήραγγας	Q=0,055 Εξαιρετικά Φτωχή (0,04≤Q≤0,1)
Τμήμα T2 Κυρίως τμήμα σήραγγας	Q=0,111 Πολύ Φτωχή (0,1≤Q≤0,4)

Τμήματα T1 και T3

Για $Q=0,055$ και ισοδύναμη διάσταση $De \approx 12,0$ προκύπτει κατηγορία 35 (σύνολο κατηγοριών 38 με κατιούσα κατάταξη), ενώ αντίστοιχα σύμφωνα με τις προτάσεις κατάταξης των Grimstad and Barton (1993), η κατάταξη βρίσκεται να οδηγεί στην κατηγορία 8 (σύνολο κατηγοριών 9, με κατιούσα κατάταξη).

Σύμφωνα με τις δύο παρόμοιας φιλοσοφίας μεθόδους προτείνονται τα ακόλουθα:

□ Αγκυρώσεις

Συστηματική τοποθέτηση αγκυρίων μήκους 1 έως 1,5m. Τονίζεται η αναφορά (Barton 1994) ότι η χρήση προέντασης σε αγκύρια είναι πρακτικά αποτελεσματική και προτείνεται η χρήση ρητινών πάκτωσης στην περίπτωση που απαιτηθεί χρήση προεντεταμένων αγκυρίων. Προτείνεται ακόμη η χρήση αγκυρίων με διαφορετικό μήκος ανάλογα με την θέση κατασκευής τους.

Μήκος αγκυρώσεων:

$$L = \frac{2 + 0,15 * B}{ESR} = 3,80 \text{ m}$$

(Barton et al, 1980)

Φορτίο υποστήριξης οροφής:

$$P_{roof} = \frac{2\sqrt{J_n} * Q^{-1/3}}{3 * J_r} = \frac{2\sqrt{30} * 0,055^{-1/3}}{3 * 0,5} \cong 19,20 \text{ MPa}$$

(Grimstad and Barton, 1993)

□ Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα

Διάστρωση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους μεγαλύτερου των 150mm σε συνδυασμό με συστηματική τοποθέτηση αγκυρίων ανά 1 έως 1,5 m.

□ Μεταλλικά Πλαίσια

Το μικρό υπερκείμενο βάθος σε συνδυασμό με τον υψηλό βαθμό αποσάθρωσης του εδαφικού καλύμματος επιβάλλει την χρήση μεταλλικών πλαισίων σε συνδυασμό με δοκούς προπορείας.

□ Εκσκαφή

Μέγιστο ανυποστήρικτο άνοιγμα:

$$2ESRQ^{0,4} = 2 * 1,0 * 0,055^{0,4} \cong 0,63 \text{ m}$$

Υπογραμμίζεται η πιθανή ανάγκη πολλαπλών φάσεων εκσκαφής, καθώς και η ανάγκη υποστήριξης του μετώπου με χρήση εκτοξευόμενου.

Τμήμα T2

Για $Q=0,111$ και ισοδύναμη διάσταση $De \approx 12,0$ προκύπτουν πρακτικά οι ίδιες κατηγορίες με τα υπόλοιπα τμήματα. Προτείνεται κατά συνέπεια η εφαρμογή των μέτρων άμεσης προστασίας των τμημάτων T1 και T3. Εξαιρεση εμφανίζει το αναμενόμενο φορτίο και το βήμα εκσκαφής.

Φορτίο υποστήριξης οροφής:

$$P_{roof} = \frac{2\sqrt{J_n} * Q^{-1/3}}{3 * J_r} = \frac{2\sqrt{15} * 0,111^{-1/3}}{3 * 0,5} \cong 10,75 MPa$$

(Grimstad and Barton, 1993)

□ Εκσκαφή

Μέγιστο ανυποστήρικτο άνοιγμα:

$$2ESRQ^{0,4} = 2 * 1,0 * 0,111^{0,4} \cong 0,83 \text{ m}$$

Υπογραμμίζεται η πιθανή ανάγκη πολλαπλών φάσεων εκσκαφής, καθώς και η ανάγκη υποστήριξης του μετώπου με χρήση εκτοξευόμενου.

Για την αριθμητική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε το Συμβατικό Πλαίσιο της Υπογραφείσας Σύμβασης Κατασκευής του Έργου, ώστε να μην προκύψουν σημαντικές διαφοροποιήσεις από το προκαθορισμένο είδος και την ποσότητα των μέτρων υποστήριξης. Με στόχο την εναρμόνιση με τα περιγραφόμενα στα Συμβατικά τεύχη εφαρμόστηκαν τα κατωτέρω.

Τμήματα T1 και T3

Σύμφωνα με τα Συμβατικά Τεύχη Κατασκευής του Έργου τα μέτρα άμεσης υποστήριξης στα στόμια είναι τα ακόλουθα:

- Τοποθέτηση δοκών προπορείας μήκους 12,0 m και των μεταλλικών πλαισίων υποστήριξης HEB140, σε συνδυασμό με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 30 cm και χρήση δομικού πλέγματος.
- Σε πρώτη φάση, μετά την εκσκαφή της άνω ημιδιατομής, διαστρώνεται με εκτόξευση ινοπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 5 cm, στη συνέχεια ακολουθεί δεύτερη στρώση ινοπλισμένου σκυροδέματος ίδιου πάχους. Ακολουθεί η τοποθέτηση των σιδηροδοκών HEB140 και στη συνέχεια η εκτόξευση του σκυροδέματος πάχους 15 cm. Τέλος διαστρώνεται η τελευταία στρώση εκτοξευόμενου πάχους 5 cm. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται στην οροφή κατ'άρχην στα τοιχώματα στη συνέχεια. Τα πλαίσια της άνω ημιδιατομής (Α φάση) εδράζονται σε ειδικές διαπλατύνσεις (elephant foot).

- Η έντονη χαλάρωση στη θέση των στομιών επιβάλλει την εφαρμογή μέτρων άμεσης υποστήριξης και μόνιμης επένδυσης στο δάπεδο. Διαστρώνεται το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα σε συνδυασμό με δομικό πλέγμα. Συγκεκριμένα, διαστρώνεται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 5 cm, τοποθετείται πλέγμα T188, διαστρώνεται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 20 cm σε δύο ισοπαχείς στρώσεις, ακολουθεί τοποθέτηση δευτέρου πλέγματος T188 και εν συνεχεία τελική στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάχους 5 cm. Η μόνιμη επένδυση κλείνει με την κατασκευή δακτυλίου.
- Λόγω της αστάθειας του μετώπου θα απαιτηθεί τοπική ενίσχυση με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και βλητρώσεις με ίνες ύαλου (fiberglass).

Τμήμα T2

Σύμφωνα με τα Συμβατικά Τεύχη Κατασκευής του Έργου τα μέτρα άμεσης υποστήριξης στο κυρίως σώμα της σήραγγας είναι τα ακόλουθα:

- Τοποθέτηση δοκών προπορείας μήκους 12,0 m και μεταλλικών πλαισίων υποστήριξης HEB120, ηλώσεις μήκους 3 και 6 m σε κάρναβο 2,0 m × 1,25 m και εκτοξευόμενο ινοπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20 cm.
- Σε πρώτη φάση, μετά την εκσκαφή της άνω ημιδιατομής, διαστρώνεται με εκτόξευση ινοπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 5 cm. Στη συνέχεια ακολουθεί τοποθέτηση των ηλώσεων, των σιδηροδοκών HEB120 και διάστρωση δεύτερης στρώσης εκτοξευόμενου πάχους 5 cm. Ακολουθεί τέλος εκτόξευση σκυροδέματος πάχους 15 cm. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται στην οροφή κατ'άρχην στα τοιχώματα στη συνέχεια. Τα πλαίσια της άνω ημιδιατομής (Α φάση) εδράζονται σε ειδικές διαπλατύνσεις (elephant foot).
- Δεν κρίνεται αναγκαία η λήψη προσωρινών μέτρων στο δάπεδο.
- Η επιφάνεια του μετώπου χαρακτηρίζεται από σχετική αστάθεια, όπως αναφέρεται και κατά την Barton μεθοδολογία, και πιθανότατα θα απαιτηθεί λήψη μέτρων προσωρινής σταθεροποίησης με εκτοξευόμενο ινοπλισμένο σκυρόδεμα και βλητρώσεις με ίνες ύαλου (fiberglass). Ο βαθμός αστάθειας θα εξεταστεί κατά τη φάση διάτρησης των τμημάτων T1 και T3 που αντιστοιχούν στα στόμια, οπότε και θα εφαρμοσθούν τα αντίστοιχα μέτρα με σχετική μείωση.

4. Αριθμητική Ανάλυση

4.1 Γενικά

Η αριθμητική ανάλυση, εν αντιθέσει με τις εμπειρικές μεθόδους προσδιορισμού όπου δίνεται μια αρχική εκτίμηση και το πλαίσιο εργασίας, χαρακτηρίζεται από την δυνατότητα προσέγγισης του προβλήματος με ικανοποιητική ακρίβεια, ενώ παρέχει πληροφορίες αναφορικά με την αναμενόμενη εντατική κατάσταση των στοιχείων υποστήριξης και του περιβάλλοντος εδαφικού σχηματισμού. Η αριθμητική ανάλυση είναι σε θέση να ενσωματώσει στην διαδικασία υπολογισμού τις ιδιαιτερότητες του κάθε προβλήματος, ενώ η ακρίβεια της προσέγγισης καθιστά εφικτή την επιλογή των βέλτιστων προτεινόμενων λύσεων οι οποίες ανταποκρίνονται στις ανάγκες του υπόψη προβλήματος.

Από τα αποτελέσματα της αριθμητικής ανάλυσης προσδιορίζεται η εντατική και κινηματική κατάσταση των εδαφικών σχηματισμών που περιβάλλουν την σήραγγα, καθώς και τα αντίστοιχα μεγέθη, και τελικά η επάρκεια των μέτρων άμεσης υποστήριξης και της μόνιμης επένδυσης. Η συνεχής διεξαγωγή της διαδικασίας ανάλυσης στοχεύει στην ακριβέστερη δυνατή προσέγγιση και επιτυγχάνεται με τον επανακαθορισμό των δεδομένων της ανάλυσης και την επιβεβαίωση ή την διόρθωση των μηχανισμών θραύσης που αναπτύσσονται, ολοκληρώνεται δε με την σύγκλιση της επαναληπτικής διαδικασίας, έτσι ώστε να ικανοποιούνται τα κριτήρια σχεδιασμού και αντοχής των μέτρων άμεσης υποστήριξης και της μόνιμης υποστήριξης. Μετά την σύγκλιση της επαναληπτικής διαδικασίας ακολουθεί ο οριστικός έλεγχος επάρκειας, η διαστασιολόγηση των στοιχείων υποστήριξης και εν συνεχεία η εκπόνηση των κατασκευαστικών σχεδίων.

Η προσομοίωση και αριθμητική επίλυση σηράγγων, απαιτεί την δυνατότητα μη γραμμικής ανάλυσης εφόσον οι μηχανισμοί κυριαρχούνται από φαινόμενα έντονης μεταβολής των μέτρων παραμορφωσιμότητας, τόσο του περιβάλλοντος μέσου όσο και των επιμέρους στοιχείων της κατασκευής, συναρτήσει του επικρατούντος τασικού πεδίου. Η κατασκευή σε πολλές φάσεις επιφέρει μεταβολή των ορίων, των οριακών συνθηκών, ενσωμάτωση κατασκευαστικών στοιχείων, μεταβολή της δυσκαμψίας, καθώς και επιβολή και μεταβολή εξωτερικών φορτίσεων, με αποτέλεσμα να καθίσταται αναγκαία η καταγραφή της ιστορίας παραμόρφωσης και ενεργοποίησης των στοιχείων

στις ενδιάμεσες φάσεις κατασκευής. Η ανάγκη καταγραφής της ιστορίας παραμόρφωσης και ενεργοποίησης ή και αφαίρεσης των στοιχείων προϋποθέτει την δυνατότητα πολυσταδιακής ανάλυσης. Η μεταβολή της δυσκαμψίας και της αντοχής των δομικών στοιχείων, όπως το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, τα αγκύρια και διαφόρων τύπων σιδηροδοκοί, με την πάροδο του χρόνου, είναι αδύνατο να αναχθεί σε διακριτά στάδια άμεσα συνυφασμένα με τις φάσεις κατασκευής του έργου, γι' αυτό και απαιτείται επιπρόσθετα η δυνατότητα ανακατανομής των δυνάμεων των στοιχείων για την διασφάλιση των αρχών συνεχείας κινηματικού και εντατικού πεδίου. Δυνατή πρέπει επίσης να είναι η προσομοίωση της ρηγμάτωσης του περιβάλλοντος σχηματισμού και η ανακατανομή των απελευθερωμένων τάσεων στα περιβάλλοντα στοιχεία, ενώ η προσομοίωση του φαινομένου συνδυάζεται με την ικανότητα μεταβολής της δυσκαμψίας και της πολυσταδιακής ανάλυσης.

Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι πολυσταδιακές μη γραμμικές ελαστοπλαστικές, ώστε να ικανοποιούν τις ανάγκες των μηχανισμών που περιγράφονται στην προηγούμενη παράγραφο, και τα επιμέρους στάδια προσομοίωσαν με το βέλτιστο δυνατό τρόπο τις φάσεις κατασκευής, όπως αυτές εξ' αρχής καθορίστηκαν, με στόχο την επίτευξη της βέλτιστης δυνατής κατασκευαστικής διαδικασίας, σε ασφαλή πάντα τεχνικά πλαίσια.

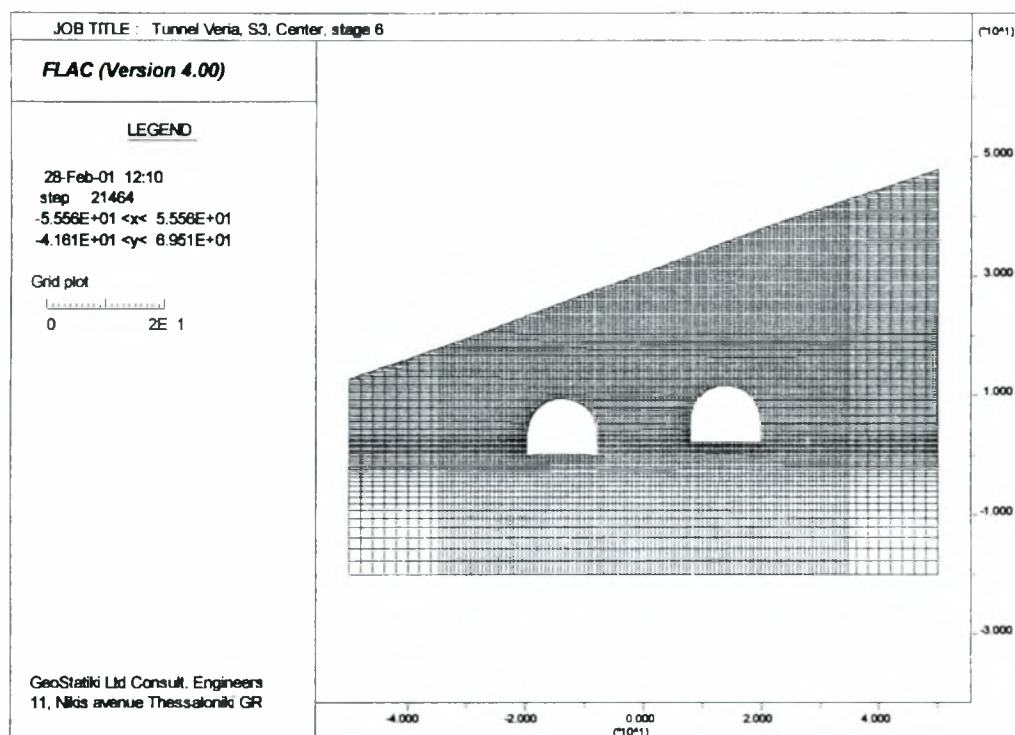
Για την προσομοίωση της συγκεκριμένης σήραγγας επιλέχθηκε ο καταστατικός νόμος συμπεριφοράς Mohr- Coulomb με μη συζευγμένο νόμο διαρροής (non associated flow rule) για την προσομοίωση της περιβάλλουσας βραχομάζας. Αντίστοιχα για την προσομοίωση των αγκυριών χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία ράβδου (truss elements) και για τα στοιχεία του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, των χαλύβδινων πλαισίων και της εσωτερικής επένδυσης στοιχεία δοκού (beam elements) με δυνατότητα ενεργοποίησης - απενεργοποίησης κατά την εξέλιξη των φάσεων προσομοίωσης.

Δεδομένου ότι το είδος της φόρτισης των υπόγειων εκσκαφών οδηγεί σε αναστροφή των κυρίων τάσεων στα όρια της σήραγγας και στην ανάπτυξη τάσεων ελκυσμού, το κριτήριο Mohr-Coulomb τροποποιήθηκε κατά μήκος του υδροστατικού άξονα στην περιοχή των θετικών τιμών (περιοχή ελκυσμού), ώστε να ληφθεί υπόψη το φαινόμενο tension cut-off, με το οποίο

προσομοιώθηκε η απελευθέρωση και ανακατανομή τάσεων κατά τη ρηγμάτωση.

Η χρήση της μεθόδου πεπερασμένων διαφορών (FDM) στο ειδικό αυτό πρόβλημα κρίθηκε ως η πλέον κατάλληλη, αν και χρησιμοποιήθηκαν αλγόριθμοι και διαδικασίες επίλυσης explicit με αποτέλεσμα να αυξηθεί ο απαιτούμενος χρόνος επίλυσης. Ιδιαίτερα στην περίπτωση κρατυνόμενης συμπεριφοράς με μη συζευγμένο νόμο διαρροής (non associated flow rule), σημαντικότερη επιβάρυνση συνόδευσε την υπολογιστική διαδικασία, ενώ η διαδικασία προσδιορισμού και ελέγχου των απαραίτητων για την ανάλυση παραμέτρων (συνάρτηση διαρροής, φόρτισης και θραύσης) είναι ιδιαίτερα επίπονη, μειονέκτημα όμως μειωμένης βαρύτητας λόγω της αυξανόμενης υπολογιστικής ισχύος των υπολογιστών. Στη μείωση του απαιτούμενου χρόνου υπολογισμού συνέτεινε και η απλούστευση της προσομοίωσης με την πραγματοποίηση θεμελιωδών παραδοχών, όπως η θεώρηση επίπεδης παραμόρφωσης, χωρίς να προκύπτει μείωση της ακρίβειας των προβλέψεων. Πλεονέκτημα της μεθόδου αποτελεί η δυνατότητα πολυσταδιακής ανάλυσης, καθώς επίσης και η εισαγωγή του αρχικού εντατικού πεδίου σε προβλήματα με επιφάνεια εδάφους περίπλοκης μορφής.

Όλες οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με χρήση του προγράμματος FLAC 3.4 (1998). Χρησιμοποιήθηκε κάνναβος ο οποίος καλύπτει οριζόντια απόσταση 100m και χρησιμοποιεί συνολικά 12000 στοιχεία. Σε όλους τους καννάβους χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες οριακές συνθήκες. Στη βάση οι κόμβοι δεσμεύθηκαν κατά τις δύο διευθύνσεις, ενώ στα πλευρικά όρια επιτράπηκε μετακίνηση κατά την κατακόρυφο έννοια. Ο κάνναβος ανάλυσης εκτείνονταν σε πλάτος 100 m, ώστε να καλύψει επαρκώς την εξεταζόμενη περιοχή και να περιορίσει σε επίπεδα πρακτικά αμελητέα την όποια δράση μπορούσε να προκύψει από τα όρια και τις διαστάσεις του προβλήματος. Η μορφή του καννάβου ανάλυσης του προβλήματος δίνεται στο σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1: Γραφική απεικόνιση διακριτοποίησης του προβλήματος

4.2 Προσομοίωση

Η προσομοίωση περιελάμβανε επτά συνολικά στάδια, κατά τα οποία προσομοιώθηκαν οι φάσεις των επιμέρους εκσκαφών, η τοποθέτηση και διαδοχική ενεργοποίηση των μέτρων άμεσης υποστήριξης και της μόνιμης επένδυσης.

Για την ακριβέστερη δυνατή προσομοίωση του προβλήματος ακολουθήθηκε, κατά το μέτρο του δυνατού, η κατασκευαστική διαδικασία της σήραγγας. Η γενική κατασκευαστική διαδικασία περιελάμβανε την εκσκαφή του άνω τμήματος του μετώπου με βήμα 1,0 έως 3,0 m ανάλογα με την κατηγορία της βραχομάζας, την εκτόξευση μικρού πάχους σκυροδέματος για την αποφυγή μικροκαταπτώσεων, και την τοποθέτηση του πλέγματος, των αγκυρίων και των μεταλλικών πλαισίων. Ακολούθησε η εκτόξευση σκυροδέματος, η τοποθέτηση δεύτερου εξωτερικού δομικού πλέγματος όπου προβλεπόταν, και η εν συνεχεία συμπλήρωση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος μέχρι του προβλεπόμενου πάχους.

Η αντίστοιχη προσομοίωση του προβλήματος περιελάμβανε τις ακόλουθες φάσεις:

- Εισαγωγή της στρωματογραφίας, των οριακών συνθηκών και της αρχικής εντατικής κατάστασης στην περιοχή μελέτης
- Μερική εκτόνωση της περιβάλλουσας βραχομάζας που προέρχονταν από το μέγεθος του ανυποστήρικτου τμήματος στο μέτωπο εκσκαφής και το είδος των μέτρων άμεσης υποστήριξης
- Αφαίρεση των στοιχείων του άνω τμήματος της αριστερής σήραγγας και ενεργοποίηση των στοιχείων άμεσης υποστήριξης της περιοχής. Μείωση της δυσκαμψίας των στοιχείων του επόμενου προς εκσκαφή τμήματος
- Αφαίρεση των στοιχείων άμεσης υποστήριξης που αντιστοιχούσαν σε αυτό. Μείωση της δυσκαμψίας των στοιχείων του προς εκσκαφή επόμενου τμήματος. Η διαδικασία συνεχίστηκε μέχρι την πλήρη εκσκαφή των διατομών των δύο σηράγγων
- Κατασκευή της τελικής επένδυσης, με θεώρηση πλήρους χαλάρωσης των αγκυριών, μηδενισμό της δυσκαμψίας των υπολοίπων μέτρων άμεσης υποστήριξης και τροποποίηση των συνοριακών συνθηκών, ανάλογα με την μορφή και την αναμενόμενη λειτουργία της μόνιμης επένδυσης.

Για την υλοποίηση των παραπάνω βημάτων λήφθηκαν υπόψη τα ακόλουθα:

Η εισαγωγή της αρχικής εντατικής κατάστασης έγινε με βάση τις τιμές των παραμέτρων των σχηματισμών και την γεωμετρία της τομής μελέτης προσδιορίστηκαν οι τιμές των οριζοντίων και κατακόρυφων τάσεων. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε επίλυση αρχικής ισορροπίας και προσδιορίστηκε το αρχικό κύριο εντατικό πεδίο.

$$\sigma_v = \gamma \cdot h \quad (4.1)$$

$$\sigma_h = K_o \cdot \sigma_v \quad (4.2)$$

όπου γ : το φαινόμενο βάρος των υπερκείμενων σχηματισμών

h : το βάθος του σημείου ολοκλήρωσης του στοιχείου

K_o : ο συντελεστής ωθήσεων ηρεμίας

Το γεγονός ότι η περιοχή χαρακτηριζόταν από μέτριο τεκτονισμό υπέδειξε την ύπαρξη τασικού πεδίου στη βραχομάζα. Ο συντελεστής ωθήσεων ηρεμίας λήφθηκε ίσος με 0,70 για την κύρια μάζα της σήραγγας T2, ενώ στις θέσεις περί των στομίων T3 και σε θέσεις χαλαρωμένων σχηματισμών λήφθηκε ίσος με 0,80.

Για την μερική εκτόνωση της βραχομάζας που επακολούθησε την εκσκαφή, ο βαθμός εκτόνωσης της βραχομάζας προσδιορίστηκε συναρτήσει του μήκους του ανυποστήρικτου τμήματος (συγκεκριμένα από το λόγο του τελευταίου προς τη διάμετρο της σήραγγας) και του είδους της βραχομάζας (συμπαγής, μέτρο ελαστικότητας κλπ.). Ο προσδιορισμός του βαθμού εκτόνωσης με ακρίβεια είναι δύσκολος και γι αυτό επεβλήθη συστηματική οργανομέτρηση για την παρακολούθηση και σύγκριση της συμπεριφοράς της σήραγγας κατά την πορεία της κατασκευής με τα αποτελέσματα των αριθμητικών αναλύσεων.

Για την περίπτωση των αριθμητικών αναλύσεων, διεθνώς προτείνεται και εφαρμόζεται, η μείωση της δυσκαμψίας του μέσου (πολλαπλασιασμός του μητρώου δυσκαμψίας των αφαιρούμενων στοιχείων επί μειωτικό συντελεστή). Ο βαθμός μείωσης εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής, το είδος του εδάφους, το βήμα ανυποστήρικτου τμήματος, τον βαθμό άμεσης κατασκευής των μέτρων προσωρινής υποστήριξης κλπ. Για τον προσδιορισμό του βαθμού μείωσης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Tunnel Support Modeler(1998). Για τον προσδιορισμό χαλάρωσης ελήφθη υπόψη το βήμα εκσκαφής, τα μέτρα υποστήριξης και οι παράμετροι του υλικού μέσου. Σημειώνεται ότι ο προσδιορισμός έγινε με θεώρηση ενιαίου, ομογενούς και ισότροπου υλικού.

Σ' αυτό το στάδιο της προσομοίωσης στην περίπτωση του κυρίου σώματος της σήραγγας T2, η εσωτερική πίεση που ελήφθη υπόψη αντιστοιχούσε σε μεταλλικά πλαίσια και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα 8 ωρών σε συνδυασμό με τις δοκούς προπορείας, με κοινή λειτουργία σε απόσταση ενός βήματος. Από τις καμπύλες προέκυψε βαθμός μείωσης της δυσκαμψίας της τάξης του 60%. Ο βαθμός αυτός εφαρμόστηκε στην άνω ημιδιατομή, ενώ στις θέσεις των τοιχωμάτων υιοθετήθηκε βαθμός μείωσης 70%. Αντίστοιχα στην περιοχή των στομίων T1 και T3 η εσωτερική πίεση που ελήφθη υπόψη αντιστοιχούσε σε εκτοξευόμενο

σκυρόδεμα 8 ημερών τοποθετημένο σε απόσταση ενός βήματος, καθώς και των ηλώσεων τοποθετημένων σε ένα βήμα. Από τις καμπύλες προέκυψε βαθμός μείωσης της δυσκαμψίας της τάξης του 60%. Ο βαθμός αυτός εφαρμόστηκε τόσο στην άνω όσο και στην κάτω ημιδιατομή.

Όσον αφορά στην *εκσκαφή της σήραγγας*, ο αλγόριθμος προσομοίωσης της εκσκαφής ήταν αντίστοιχος αυτών που εφαρμόζονται σε προβλήματα με μεταβλητά όρια και διαστάσεις σε ελαστοπλαστικά εδάφη. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων εξαρτήθηκαν από τις φάσεις εκσκαφής. Στην περίπτωση της γραμμικής ελαστικότητας προέκυψε μοναδική λύση των εκσκαφών. Στην περίπτωση ελαστοπλαστικότητας, τα αποτελέσματα εξαρτήθηκαν από την διατμητική αντοχή του υλικού, τις διαδρομές των τάσεων που επιφέρει η εκσκαφή, τον καταστατικό νόμο προσομοίωσης, την αρχική εντατική κατάσταση, καθώς και το είδος και τη φάση κατασκευής των μέτρων άμεσης υποστήριξης. Η διεύρυνση της πλαστικοποιημένης περιοχής επέβαλλε πολυσταδιακή ανάλυση με αυξανόμενο αριθμό σταδίων. Όπου αναμενόταν τοπική και μόνο πλαστικοποίηση στα όρια της σήραγγας λόγω αναστροφής των κυρίων τάσεων και εκτροπής λόγω αποφόρτισης κατά την ακτινική έννοια, κρίθηκε εκ των προτέρων ότι η εκσκαφή σε δύο στάδια θα ήταν ικανοποιητική, γεγονός άλλωστε που μπορούσε να ελεγχθεί από την έκταση και την εξέλιξη της πλαστικοποίησης κατά τα διάφορα στάδια.

Τα χαρακτηριστικά του *ινοσκυροδέματος* ήταν τα ακόλουθα :

Μέτρο Ελαστικότητας	$E_s=25000 \text{ MPa}$
Λόγος Poisson	$\nu=0,25$
Θλιπτική Αντοχή	$\sigma_c=25 \text{ Mpa}$

Σημειώνεται ότι επειδή το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα κλήθηκε να αναλάβει φορτία σε μικρό χρονικό διάστημα και πριν προλάβει να αναπτύξει τις αντοχές του, κατά την πρώτη φάση διάστρωσης ελήφθη υπόψη το ποσοστό της τάξης του 20% της αντοχής και δυσκαμψία για την πρώτη στρώση των 5 cm (εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 5 cm ηλικίας μικρότερης των 8 ωρών). Κατά το επόμενο βήμα προσομοίωσης, όπου παρερχόταν ο απαιτούμενος χρόνος πλήρους τοποθέτησης και ανάληψης αντοχών, ελήφθησαν υπόψη τα πλήρη χαρακτηριστικά του, όπως δίνονται ανωτέρω. Εξαιρέση απετέλεσε το τοίχωμα του δεξιού κλάδου (τελευταίο

στάδιο προσομοίωσης κατασκευής των μέτρων άμεσης επένδυσης), όπου πραγματοποιήθηκε άμεση εφαρμογή των διαστάσεων και ιδιοτήτων.

Τονίζεται ακόμα ότι ανάλογα με το πάχος της στρώσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, τούτο είναι σε θέση να παραλάβει δεδομένη αξονική δύναμη και καμπτική ροπή. Ο οπλισμός του (μεταλλικές ίνες ή δομικό πλέγμα) ετίθετο για αύξηση της πλαστιμότητας, και όχι για ανάληψη δυνάμεων. Το μέγεθος της ροπής που θα μπορούσε αυτό να αναλάβει αποτελεί συνάρτηση τους πάχους και της ασκούμενης θλιπτικής δύναμης. Κατά συνέπεια, για την εκτίμηση της μέγιστης αναλαμβανόμενης καμπτικής ροπής πραγματοποιήθηκε μία πρώτη επίλυση, από την οποία προέκυψε η θλιπτική αξονική δύναμη. Πέρα από το όριο της μέγιστης αναλαμβανόμενης καμπτικής ροπής θεωρήθηκε τέλεια πλαστική συμπεριφορά του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, δεδομένου ότι στα πλαίσια της αλληλεπίδρασης η δράση των ωθήσεων μειωνόταν με την αύξηση της μετακίνησης. Με τον τρόπο αυτό οι πρόσθετες τάσεις μετατέθηκαν στα άμεσα γεινιάζοντα στοιχεία (χαλύβδινα πλαίσια). Στο βαθμό που οι δράσεις κάλυπταν τα μέγιστα όρια αντοχών των μέτρων υποστήριξης, επερχόταν αστάθεια του όλου συστήματος η οποία κατεδείκνυε την ανάγκη εφαρμογής πρόσθετων μέτρων (αυξημένες διατομές μέτρων υποστήριξης).

Οι χαλύβδινες δοκοί τοποθετήθηκαν ως πρόσθετο μέτρο υποστήριξης όπου προέκυπταν αυξημένες ανάγκες αντοχής και δυσκαμψίας. Χαλύβδινες δοκοί (τύπου HEA, HBE ή HEM) τοποθετήθηκαν σε ζώνες όπου απαιτείτο άμεση ανάληψη φορτίων, ενώ οι δικτυωτές δοκοί (lattice grids) προτιμήθηκαν λόγω του μειωμένου κόστους και της ευκολίας τοποθέτησής τους, όπου είναι εφικτή η αυτοϋποστήριξη του σχηματισμού για το χρονικό διάστημα στο οποίο οι δικτυωτές δοκοί ενσωματώνονταν και λειτουργούσαν ως ένα σώμα με το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Τα χαρακτηριστικά των χαλύβδινων δοκών ήταν τα ακόλουθα :

Μέτρο Ελαστικότητας	$E_s=210000 \text{ MPa}$
Αντοχή (σε ελκυσμό και θλίψη)	$\sigma_e=340 \text{ έως } 470 \text{ MPa}$ (για τον χάλυβα μορφής St 37)
Αντοχή (σε ελκυσμό και θλίψη)	$\sigma_e=500 \text{ MPa}$ (για τον χάλυβα μορφής S500)

Για την κατασκευή της μόνιμης επένδυσης έγινε εισαγωγή των ακολουθών παραμέτρων:

Μέτρο Ελαστικότητας $E_s=25000 \text{ MPa}$

Λόγος Poisson $\nu=0,20$

Θλιπτική Αντοχή $\sigma_c=25 \text{ Mpa}$

4.3 Παραμετρικές Αναλύσεις

Οι παραμετρικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν είχαν ως στόχο την διερεύνηση της συμπεριφοράς του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, στο βαθμό που αυτή επηρεάζει τα φορτία τα οποία καλείται να φέρει η μόνιμη επένδυση των σηράγγων. Για τον σκοπό αυτό υλοποιήθηκαν τρεις παραμετρικές αναλύσεις, με διαφοροποιήσεις που αφορούσαν το μέγεθος συνεισφοράς του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στην ανάληψη των θλιπτικών δυνάμεων. Από τα αποτελέσματα της αριθμητικής ανάλυσης προσδιορίστηκε η εντατική και κινηματική κατάσταση των εδαφικών σχηματισμών που περιβάλλουν την σήραγγα, καθώς και τα αντίστοιχα μεγέθη σχεδιασμού της μόνιμης επένδυσης.

4.3.1 Πλήρης αφαίρεση των μέτρων άμεσης υποστήριξης

Η πλήρης αφαίρεση των μέτρων άμεσης υποστήριξης αντιστοιχεί στην περίπτωση όπου το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και τα μεταλλικά πλαίσια που πιθανόν να έχουν τοποθετηθεί δεν συνεισφέρουν ουσιαστικά στην ανάληψη καμπτικών ροπών τις οποίες αναλαμβάνει πλέον εξ' ολοκλήρου η μόνιμη επένδυση, ενώ παράλληλα τα αγκύρια παύουν να αναλαμβάνουν πρακτικά δυνάμεις.

Πάγια τακτική αποτελεί η θεώρηση και η εφαρμογή της άνω ως της δυσμενέστερης δυνατής κατάστασης κατά τον σχεδιασμό και την διαστασιολόγηση της μόνιμης επένδυσης σηράγγων.

Η προσομοίωση της παραπάνω κατάστασης επιτεύχθηκε με απενεργοποίηση όλων των μέτρων άμεσης υποστήριξης, ώστε η μόνιμη επένδυση να καλείται να παραλάβει το σύνολο των αναμενόμενων φορτίων ή του συνδυασμού των φορτίων. Η αριθμητική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε αντιστοιχεί στον κωδικό 6 , όπου για τα μεν στόμια της

σήραγγας τα σχετικά αρχεία φέρουν την ονομασία 's3_d3_6.*' , για δε το κύριο σώμα 's3t2_6.*'.

Τα αποτελέσματα της επίλυσης στην περίπτωση πλήρους αφαίρεσης των μέτρων άμεσης υποστήριξης παρατίθενται υπό μορφή διαγραμμάτων καμπτικών ροπών και πινάκων (Γ.1 και Γ.2) για τις θέσεις της διατομής που λαμβάνονται υπόψη στην διαστασιολόγηση που ακολουθεί. Τα διαγράμματα αυτά αντιστοιχούν στα σχήματα Γ.1 και Γ.4 του παραρτήματος Γ.

4.3.2 Μηδενική ανάληψη καμπτικών ροπών και μείωση του μέτρου ελαστικότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Η μηδενική ανάληψη καμπτικών ροπών από τα μέτρα άμεσης υποστήριξης και η μείωση του μέτρου ελαστικότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος κατά 100 φορές, καθιστά δυνατή την ανάληψη μέρους των θλιπτικών τάσεων που προορίζονται για την μόνιμη επένδυση.

Η κατάσταση που περιγράφεται στην παραπάνω παράγραφο προσομοιώθηκε κατά την ανάλυση με απενεργοποίηση όλων των μέτρων άμεσης υποστήριξης, εκτός του εκτοξευόμενου σκυροδέματος του οποίου το μέτρο ελαστικότητας μειώθηκε 100 φορές. Το εκτοξευόμενο σκυροδέμα ήταν πάραυτα σε θέση να συνεισφέρει στην ανάληψη μέρους των θλιπτικών τάσεων, μειώθηκαν συνεπώς οι αξονικές δυνάμεις που έπρεπε να φέρει η μόνιμη επένδυση. Ο κωδικός της αριθμητικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε ήταν για τα μεν στόμια της σήραγγας είναι 's3_d3_rE.*' , για δε το κύριο σώμα 's3t2_e5.*'.

Τα αποτελέσματα της επίλυσης που παρατίθεται ως άνω παρουσιάζονται υπό μορφή διαγραμμάτων καμπτικών ροπών και πινάκων (Γ.1 και Γ.2) για τις θέσεις της διατομής που λαμβάνονται υπόψη στην διαστασιολόγηση που ακολουθεί. Τα διαγράμματα αυτά αντιστοιχούν στα σχήματα Γ.2 και Γ.5 του παραρτήματος Γ.

4.3.3 Μηδενική ανάληψη καμπτικών ροπών χωρίς μείωση του μέτρου ελαστικότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Η τρίτη κατά σειρά ανάλυση αντιστοιχεί σε πλήρη χαλάρωση των μέτρων άμεσης υποστήριξης όσον αφορά στην ανάληψη καμπτικής ροπής, με

δυνατότητα ανάληψης μέρους των αξονικών θλιπτικών δυνάμεων από το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα το οποίο διατηρεί το μέτρο ελαστικότητας του ως έχει.

Πραγματοποιήθηκε όπως και η προηγούμενη προσομοίωση, με την διαφορά ότι στην ανάλυση αυτή το μέτρο ελαστικότητας ελήφθη ως είχε. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ανέλαβε μεγαλύτερο μέρος των θλιπτικών τάσεων απ' ότι στην περίπτωση που η τιμή του μέτρου ελαστικότητας του μειώθηκε 100 φορές, συνεπώς επακολούθησε περαιτέρω μείωση των αξονικών δυνάμεων τις οποίες εκαλείτο να παραλάβει η μόνιμη επένδυση. Ο κωδικός της αριθμητικής ανάλυσης σ' αυτή την περίπτωση ήταν για τα μεν στόμια της σήραγγας 's3_d3_r0.*', για δε το κύριο σώμα 's3t2_r0.*'.

Τα αποτελέσματα της επίλυσης δίνονται υπό μορφή διαγραμμάτων καμπικων ροπών και πινάκων (Γ.1 και Γ.2) για τις θέσεις της διατομής που λαμβάνονται υπόψη στην διαστασιολόγηση που ακολουθεί. Τα διαγράμματα αυτά αντιστοιχούν στα σχήματα Γ.3 και Γ.6 του παραρτήματος Γ.

5. Διαστασιολόγηση

5.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται διαστασιολόγηση των διατομών μόνιμης επένδυσης της σήραγγας. Τα εντατικά μεγέθη στις διάφορες θέσεις διατομών λαμβάνονται από τις βάσεις δεδομένων των αριθμητικών επιλύσεων της σήραγγας Σ3 του τμήματος 5.2 της Εγνατίας Οδού, όπως αυτά υποβλήθηκαν από την ανάδοχο εταιρεία μελέτης της σήραγγας ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΗ ΕΠΕ.

Ο πρόσφατος Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος χρησιμοποιεί την Μέθοδο Οριακής Αντοχής για την διαστασιολόγηση διατομών. Η Μέθοδος αυτή είναι ακριβέστερη από την μέθοδο των Επιτρεπομένων Τάσεων. Θα πρέπει εντούτοις να τονισθεί ότι η Μέθοδος Οριακής Αντοχής συνδυάζεται με συμβατό Κανονισμό Φορτίσεων και τελικά εμπεριέχει δύο συντελεστές ασφαλείας. Ο πρώτος αναφέρεται στα φορτία και ο δεύτερος στα υλικά, σε αντίθεση με την μέθοδο επιτρεπομένων τάσεων κατά την οποία εφαρμόζεται ενιαίος συντελεστής ασφαλείας επί των υλικών. Στα οικοδομικά έργα ή ακόμα στη γεφυροποιία υπάρχουν οι σχετικοί κανονισμοί φορτίσεων και κατά συνέπεια είναι δυνατή η χρήση της μεθόδου οριακής αντοχής.

Αντίθετα, δεν προβλέπονται συντελεστές φορτίσεων για την περίπτωση υπογείων έργων και σηράγγων και εν γένει έργων αλληλεπίδρασης εδάφους κατασκευής, όπου το έδαφος λειτουργεί ως φορτίζον μέσο. Η εφαρμογή συντελεστών σχεδιασμού, όπως αυτοί ορίζονται ως μερικοί συντελεστές ασφαλείας, μειώνει το εύρος των επιφανειών θραύσης των εδαφικών υλικών και οδηγεί σε αυξημένα εντατικά μεγέθη.

Οι υπόγειες κατασκευές, εν αντιθέσει με τις υπέργειες, πραγματοποιούνται εντός ενός προϋπάρχοντος αρχικού εντατικού πεδίου, του οποίου η ισορροπία διαταράσσεται με την εκσκαφή και σταδιακά επιφέρει μεταβολές στην δυσκαμψία του περιβάλλοντος εδαφικού σχηματισμού και των δομικών στοιχείων της κατασκευής. Η θεώρηση ανάλυσης λειτουργικότητας για την προσέγγιση του προβλήματος θα μπορούσε να θεωρηθεί ακριβέστερη, δεν περιλαμβάνει εντούτοις κανένα συντελεστή ασφαλείας.

Για την διερεύνηση και την διασφάλιση της επάρκειας της διατομής της μόνιμης επένδυσης, κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή τόσο της Μεθόδου των

Επιτρεπόμενων Τάσεων όσο και της Μεθόδου Οριακής Αντοχής για τις περιπτώσεις οριακής κατάστασης λειτουργικότητας και οριακής κατάστασης αστοχίας, αντίστοιχα. Την χρήση και των δύο μεθόδων καθιστά αναγκαία η απουσία σχετικής διάταξης στον υφιστάμενο Κανονισμό που να προτείνει τους κατάλληλους επιμέρους συντελεστές ασφάλειας δράσεων για τον σχεδιασμό των υπογείων έργων.

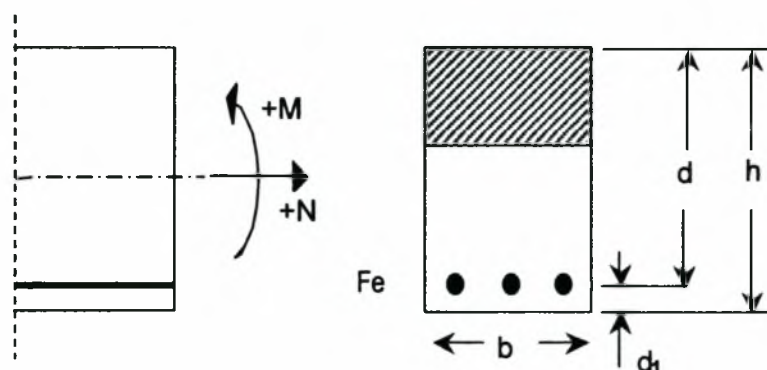
Κατά την εφαρμογή της Μεθόδου Επιτρεπόμενων Τάσεων υιοθετείται ενιαίος συντελεστής ασφαλείας επί των υλικών κατά την διαστασιολόγηση. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή θεωρείται ότι η διατομή αστοχεί με την υπέρβαση της επιτρεπόμενης τάσης σε ένα και μόνο σημείο της διατομής του φορέα. Επισημαίνεται επίσης, ότι κατά τη χρήση της Μεθόδου των Επιτρεπόμενων Τάσεων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι, ειδικά στις κατασκευές από ωπλισμένο σκυρόδεμα, υποεκτιμάται η φέρουσα ικανότητα του σκυροδέματος στις θλιβόμενες ζώνες (η τριγωνική κατανομή των τάσεων υποεκτιμά την φέρουσα ικανότητα της θλιβόμενης ζώνης), γεγονός που οδηγεί σε μεγάλες διατομές σκυροδέματος σε αντίθεση με την Μέθοδο Οριακής Αντοχής όπου γίνεται ακριβέστερη αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας της θλιβόμενης ζώνης.

Αντίστοιχα, κατά την εφαρμογή της Μεθόδου της Οριακής Αντοχής οι τιμές των καμπτικών ροπών πολλαπλασιάζονται με επαυξητικό συντελεστή που τείνει να αντικαταστήσει τον συντελεστή δράσεων, ο οποίος δεν λαμβάνεται κατά την υπολογιστική διαδικασία. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου εφαρμόζονται δύο τιμές, 1,5 και 1,75, για τον συντελεστή αυτό. Οι τιμές αυτές είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των δράσεων σε έργα ωπλισμένου σκυροδέματος' ας σημειωθεί όμως ότι τυχόν μείωση των παραμέτρων διατμητικής αντοχής των εδαφικών υλικών κατά τις προβλεπόμενες από τον κανονισμό δράσεων έργων ωπλισμένου σκυροδέματος 1,35 και 1,50, οδηγεί σε δυσμενέστερα αποτελέσματα για τις περιπτώσεις σηράγγων σε εδαφικούς σχηματισμούς με μικρή διατμητικής αντοχή.

5.2 Μέθοδος Επιτρεπόμενων Τάσεων

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου επιτρεπόμενων τάσεων η κατασκευή φορτίζεται με τα ονομαστικά φορτία και προσδιορίζονται οι εσωτερικές δυνάμεις. Ακολουθεί επαλληλία των δυσμενέστερων εντατικών μεγεθών και στη συνέχεια προσδιορίζονται οι αναπτυσσόμενες τάσεις, οι οποίες τελικά

συγκρίνονται με τις επιτρεπόμενες τάσεις. Ο φορέας θεωρείται ότι έχει αστοχήσει έστω και εάν σε ένα σημείο μιας διατομής του η αναπτυσσόμενη τάση υπερβεί την επιτρεπόμενη του Κανονισμού. Εφόσον οι επιτρεπόμενες τάσεις δεν υπερβαίνουν τις αναπτυσσόμενες τότε ο φορέας διαθέτει επαρκή αντοχή για να φέρει τα φορτία σχεδιασμού.



Σχήμα 5.1: Απεικόνιση ορθογωνικής διατομής καταπονούμενης από καμπτική ροπή και ορθή αξονική δύναμη.

Οι συντελεστές ασφάλειας των δράσεων λαμβάνονται ίσοι με την μονάδα. Οι διαστασιολογήσεις που ακολουθούν βασίζονται στους τύπους υπολογισμού με αδιάστατα μεγέθη (κατά Pucher). Χρησιμοποιούνται ως υλικά σκυρόδεμα κατηγορίας Bn250 και χάλυβας κατηγορίας BSt50/55.

Η αξονική θλιπτική δύναμη έχει σημείο εφαρμογής το κέντρο βάρους της ορθογωνικής διατομής.

Αρχικά υπολογίζεται η καμπτική ροπή σχεδιασμού ως προς τον εφελκόμενο χάλυβα με την σχέση

$$M_e = M - N \cdot y_e \quad (5.1)$$

όπου M : η καμπτική ροπή σχεδιασμού
 N : η αξονική δύναμη σχεδιασμού
 y_e : απόσταση του σημείου εφαρμογής της αξονικής δύναμης από τον εφελκόμενο οπλισμό

Σημ. Η N ως θλιπτική δύναμη πρέπει να τίθεται με αρνητικό πρόσημο
 Η καμπτική ροπή M_e πρέπει να αναχθεί σε $M_p \cdot m$

Στη συνέχεια προσδιορίζεται η αντίστοιχη τάση διαρροής σχεδιασμού του χάλυβα κατά τη σχέση

$$\sigma_e^* = \frac{\beta_s}{\nu} \quad (\text{Mp/cm}^2) \quad (5.2)$$

όπου $\sigma_e = \beta_s$: όριο διαρροής του χάλυβα

$\nu = 1,75$: συντελεστής ασφαλείας του χάλυβα

Για την διαστασιολόγηση ορθογωνικών διατομών, από την σχέση (5.3) υπολογίζεται το αδιάστατο μέγεθος k_h που προσδιορίζει κατά πόσο είναι αναγκαίος και θλιβόμενος οπλισμός.

$$k_h = \frac{d(\text{cm})}{\sqrt{\frac{M_e(\text{Mp.m})}{b(\text{m})}}} \quad (5.3)$$

Εάν $k_h \geq k_h^*$ απαιτείται μόνον εφελκόμενος οπλισμός, όπου η τιμή του k_h^* εξαρτάται από την ποιότητα του σκυροδέματος.

Με δεδομένη τη τιμή του k_h και την κατηγορία του σκυροδέματος, από τον αντίστοιχο πίνακα ως τιμή του λόγου των παραμορφώσεων σκυροδέματος προς χάλυβα ϵ_{b1}/ϵ_e λαμβάνεται η τιμή που αντιστοιχεί στην αμέσως κατώτερη τιμή του k_h .

Η τιμή του k_h σε συνδυασμό με την κατηγορία του σκυροδέματος και την κατηγορία του χάλυβα δίνει από τον προαναφερόμενο πίνακα τον αδιάστατο συντελεστή που αντιστοιχεί στο χάλυβα. Το ποσοστό του απαιτούμενου εφελκόμενου οπλισμού προκύπτει με αντικατάσταση της τιμής του συντελεστή k_e στην ακόλουθη σχέση

$$F_e = k_e \cdot \frac{M_e(\text{Mp.m})}{d(\text{m})} + \frac{N(\text{Mp})}{\sigma_e^*(\text{Mp/cm}^2)} \quad (5.4)$$

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών με την μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων για τις εντάσεις των διατομών που προκύπτουν από τις παραμετρικές αναλύσεις στο κυρίως σώμα της σήραγγας T2 παρατίθενται στους πίνακες B1.1 έως B1.9 του παραρτήματος Β. Οι αντίστοιχοι υπολογισμοί για τα στόμια της σήραγγας T3 -όπου τα μετρά άμεσης υποστήριξης δεν εφαρμόζονται αποτελεσματικά- δίδονται στους πίνακες B1.10 έως B1.18 του ίδιου παραρτήματος.

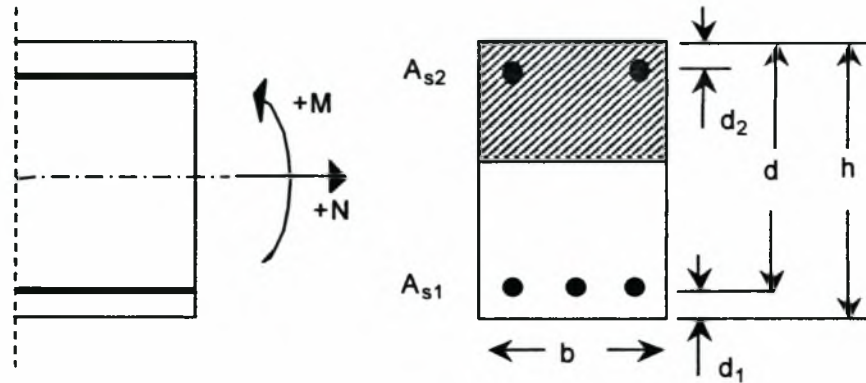
5.3 Μέθοδος Οριακής Αντοχής

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου οριακής αντοχής η κατασκευή φορτίζεται με τα ονομαστικά φορτία και προσδιορίζονται οι εσωτερικές δυνάμεις. Αφού οι δυνάμεις πολλαπλασιαστούν με τους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας υπολογίζεται η συνολική αντοχή του φορέα στις κρίσιμες διατομές για τις τάσεις σχεδιασμού (στη μέθοδο οριακής αντοχής οι επιτρεπόμενες τάσεις αντικαθίστανται από τους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας φορτίσεων και υλικών). Ο φορέας θεωρείται ότι έχει αστοχήσει έστω και εάν σε μια διατομή του οι εσωτερικές δυνάμεις σχεδιασμού υπερβούν την συνολική αντοχή σχεδιασμού της διατομής.

Για την περίπτωση Οριακής Κατάστασης Αστοχίας, εφαρμόζονται συντελεστές ασφαλείας μόνιμων και μεταβλητών δράσεων γ_g και γ_q , αντίστοιχα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η δράση επί της σήραγγας προέρχεται από το περιβάλλον έδαφος. Συνιστά δε ουσιαστικά μόνιμο βάρος, χωρίς εντούτοις να είναι ίδιο Βάρος. Θα πρέπει εντούτοις να σημειωθεί, υπό την έννοια της θεώρησης του Κανονισμού Ωπλισμένου Σκυροδέματος η μεταβλητότητα της δράσης όπου το ίδιο περιβάλλον έδαφος κάτω από διαφορετικές συνθήκες προκαλεί διαφορετικές δράσεις.

Λόγω του ότι δεν υπάρχουν θεσμοποιημένες προδιαγραφές ή Κανονισμοί, οι οποίοι να καθορίζουν τις αρχές βάσει των οποίων πρέπει να γίνεται ο σχεδιασμός των υπόγειων κατασκευών, κατά τον σχεδιασμό των σηράγγων αποτελεί διεθνώς εφαρμοζόμενη πρακτική η εφαρμογή των Κανονισμών που αφορούν κατασκευές από σκυρόδεμα, όμως οι Κανονισμοί αυτοί ισχύουν μόνο εν μέρει για τις υπόγειες κατασκευές. Για τον λόγο αυτό πραγματοποιούνται στην παρούσα εργασία δύο σειρές διαστασιολογήσεων για τις ίδιες εντάσεις της διατομής που προκύπτουν από τη δράση του περιβάλλοντος σχηματισμού. Στην πρώτη σειρά διαστασιολογήσεων οι εντάσεις της διατομής πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή $\gamma_q=1,50$, ενώ στη δεύτερη σειρά με τον συντελεστή $\gamma_q=1,75$. Εξαίρεση αποτελούν οι θλιπτικές αξονικές δυνάμεις που δρουν ευνοϊκά, όπως διαπιστώνεται στο δεύτερο κεφάλαιο, γι' αυτό και λαμβάνονται ως έχουν χωρίς περαιτέρω αύξηση.

Αφού προσδιοριστούν τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού με πολλαπλασιασμό των ονομαστικών εντατικών μεγεθών επί του συντελεστή ασφαλείας, η οριακή αντοχή σχεδιασμού υπολογίζεται ως ακολούθως.



Σχήμα 5.2: Απεικόνιση ορθογωνικής διατομής καταπονούμενης από καμπτική ροπή και ορθή αξονική δύναμη.

Ως συστατικά υλικά λαμβάνονται σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 και οπλισμός κατηγορίας S500.

Η αξονική θλιπτική δύναμη έχει σημείο εφαρμογής το κέντρο βάρους της ορθογωνικής διατομής.

Η τιμή της καμπτικής ροπής σχεδιασμού υπολογίζεται ως προς τον εφελκόμενο οπλισμό

$$M_{sd} = M - N \cdot y_s \quad (5.5)$$

όπου M : η καμπτική ροπή σχεδιασμού
 N : η αξονική δύναμη σχεδιασμού
 y_s : απόσταση του σημείου εφαρμογής της αξονικής δύναμης από τον εφελκόμενο οπλισμό

Σημ. Η N ως θλιπτική δύναμη πρέπει να τίθεται με αρνητικό πρόσημο

Η ανηγμένη ροπή σχεδιασμού ορίζεται από τη σχέση

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \quad (5.5)$$

όπου b : το πλάτος της διατομής
 d : το στατικό ύψος της διατομής
 f_{cd} : η θλιπτική τάση σχεδιασμού του σκυροδέματος

Εάν η τιμή της ανηγμένης ροπής σχεδιασμού υπερβαίνει την οριακή που αντιστοιχεί στην κατηγορία του χάλυβα τότε απαιτείται εκτός του εφελκόμενου και θλιβόμενος οπλισμός, στην αντίθετη περίπτωση απαιτείται μόνο εφελκόμενος. Η αντοχή σχεδιασμού των διατομών προσδιορίζεται με βάση τους πίνακες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Σκυροδέματος (CEB). Από τους πίνακες αυτούς λαμβάνεται το ποσοστό οπλισμού ω , που αντιστοιχεί στην υπολογισθείσα τιμή της ανηγμένης ροπής σχεδιασμού μ_{sd} . Το ποσοστό οπλισμού αποτελεί το γινόμενο του γεωμετρικού ποσοστού του οπλισμού επί του λόγου των οριακών τάσεων σχεδιασμού των υλικών.

Η τιμή του ποσοστού οπλισμού αντικαθίσταται στις ακόλουθες σχέσεις από όπου και προκύπτουν και οι απαιτήσεις σε οπλισμό που εξασφαλίζουν την αντοχή της υπό σχεδιασμό διατομής.

$$A_{s1} = \omega_1 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N}{f_{yd}} \quad (5.6)$$

για τον εφελκόμενο οπλισμό

$$A_{s2} = \omega_2 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (5.7)$$

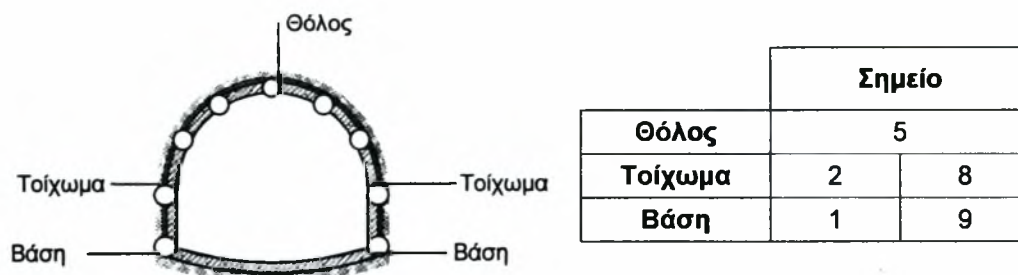
για τον θλιβόμενο οπλισμό

- όπου ω_1 : ποσοστό του εφελκόμενου οπλισμού
 ω_2 : ποσοστό του θλιβόμενου οπλισμού
 f_{yd} : η οριακή τάση σχεδιασμού διαρροής του χάλυβα

Οι υπολογισμοί με την μέθοδο οριακής αντοχής για τις εντάσεις των διατομών που προκύπτουν από τις παραμετρικές αναλύσεις στο κυρίως σώμα της σήραγγας T2 παρατίθενται στους πίνακες B2.1.1 έως B2.1.9 για συντελεστή $\gamma_q=1,50$ και στους πίνακες B2.2.1 έως B2.2.9 για συντελεστή $\gamma_q=1,75$. Οι πίνακες αυτοί για καθένα από τα εννέα σημεία της διατομής που διαστασιολογούνται δίνονται στο ίδιο φύλλο του παραρτήματος Β. Οι αντίστοιχοι υπολογισμοί για τα στόμια της σήραγγας T3, όπου τα μέτρα άμεσης υποστήριξης δεν εφαρμόζονται αποτελεσματικά, δίδονται στους πίνακες B2.1.10 έως B2.1.18 και B2.2.10 έως B2.2.18 του ίδιου παραρτήματος.

5.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Στο παράρτημα Β παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διαστασιολόγησης υπό μορφή διαγραμμάτων. Στο άνω αριστερά διάγραμμα συσχετίζονται τα εντατικά μεγέθη και ο απαιτούμενος οπλισμός με τις παραμετρικές επιλύσεις. Οι τελευταίες παρουσιάζονται στον οριζόντιο άξονα και διακρίνονται με τους κωδικούς που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση. Στον αριστερό κατακόρυφο άξονα παρουσιάζονται τα εντατικά μεγέθη ανηγμένα ως προς τη μέγιστη ένταση που προέκυψε από τις παραμετρικές επιλύσεις (M/M_{max} , N/N_{max}), ενώ στον δεξιό άξονα παρουσιάζεται ο απαιτούμενος οπλισμός. Η καμπτική ροπή, η αξονική δύναμη και ο απαιτούμενος οπλισμός παρουσιάζονται στο ίδιο φύλλο και υπό τη μορφή ιστογραμμάτων. Η απεικόνιση του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών ανάλυσης καθιστά δυνατή την αξιολόγηση της συνεισφοράς του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στην ανάληψη των θλιπτικών τάσεων που παραλαμβάνει η μόνιμη επένδυση. Τα διαγράμματα διακρίνονται με τις ενδείξεις σχήμα Β1.1 έως Β1.18 για τις διαστασιολογήσεις με τη μέθοδο των επιτρεπόμενων τάσεων. Από τις διαστασιολογήσεις με τη μέθοδο οριακής αντοχής εκείνες που πραγματοποιήθηκαν με επαυξητικό συντελεστή ροπών 1,50 έχουν την ένδειξη σχήμα Β2.1.1 έως Β2.1.9, για το κυρίως σώμα της σήραγγας, αναφερόμενο και ως τμήμα Τ2, και Β2.1.10 έως Β2.1.18 για το στόμιο, αναφερόμενο ως τμήμα Τ3. Οι διαστασιολογήσεις που έγιναν με επαυξητικό συντελεστή ροπών 1,75 έχουν την ένδειξη σχήμα Β2.2.1-Β2.2.9 για το κυρίως σώμα της σήραγγας και Β2.2.10-Β2.2.18 για τα στόμια.



Σχήμα 5.3: Απεικόνιση της σήραγγας όπου διακρίνονται τα σημεία στα οποία έχουν πραγματοποιηθεί οι διαστασιολογήσεις .

Για την σύγκριση των αποτελεσμάτων επιλέγονται χαρακτηριστικά σημεία της διατομής, και αυτά είναι ο Θόλος, το Τοίχωμα και η Βάση. Τα χαρακτηριστικά αυτά σημεία φαίνονται στο σχήμα 5.3.

Κυρίως Σώμα της Σήραγγας - Τμήμα T2

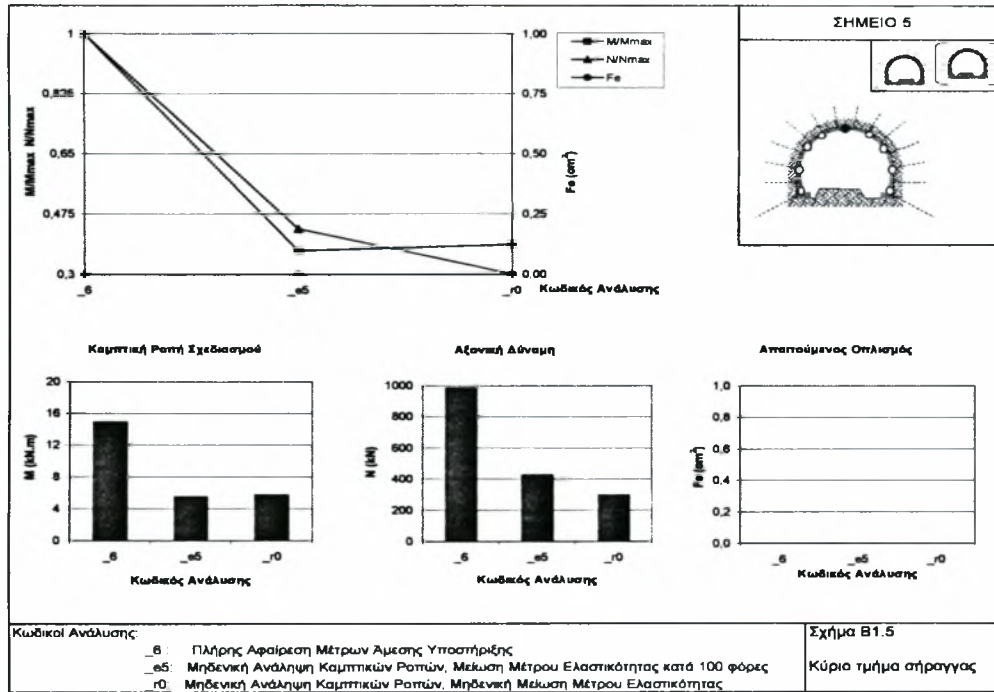
Για το κύριο σώμα της σήραγγας από τις παραμετρικές αναλύσεις προκύπτουν τα μεγέθη σχεδιασμού που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1 : Μεγέθη σχεδιασμού που προέκυψαν από τις παραμετρικές επιλύσεις για χαρακτηριστικά σημεία της διατομής της μόνιμης επένδυσης

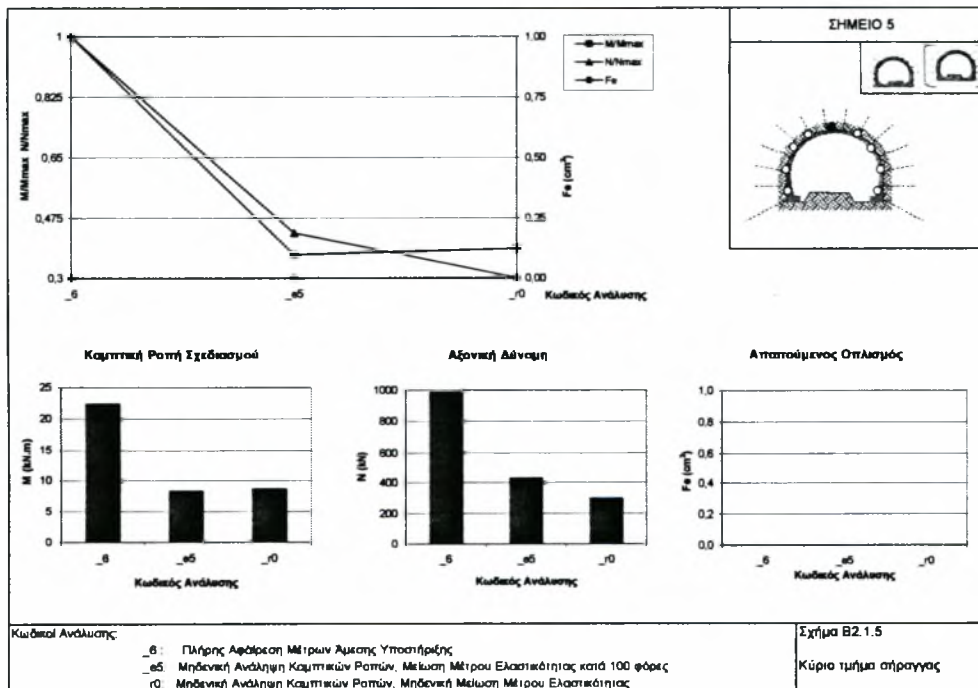
Σημείο	κόμβος	M kN.m	N kN	Κωδικός ανάλυσης	
1	624	277,90	1468,00	s3t2_6	Πλήρης Αφαίρεση Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης
2	635	106,90	1566,00		
5	667	14,91	985,80		
8	697	92,38	1289,00		
9	706	193,20	1245,00		
1	575	280,20	1047,00	s3t2_e5	Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, με Μείωση του Μέτρου Ελαστικότητας του Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος κατά 100 φόρες
2	584	110,10	1140,00		
5	519	5,49	425,50		
8	590	87,93	923,30		
9	599	189,60	880,50		
1	575	282,50	776,40	s3t2_r0	Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Χωρίς Μείωση του Μέτρου Ελαστικότητας του Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος
2	584	113,50	863,30		
5	519	5,76	296,60		
8	590	87,26	691,30		
9	599	191,20	651,00		

A. Θόλος

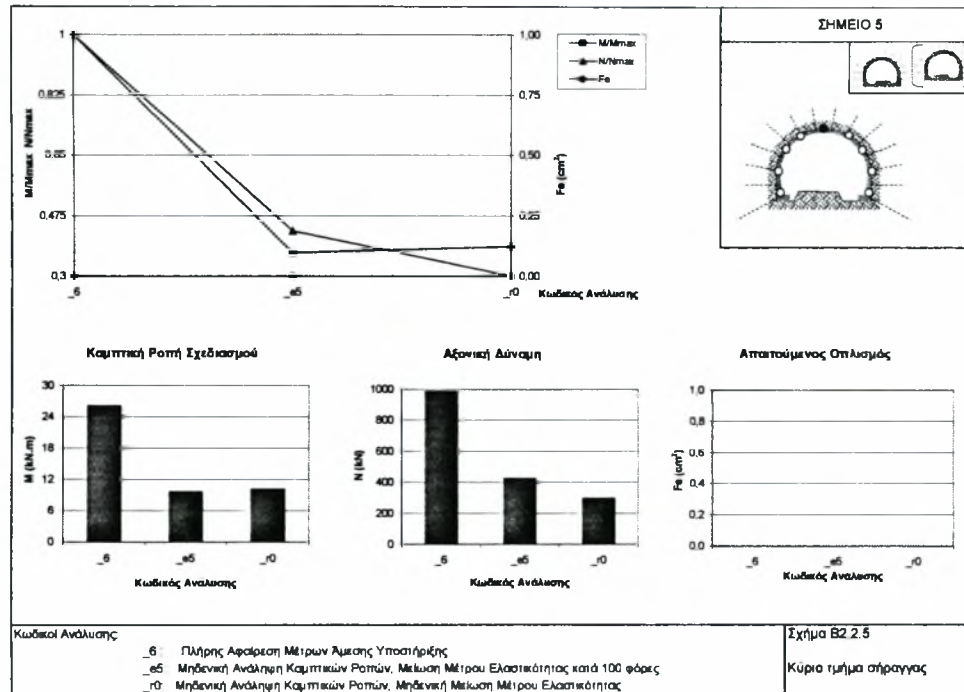
Τα εντατικά μεγέθη στην περιοχή του θόλου της σήραγγας είναι εν γένει ιδιαίτερα μικρά, όπως διακρίνεται στον Πίνακα 5.1. Για λόγους σύγκρισης και πληρότητας δίνονται και τα σχετικά διαγράμματα που ακολουθούν.



Σχήμα 5.4: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στο θόλο για τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων.



Σχήμα 5.5: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στο θόλο για τη μέθοδο οριακής αντοχής με επαυξητικό συντελεστή ροπών 1,50 .

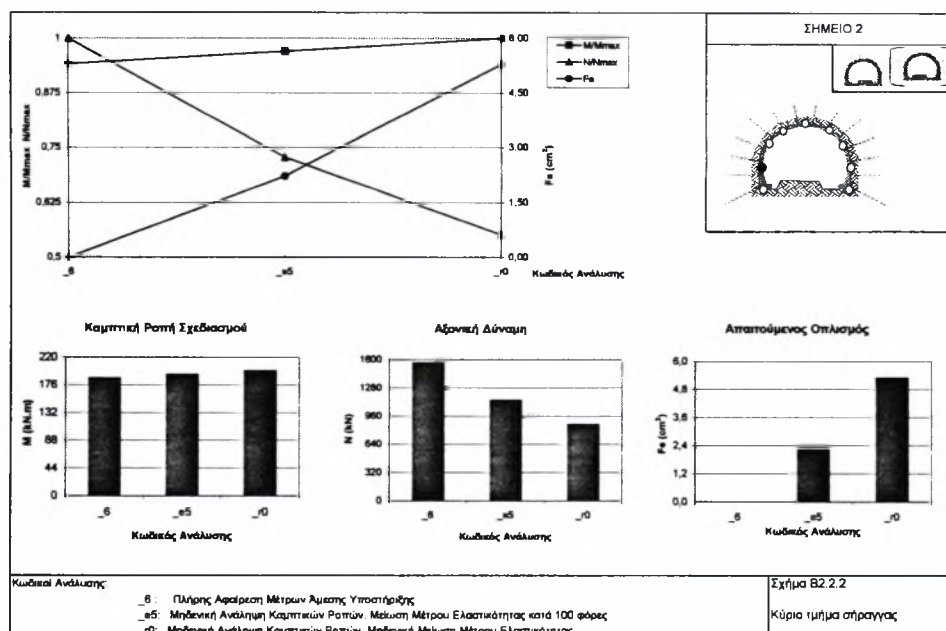


Σχήμα 5.6: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στο θόλο για τη μέθοδο οριακής αντοχής με επαυξητικό συντελεστή ροπών 1,75 .

Όπως φαίνεται στα σχήματα 5.4, 5.5 και 5.6 με την σταδιακή αύξηση του μέτρου ελαστικότητας στον οριζόντιο άξονα, από αριστερά προς δεξιά, μειώνονται τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού. Το απαιτούμενο ποσοστό οπλισμού κατά τον έλεγχο διαστασιολόγησης με την μέθοδο επιτρεπομένων τάσεων στο σχήμα 5.4 είναι πρακτικά αμελητέο. Στο σχήμα 5.5 η διατομή στο θόλο όπως διαστασιολογείται κατά τη μέθοδο της οριακής αντοχής όπου η ροπή επαυξάνεται κατά 1,5 δεν απαιτεί οπλισμό, ομοίως και στο σχήμα 5.6 όπου η ροπή λαμβάνεται επαυξημένη κατά 1,75.

Β. Τοίχωμα

Οι μέγιστες ροπές στο τοίχωμα σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 5.1 εμφανίζονται στο σημείο 2. Από τις διαστασιολογήσεις προκύπτουν τα διαγράμματα που ακολουθούν.

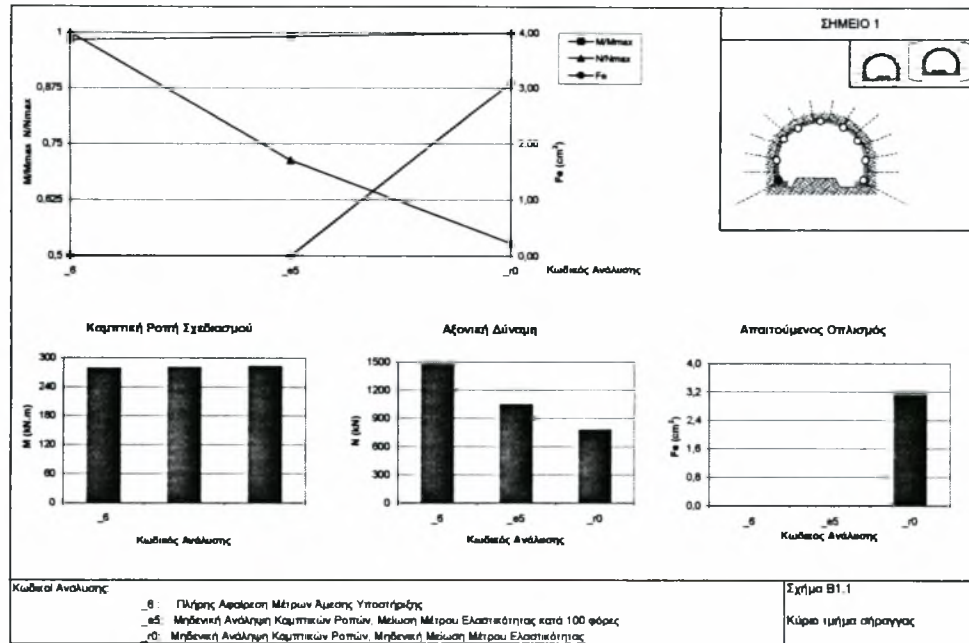


Σχήμα 5.9: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στο τοίχωμα για τη μέθοδο οριακής αντοχής με επαυξητικό συντελεστή ροπών 1,75 .

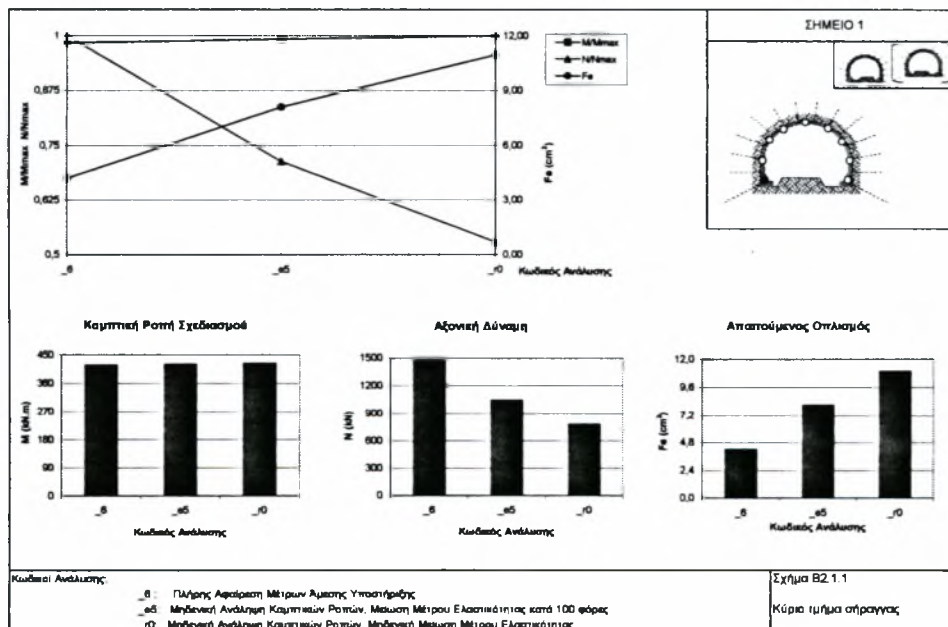
Στο τοίχωμα η κατάσταση διαφοροποιείται από εκείνη στο θόλο, όπως διακρίνεται στα σχήματα 5.7, 5.8 και 5.9, και ενώ οι ροπές παρουσιάζουν μικρή αύξηση, οι αξονικές δυνάμεις μειώνονται δραστικά με την αύξηση του μέτρου ελαστικότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, όταν δε το τελευταίο δεν υποστεί μείωση της τιμής του προκύπτει και η μικρότερη τιμή της αξονικής δύναμης. Η διαστασιολόγηση με τη μέθοδο των επιτρεπόμενων τάσεων δεν οδηγεί σε όπλιση της διατομής σύμφωνα με το σχήμα 5.7' εντούτοις, όταν το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα διατηρήσει το αρχικό μέτρο ελαστικότητας του η μείωση της αξονικής δύναμης και η αύξηση κατά 150% της ροπής οδηγεί στην ανάγκη ενίσχυσης της διατομής με οπλισμό στο σχήμα 5.8. Επιπλέον η διαστασιολόγηση του τοιχώματος με την μέθοδο οριακής αντοχής με αύξηση της ροπής κατά 175%, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.9, απαιτεί οπλισμό στις περιπτώσεις μερικής ανάληψης των αξονικών θλιπτικών τάσεων από το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Αντιθέτως, όταν αφαιρούνται πλήρως τα μέτρα άμεσης υποστήριξης κατά την ανάλυση τα εντατικά φορτία της διατομής δεν είναι επαρκώς μεγάλα για να απαιτηθεί οπλισμός.

Γ. Βάση

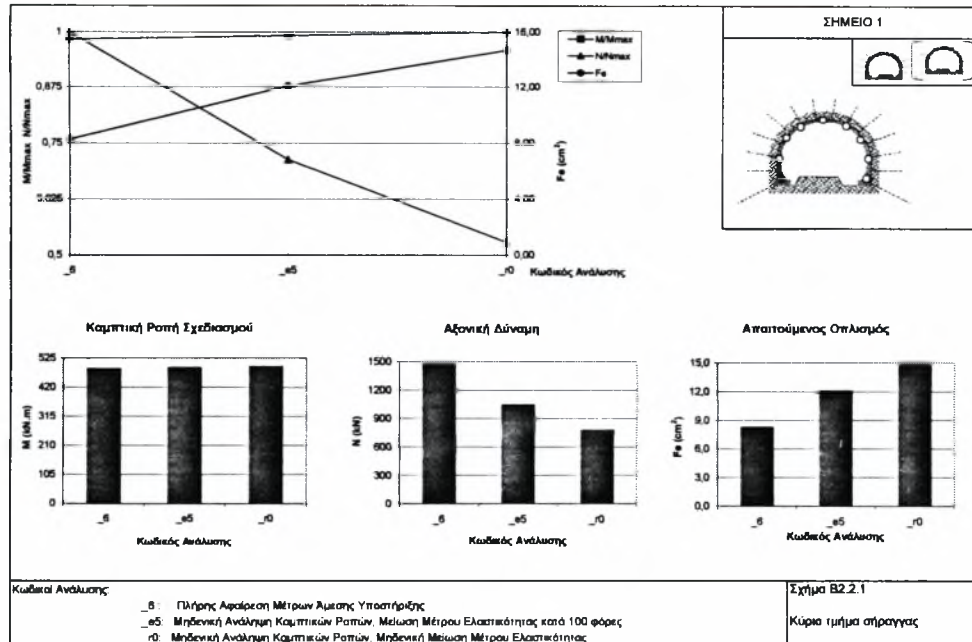
Οι μέγιστες καμπτικές ροπές στην βάση της μόνιμης επένδυσης εμφανίζονται στο σημείο 1, βλ. Πίνακα 5.1. Από τις διαστασιολογήσεις προκύπτουν τα ακόλουθα διαγράμματα.



Σχήμα 5.10: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στη βάση για τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων.



Σχήμα 5.11: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στη βάση για τη μέθοδο οριακής αντοχής με επαυξητικό συντελεστή ρομών 1,50 .



Σχήμα 5.12: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στη βάση για τη μέθοδο οριακής αντοχής με επαυξητικό συντελεστή ροπών 1,75 .

Όπως και για τα τοιχώματα από τα σχήματα 5.10, 5.11 και 5.12 διαπιστώνεται ότι η μείωση της αξονικής δύναμης αυξάνει τις απαιτήσεις σε οπλισμό παράλληλα με την αύξηση του μέτρου ελαστικότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Στις διαστασιολογήσεις με τη μέθοδο οριακής αντοχής, στα σχήματα 5.11 και 5.12, στη βάση της μόνιμης επένδυσης τοποθετείται οπλισμός και για την περίπτωση πλήρους απαλοιφής των μέτρων άμεσης υποστήριξης και καθίσταται σαφές ότι όπου λαμβάνεται υπόψη η συνεισφορά του εκτοξευόμενου σκυροδέματος παρουσιάζονται αυξημένες απαιτήσεις οπλισμού. Όσον αφορά στις διαστασιολογήσεις όπου οι ροπές αυξάνονται κατά 175%, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.12 ο απαιτούμενος οπλισμός παίρνει ακόμα μεγαλύτερες τιμές από τον υπολογισμό με αύξηση 150% του προηγούμενου σχήματος 5.11.

Γενικά διαπιστώνεται ότι για το κύριο σώμα της σήραγγας δυσμενέστερη από αριθμητικές αναλύσεις παρουσιάζεται η περίπτωση που αντιστοιχεί σε πλήρη ενεργοποίηση του μέτρου ελαστικότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Τμήματα T3

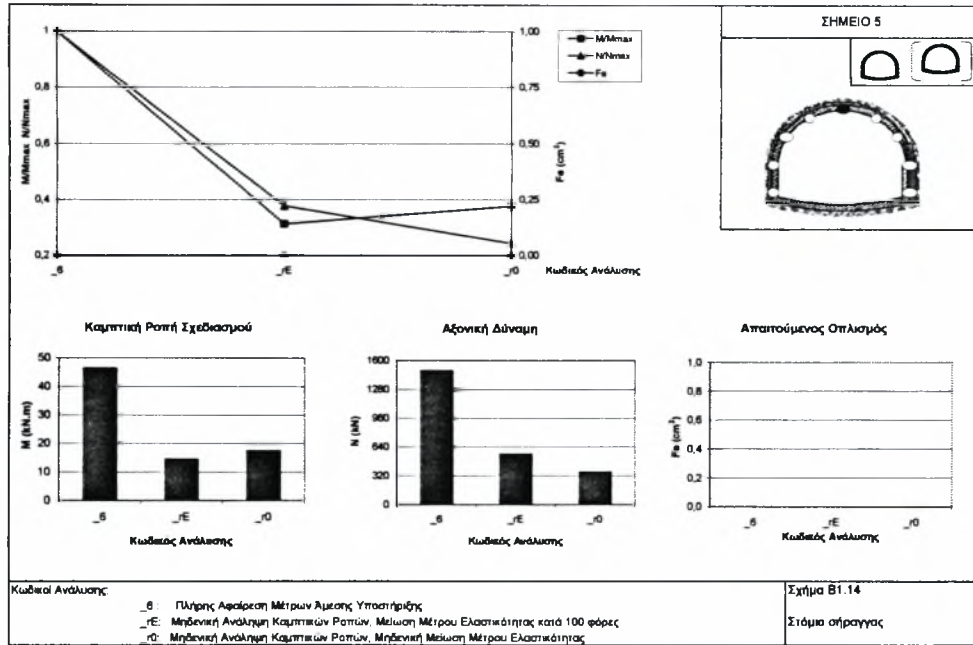
Από τις παραμετρικές αναλύσεις στα στόμια της σήραγγας λαμβάνονται τα μεγέθη σχεδιασμού που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2 που ακολουθεί

Πίνακας 5.2 : Μεγέθη σχεδιασμού που προέκυψαν από τις παραμετρικές επιλύσεις για χαρακτηριστικά σημεία της διατομής της μόνιμης επένδυσης.

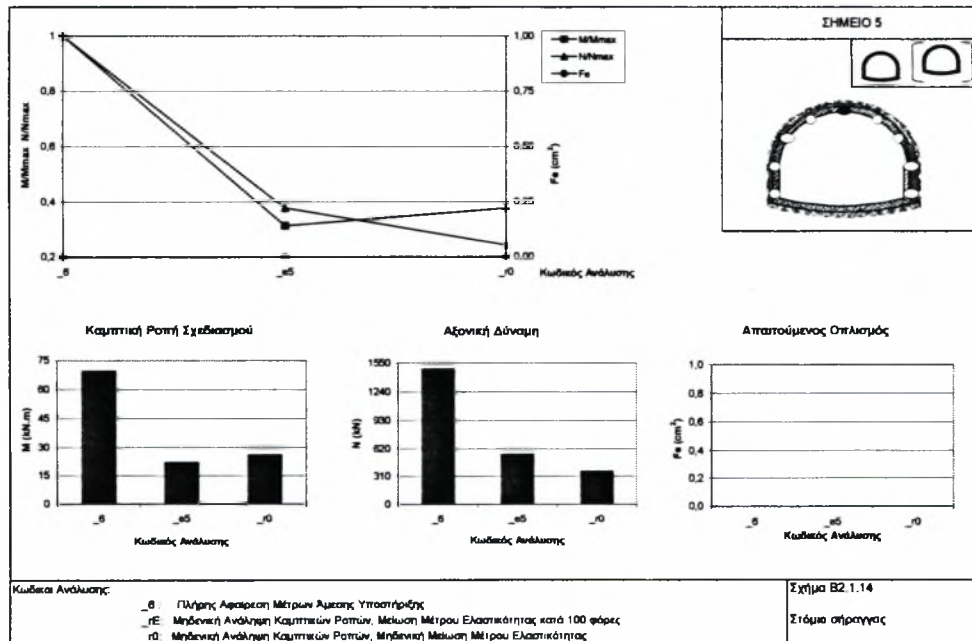
Σημείο	κόμβος	M kN.m	N kN	Κωδικός ανάλυσης	
1	579	210,10	2095,00	s3d3_6	Πλήρης Αφαίρεση Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης
2	588	268,80	2077,00		
5	618	46,32	1485,00		
8	649	195,30	2460,00		
9	658	301,10	2531,00		
1	521	247,70	354,80	s3d3_rE	Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, με Μείωση Μέτρου του Ελαστικότητας του Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος κατά 100 φόρες
2	529	273,80	292,60		
5	382	14,51	560,00		
8	537	193,40	418,00		
9	546	307,20	573,60		
1	521	254,70	188,30	s3d3_r0	Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Χωρίς Μείωση Μέτρου Ελαστικότητας του Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος
2	531	288,80	157,20		
5	382	17,44	360,90		
8	537	191,30	219,60		
9	546	313,10	299,30		

A. Θόλος

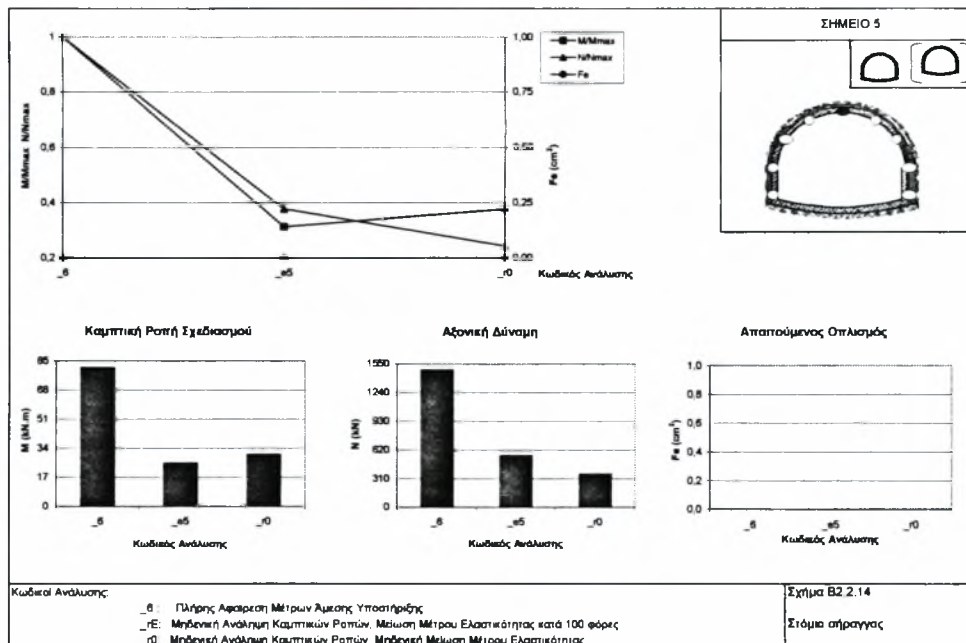
Ο θόλος, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, εμφανίζει ιδιαίτερα μικρά εντατικά μεγέθη σε σχέση με τα τοιχώματα και τις βάσεις της διατομής, εντούτοις τα διαγράμματα που ακολουθούν παρατίθενται για λόγους πληρότητας.



Σχήμα 5.13: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στο θόλο για τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων.



Σχήμα 5.14: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στο θόλο για τη μέθοδο οριακής αντοχής με επαυξητικό συντελεστή ροπών 1,50 .

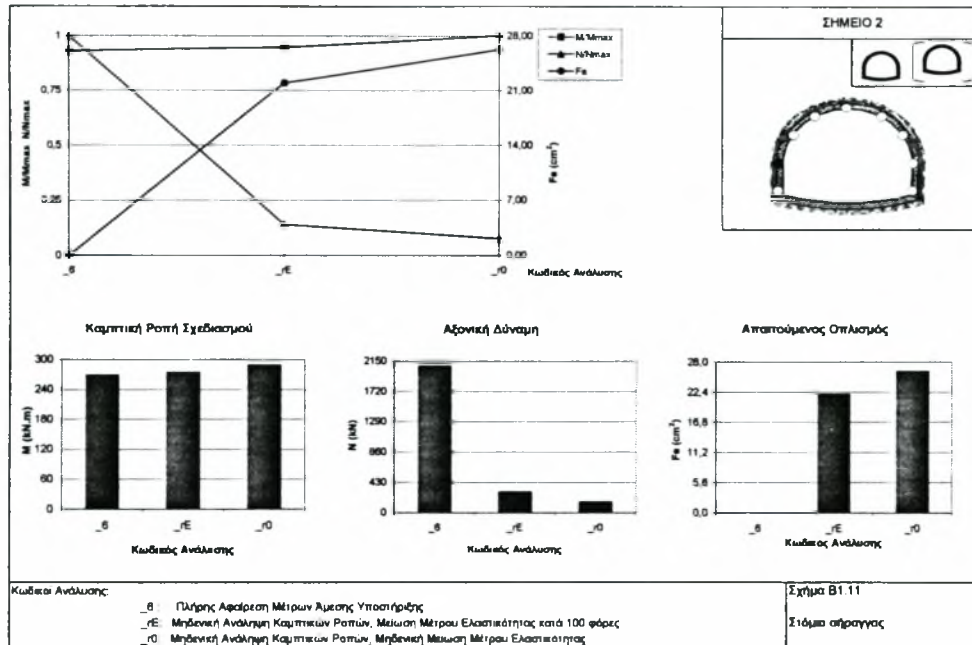


Σχήμα 5.15: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στο θόλο για τη μέθοδο οριακής αντοχής με επαυξητικό συντελεστή ροπών 1,75 .

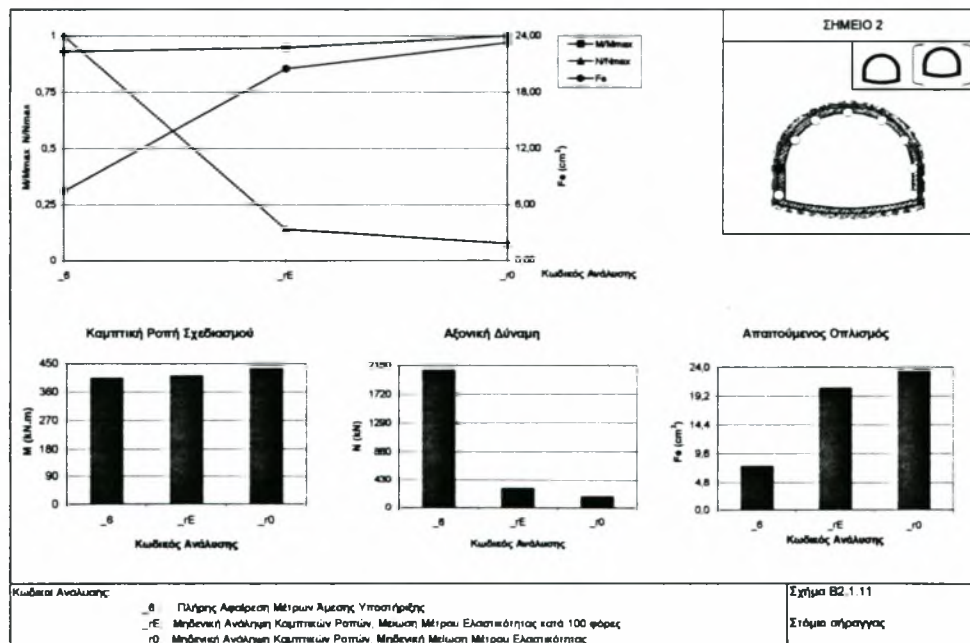
Στα σχήματα 5.13, 5.14 και 5.15, αν και η μείωση των εντατικών μεγεθών είναι πανομοιότυπη με αυτές που εξετάζονται στα σχήματα 5.4, 5.5 και 5.6 και αφορούν στο κύριο σώμα της σήραγγας, οι τιμές των εντατικών μεγεθών είναι σαφώς μεγαλύτερες αφού οι επικρατούσες συνθήκες στα στόμια της σήραγγας είναι δυσμενέστερες λόγω της έντονης χαλάρωσης του εδαφικού σχηματισμού. Η σταδιακή αύξηση του μέτρου ελαστικότητας στον οριζόντιο άξονα, από αριστερά προς δεξιά, εξακολουθεί να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των εντατικών μεγεθών σχεδιασμού. Η διατομή στο θόλο κατά τη μέθοδο της οριακής αντοχής επαρκεί, χωρίς να απαιτείται τοποθέτηση οπλισμού, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.13. Ομοίως στα σχήματα 5.14 και 5.15 η εφαρμογή της μεθόδου οριακής αντοχής δεν οδηγεί σε απαίτηση όπλισης της διατομής.

Β. Τοίχωμα

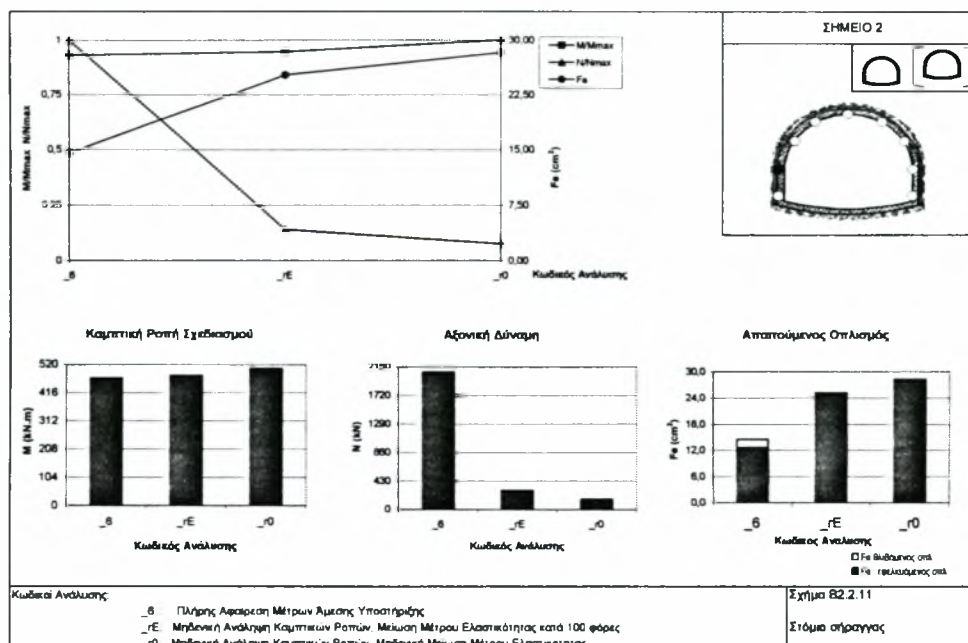
Στα τοιχώματα της μόνιμης επένδυσης των στομιών οι μέγιστες καμπτικές ροπές σχεδιασμού που λαμβάνονται από τις παραμετρικές αναλύσεις εντοπίζονται στο σημείο 2, βλ. Πίνακα 5.2. Από τις διαστασιολογήσεις προκύπτουν τα ακόλουθα διαγράμματα.



Σχήμα 5.16: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στο τοίχωμα για τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων.



Σχήμα 5.17: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στο τοίχωμα για τη μέθοδο οριακής αντοχής με επαυξητικό συντελεστή ροπών 1,50 .

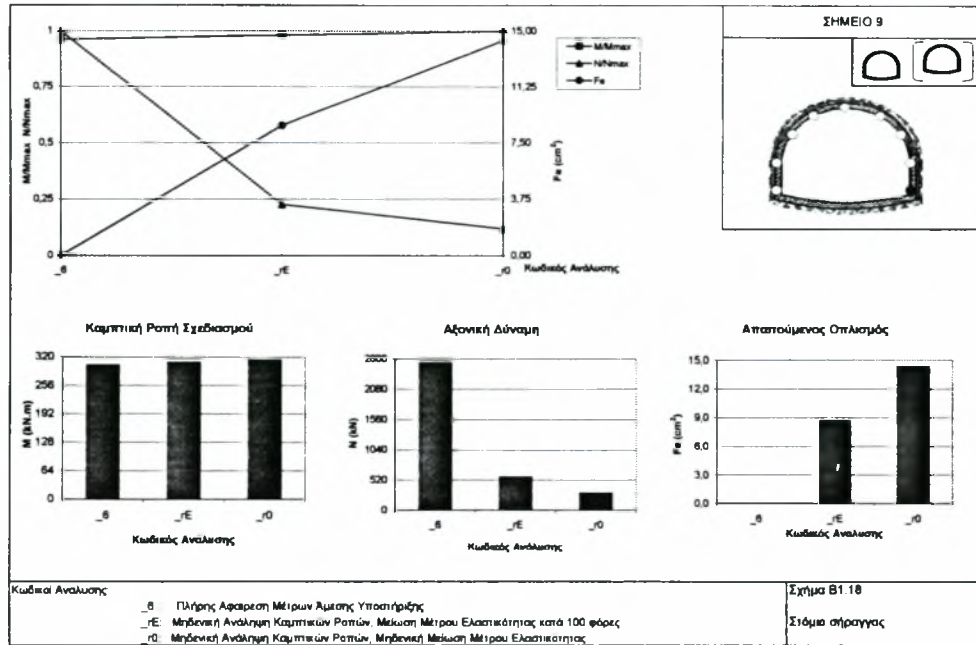


Σχήμα 5.18: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στο τοίχωμα για τη μέθοδο οριακής αντοχής με επαυξητικό συντελεστή ροπών 1,75 .

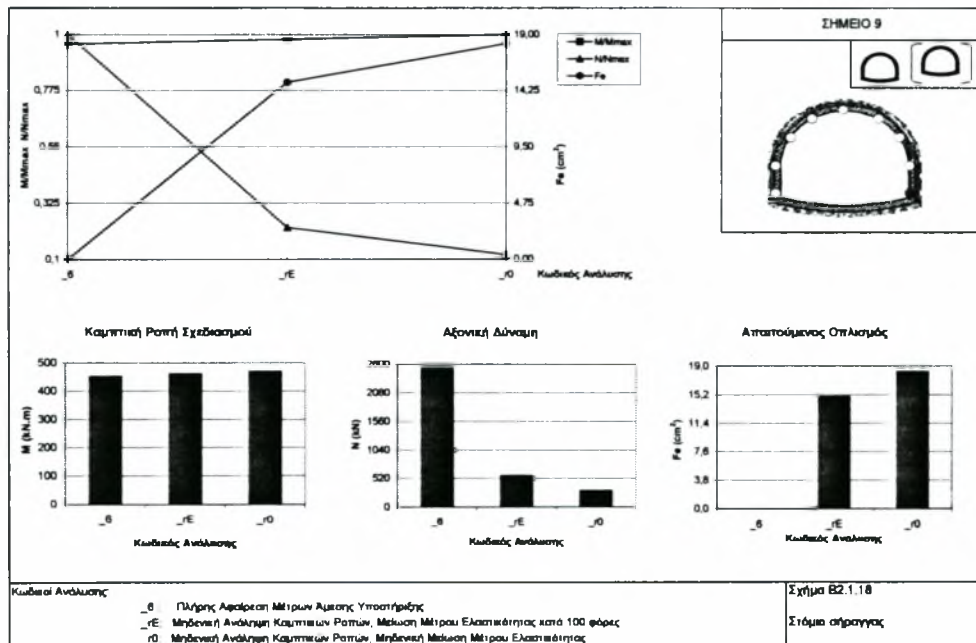
Στο τοίχωμα οι αξονικές δυνάμεις μειώνονται δραστικά με την αύξηση του μέτρου ελαστικότητας ενώ οι ροπές διατηρούνται πρακτικά σταθερές, όπως φαίνεται στα σχήματα 5.16, 5.17 και 5.18. Στο σχήμα 5.16 από τη διαστασιολόγηση κατά τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων απαιτείται τοποθέτηση σχετικά μεγάλης ποσότητας οπλισμού (26,25 cm²). Στο σχήμα 5.17 παρατηρείται σημαντική αύξηση της ποσότητας οπλισμού, που απαιτείται με την αύξηση του μέτρου ελαστικότητας, ενώ Στο σχήμα 5.18 δίνεται με γκρι χρώματος διαγράμμιση η απαίτηση θλιβόμενου οπλισμού, απαίτηση τέτοιου είδους προκύπτει μόνο στη συγκεκριμένη διατομή και παρουσιάζεται καλύτερα στο σχήμα B2.2.11 του παραρτήματος Β.

Γ. Βάση

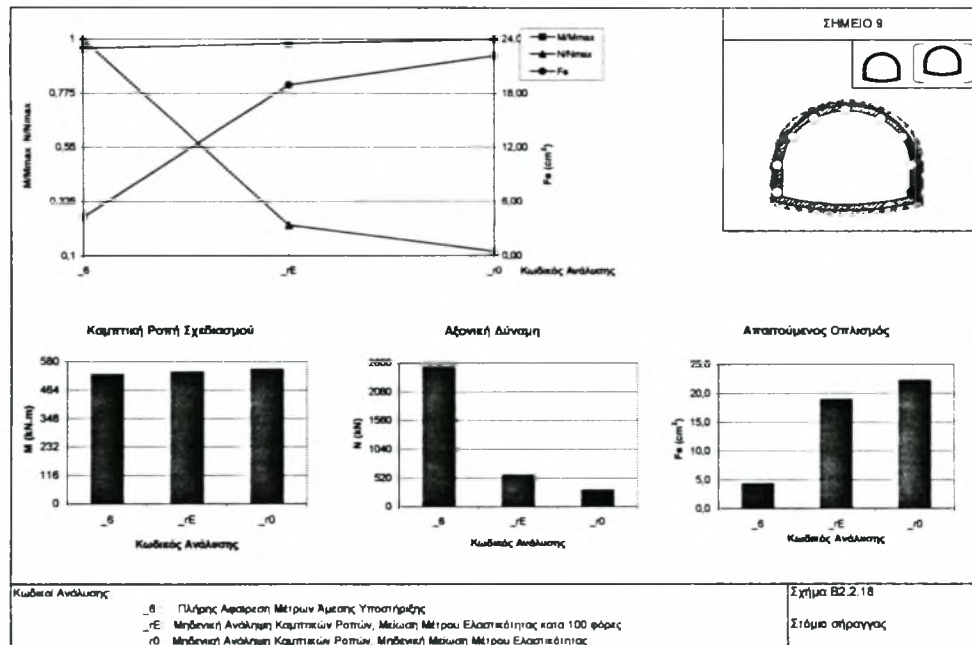
Οι μέγιστες καμπτικές ροπές στην βάση της μόνιμης επένδυσης εμφανίζονται στο σημείο 9, βλ. Πίνακα 5.2. Από τις διαστασιολογήσεις προκύπτουν τα ακόλουθα διαγράμματα.



Σχήμα 5.19: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στη βάση για τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων.



Σχήμα 5.20: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στη βάση για τη μέθοδο οριακής αντοχής με επαυξητικό συντελεστή ροτών 1,50 .



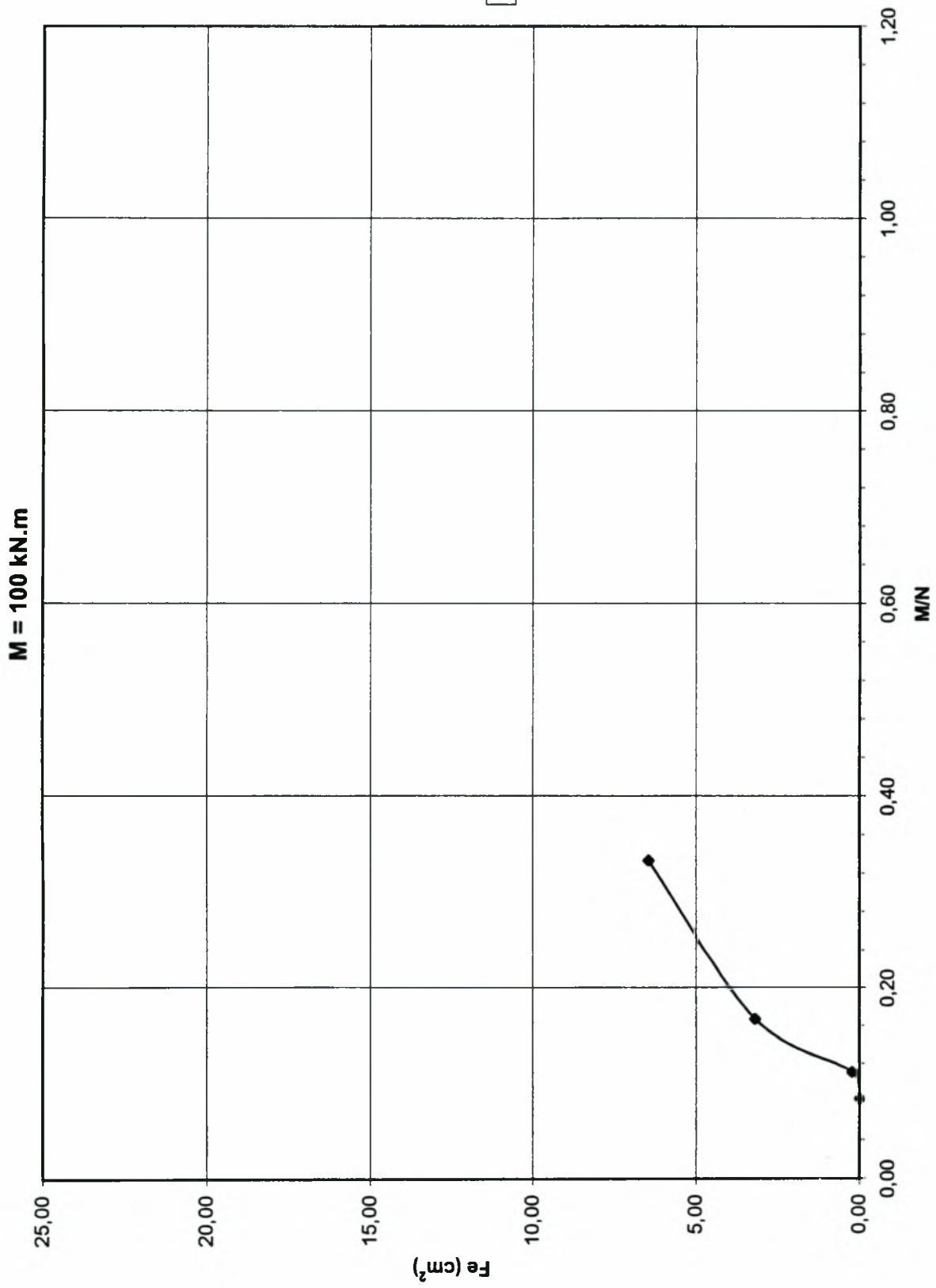
Σχήμα 5.21: Απεικόνιση των εντατικών μεγεθών και του απαιτούμενου οπλισμού συναρτήσει των κωδικών των παραμετρικών αναλύσεων στη βάση για τη μέθοδο οριακής αντοχής με επαυξητικό συντελεστή ροπών 1,75 .

Στα σχήματα 5.19, 5.20 και 5.21 διαπιστώνεται όπως και παραπάνω, μείωση της αξονικής δύναμης και αύξηση του απαιτούμενου οπλισμού παράλληλα με την αύξηση του μέτρου ελαστικότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Στις παραμετρικές αναλύσεις όπου λαμβάνεται υπόψη η συνεισφορά του εκτοξευόμενου σκυροδέματος παρουσιάζονται αυξημένες απαιτήσεις οπλισμού. Όσον αφορά στις διαστασιολογήσεις που υπολογίστηκαν με επαυξητικό συντελεστή ροπών 1,75, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.21 ο απαιτούμενος οπλισμός λαμβάνει ακόμα μεγαλύτερες τιμές από αυτές που υπολογίζονται με επαυξητικό συντελεστή 1,50 στο προηγούμενο σχήμα 5.20.

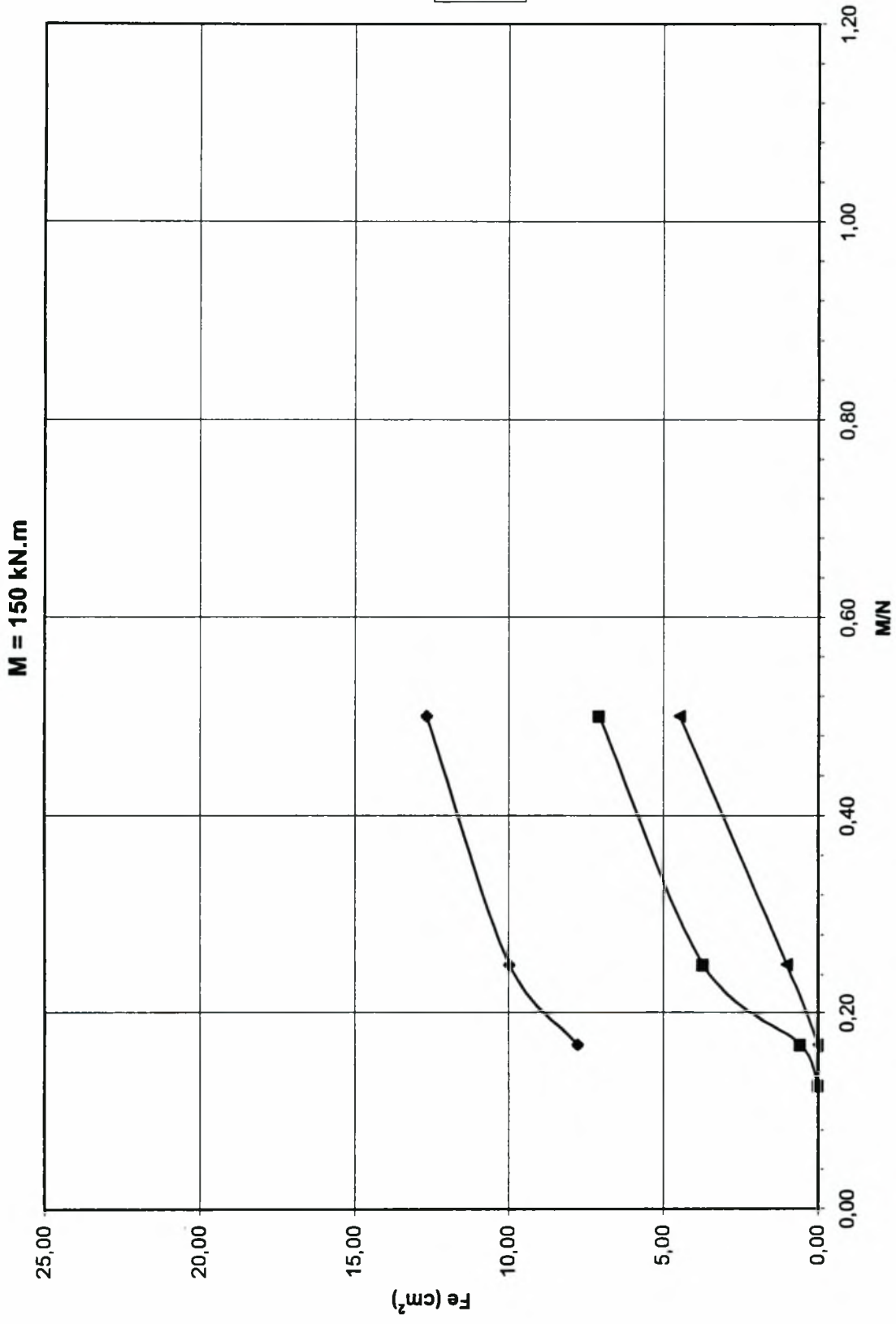
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

A

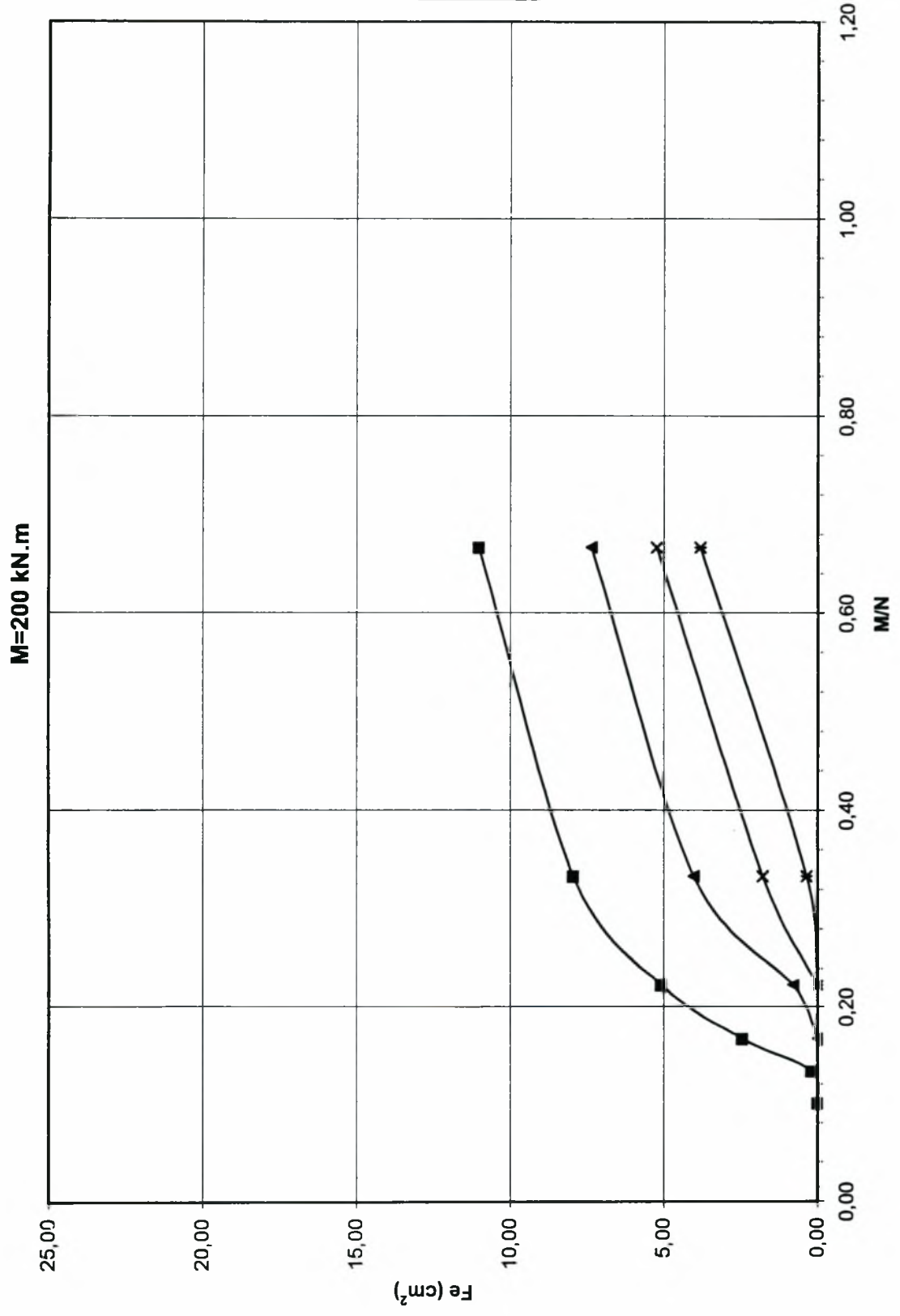
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ
ΣΤΗΝ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥ-
ΡΟΔΕΜΑΤΟΣ



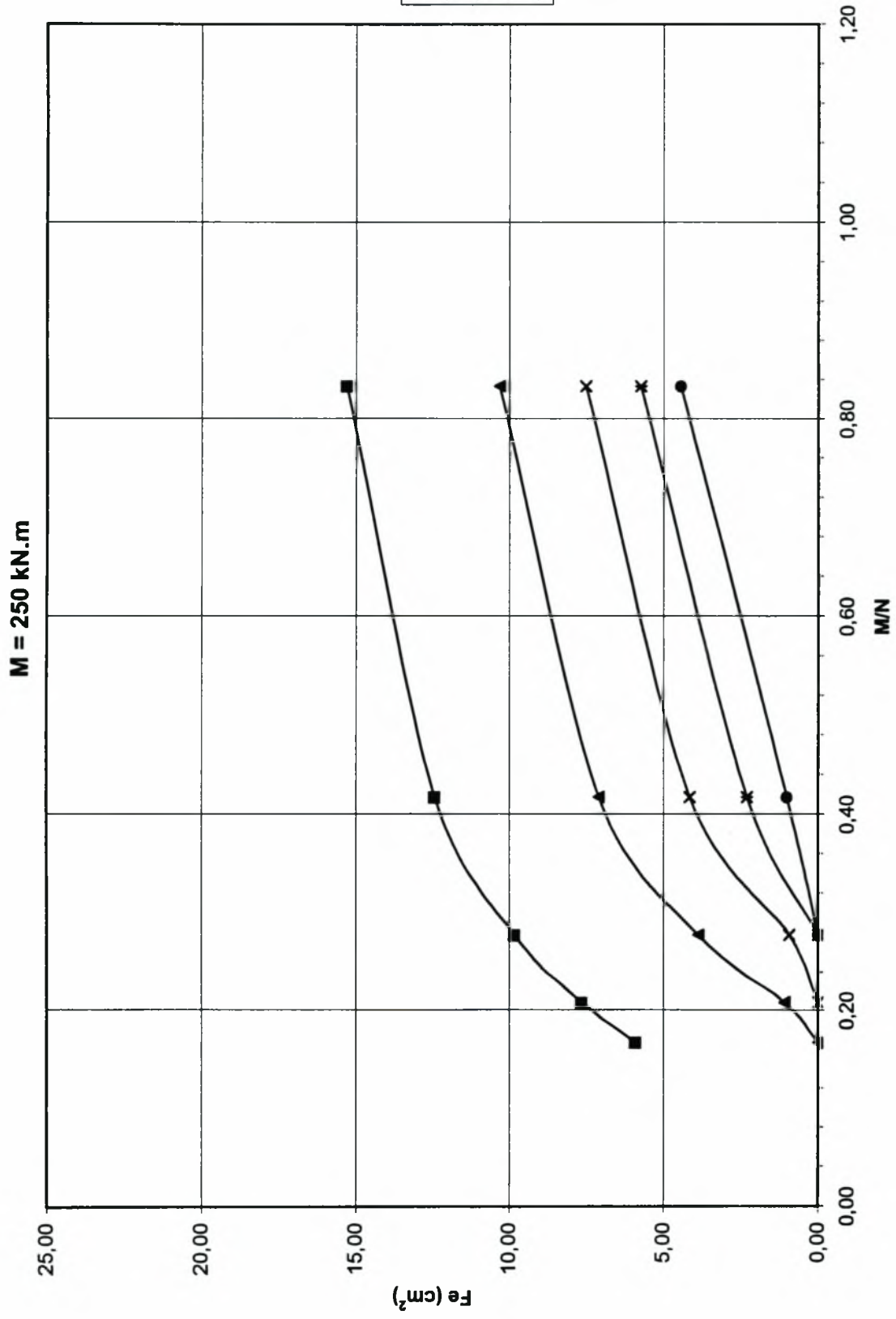
Σχήμα Α1.1



Σχήμα Α1.2

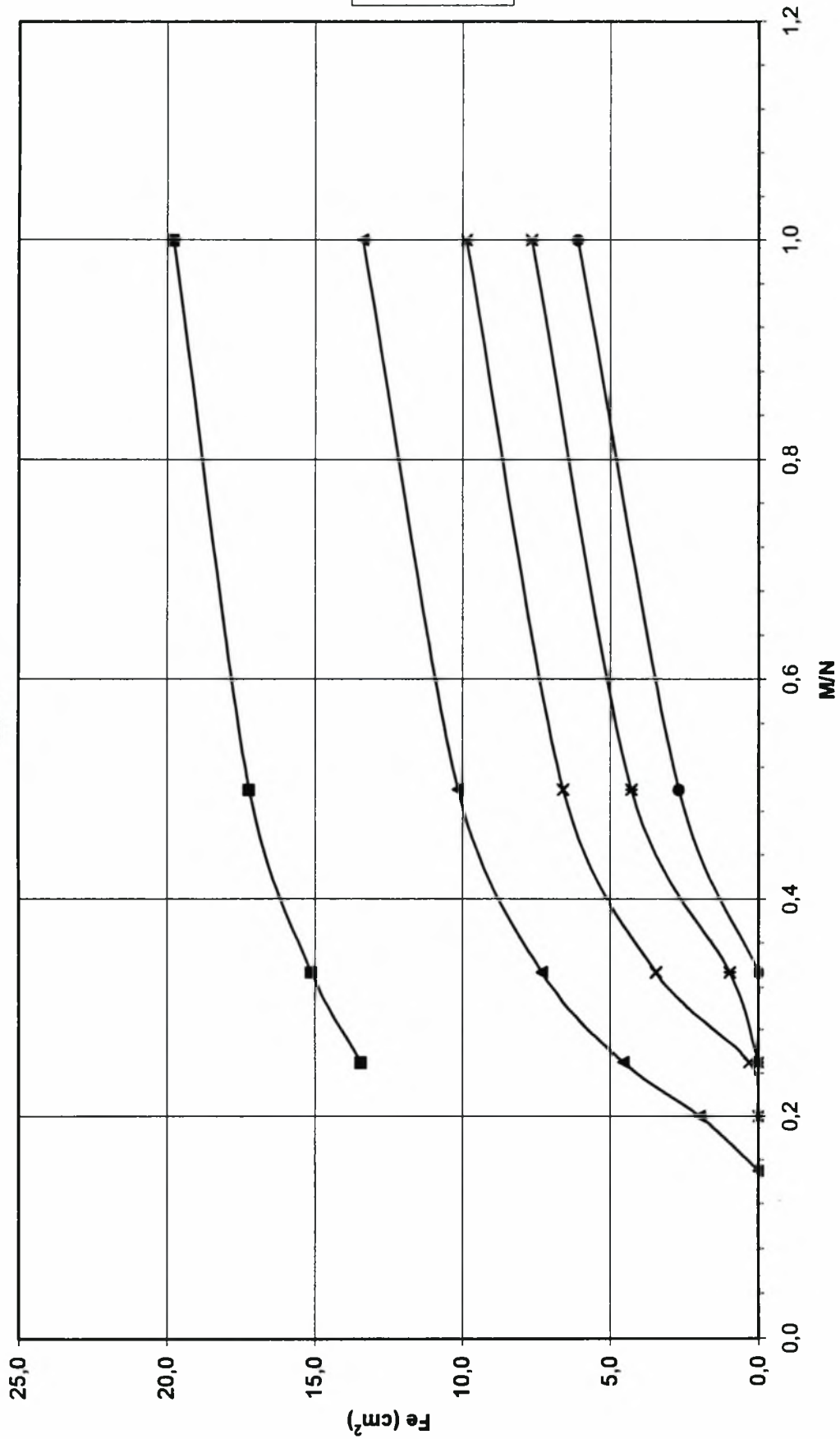


Σχήμα Α1.3



Σχήμα Α1.4

M = 300 kN.m

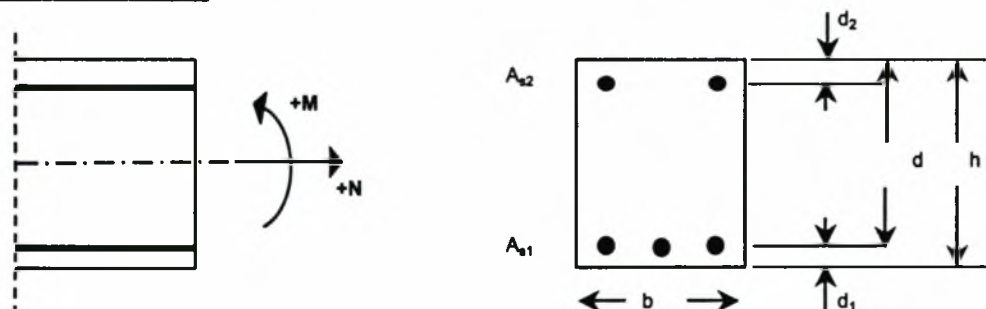


Σχήμα Α1.5

Διαστασιολόγηση ορθογωνικής διατομής με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατομής:



$b = 1,00$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

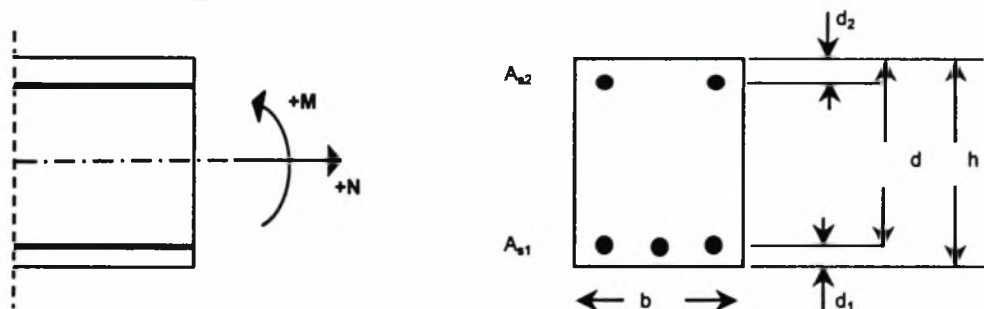
Πίνακας A.1 :

Υψος διατομής h (m)	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
0,3	50,00	300,00	0,096	0,103	0,000	0,99	0,00
	50,00	600,00	0,132	0,145	0,000	0,00	0,00
	50,00	900,00	0,168	0,189	0,000	0,00	0,00
	50,00	1200,00	0,204	0,239	0,000	0,00	0,00
	50,00	1500,00	0,240	0,291	0,000	0,00	0,00
	50,00	2000,00	0,300	0,394	0,000	0,00	0,00
0,4	50,00	300,00	0,058	0,061	0,000	0,00	0,00
	50,00	600,00	0,086	0,091	0,000	0,00	0,00
	50,00	900,00	0,113	0,123	0,000	0,00	0,00
	50,00	1200,00	0,141	0,156	0,000	0,00	0,00
	50,00	1500,00	0,168	0,190	0,000	0,00	0,00
	50,00	2000,00	0,214	0,253	0,000	0,00	0,00
0,5	50,00	300,00	0,041	0,042	0,000	0,00	0,00
	50,00	600,00	0,063	0,066	0,000	0,00	0,00
	50,00	900,00	0,085	0,091	0,000	0,00	0,00
	50,00	1200,00	0,107	0,116	0,000	0,00	0,00
	50,00	1500,00	0,130	0,143	0,000	0,00	0,00
	50,00	2000,00	0,167	0,188	0,000	0,00	0,00
0,6	50,00	300,00	0,031	0,032	0,000	0,00	0,00
	50,00	600,00	0,050	0,052	0,000	0,00	0,00
	50,00	900,00	0,068	0,072	0,000	0,00	0,00
	50,00	1200,00	0,087	0,092	0,000	0,00	0,00
	50,00	1500,00	0,105	0,114	0,000	0,00	0,00
	50,00	2000,00	0,136	0,151	0,000	0,00	0,00
0,7	50,00	300,00	0,025	0,026	0,000	0,00	0,00
	50,00	600,00	0,041	0,042	0,000	0,00	0,00
	50,00	900,00	0,057	0,060	0,000	0,00	0,00
	50,00	1200,00	0,073	0,077	0,000	0,00	0,00
	50,00	1500,00	0,089	0,095	0,000	0,00	0,00
	50,00	2000,00	0,115	0,125	0,000	0,00	0,00
0,8	50,00	300,00	0,021	0,021	0,000	0,00	0,00
	50,00	600,00	0,035	0,036	0,000	0,00	0,00
	50,00	900,00	0,049	0,051	0,000	0,00	0,00
	50,00	1200,00	0,063	0,066	0,000	0,00	0,00
	50,00	1500,00	0,077	0,081	0,000	0,00	0,00
	50,00	2000,00	0,100	0,107	0,000	0,00	0,00

Διαστασιολόγηση ορθογωνικής διατομής με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατομής:



$b = 1,00$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

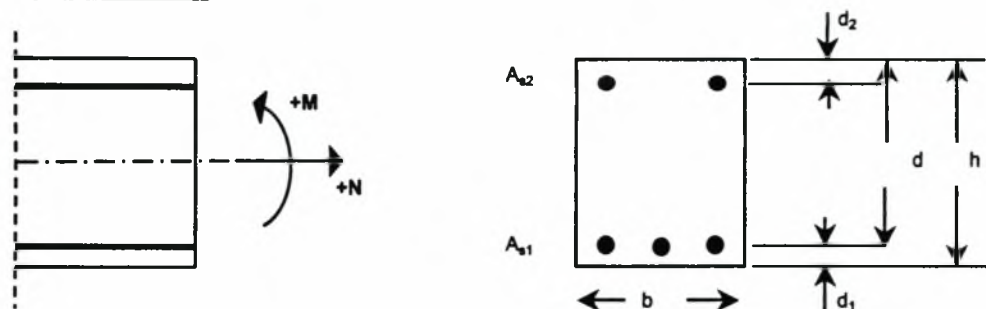
Πίνακας A.2 :

Υψος διατομής h (m)	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{ed}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
0,3	100,00	300,00	0,156	0,174	0,000	6,46	0,00
	100,00	600,00	0,192	0,222	0,000	3,20	0,00
	100,00	900,00	0,228	0,273	0,000	0,23	0,00
	100,00	1200,00	0,264	0,330	0,000	0,00	0,00
	100,00	1500,00	0,300	0,394	0,000	0,00	0,00
	100,00	2000,00	0,360	0,480	0,056	0,00	4,29
0,4	100,00	300,00	0,089	0,095	0,000	3,27	0,00
	100,00	600,00	0,116	0,127	0,000	0,00	0,00
	100,00	900,00	0,144	0,160	0,000	0,00	0,00
	100,00	1200,00	0,171	0,194	0,000	0,00	0,00
	100,00	1500,00	0,199	0,232	0,000	0,00	0,00
	100,00	2000,00	0,245	0,299	0,000	0,00	0,00
0,5	100,00	300,00	0,059	0,062	0,000	1,68	0,00
	100,00	600,00	0,081	0,087	0,000	0,00	0,00
	100,00	900,00	0,104	0,112	0,000	0,00	0,00
	100,00	1200,00	0,126	0,138	0,000	0,00	0,00
	100,00	1500,00	0,148	0,165	0,000	0,00	0,00
	100,00	2000,00	0,185	0,213	0,000	0,00	0,00
0,6	100,00	300,00	0,043	0,045	0,000	0,71	0,00
	100,00	600,00	0,062	0,065	0,000	0,00	0,00
	100,00	900,00	0,081	0,086	0,000	0,00	0,00
	100,00	1200,00	0,099	0,106	0,000	0,00	0,00
	100,00	1500,00	0,118	0,128	0,000	0,00	0,00
	100,00	2000,00	0,149	0,166	0,000	0,00	0,00
0,7	100,00	300,00	0,034	0,035	0,000	0,06	0,00
	100,00	600,00	0,050	0,052	0,000	0,00	0,00
	100,00	900,00	0,066	0,069	0,000	0,00	0,00
	100,00	1200,00	0,082	0,087	0,000	0,00	0,00
	100,00	1500,00	0,098	0,105	0,000	0,00	0,00
	100,00	2000,00	0,124	0,136	0,000	0,00	0,00
0,8	100,00	300,00	0,027	0,028	0,000	0,00	0,00
	100,00	600,00	0,041	0,043	0,000	0,00	0,00
	100,00	900,00	0,055	0,058	0,000	0,00	0,00
	100,00	1200,00	0,069	0,073	0,000	0,00	0,00
	100,00	1500,00	0,083	0,089	0,000	0,00	0,00
	100,00	2000,00	0,107	0,115	0,000	0,00	0,00

Διαστασιολόγηση ορθογωνικής διατομής με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

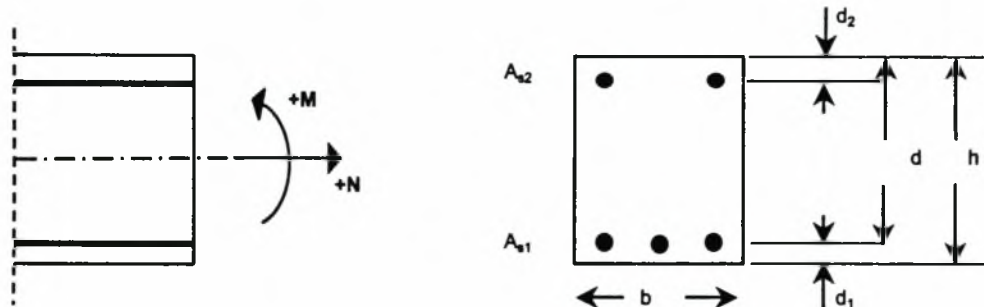
Πίνακας A.3 :

Υψος διατομής h (m)	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
0,3	150,00	300,00	0,216	0,255	0,000	12,68	0,00
	150,00	600,00	0,252	0,310	0,000	9,98	0,00
	150,00	900,00	0,288	0,371	0,000	7,77	0,00
	150,00	1200,00	0,324	0,435	0,011	5,77	0,83
	150,00	1500,00	0,360	0,480	0,056	2,30	4,29
	150,00	2000,00	0,420	0,555	0,131	0,00	10,04
0,4	150,00	300,00	0,119	0,130	0,000	7,08	0,00
	150,00	600,00	0,147	0,163	0,000	3,73	0,00
	150,00	900,00	0,174	0,198	0,000	0,58	0,00
	150,00	1200,00	0,202	0,236	0,000	0,00	0,00
	150,00	1500,00	0,230	0,275	0,000	0,00	0,00
	150,00	2000,00	0,276	0,359	0,000	0,00	0,00
0,5	150,00	300,00	0,078	0,082	0,000	4,48	0,00
	150,00	600,00	0,100	0,107	0,000	1,02	0,00
	150,00	900,00	0,122	0,134	0,000	0,00	0,00
	150,00	1200,00	0,144	0,160	0,000	0,00	0,00
	150,00	1500,00	0,167	0,188	0,000	0,00	0,00
	150,00	2000,00	0,204	0,238	0,000	0,00	0,00
0,6	150,00	300,00	0,056	0,058	0,000	2,96	0,00
	150,00	600,00	0,074	0,079	0,000	0,00	0,00
	150,00	900,00	0,093	0,099	0,000	0,00	0,00
	150,00	1200,00	0,112	0,121	0,000	0,00	0,00
	150,00	1500,00	0,130	0,143	0,000	0,00	0,00
	150,00	2000,00	0,161	0,181	0,000	0,00	0,00
0,7	150,00	300,00	0,043	0,044	0,000	1,93	0,00
	150,00	600,00	0,059	0,061	0,000	0,00	0,00
	150,00	900,00	0,075	0,079	0,000	0,00	0,00
	150,00	1200,00	0,091	0,097	0,000	0,00	0,00
	150,00	1500,00	0,107	0,115	0,000	0,00	0,00
	150,00	2000,00	0,133	0,147	0,000	0,00	0,00
0,8	150,00	300,00	0,034	0,035	0,000	1,20	0,00
	150,00	600,00	0,048	0,050	0,000	0,00	0,00
	150,00	900,00	0,062	0,065	0,000	0,00	0,00
	150,00	1200,00	0,076	0,081	0,000	0,00	0,00
	150,00	1500,00	0,090	0,096	0,000	0,00	0,00
	150,00	2000,00	0,113	0,123	0,000	0,00	0,00

Διαστασιολόγηση ορθογωνικής διατομής με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατομής:



$b = 1,00$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκύζομενος σπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος σπλισμός

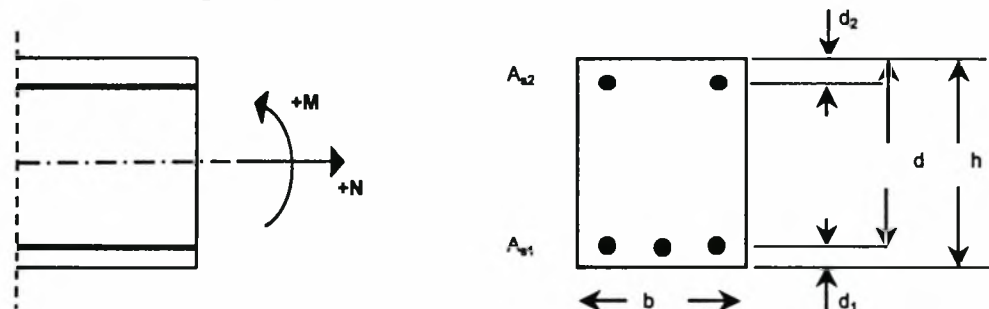
Πίνακας A.4 :

Υψος διατομής h (m)	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι σπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
0,3	200,00	300,00	0,276	0,350	0,000	19,95	0,00
	200,00	600,00	0,312	0,416	0,001	18,12	0,09
	200,00	900,00	0,348	0,465	0,041	14,98	3,11
	200,00	1200,00	0,384	0,510	0,086	11,52	6,58
	200,00	1500,00	0,420	0,550	0,131	7,67	10,04
	200,00	2000,00	0,480	0,630	0,218	2,30	16,71
0,4	200,00	300,00	0,150	0,167	0,000	11,02	0,00
	200,00	600,00	0,178	0,203	0,000	7,94	0,00
	200,00	900,00	0,205	0,240	0,000	5,08	0,00
	200,00	1200,00	0,233	0,280	0,000	2,45	0,00
	200,00	1500,00	0,260	0,323	0,000	0,21	0,00
	200,00	2000,00	0,306	0,406	0,000	0,00	0,00
0,5	200,00	300,00	0,096	0,103	0,000	7,34	0,00
	200,00	600,00	0,119	0,129	0,000	4,03	0,00
	200,00	900,00	0,141	0,156	0,000	0,81	0,00
	200,00	1200,00	0,163	0,183	0,000	0,00	0,00
	200,00	1500,00	0,185	0,213	0,000	0,00	0,00
	200,00	2000,00	0,222	0,264	0,000	0,00	0,00
0,6	200,00	300,00	0,068	0,072	0,000	5,23	0,00
	200,00	600,00	0,087	0,092	0,000	1,80	0,00
	200,00	900,00	0,105	0,114	0,000	0,00	0,00
	200,00	1200,00	0,124	0,136	0,000	0,00	0,00
	200,00	1500,00	0,143	0,158	0,000	0,00	0,00
	200,00	2000,00	0,174	0,197	0,000	0,00	0,00
0,7	200,00	300,00	0,051	0,054	0,000	3,82	0,00
	200,00	600,00	0,067	0,071	0,000	0,38	0,00
	200,00	900,00	0,083	0,089	0,000	0,00	0,00
	200,00	1200,00	0,099	0,107	0,000	0,00	0,00
	200,00	1500,00	0,115	0,079	0,000	0,00	0,00
	200,00	2000,00	0,142	0,157	0,000	0,00	0,00
0,8	200,00	300,00	0,041	0,042	0,000	2,81	0,00
	200,00	600,00	0,055	0,057	0,000	0,00	0,00
	200,00	900,00	0,069	0,072	0,000	0,00	0,00
	200,00	1200,00	0,083	0,088	0,000	0,00	0,00
	200,00	1500,00	0,097	0,104	0,000	0,00	0,00
	200,00	2000,00	0,120	0,131	0,000	0,00	0,00

Διαστασιολόγηση ορθογωνικής διατομής με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατομής:



$b = 1,00$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκύσιμος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

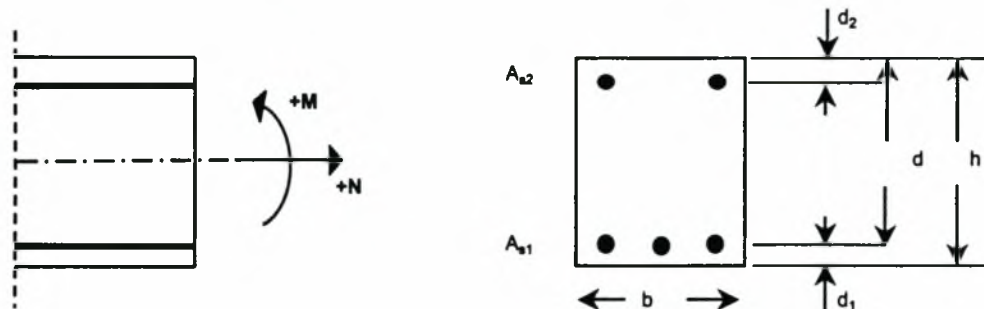
Πίνακας A.5 :

Ύψος διατομής h (m)	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
0,3	250,00	300,00	0,336	0,442	0,017	26,97	1,28
	250,00	600,00	0,372	0,495	0,071	24,18	5,41
	250,00	900,00	0,408	0,540	0,116	20,73	8,86
	250,00	1200,00	0,444	0,585	0,161	17,27	12,33
	250,00	1500,00	0,480	0,630	0,206	13,80	15,79
	250,00	2000,00	0,540	-	-	-	-
0,4	250,00	300,00	0,181	0,207	0,000	15,30	0,00
	250,00	600,00	0,208	0,244	0,000	12,44	0,00
	250,00	900,00	0,236	0,285	0,000	9,84	0,00
	250,00	1200,00	0,263	0,329	0,000	7,66	0,00
	250,00	1500,00	0,291	0,377	0,000	5,92	0,00
	250,00	2000,00	0,337	0,449	0,025	2,20	2,69
0,5	250,00	300,00	0,115	0,125	0,000	10,32	0,00
	250,00	600,00	0,137	0,151	0,000	7,10	0,00
	250,00	900,00	0,159	0,178	0,000	3,88	0,00
	250,00	1200,00	0,181	0,208	0,000	1,09	0,00
	250,00	1500,00	0,204	0,238	0,000	0,00	0,00
	250,00	2000,00	0,241	0,292	0,000	0,00	0,00
0,6	250,00	300,00	0,081	0,086	0,000	7,53	0,00
	250,00	600,00	0,099	0,106	0,000	4,16	0,00
	250,00	900,00	0,118	0,128	0,000	0,94	0,00
	250,00	1200,00	0,136	0,151	0,000	0,00	0,00
	250,00	1500,00	0,155	0,173	0,000	0,00	0,00
	250,00	2000,00	0,186	0,214	0,000	0,00	0,00
0,7	250,00	300,00	0,060	0,063	0,000	5,74	0,00
	250,00	600,00	0,076	0,081	0,000	2,32	0,00
	250,00	900,00	0,092	0,099	0,000	0,00	0,00
	250,00	1200,00	0,108	0,117	0,000	0,00	0,00
	250,00	1500,00	0,124	0,136	0,000	0,00	0,00
	250,00	2000,00	0,151	0,168	0,000	0,00	0,00
0,8	250,00	300,00	0,047	0,049	0,000	4,45	0,00
	250,00	600,00	0,061	0,064	0,000	1,02	0,00
	250,00	900,00	0,075	0,080	0,000	0,00	0,00
	250,00	1200,00	0,089	0,095	0,000	0,00	0,00
	250,00	1500,00	0,103	0,111	0,000	0,00	0,00
	250,00	2000,00	0,127	0,139	0,000	0,00	0,00

Διαστασιολόγηση ορθογωνικής διατομής με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατομής:



$b = 1,00$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας A.6 :

Υψος διατομής h (m)	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
0,3	300,00	300,00	0,396	0,525	0,101	33,37	7,73
	300,00	600,00	0,432	0,570	0,146	29,93	11,16
	300,00	900,00	0,468	0,615	0,191	26,48	14,61
	300,00	1200,00	0,504	-	-	-	-
	300,00	1500,00	0,540	-	-	-	-
	300,00	2000,00	0,600	-	-	-	-
0,4	300,00	300,00	0,211	0,249	0,000	19,80	0,00
	300,00	600,00	0,239	0,289	0,000	17,24	0,00
	300,00	900,00	0,266	0,334	0,000	15,12	0,00
	300,00	1200,00	0,294	0,382	0,000	13,44	0,00
	300,00	1500,00	0,321	0,432	0,007	11,82	0,72
	300,00	2000,00	0,367	0,486	0,061	6,14	6,53
0,5	300,00	300,00	0,133	0,147	0,000	13,39	0,00
	300,00	600,00	0,156	0,174	0,000	10,17	0,00
	300,00	900,00	0,178	0,203	0,000	7,30	0,00
	300,00	1200,00	0,200	0,233	0,000	4,55	0,00
	300,00	1500,00	0,222	0,264	0,000	1,98	0,00
	300,00	2000,00	0,259	0,322	0,000	0,00	0,00
0,6	300,00	300,00	0,093	0,099	0,000	9,88	0,00
	300,00	600,00	0,112	0,121	0,000	6,59	0,00
	300,00	900,00	0,130	0,143	0,000	3,45	0,00
	300,00	1200,00	0,149	0,166	0,000	0,32	0,00
	300,00	1500,00	0,167	0,189	0,000	0,00	0,00
	300,00	2000,00	0,198	0,231	0,000	0,00	0,00
0,7	300,00	300,00	0,069	0,073	0,000	7,66	0,00
	300,00	600,00	0,085	0,091	0,000	4,29	0,00
	300,00	900,00	0,101	0,109	0,000	0,98	0,00
	300,00	1200,00	0,117	0,128	0,000	0,00	0,00
	300,00	1500,00	0,133	0,147	0,000	0,00	0,00
	300,00	2000,00	0,160	0,179	0,000	0,00	0,00
0,8	300,00	300,00	0,054	0,057	0,000	6,10	0,00
	300,00	600,00	0,068	0,072	0,000	2,70	0,00
	300,00	900,00	0,082	0,087	0,000	0,00	0,00
	300,00	1200,00	0,096	0,103	0,000	0,00	0,00
	300,00	1500,00	0,110	0,119	0,000	0,00	0,00
	300,00	2000,00	0,133	0,147	0,000	0,00	0,00

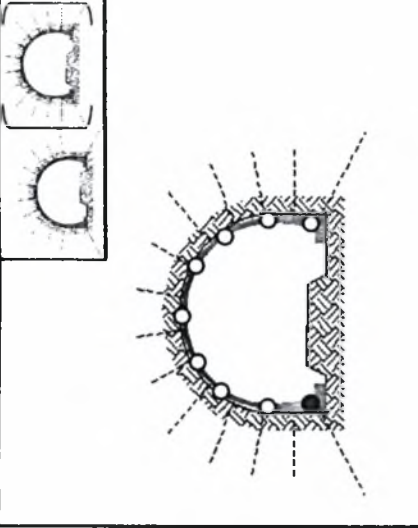
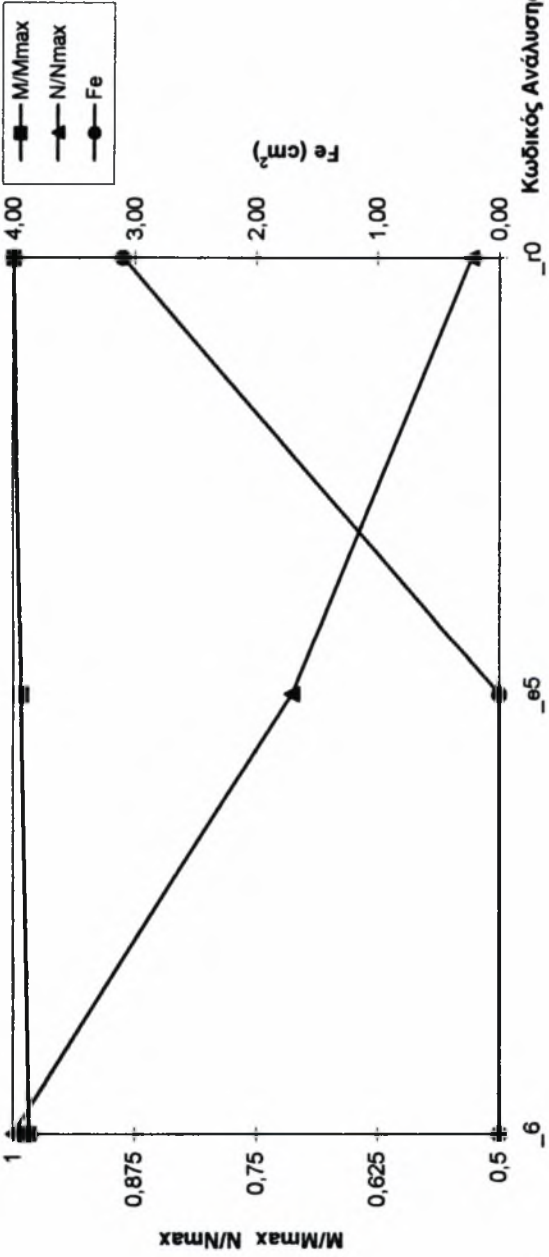
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

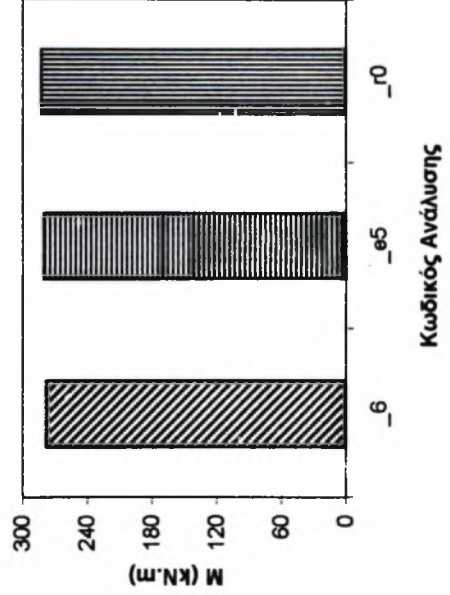
Β1. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Β2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΟΡΙΑΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

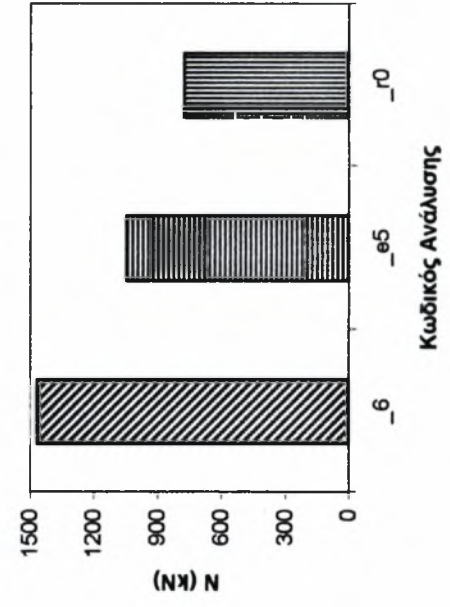
ΣΗΜΕΙΟ 1



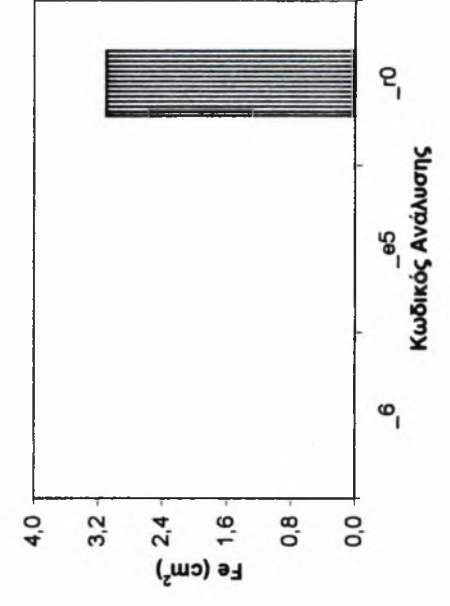
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



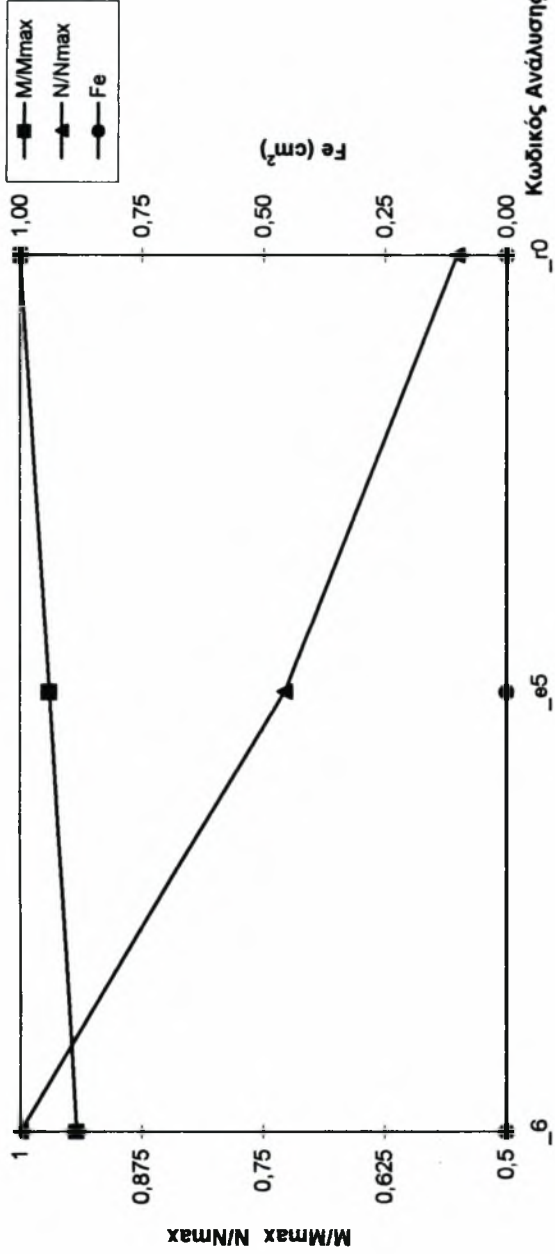
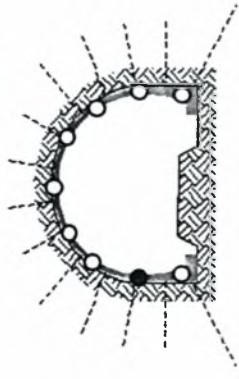
Κωδικός Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

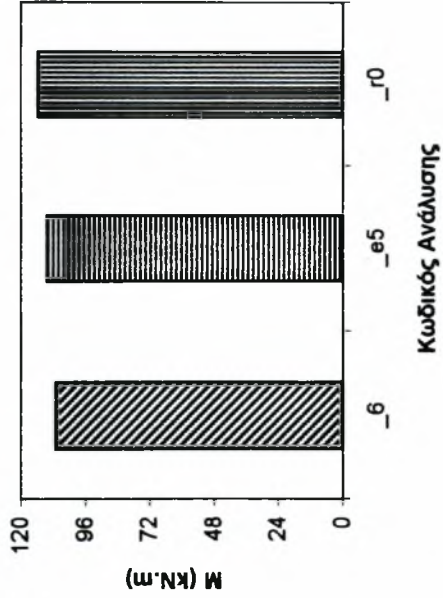
Σχήμα Β1.1

Κύριο τμήμα σήραγγας

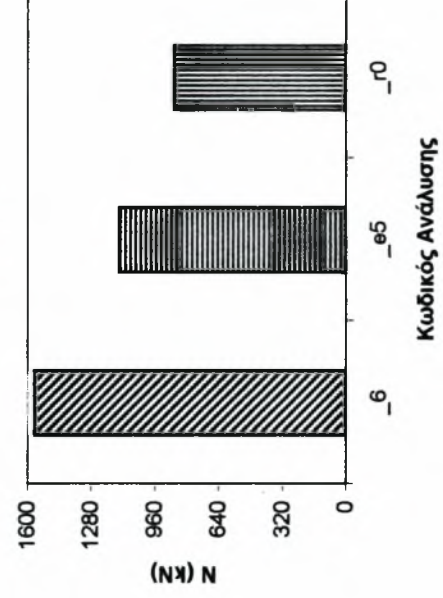
ΣΗΜΕΙΟ 2



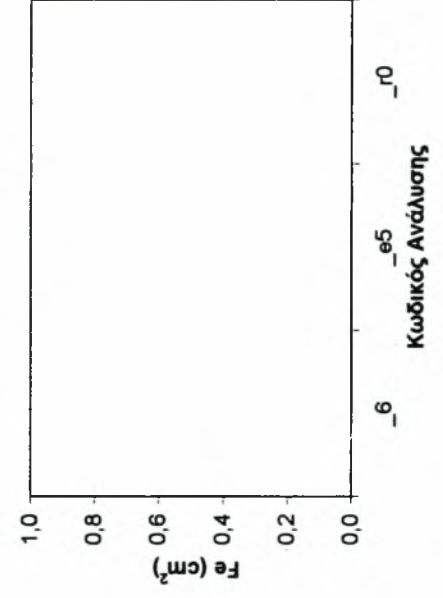
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



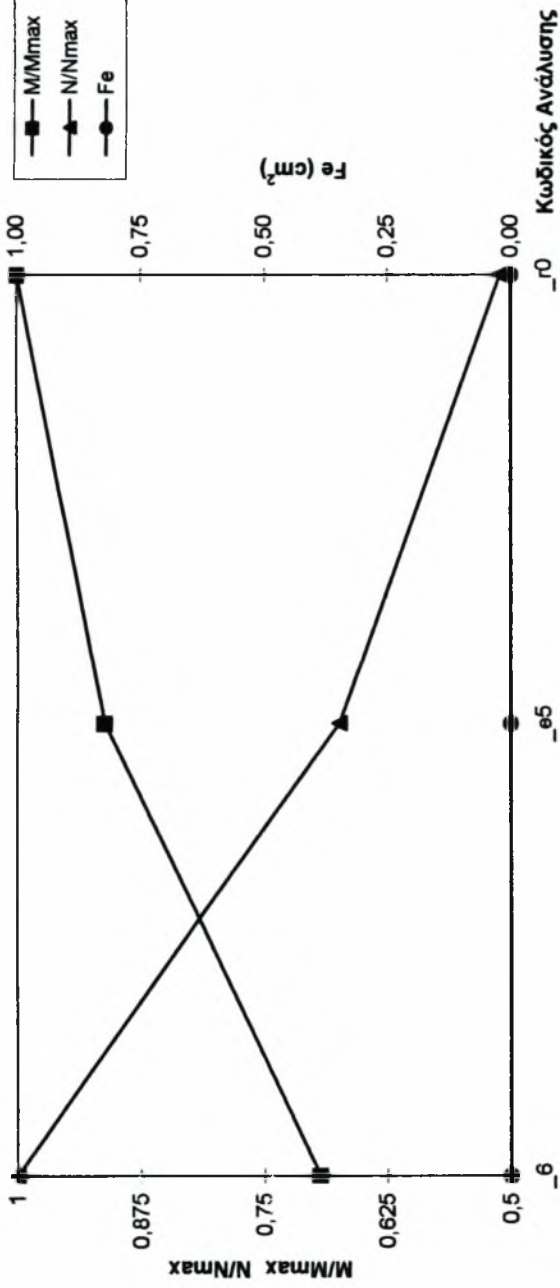
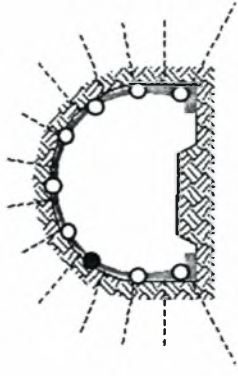
Κωδικός Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μίτρων Άμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας

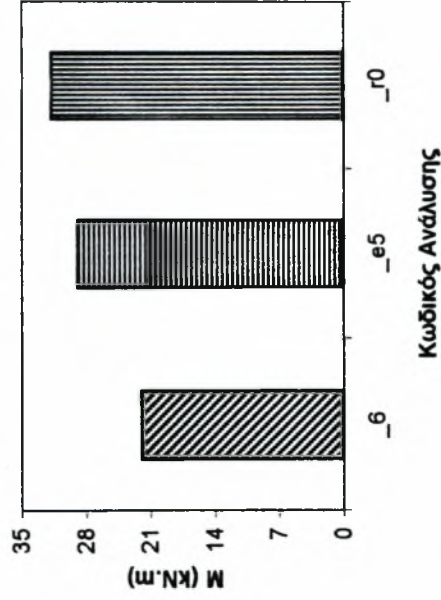
Σχήμα Β1.2

Κύριο τμήμα σήραγγας

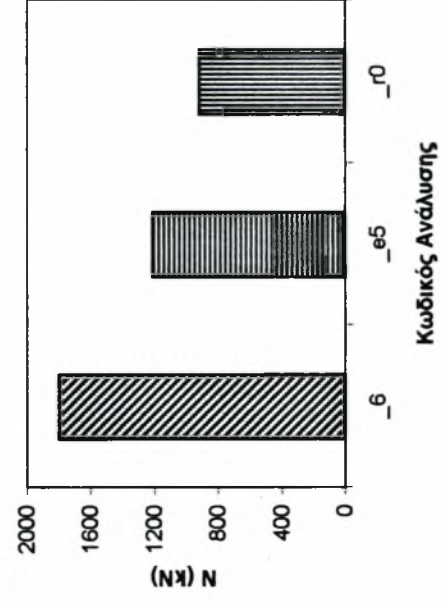
ΣΗΜΕΙΟ 3



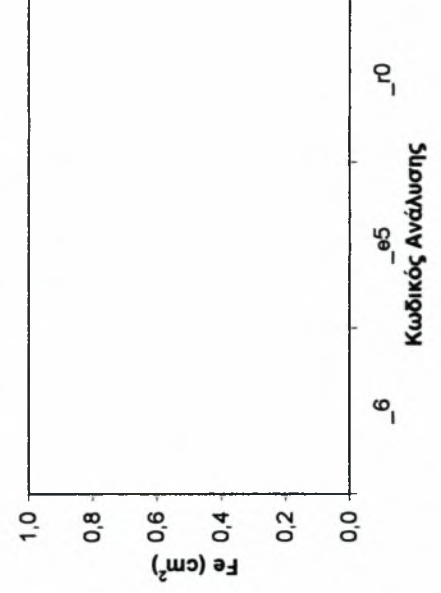
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός

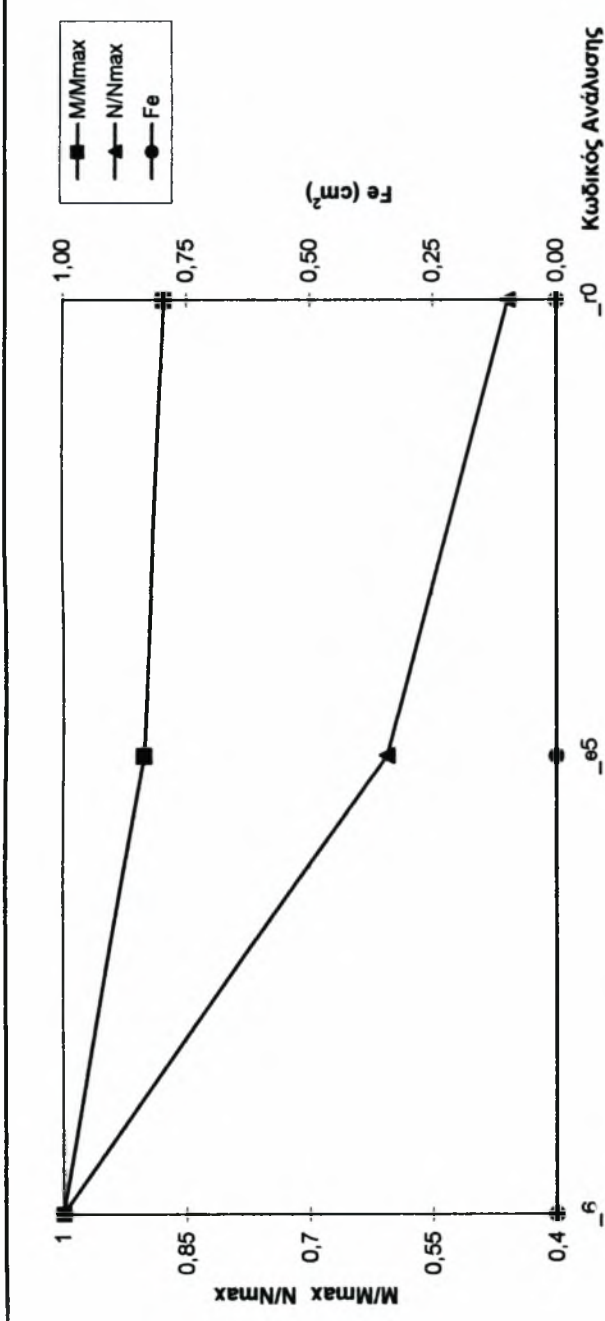
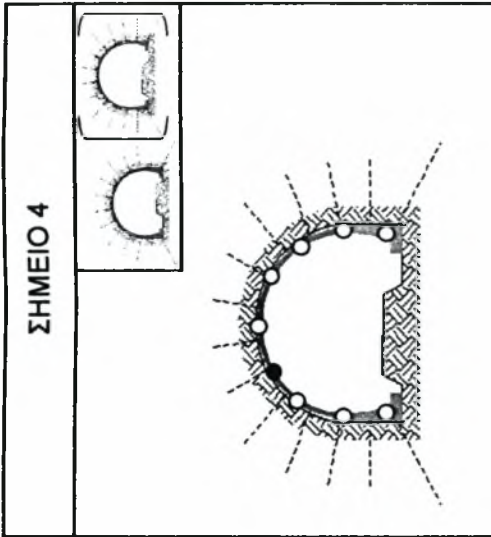


Κωδικοί Ανάλυσης:

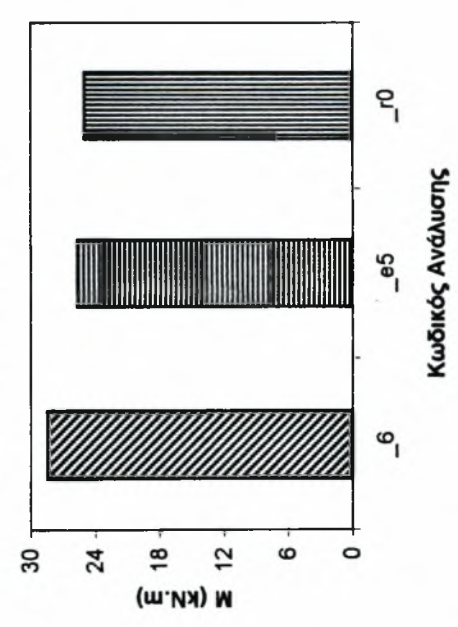
- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης
- _e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρους Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρους Ελαστικότητας

Σχήμα B1.3

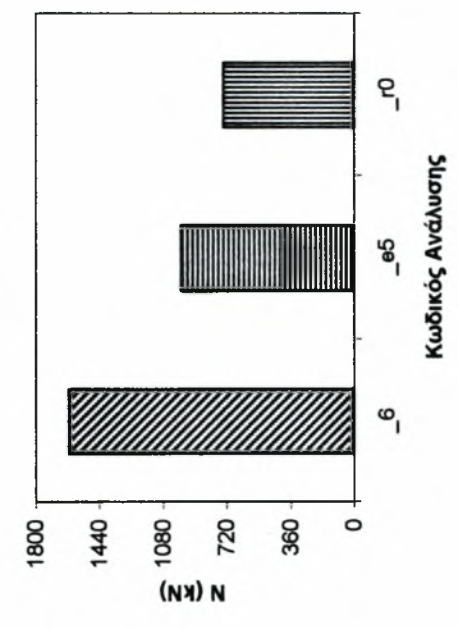
Κύριο τμήμα σήραγγας



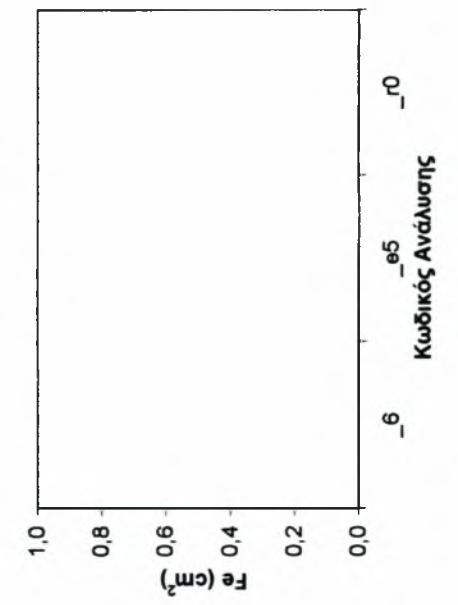
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



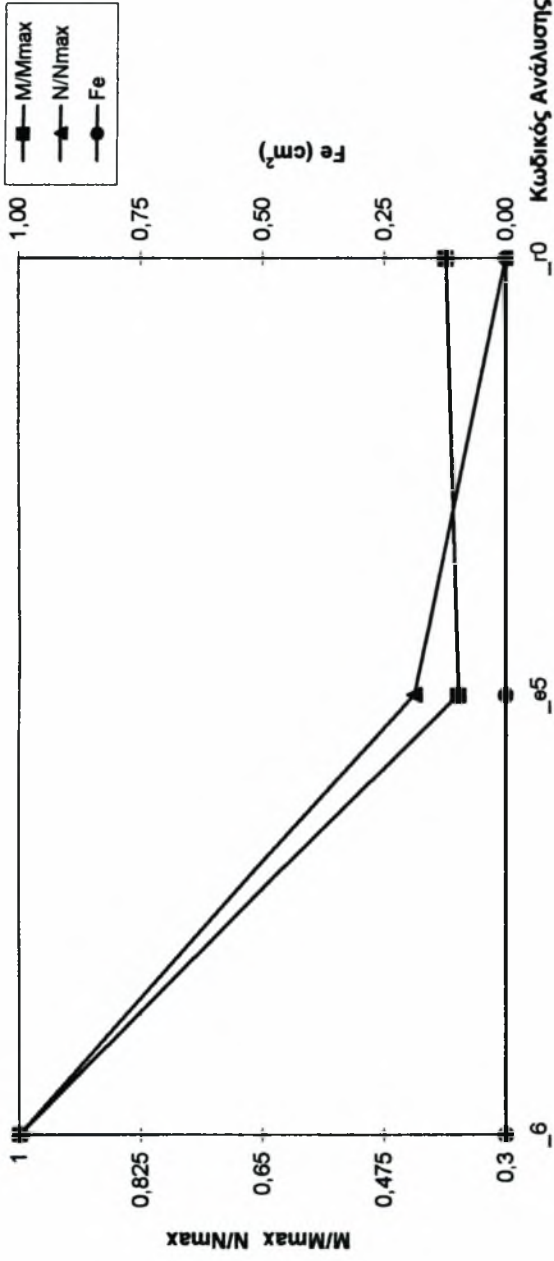
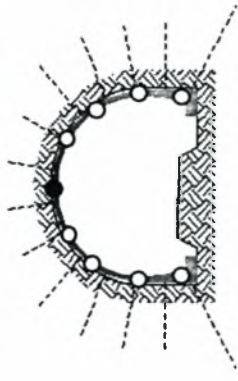
Κωδικοί Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μίτρωι Αμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας

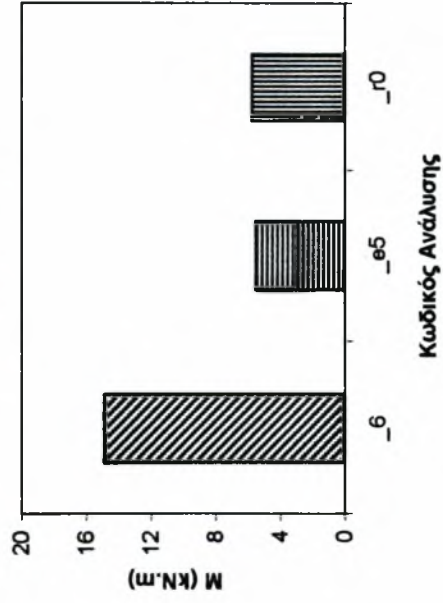
Σχήμα B1.4

Κύριο τμήμα σήραγγας

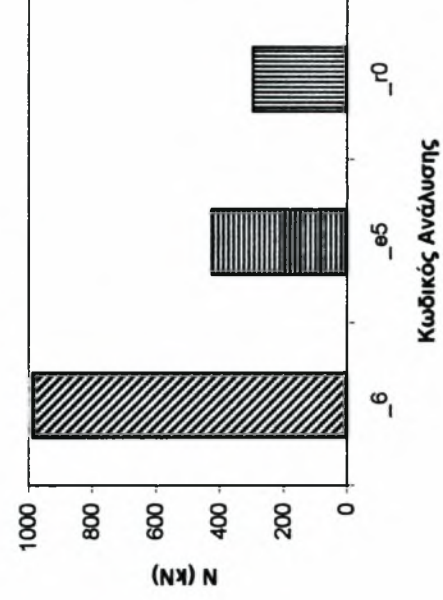
ΣΗΜΕΙΟ 5



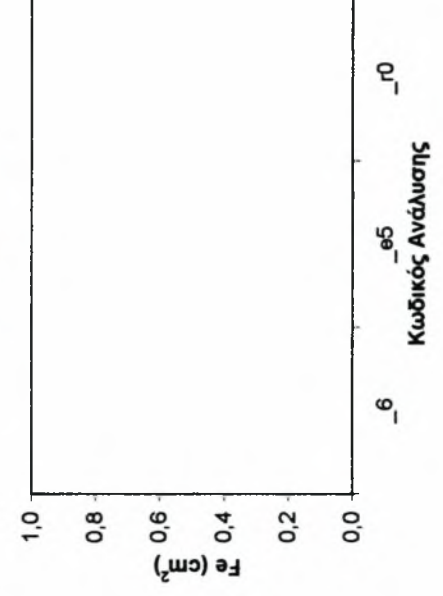
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



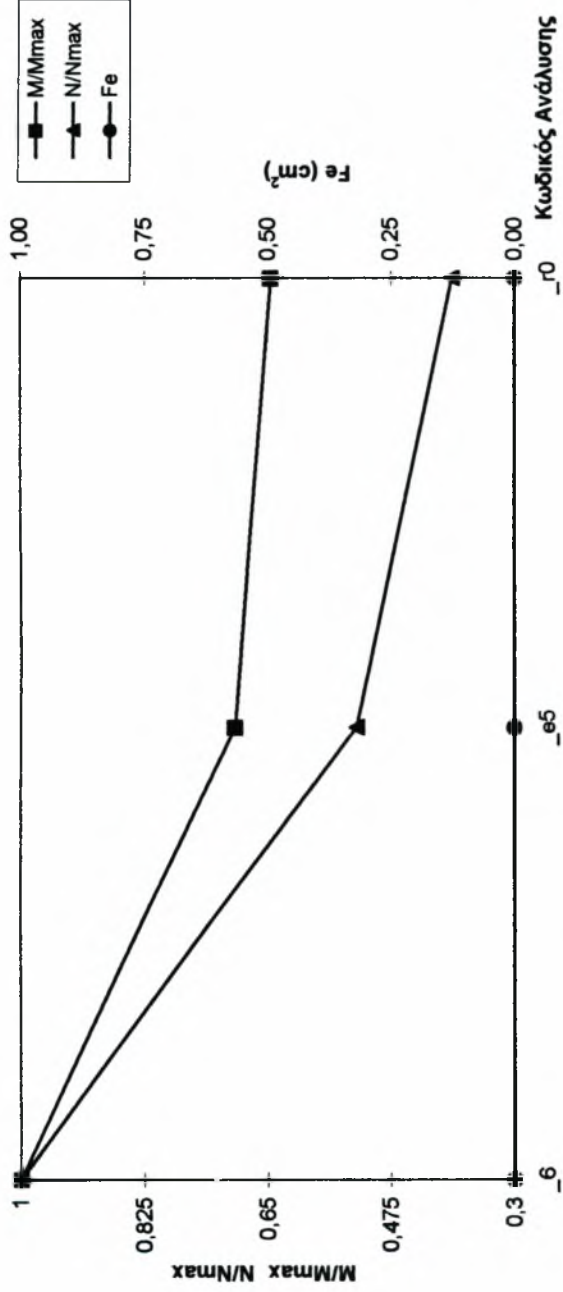
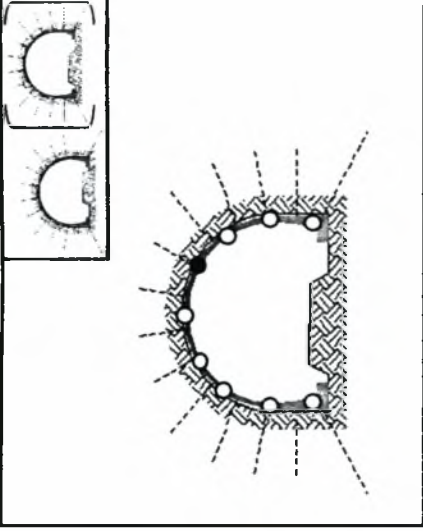
Κωδικός Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης
- _e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

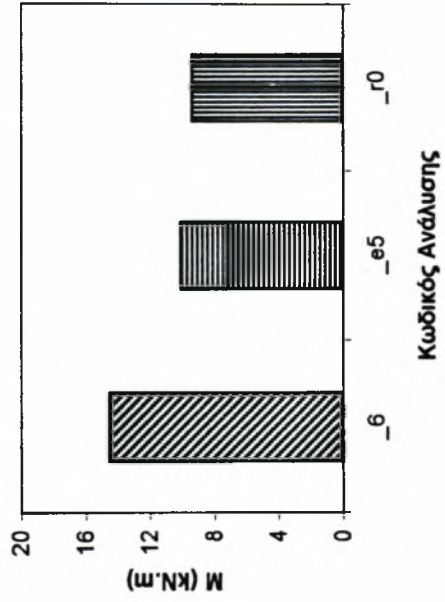
Σχήμα Β1.5

Κύριο τμήμα σήραγγας

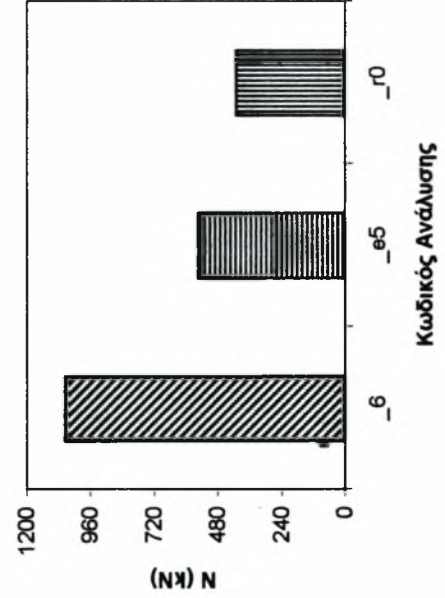
ΣΗΜΕΙΟ 6



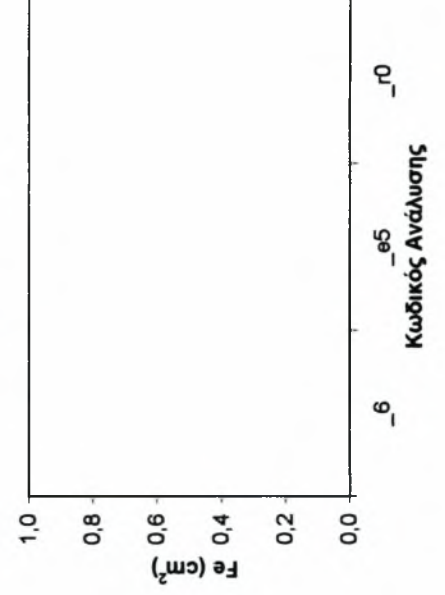
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



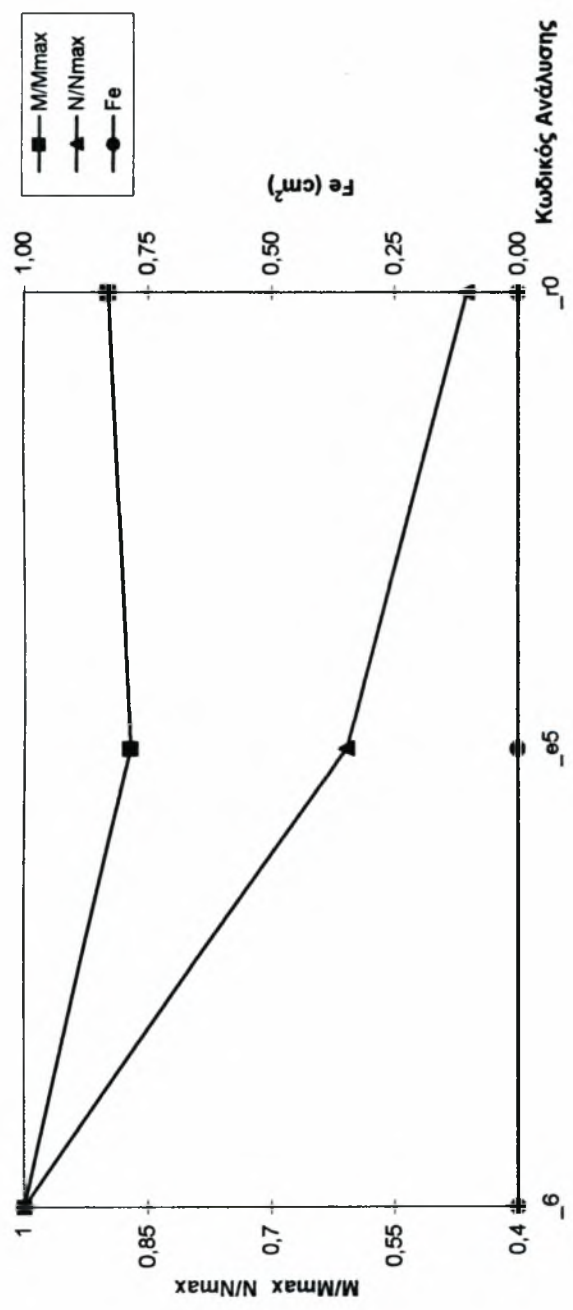
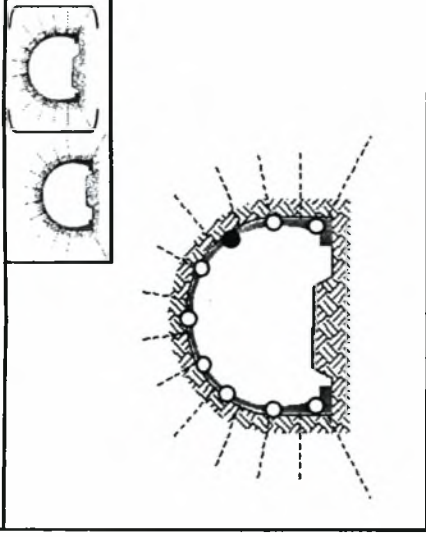
Κωδικός Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

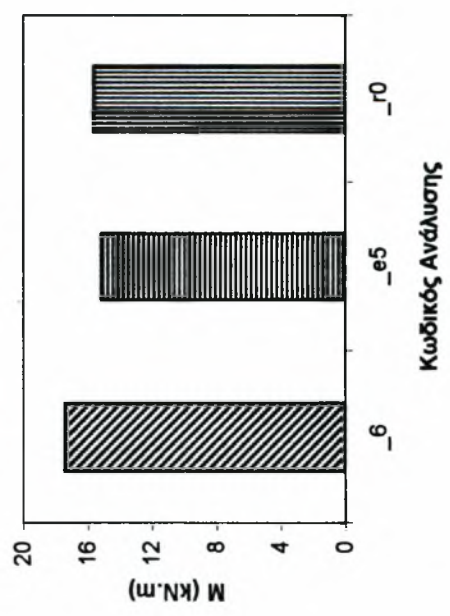
Σχήμα B1.6

Κύριο τμήμα σήραγγας

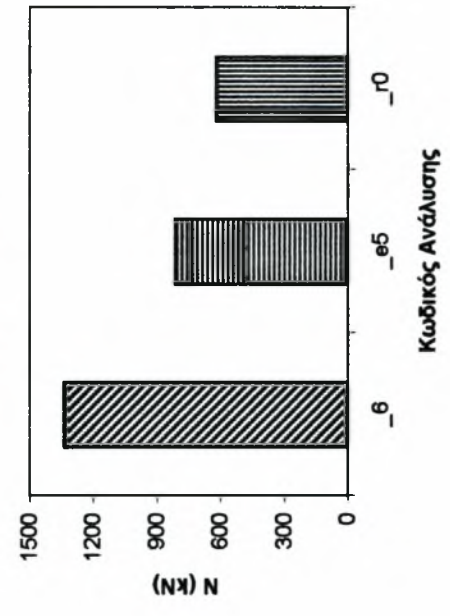
ΣΗΜΕΙΟ 7



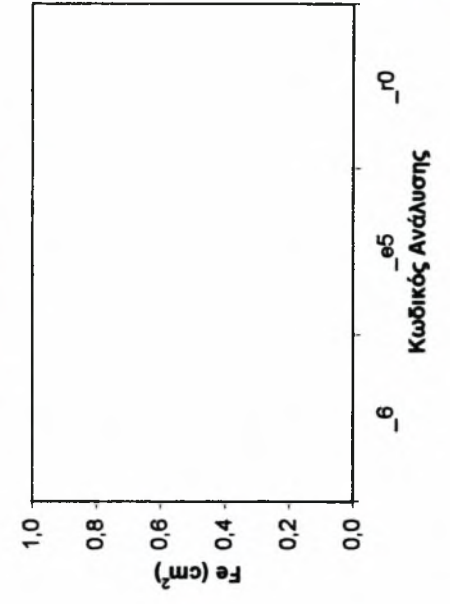
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



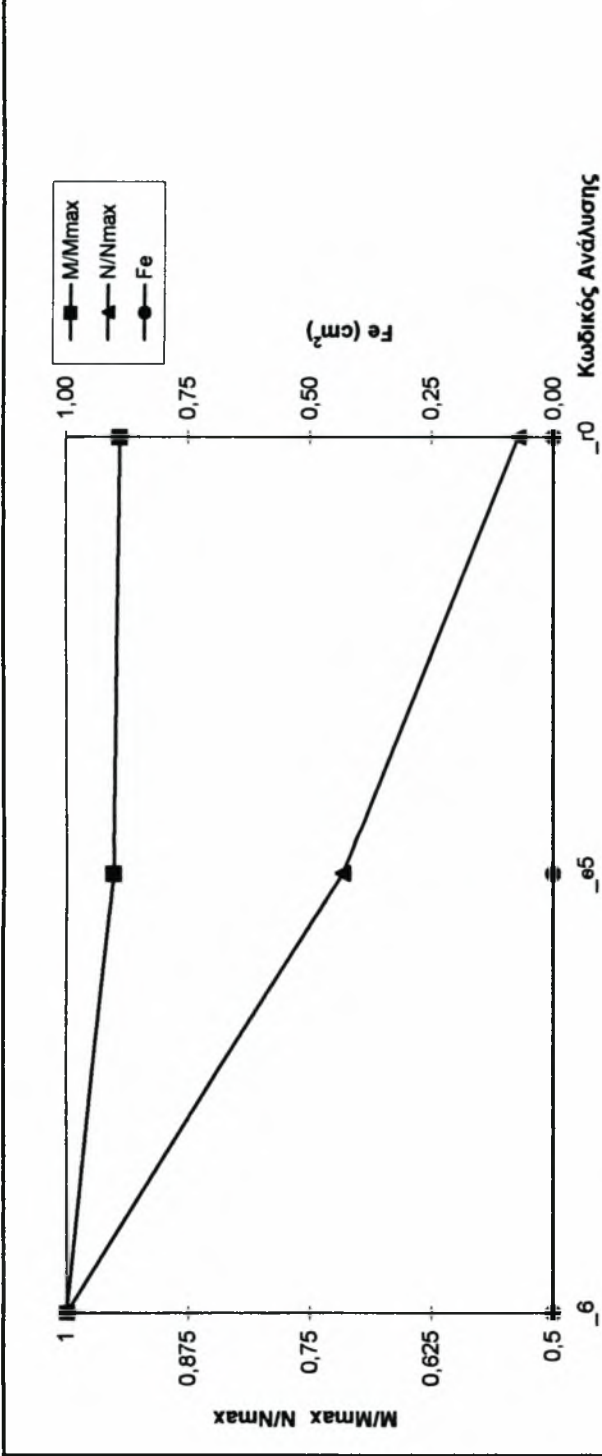
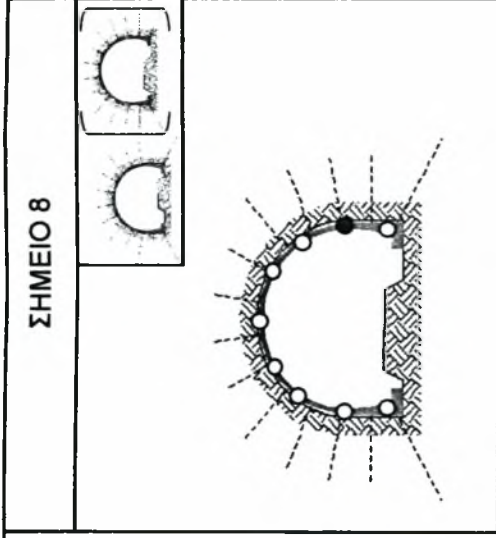
Κωδικοί Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

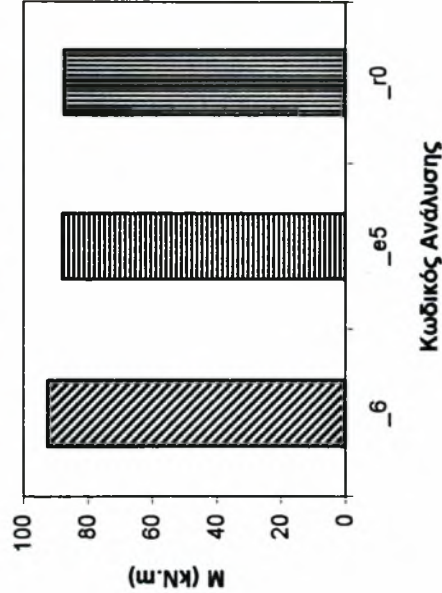
Σχήμα B1.7

Κύριο τμήμα σήραγγας

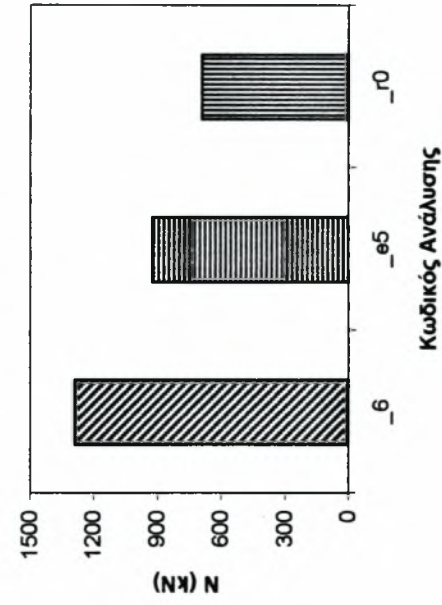




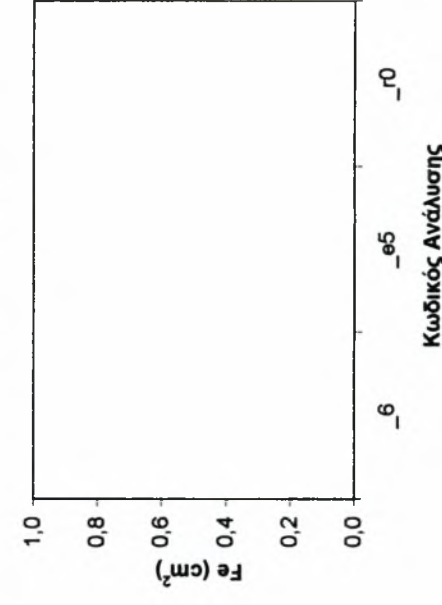
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



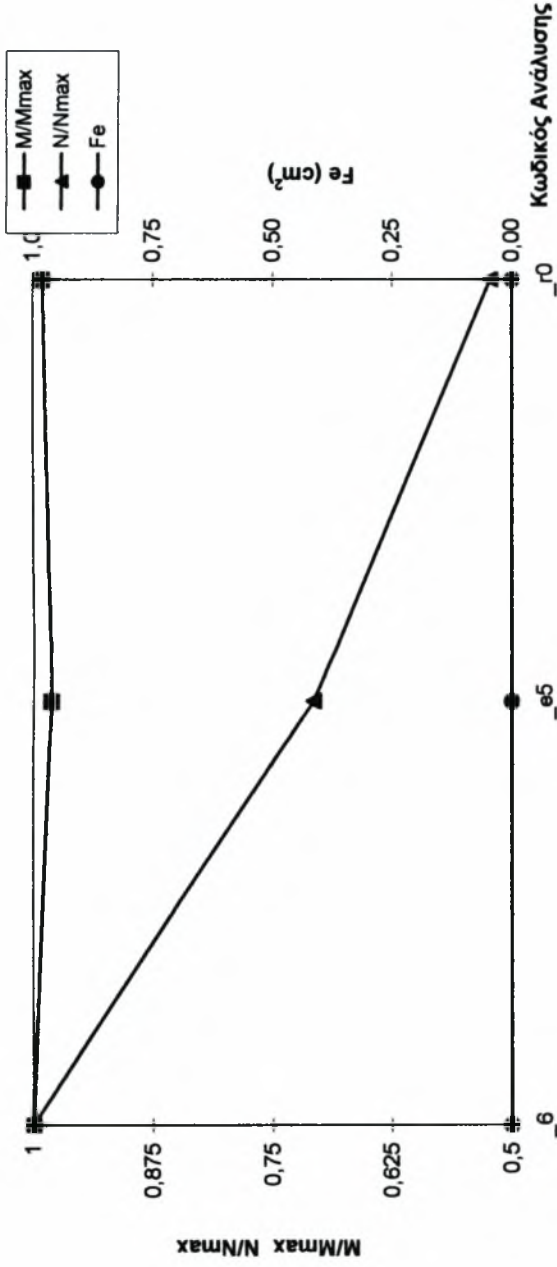
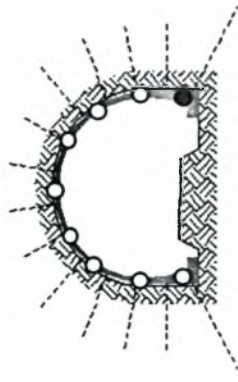
Κωδικός Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μείτρωις Άμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μείτρωις Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μείτρωις Ελαστικότητας

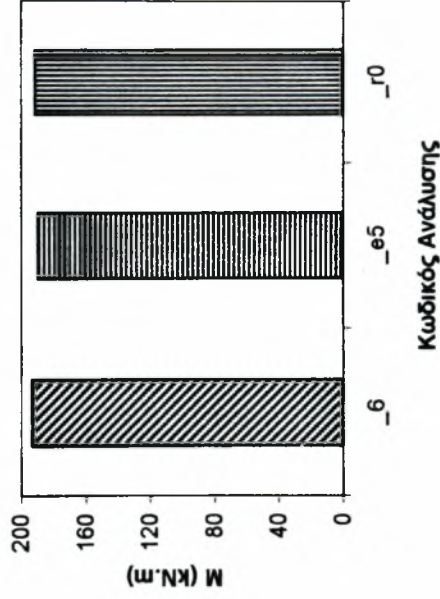
Σχήμα B1.8

Κύριο τμήμα σήραγγας

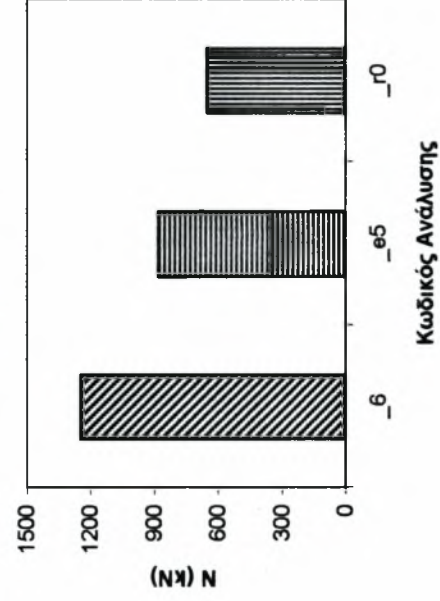
ΣΗΜΕΙΟ 9



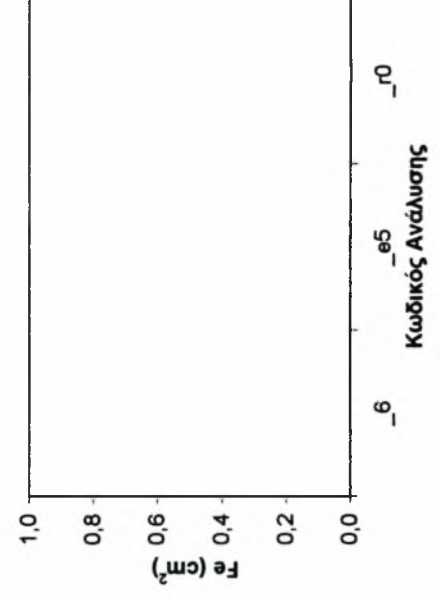
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



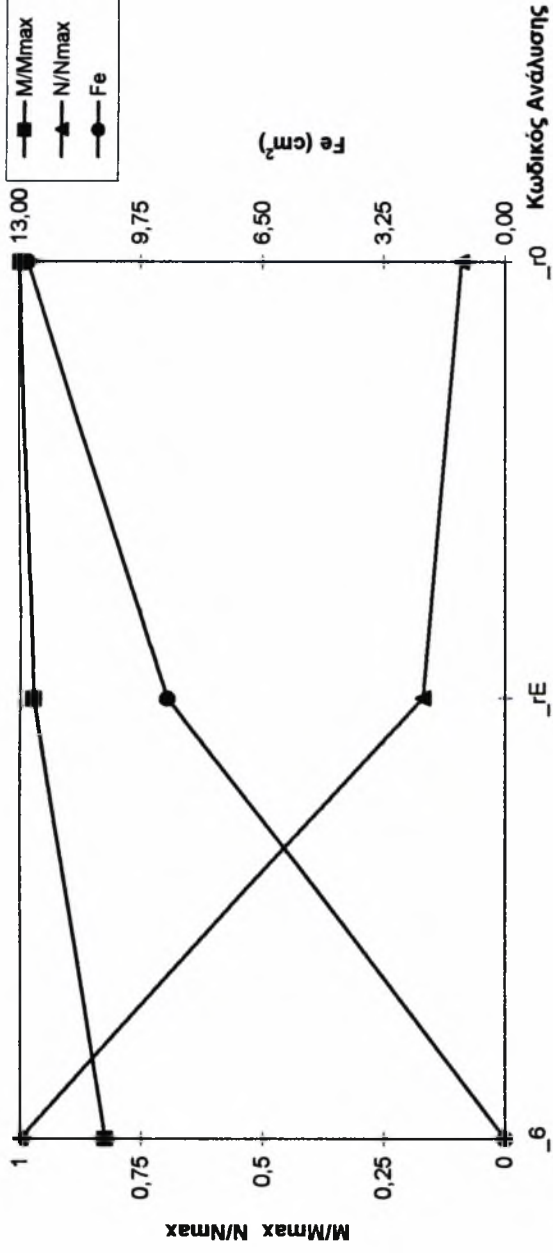
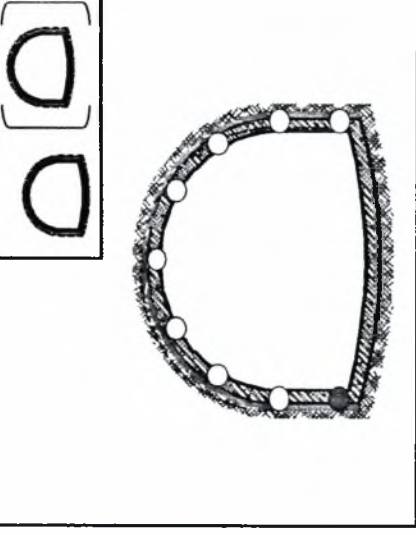
Κωδικοί Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μείρων Άμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

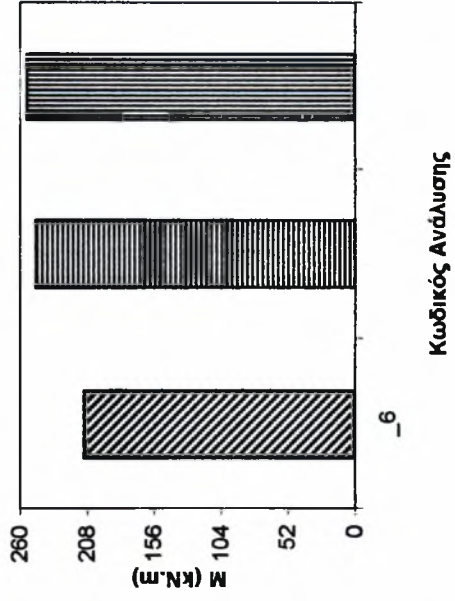
Σχήμα B1.9

Κύριο τμήμα σήραγγας

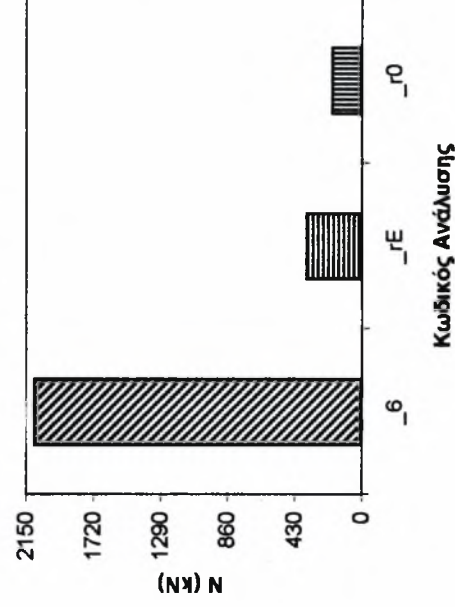
ΣΗΜΕΙΟ 1



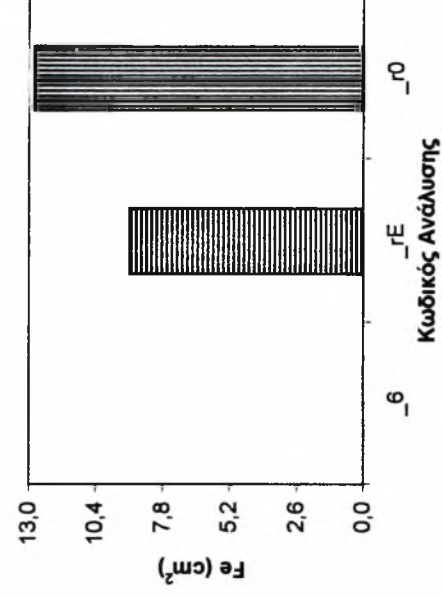
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



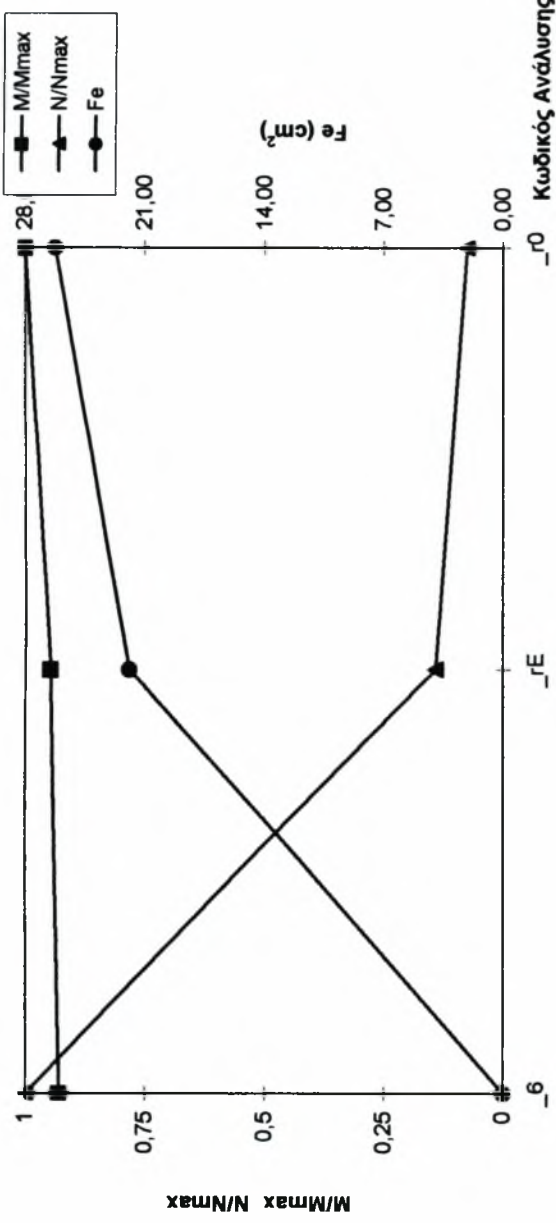
Κωδικός Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φόρες
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

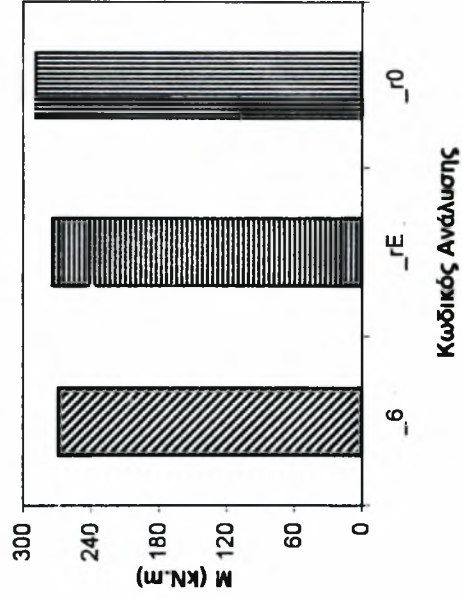
Σχήμα Β1.10

Στόμιο σήραγγας

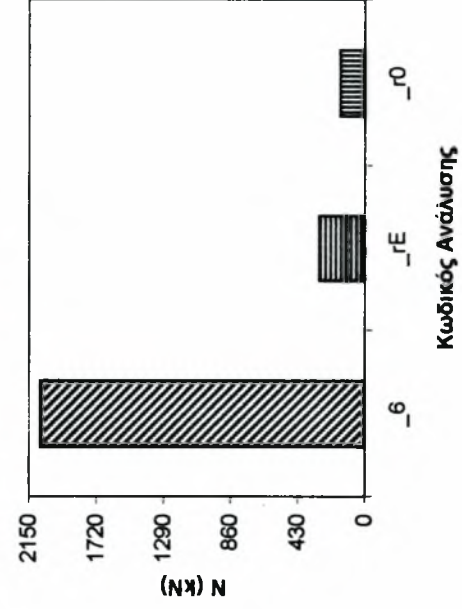
ΣΗΜΕΙΟ 2



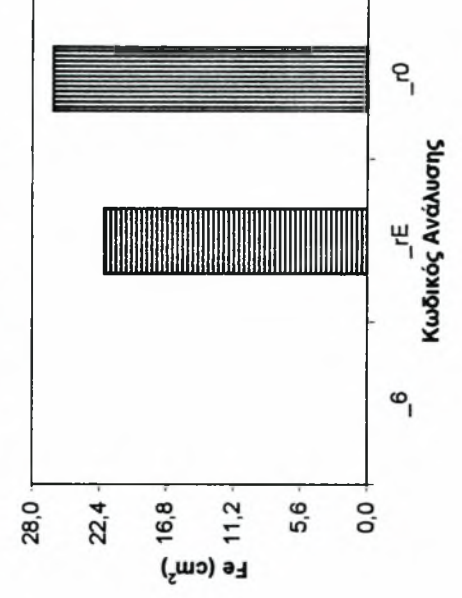
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



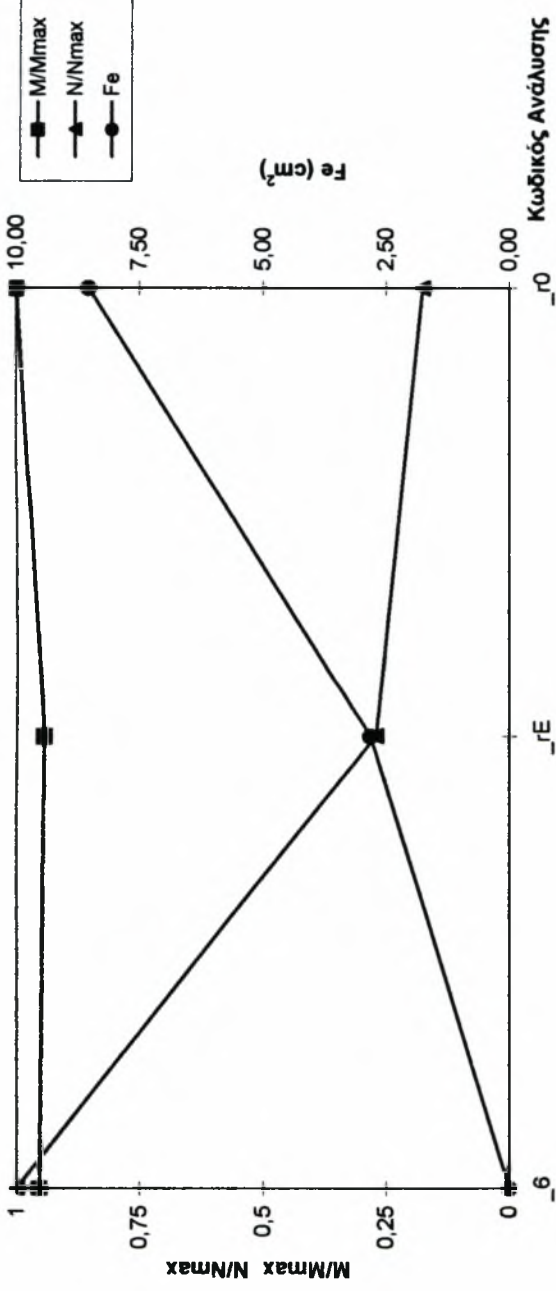
Κωδικός Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροτών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φόρες
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροτών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

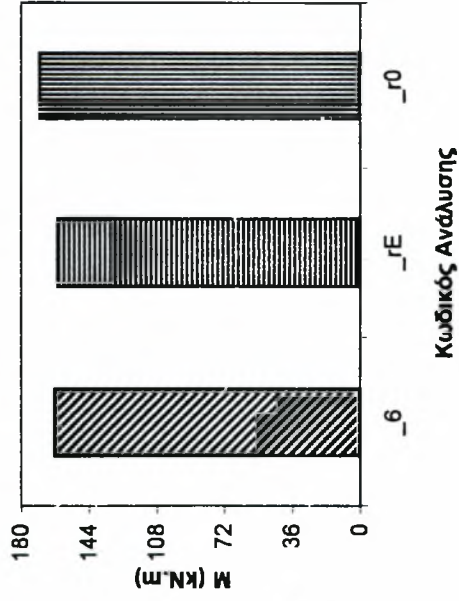
Σχήμα Β1.11

Στόμιο σήραγγας

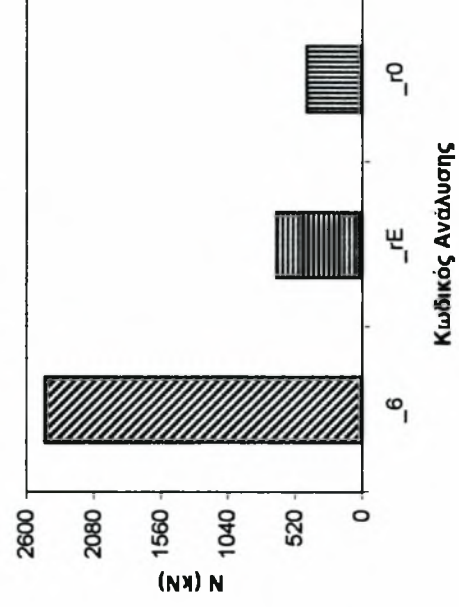
ΣΗΜΕΙΟ 3



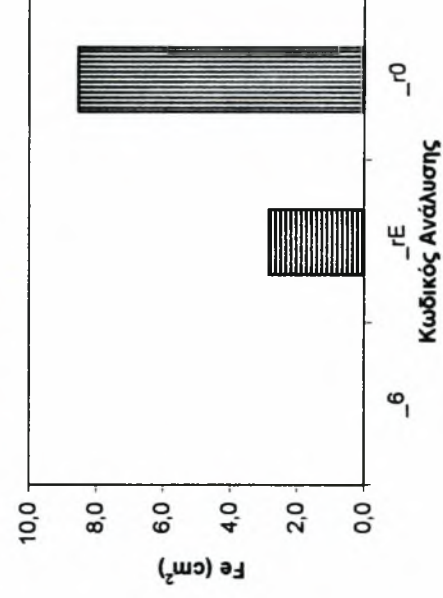
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



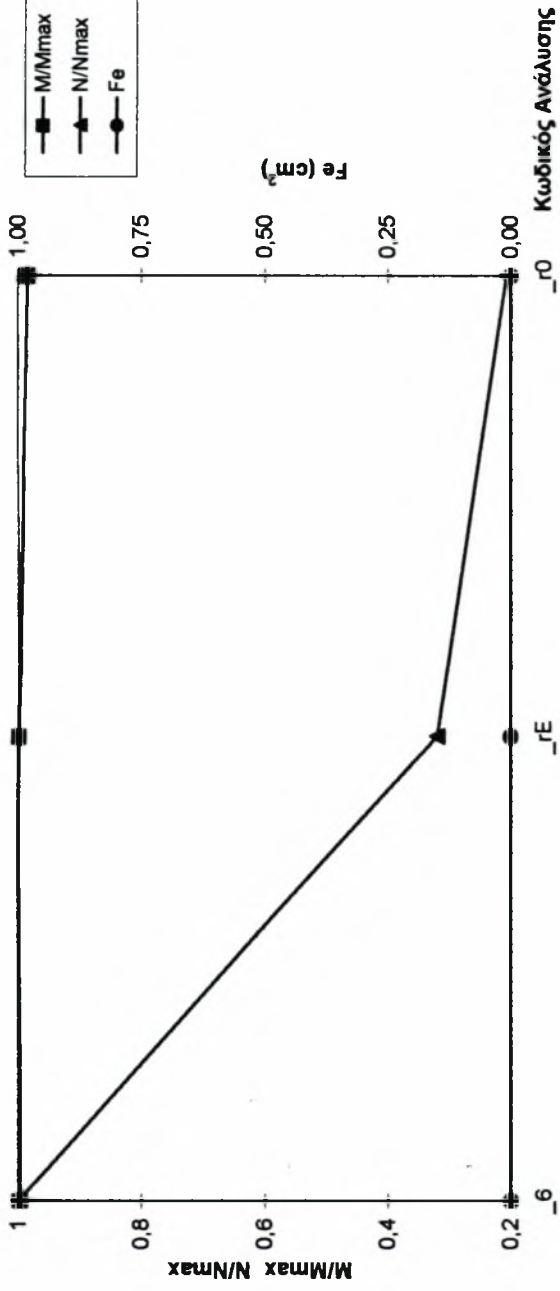
Κωδικός Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

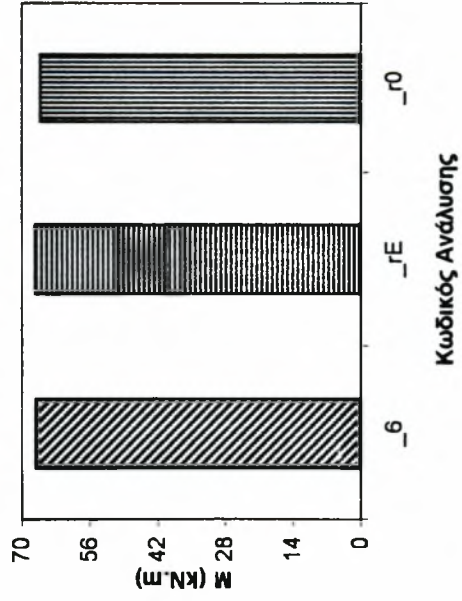
Σχήμα Β1.12

Στόμιο σήραγγας

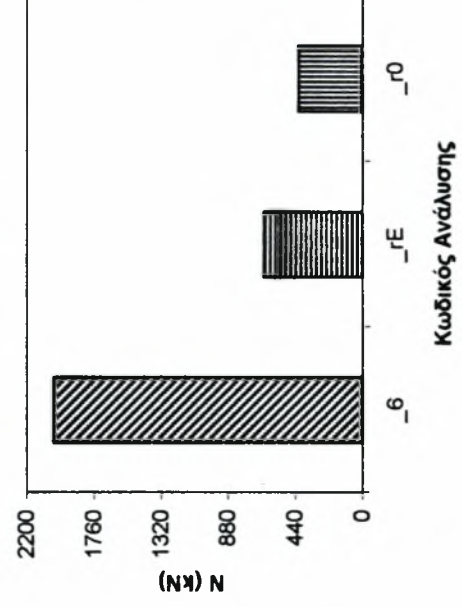
ΣΗΜΕΙΟ 4



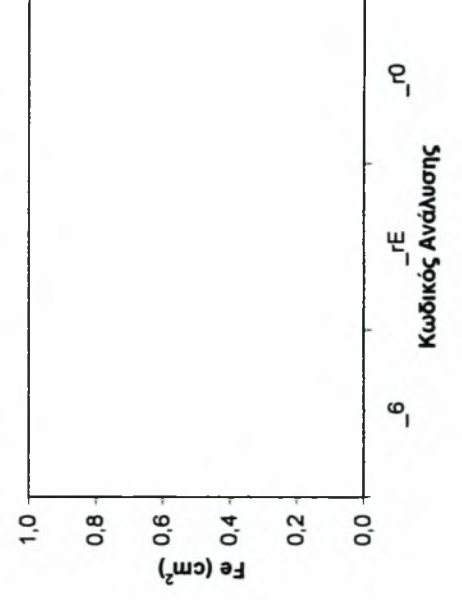
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



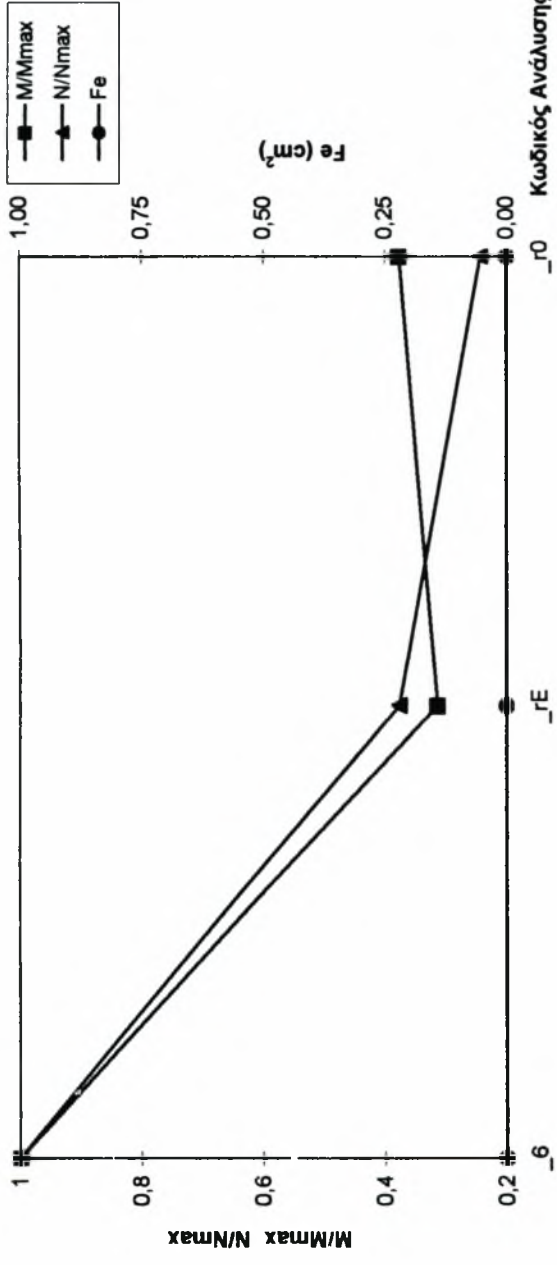
Κωδικός Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

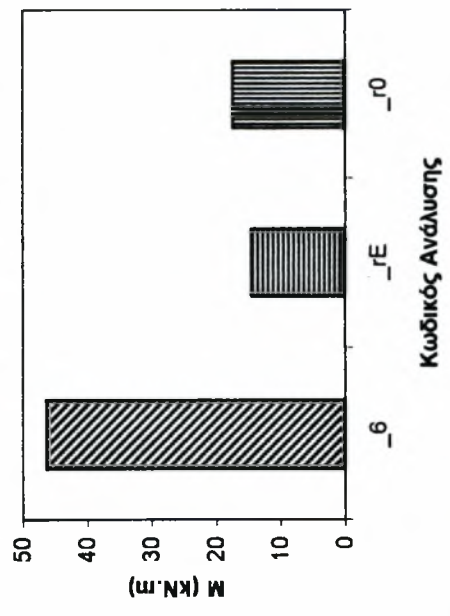
Σχήμα B1.13

Στόμιο σήραγγας

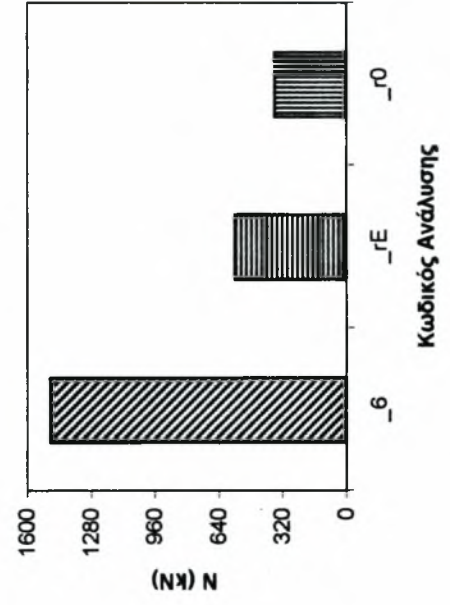
ΣΗΜΕΙΟ 5



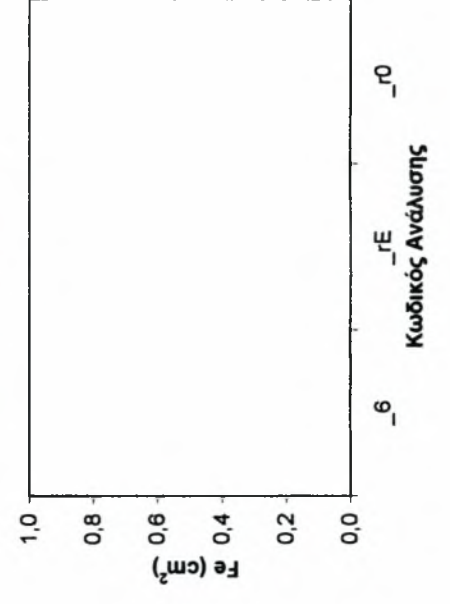
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



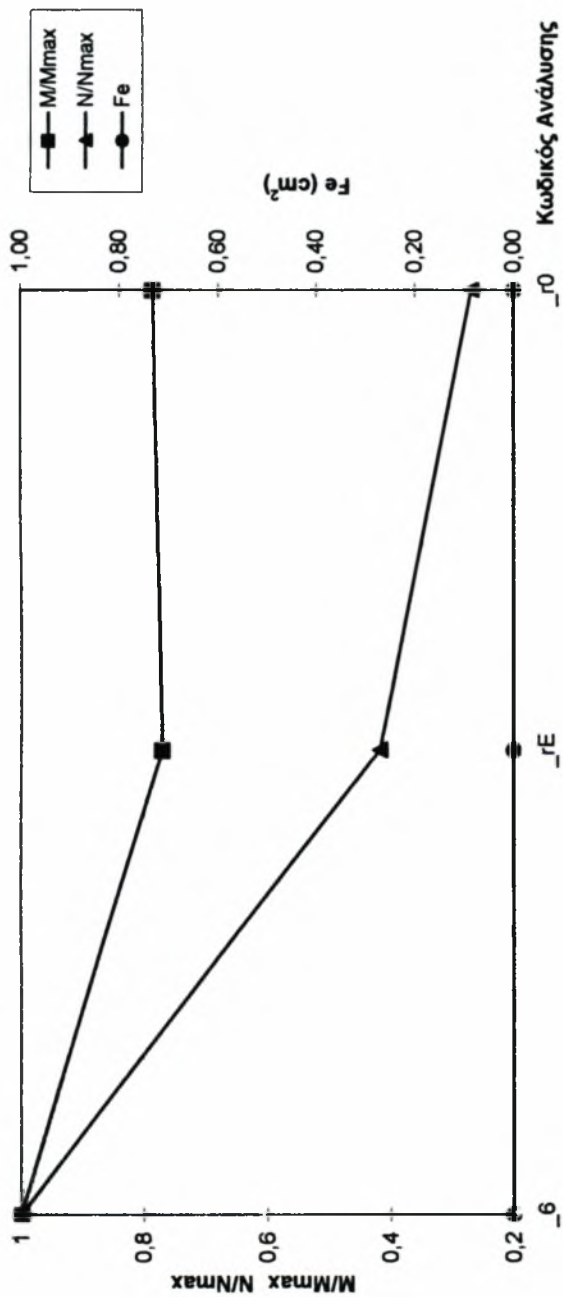
Κωδικοί Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

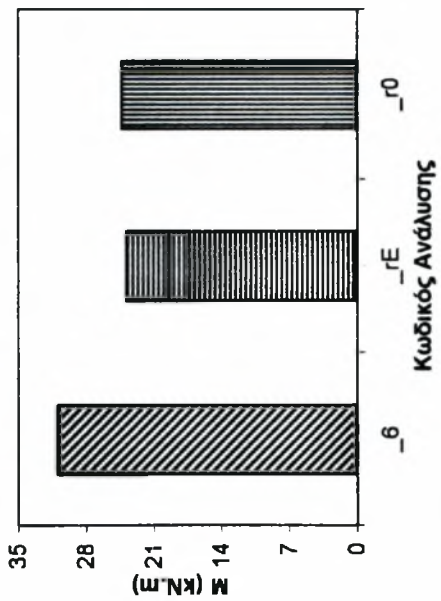
Σχήμα Β1.14

Στόμιο σήραγγας

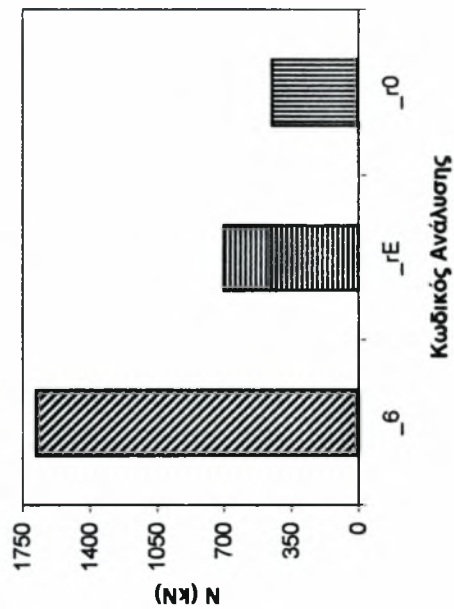
ΣΗΜΕΙΟ 6



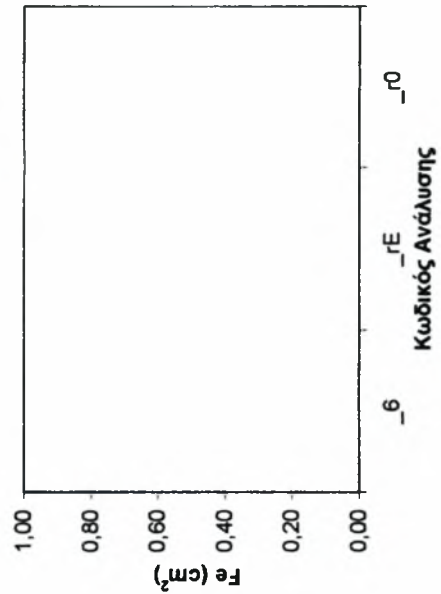
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



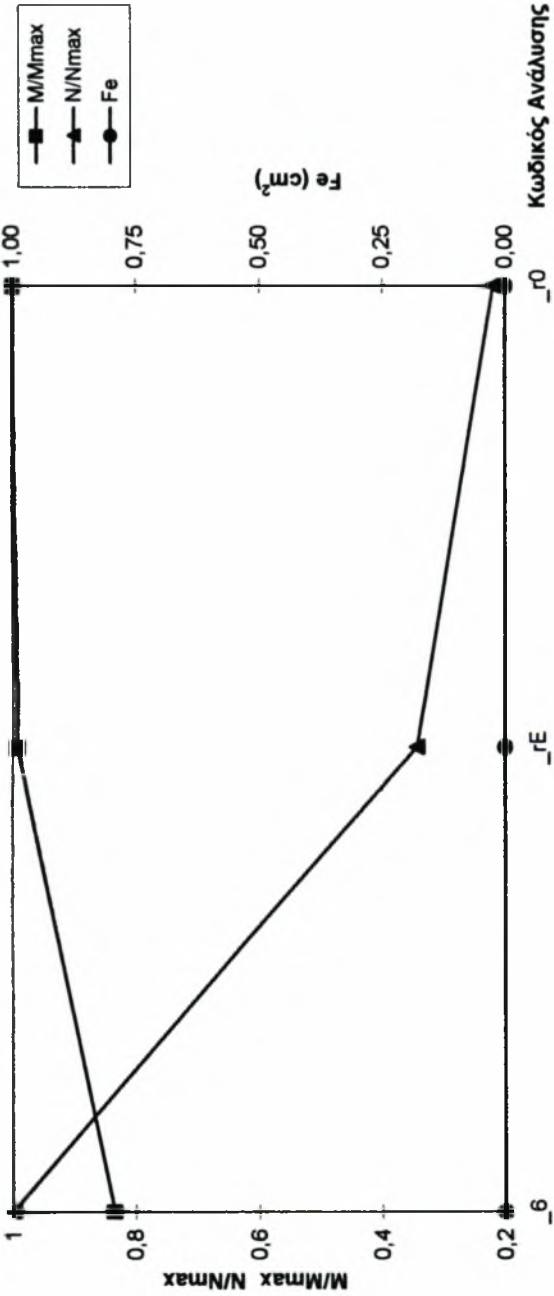
Κωδικοί Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μίτρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας

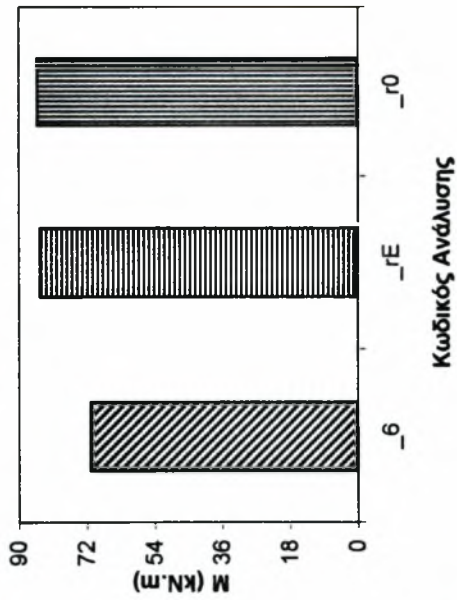
Σχήμα B1.15

Στόμιο σήραγγας

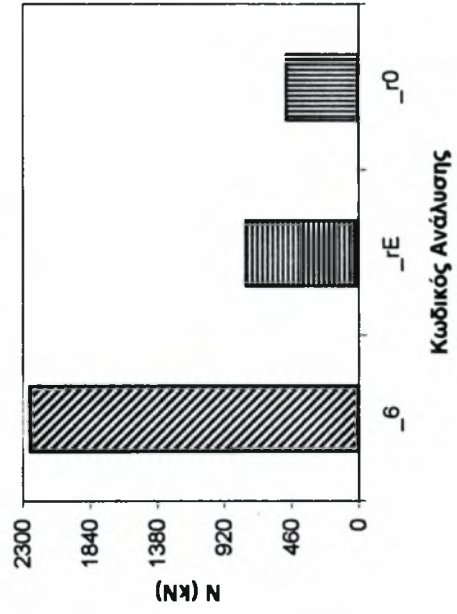
ΣΗΜΕΙΟ 7



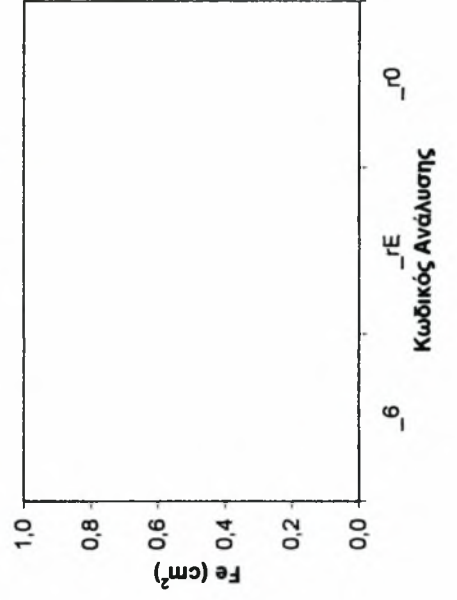
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



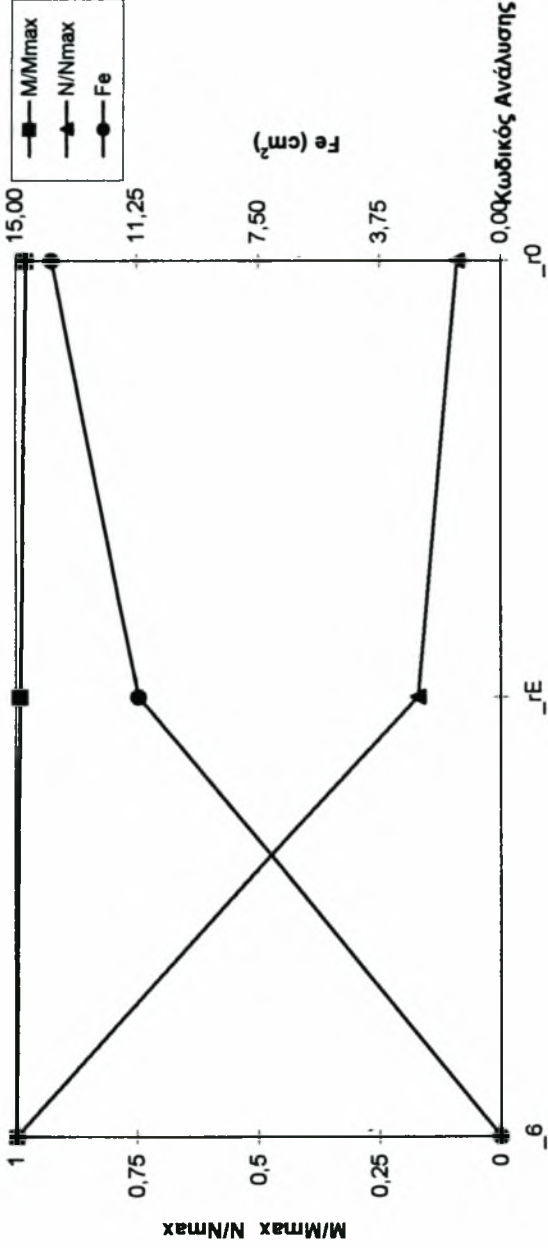
Κωδικός Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέτρου Ελαστικότητας

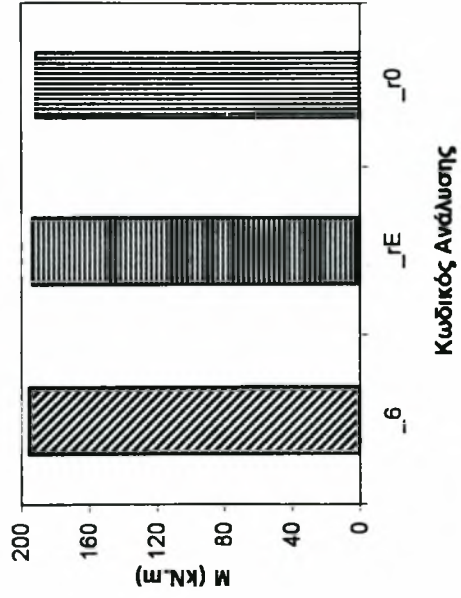
Σχήμα Β1.16

Στόμιο σήραγγας

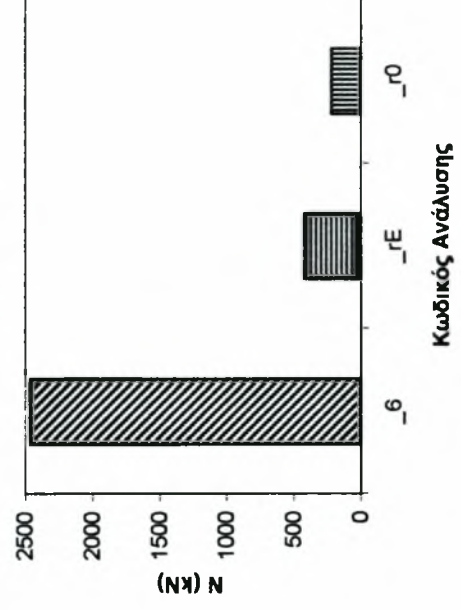
ΣΗΜΕΙΟ 8



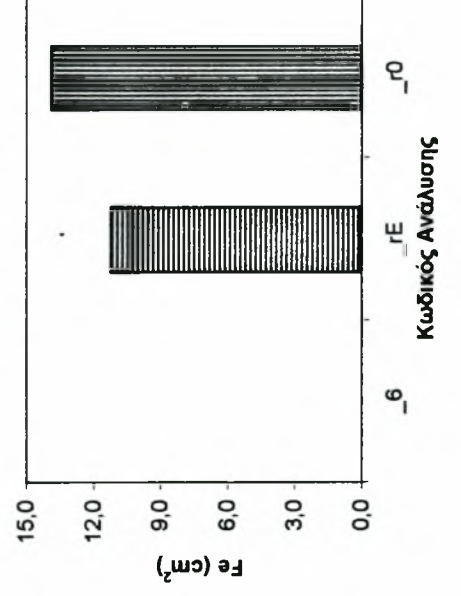
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



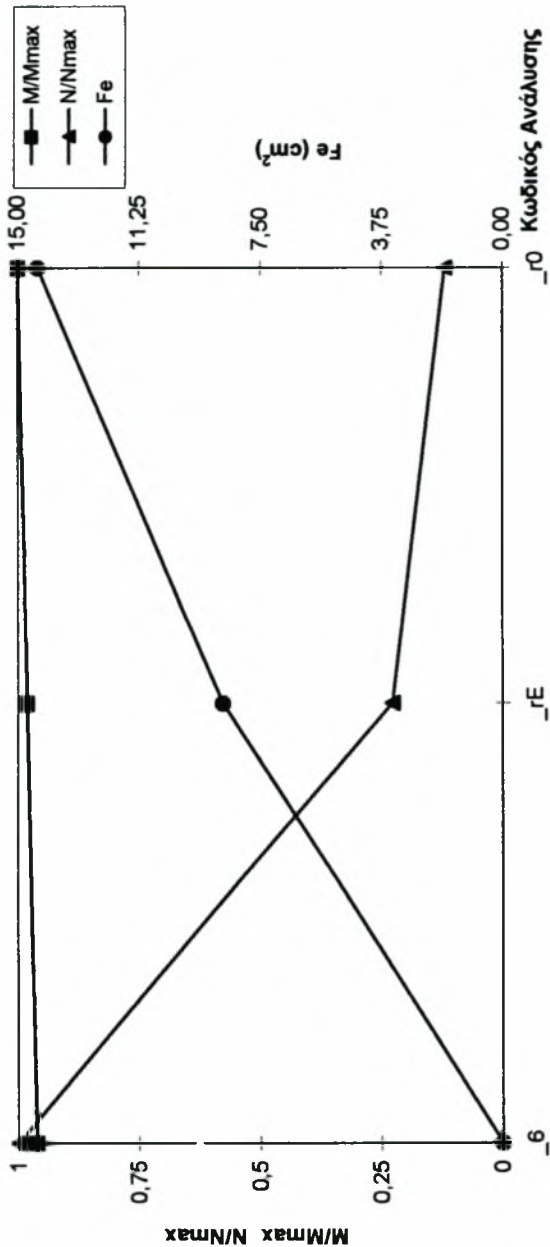
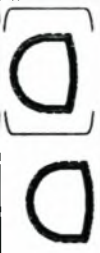
Κωδικοί Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μίτρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας

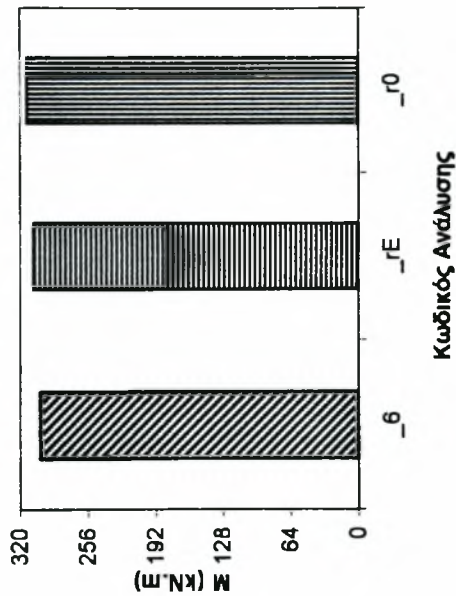
Σχήμα B1.17

Στόμιο σήραγγας

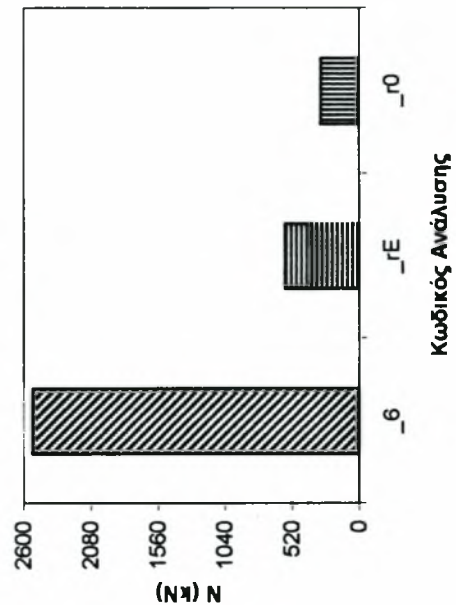
ΣΗΜΕΙΟ 9



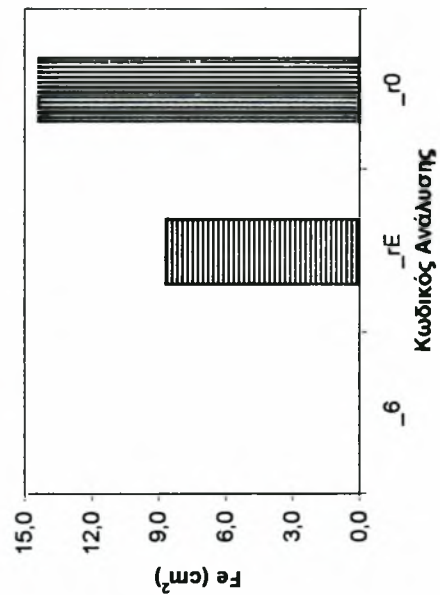
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



Κωδικοί Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μίτρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας

Σχήμα B1.18

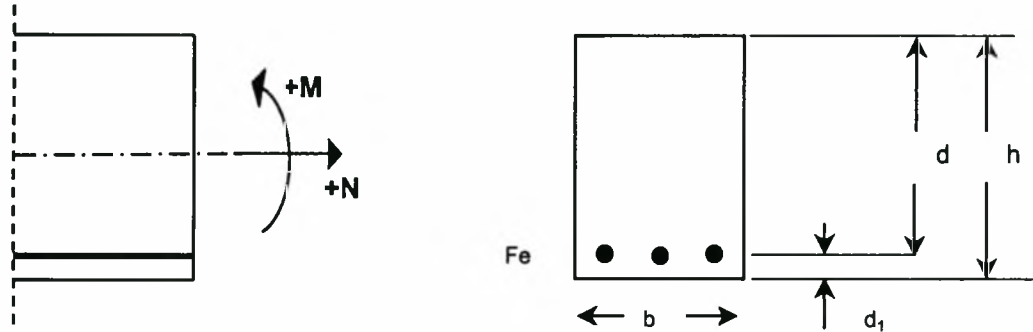
Στόμιο σήραγγας

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 1

Υλικά : Bn250 $\Rightarrow k_h^* = 5,44$
 St50/55 $\Rightarrow \sigma_e^* = 2,86 \text{ Mp/cm}^2$

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός

b = 1,00 m
 h = 0,60 m
 d₁ = 0,05 m
 d = h - d₁ = 0,55 m

Πίνακας Β1.1 :

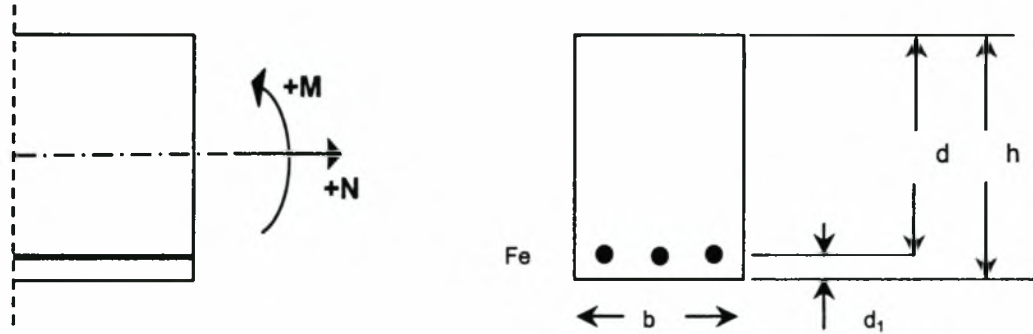
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)	k _h	ε _{b1} /ε _e	k _e	Fe (cm ²)
_6	277,900	1468,000	7,399	1,8/5,0	0,40	0,00
_e5	280,200	1047,000	8,071	2,2/5,0	0,40	0,00
r0	282,500	776,400	8,607	1,8/5,0	0,38	3,10

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 2

Υλικά : Bn250 \Rightarrow $k_h^* = 5,44$
 St50/55 \Rightarrow $\sigma_e^* = 2,86$ Mp/cm²

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός

b = 1,00 m
 h = 0,40 m
 d₁ = 0,05 m
 d = h - d₁ = 0,45 m

Πίνακας Β1.2 :

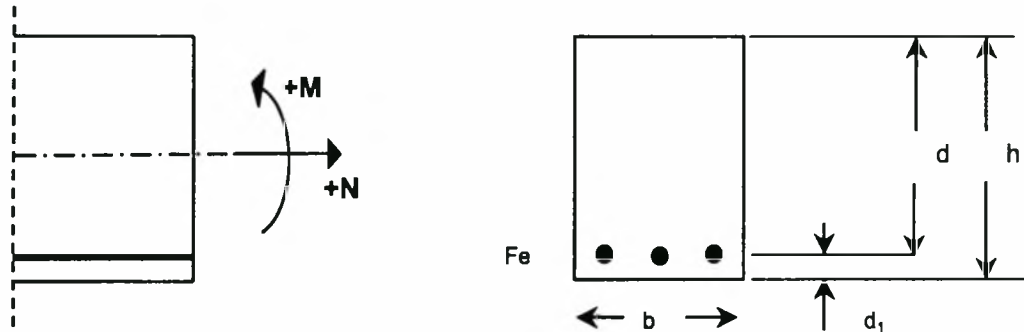
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)	k_h	ϵ_{b1}/ϵ_e	k_e	Fe (cm ²)
_6	106,900	1566,000	6,775	3,0/5,0	0,41	0,00
_e5	110,100	1140,000	7,471	2,2/5,0	0,40	0,00
r0	113,500	863,300	8,036	2,2/5,0	0,40	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 3

Υλικά : Bn250 \Rightarrow $k_h^* = 5,44$
 St50/55 \Rightarrow $\sigma_e^* = 2,86$ Mp/cm²

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός

b = 1,00 m
 h = 0,40 m
 d₁ = 0,05 m
 d = h - d₁ = 0,45 m

Πίνακας Β1.3 :

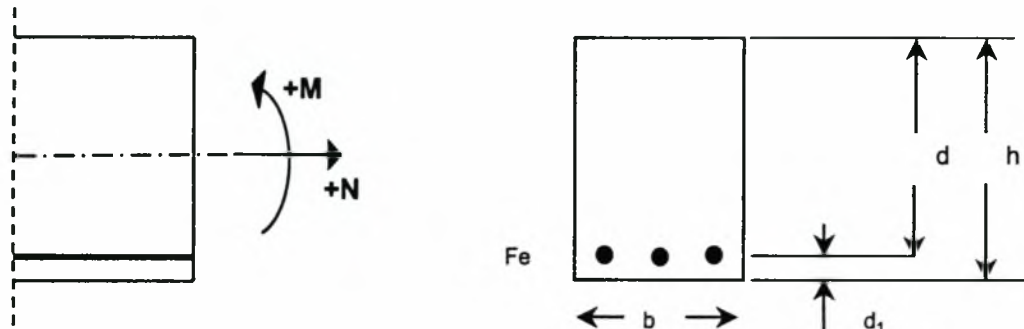
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)	k_h	ϵ_{D1}/ϵ_e	k_e	Fe (cm ²)
6	22,020	1798,000	7,334	2,2/5,0	0,40	0,00
e5	28,960	1212,000	8,628	1,8/5,0	0,38	0,00
r0	31,770	919,200	9,617	1,8/5,0	0,38	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 4

Υλικά : Bn250 \Rightarrow $k_h^* = 5,44$
 St50/55 \Rightarrow $\sigma_e^* = 2,86$ Mp/cm²

Γεωμετοία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός

b = 1,00 m
 h = 0,40 m
 d₁ = 0,05 m
 d = h - d₁ = 0,45 m

Πίνακας Β1.4 :

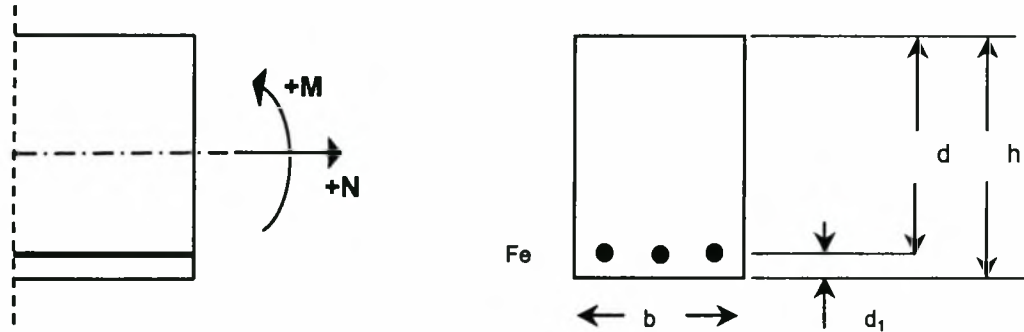
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού		k_h	ϵ_{b1}/ϵ_e	k_e	Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)				Fe (cm ²)
_6	28,470	1611,000	7,622	2,2/5,0	0,40	0,00
_e5	25,670	976,200	9,548	1,8/5,0	0,38	0,00
r0	24,980	739,600	10,744	1,3/5,0	0,38	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 5

Υλικά : Bn250 \Rightarrow $k_h^* = 5,44$
 St50/55 \Rightarrow $\sigma_e^* = 2,86$ Mp/cm²

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός

$b = 1,00$ m
 $h = 0,40$ m
 $d_1 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,45$ m

Πίνακας B1.5 :

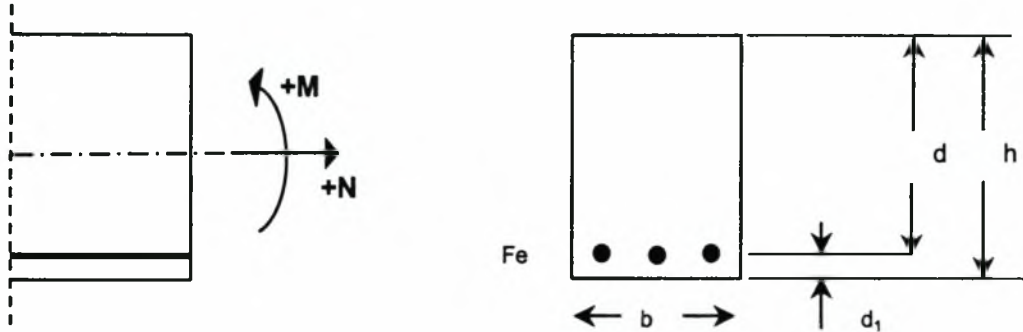
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)	k_h	ϵ_{b1}/ϵ_e	k_e	Fe (cm ²)
_6	14,910	985,800	9,818	1,8/5,0	0,38	0,00
_e5	5,489	425,500	15,046	0,9/5	0,37	0,00
r0	5,758	296,600	17,671	0,9/5	0,37	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 6

Υλικά : Bn250 \Rightarrow $k_h^* = 5,44$
 S150/55 \Rightarrow $\sigma_e^* = 2,86 \text{ Mp/cm}^2$

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύομενος οπλισμός

$b = 1,00 \text{ m}$
 $h = 0,40 \text{ m}$
 $d_1 = 0,05 \text{ m}$
 $d = h - d_1 = 0,45 \text{ m}$

Πίνακας B1.6 :

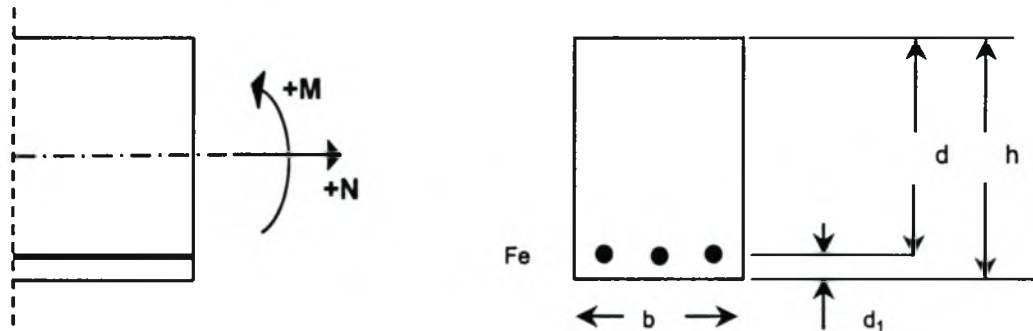
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)	k_h	ϵ_{b1}/ϵ_e	k_e	Fe (cm ²)
_6	14,510	1056,000	9,526	1,8/5,0	0,38	0,00
_e5	10,110	553,400	12,981	1,3/5,0	0,38	0,00
r0	9,374	410,600	14,870	0,9/5	0,37	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 7

Υλικά : Bn250 $\Rightarrow k_h^* = 5,44$
 St50/55 $\Rightarrow \sigma_e^* = 2,86 \text{ Mp/cm}^2$

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός

$b = 1,00 \text{ m}$
 $h = 0,40 \text{ m}$
 $d_1 = 0,05 \text{ m}$
 $d = h - d_1 = 0,45 \text{ m}$

Πίνακας Β1.7 :

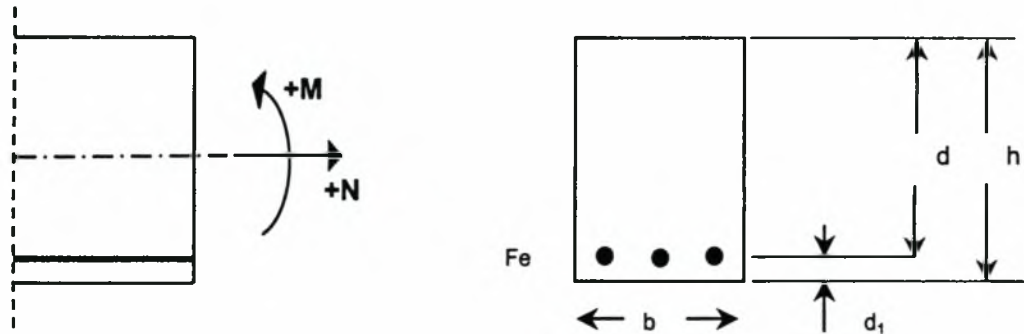
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)	k_h	ϵ_{b1}/ϵ_e	k_e	Fe (cm ²)
_6	17,400	1336,000	8,488	1,8/5,0	0,38	0,00
_e5	15,150	812,700	10,700	1,3/5,0	0,38	0,00
r0	15,620	617,300	12,041	1,3/5,0	0,38	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 8

Υλικά : Bn250 \Rightarrow $k_h^* = 5,44$
 St50/55 \Rightarrow $\sigma_o^* = 2,86$ Mp/cm²

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός

b = 1,00 m
 h = 0,40 m
 d₁ = 0,05 m
 d = h - d₁ = 0,45 m

Πίνακας Β1.8 :

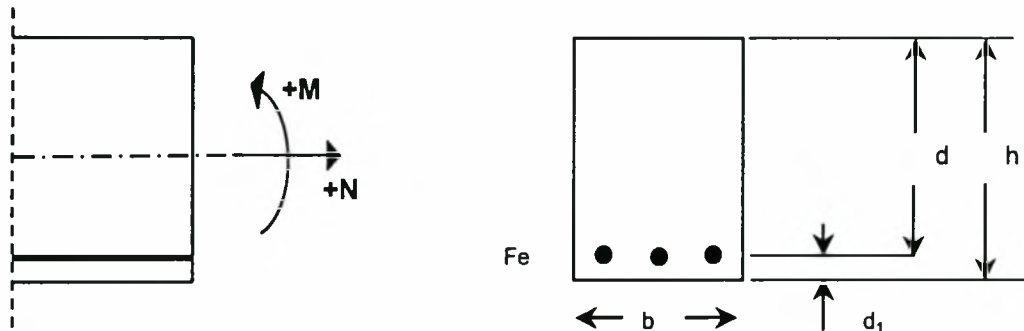
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού		k_h	ϵ_{b1}/ϵ_o	k_o	Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)				Fe (cm ²)
_6	92,380	1289,000	7,410	2,2/5,0	0,40	0,00
_e5	87,930	923,300	8,324	1,8/5,0	0,38	0,00
r0	87,260	691,300	9,065	1,8/5,0	0,38	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 9

Υλικά : Bn250 $\Rightarrow k_n^* = 5,44$
 St50/55 $\Rightarrow \sigma_s^* = 2,86 \text{ Mp/cm}^2$

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός

b = 1,00 m
 h = 0,60 m
 d₁ = 0,05 m
 d = h - d₁ = 0,55 m

Πίνακας B1.9 :

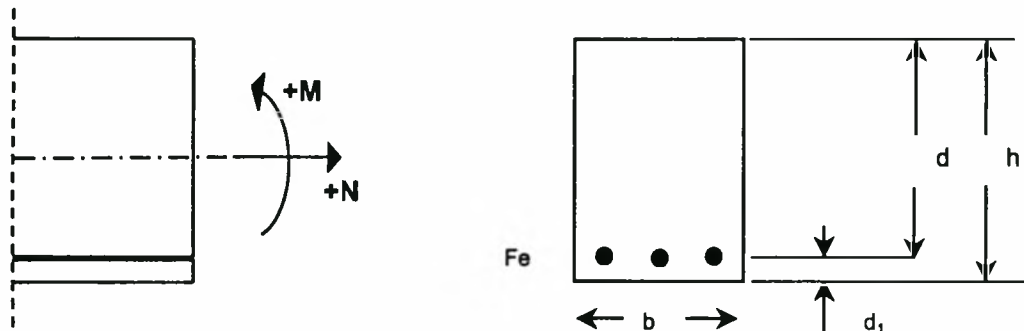
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)	k_n	ϵ_{b1}/ϵ_s	k_e	Fe (cm ²)
_6	193,200	1245,000	8,366	1,8/5,0	0,38	0,00
_e5	189,600	880,500	9,283	1,8/5,0	0,38	0,00
r0	191,200	651,000	9,987	1,8/5,0	0,38	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 1

Υλικά : Bn250 \Rightarrow $k_h^* = 5,44$
 St50/55 \Rightarrow $\sigma_s^* = 2,86$ Mp/cm²

Γεωμετρία διατόμης:



όπου F_e : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός

$b = 1,00$ m
 $h = 0,60$ m
 $d_1 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,55$ m

Πίνακας Β1.10 :

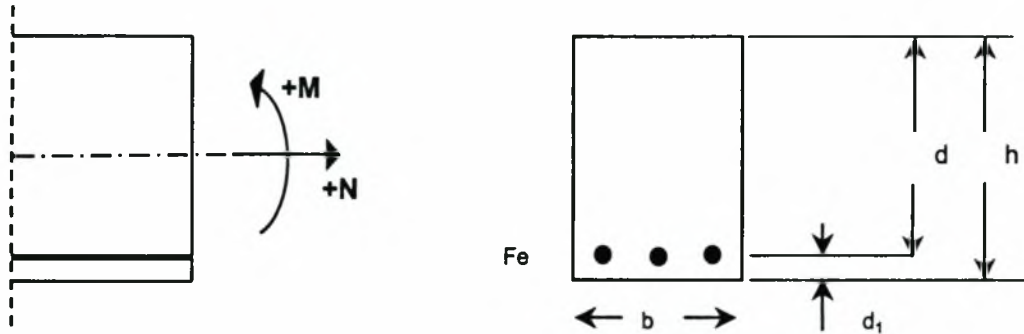
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)	k_h	ϵ_{b1}/ϵ_s	k_s	F_e (cm ²)
6	210,100	2095,000	6,936	3,5/5,0	0,40	0,00
rE	247,700	354,800	10,244	1,3/5,0	0,38	9,08
r0	254,700	188,300	10,816	1,3/5,0	0,38	12,78

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 2

Υλικά : Bn250 \Rightarrow $k_n^* = 5,44$
 St50/55 \Rightarrow $\sigma_s^* = 2,86$ Mp/cm²

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός

b = 1,00 m
 h = 0,40 m
 d₁ = 0,05 m
 d = h - d₁ = 0,45 m

Πίνακας Β1.11 :

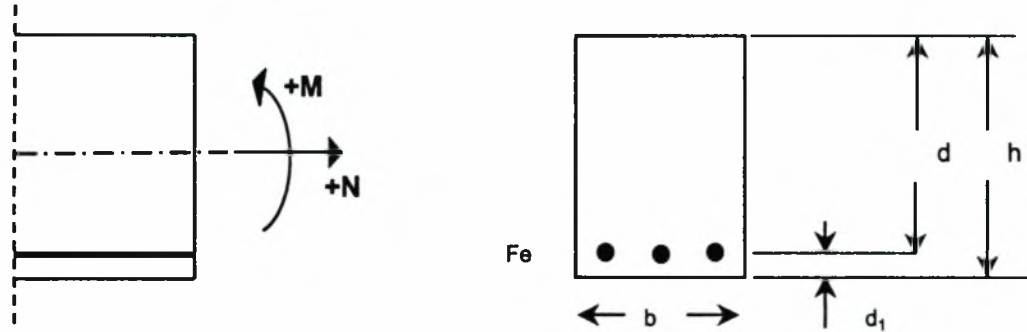
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)	k_n	ϵ_{b1}/ϵ_s	k_s	Fe (cm ²)
δ	268,800	2077,000	5,200	3,5/3,0	0,45	0,00
rE	273,800	292,600	7,028	2,6/5,0	0,40	21,96
r0	288,800	157,200	7,087	2,6/5,0	0,40	26,25

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 3

Υλικά : Bn250 \Rightarrow $k_h^* = 5,44$
 St50/55 \Rightarrow $\sigma_e^* = 2,86$ Mp/cm²

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός

b = 1,00 m
 h = 0,40 m
 d₁ = 0,05 m
 d = h - d₁ = 0,45 m

Πίνακας Β1.12 :

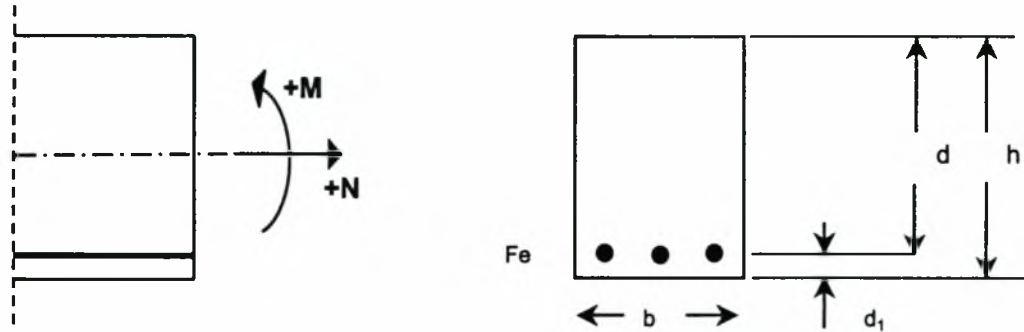
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)	k_h	ϵ_{b1}/ϵ_e	k_e	Fe (cm ²)
6	162,200	2458,000	5,436	3,5/3,0	0,45	0,00
rE	160,500	665,100	7,764	2,2/5,0	0,40	2,83
r0	170,100	433,000	8,170	2,2/5,0	0,40	8,53

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 4

Υλικά : Bn250 \Rightarrow $k_h^* = 5,44$
 St50/55 \Rightarrow $\sigma_e^* = 2,86$ Mp/cm²

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός

b = 1,00 m
 h = 0,40 m
 d₁ = 0,05 m
 d = h - d₁ = 0,45 m

Πίνακας B1.15 :

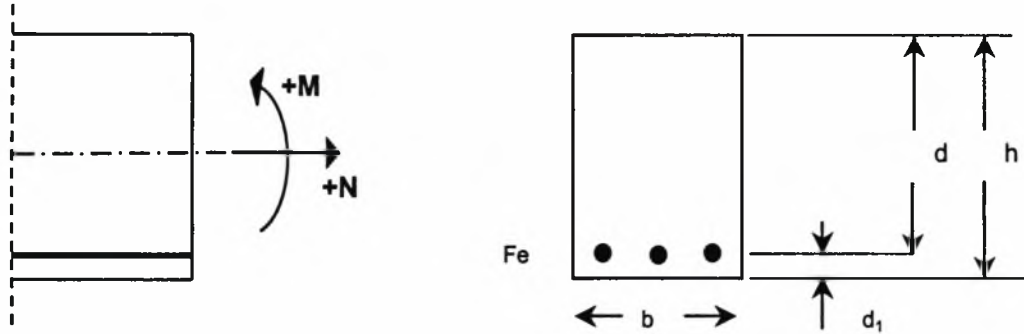
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)	k_h	ϵ_{b1}/ϵ_e	k_e	Fe (cm ²)
6	67,030	2024,000	6,507	3,0/5,0	0,41	0,00
rE	67,240	646,900	9,773	1,8/5,0	0,38	0,00
r0	66,180	419,000	11,027	1,3/5,0	0,38	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 5

Υλικά : Bn250 \Rightarrow $k_h^* = 5,44$
 St50/55 \Rightarrow $\sigma_s^* = 2,86$ Mp/cm²

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύομενος οπλισμός

b = 1,00 m
 h = 0,40 m
 d₁ = 0,05 m
 d = h - d₁ = 0,45 m

Πίνακας Β1.14 :

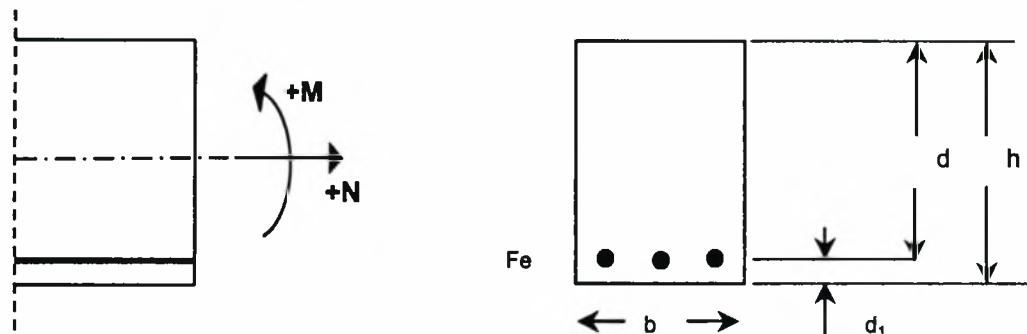
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)	k_h	ϵ_{b1}/ϵ_s	k_e	Fe (cm ²)
6	46,320	1485,000	7,636	2,2/5,0	0,40	0,00
rE	14,510	560,000	12,621	1,3/5,0	0,38	0,00
r0	17,440	360,900	14,806	0,9/5,0	0,37	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 6

Υλικά : Bn250 \Rightarrow $k_h^* = 5,44$
 St50/55 \Rightarrow $\sigma_s^* = 2,86$ Mp/cm²

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύομενος οπλισμός

b = 1,00 m
 h = 0,40 m
 d₁ = 0,05 m
 d = h - d₁ = 0,45 m

Πίνακας B1.15 :

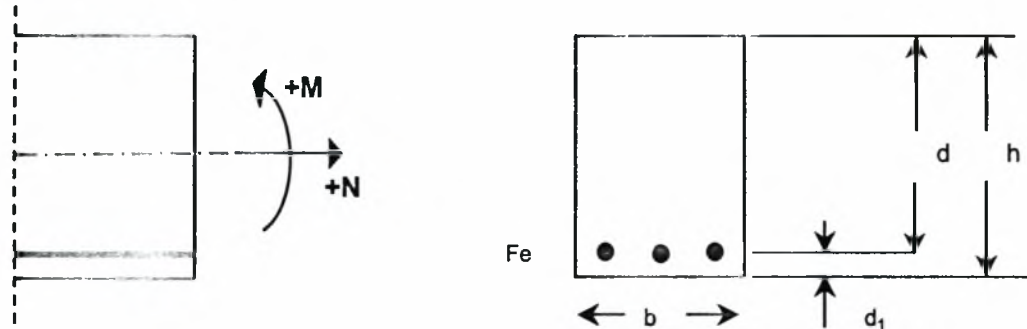
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού		k_h	ϵ_{b1}/ϵ_s	k_e	Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)				Fe (cm ²)
6	30,930	1681,000	7,445	2,2/5,0	0,40	0,00
rE	23,850	701,400	11,026	1,3/5,0	0,38	0,00
r0	24,310	451,600	13,056	1,3/5,0	0,38	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 7

Υλικά : Bn250 $\Rightarrow k_h^* = 5,44$
 St50/55 $\Rightarrow \sigma_s^* = 2,86 \text{ Mp/cm}^2$

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός

b = 1,00 m
 h = 0,40 m
 d₁ = 0,05 m
 d = h - d₁ = 0,45 m

Πίνακας B1.16 :

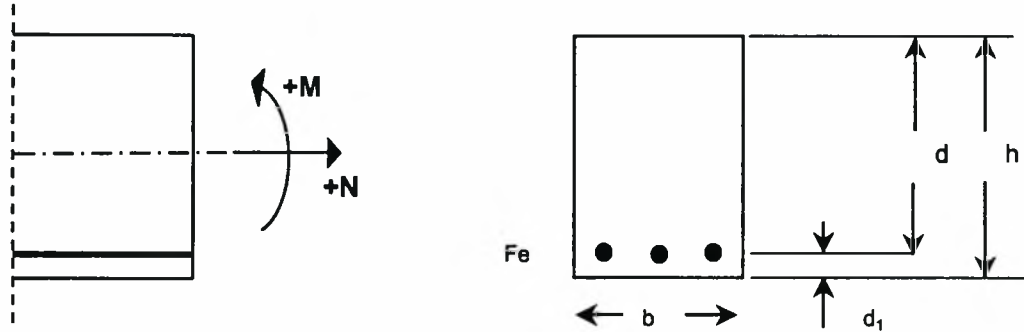
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού		k_h	ϵ_{b1}/ϵ_s	k_s	Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)				Fe (cm ²)
6	70,950	2251,000	6,197	3,3/5,0	0,42	0,00
rE	84,450	772,700	8,850	1,8/5,0	0,38	0,00
r0	85,060	494,900	9,925	1,8/5,0	0,38	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 8

Υλικά : Bn250 \Rightarrow $k_h^* = 5,44$
 St50/55 \Rightarrow $\sigma_e^* = 2,86$ Mp/cm²

Γεωμετρία διατόμης:



όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύομενος οπλισμός

b = 1,00 m
 h = 0,40 m
 d₁ = 0,05 m
 d = h - d₁ = 0,45 m

Πίνακας B1.17 :

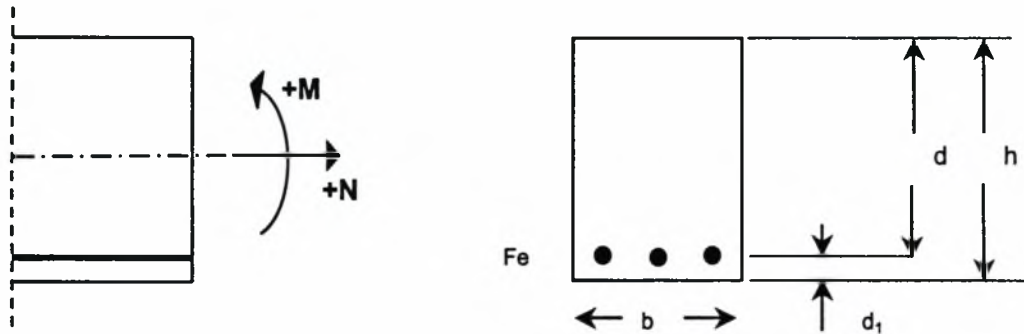
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού		k_h	ϵ_{b1}/ϵ_e	k_e	Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)				Fe (cm ²)
6	195,300	2460,000	5,273	3,5/3,0	0,45	0,00
rE	193,400	418,000	7,827	2,2/5,0	0,40	11,21
r0	191,300	219,600	8,365	1,8/5,0	0,38	13,89

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο επιτρεπόμενων τάσεων

Σημείο 9

Υλικά : Bn250 \Rightarrow $k_h^* = 5,44$
 St50/55 \Rightarrow $\sigma_e^* = 2,86$ Mp/cm²

Γεωμετρία διατόμης:



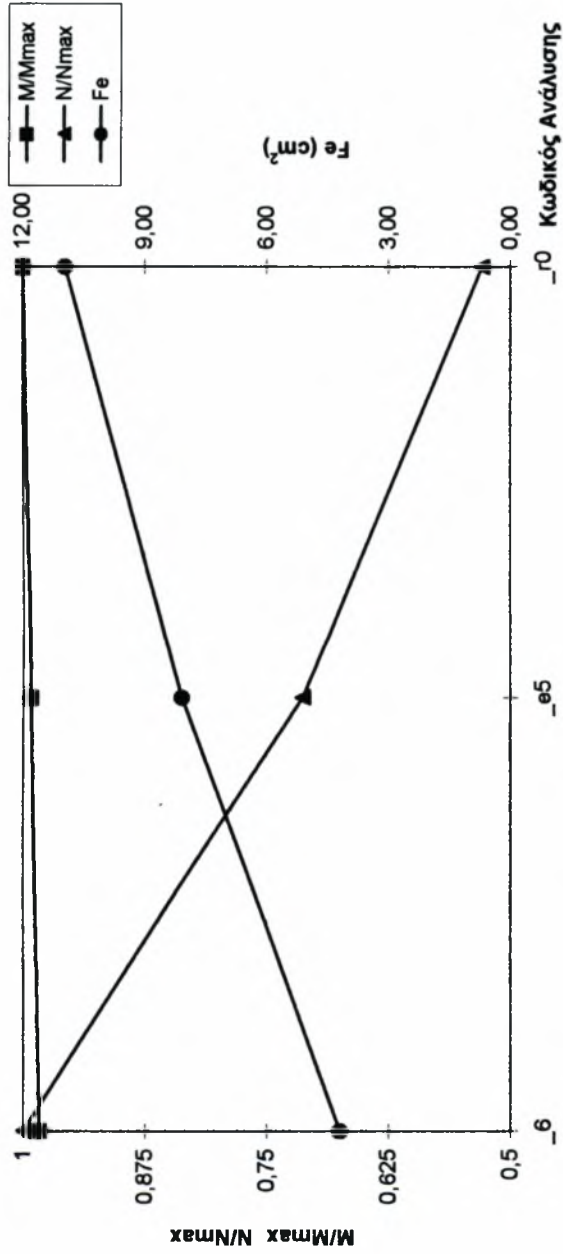
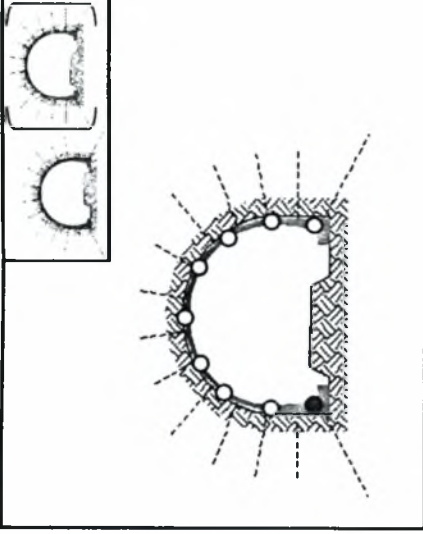
όπου Fe : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός

$b = 1,00$ m
 $h = 0,60$ m
 $d_1 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,55$ m

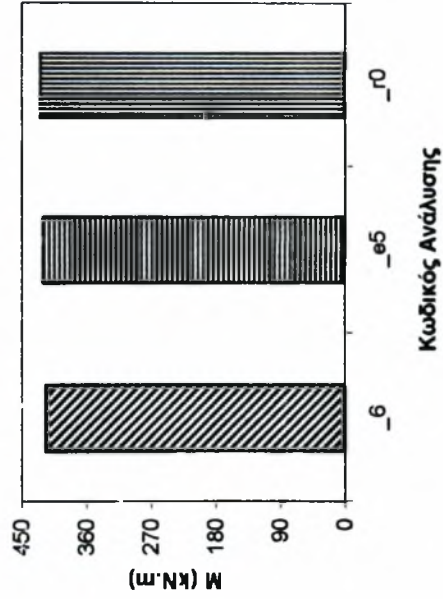
Πίνακας Β1.18 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενος οπλισμός
	M (kN.m)	N (kN)	k_h	ϵ_{b1}/ϵ_e	k_e	Fe (cm ²)
6	301,100	2531,000	6,149	3,5/5,0	0,42	0,00
rE	307,200	573,600	8,851	1,8/5,0	0,38	8,65
r0	313,100	299,300	9,540	1,8/5,0	0,38	14,38

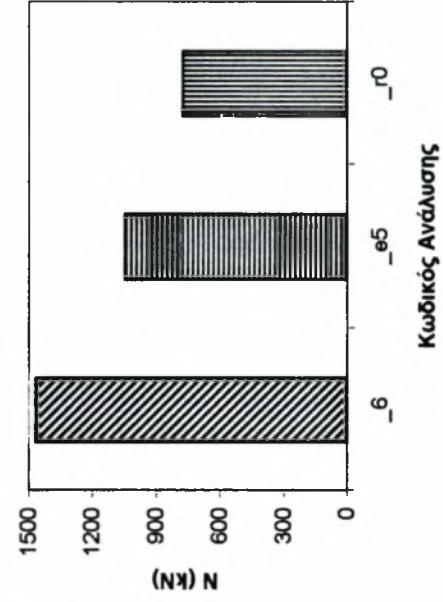
ΣΗΜΕΙΟ 1



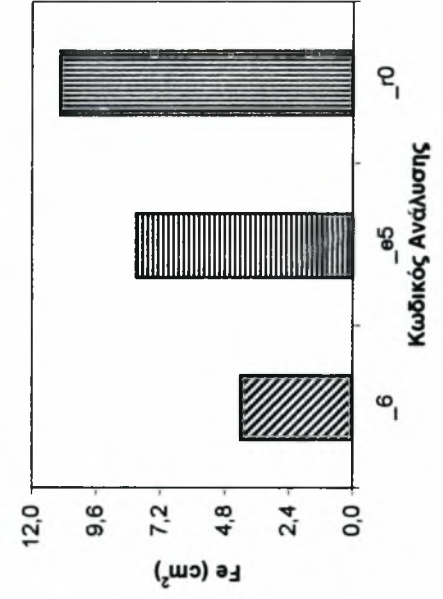
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



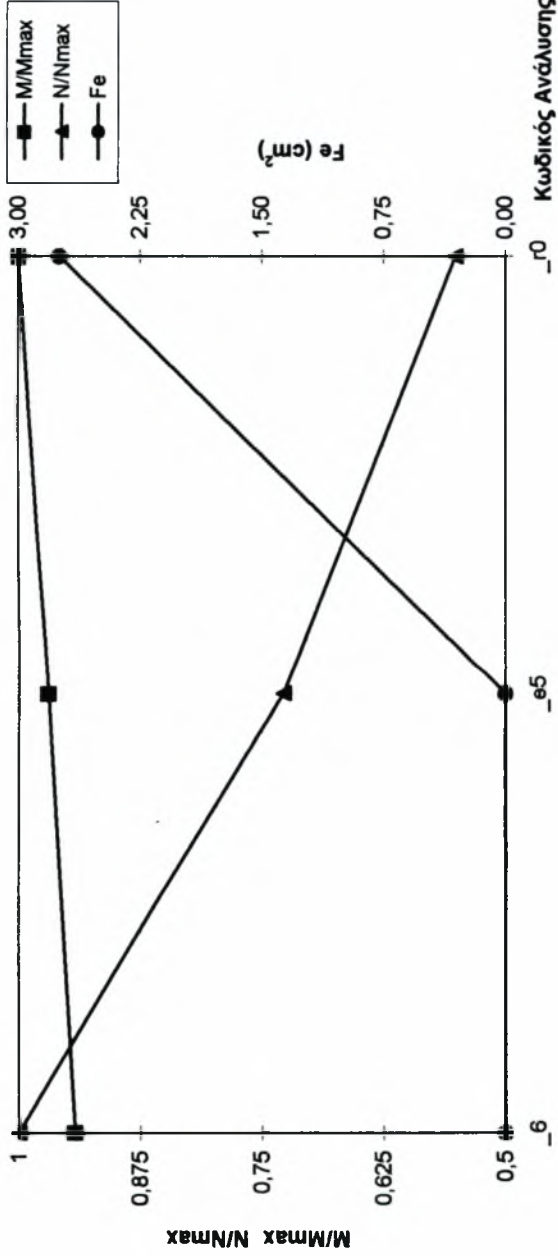
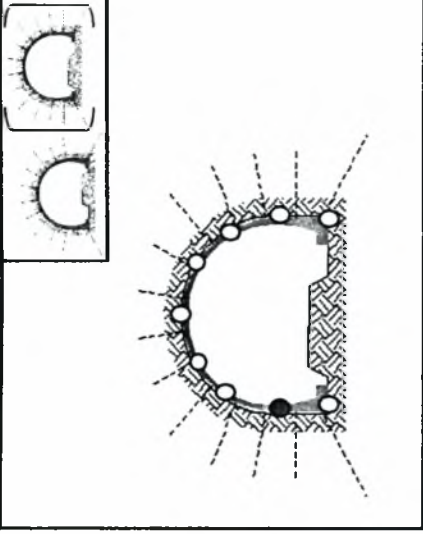
Κωδικοί Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- _e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρους Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρους Ελαστικότητας

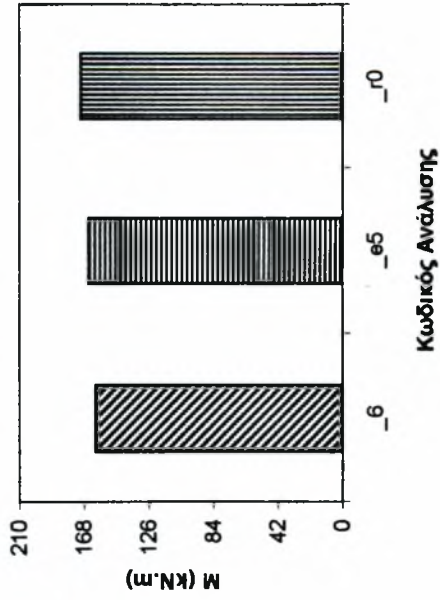
Σχήμα Β2.1.1

Κύριο τμήμα σήραγγας

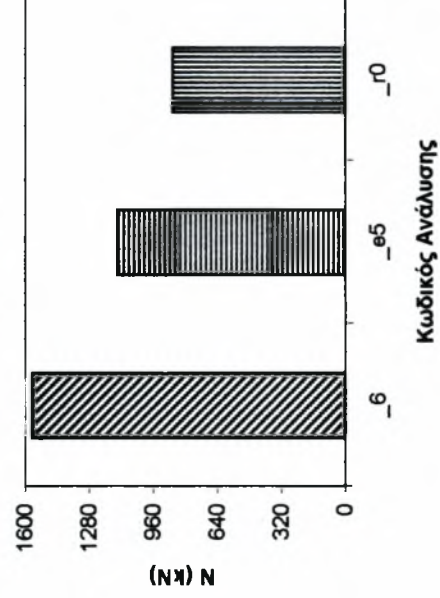
ΣΗΜΕΙΟ 2



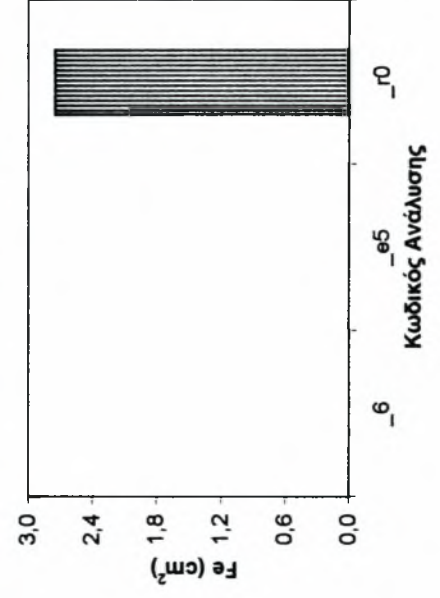
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



Κωδικός Ανάλυσης:

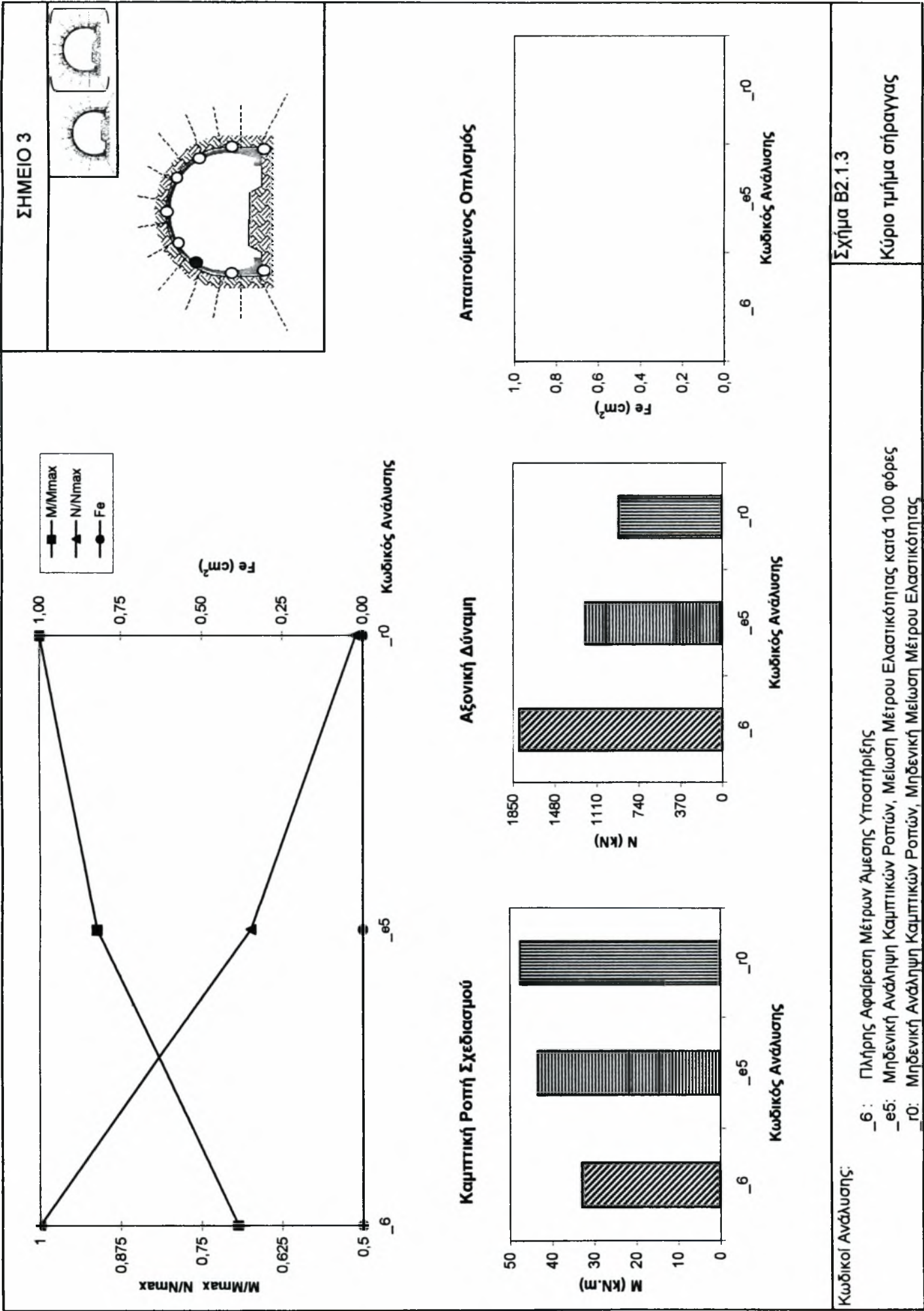
_6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης

_e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές

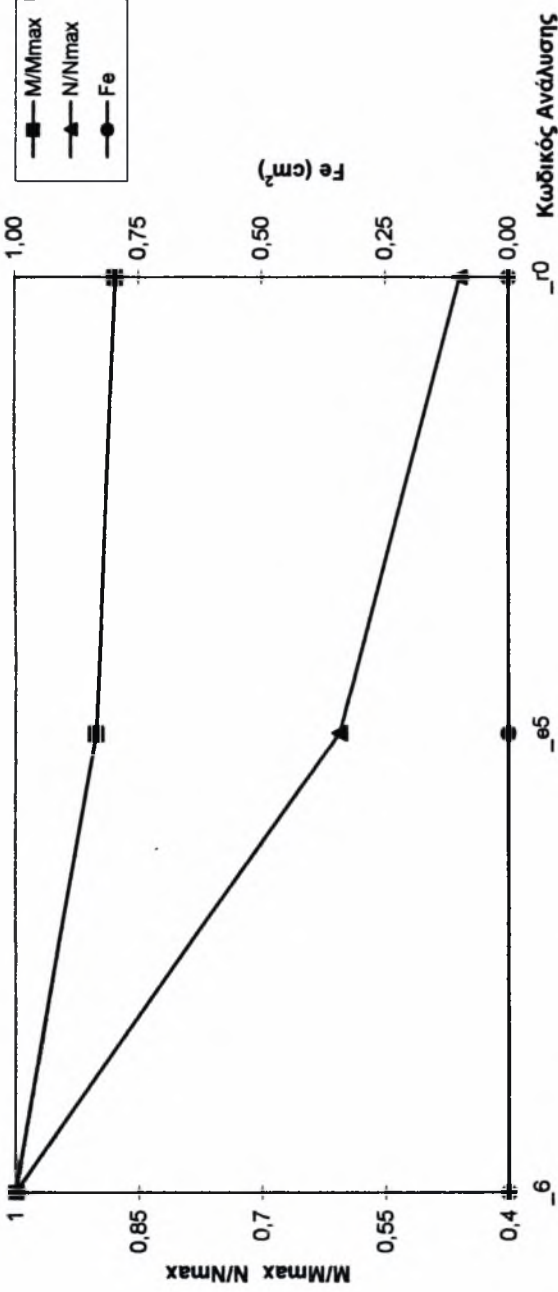
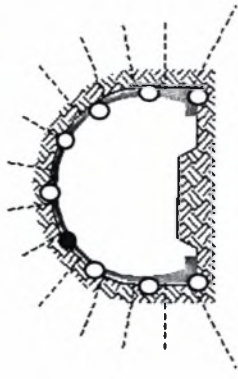
_r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

Σχήμα B2.1.2

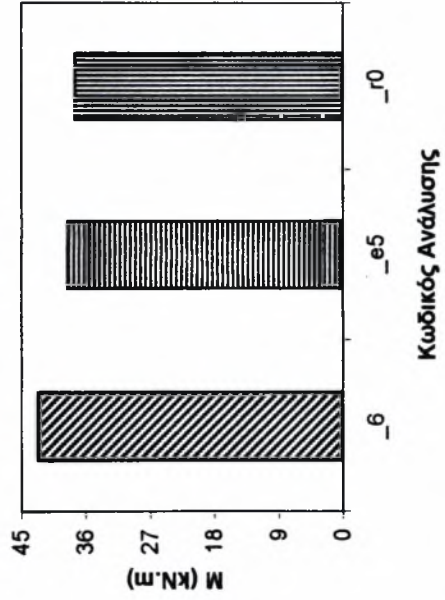
Κύριο τμήμα σήραγγας



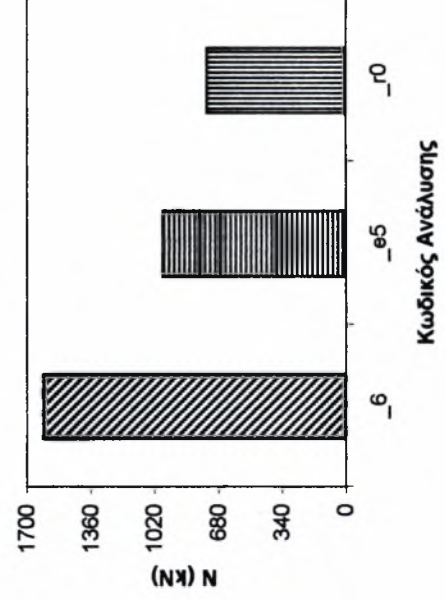
ΣΗΜΕΙΟ 4



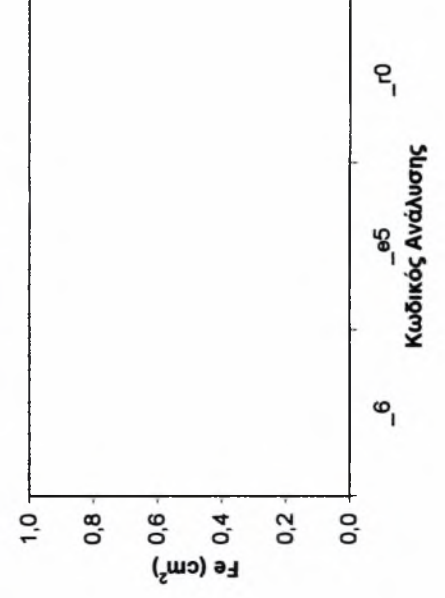
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



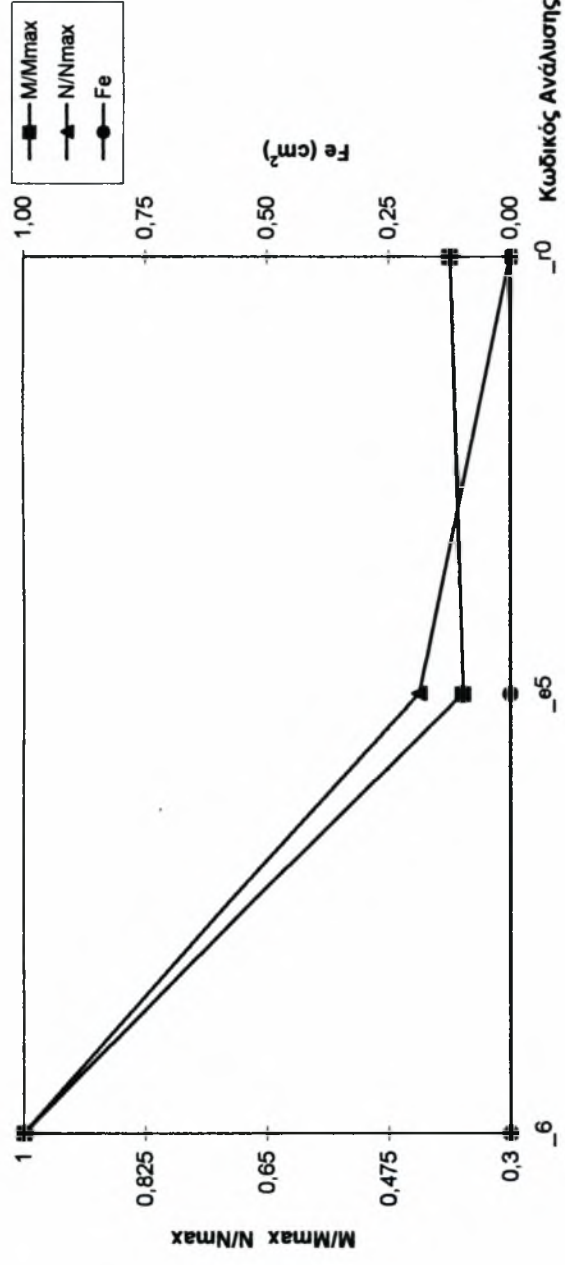
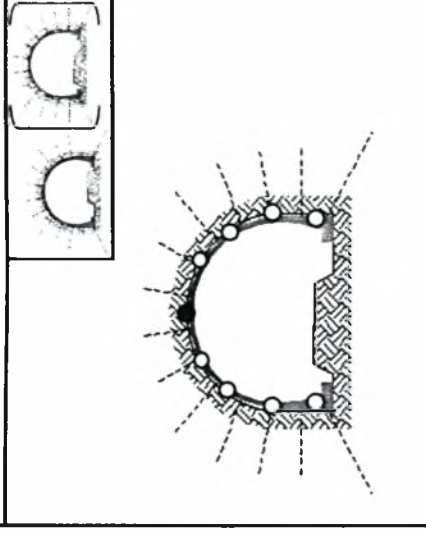
Κωδικοί Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

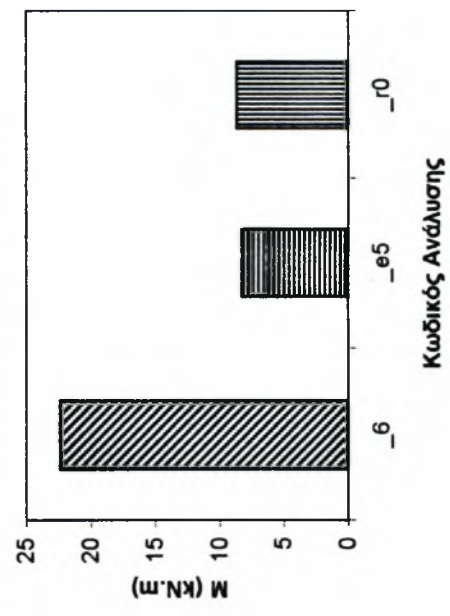
Σχήμα B2.1.4

Κύριο τμήμα σήραγγας

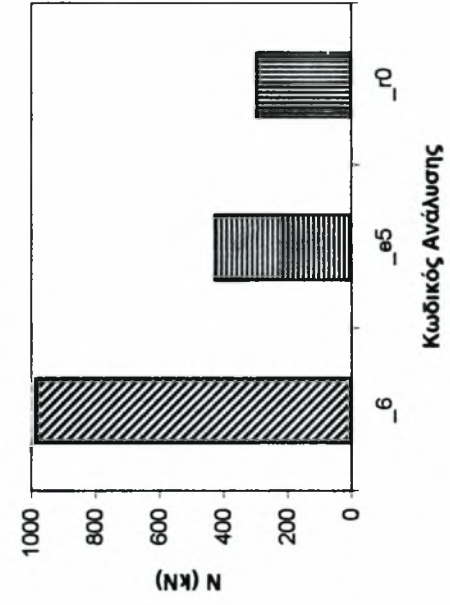
ΣΗΜΕΙΟ 5



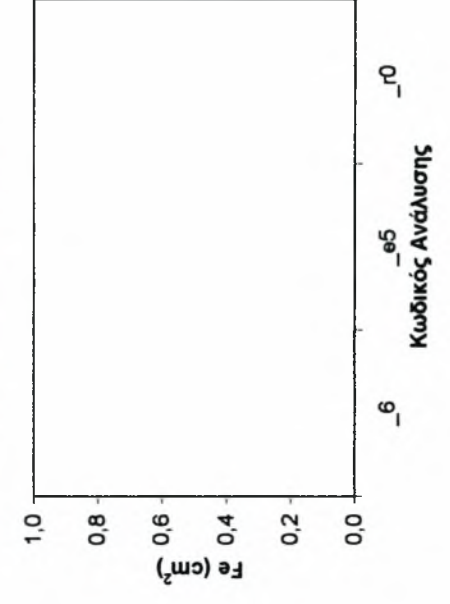
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



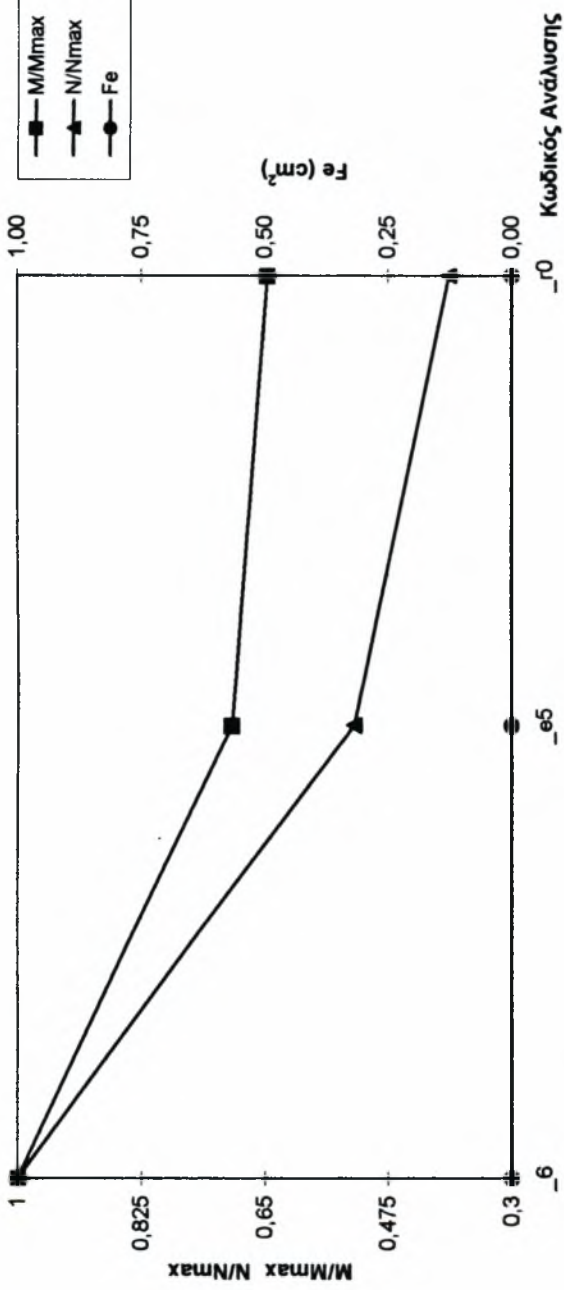
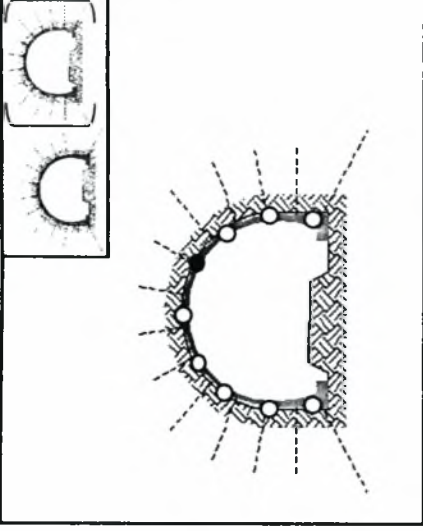
Κωδικοί Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μίτρων Άμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας

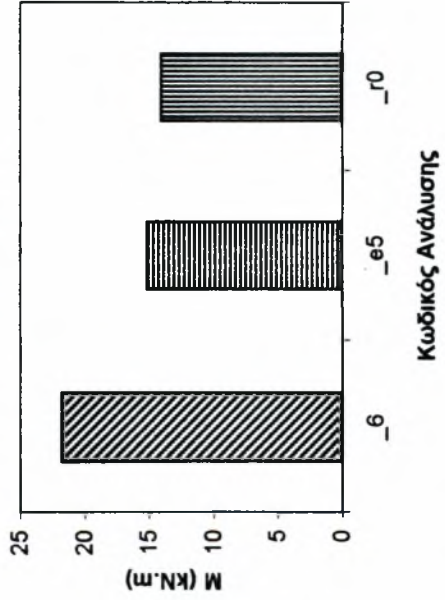
Σχήμα B2.1.5

Κύριο τμήμα σήραγγας

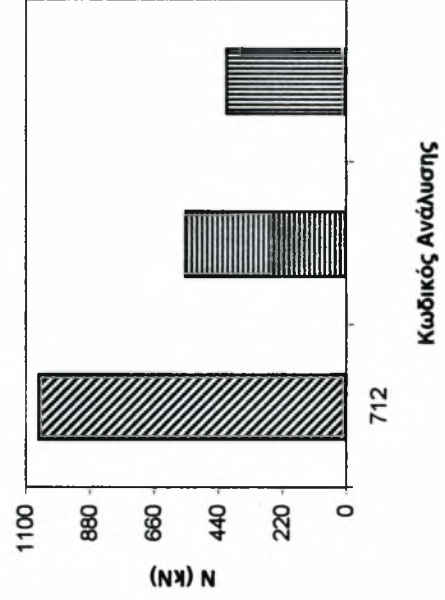
ΣΗΜΕΙΟ 6



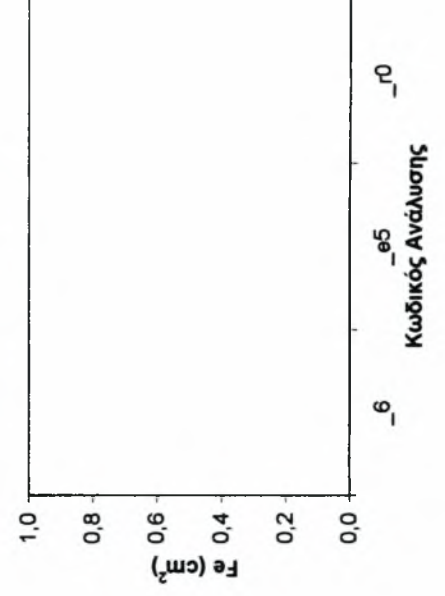
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



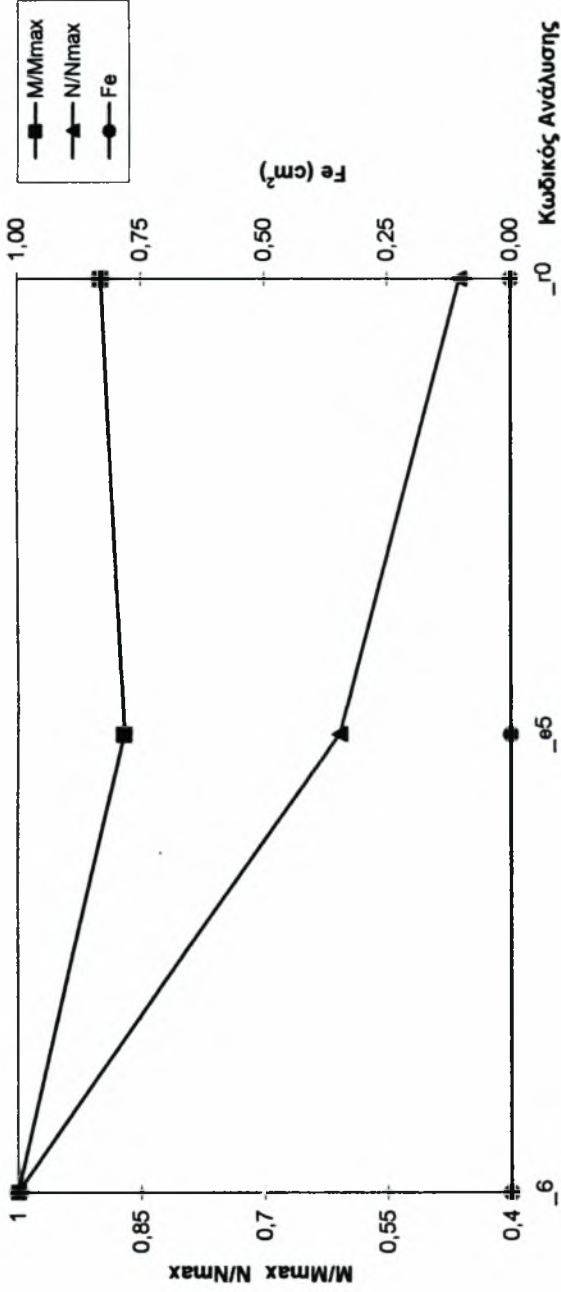
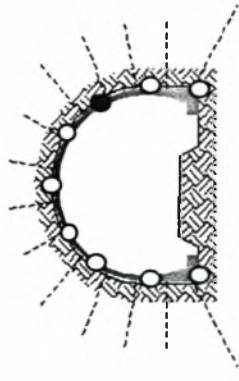
Κωδικός Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- _e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

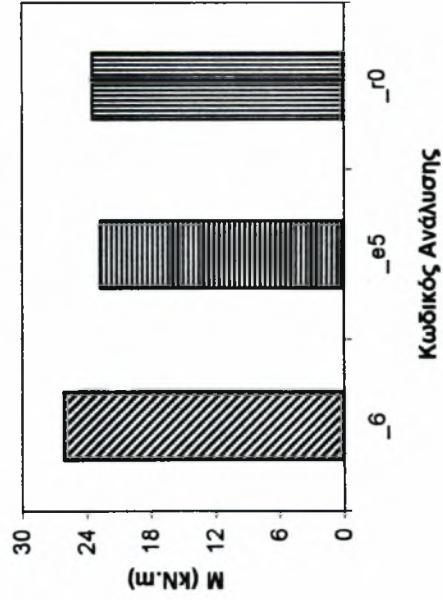
Σχήμα B2.1.6

Κύριο τμήμα σήραγγας

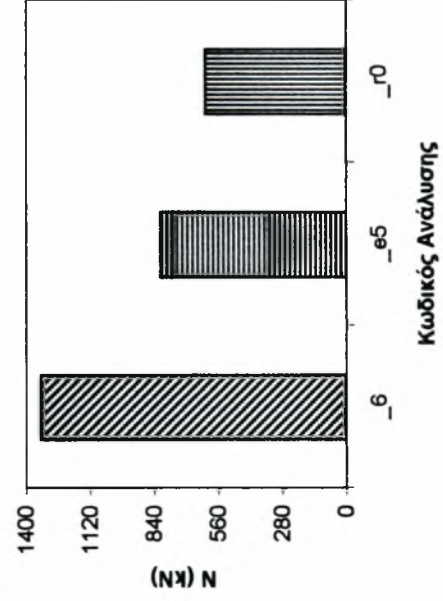
ΣΗΜΕΙΟ 7



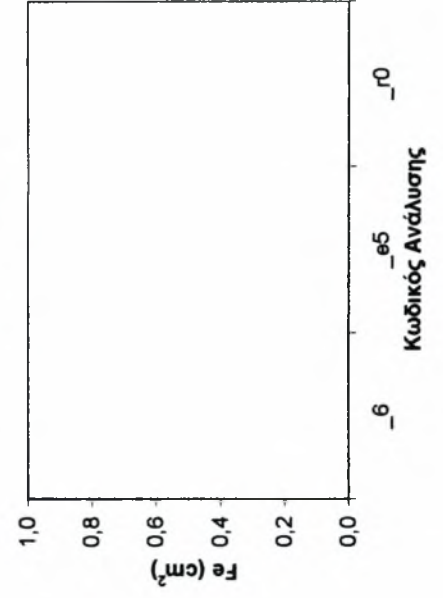
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



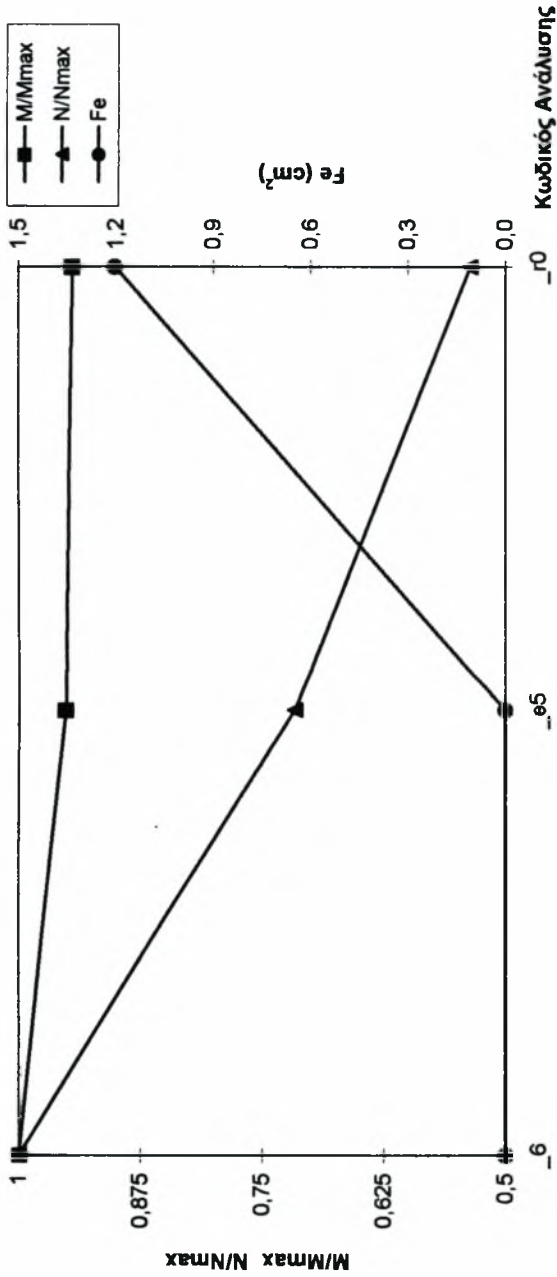
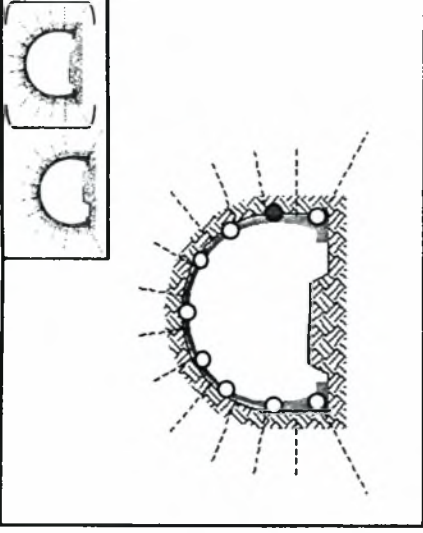
Κωδικοί Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης
- _e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρους Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρους Ελαστικότητας

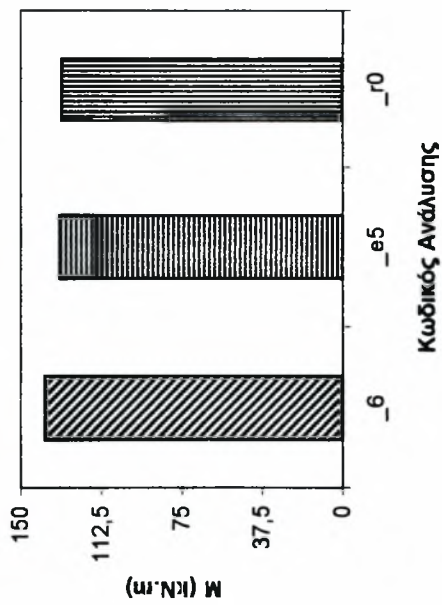
Σχήμα B2.1.7

Κύριο τμήμα σήραγγας

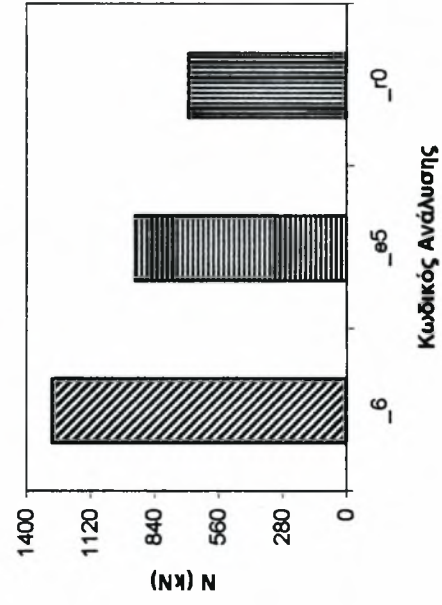
ΣΗΜΕΙΟ 8



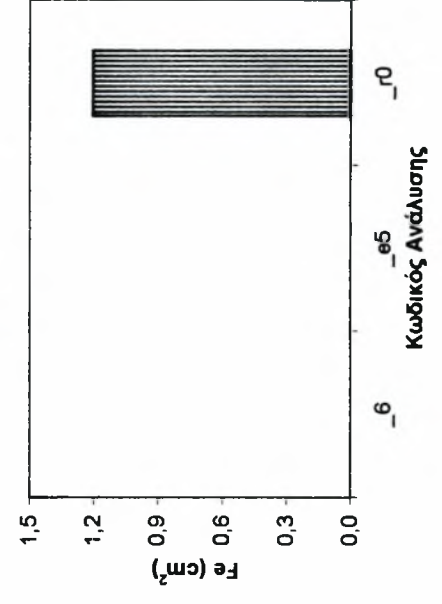
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



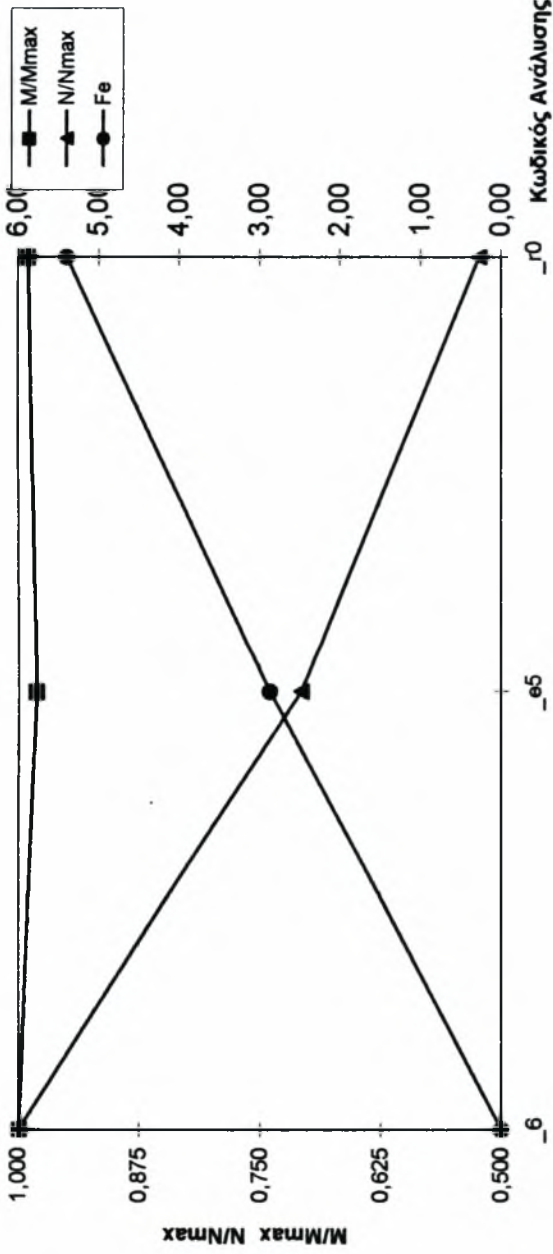
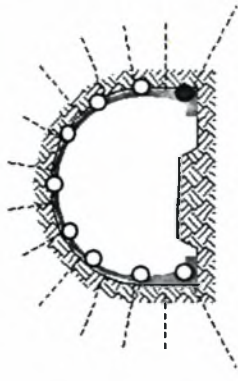
Κωδικοί Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέτρου Ελαστικότητας

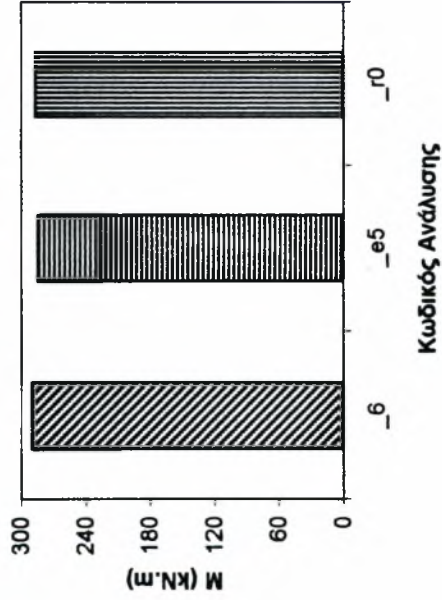
Σχήμα B2.1.8

Κύριο τμήμα σήραγγας

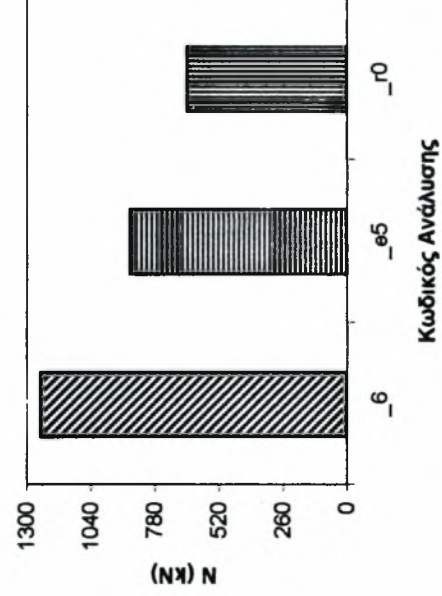
ΣΗΜΕΙΟ 9



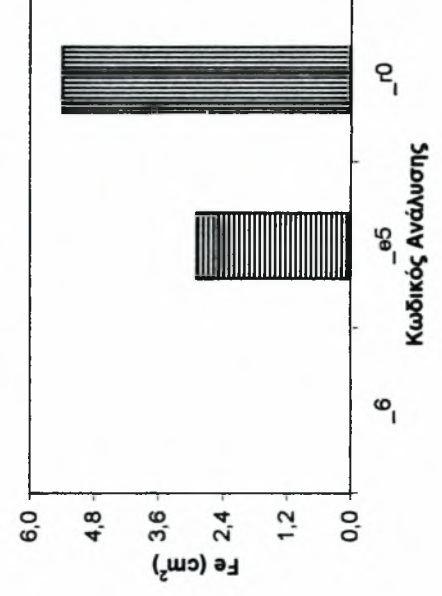
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



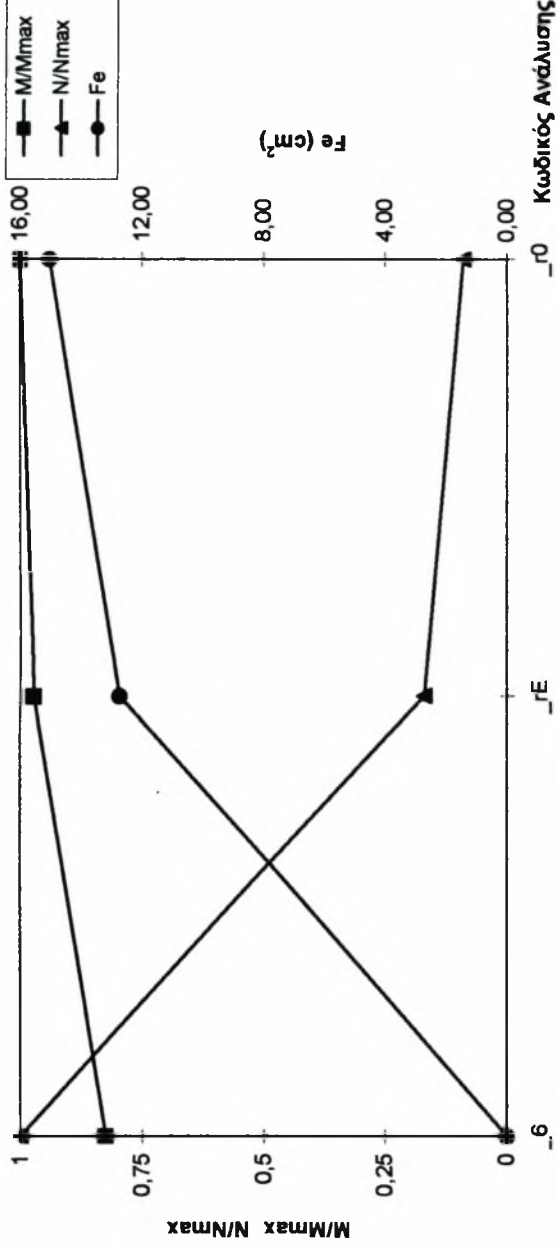
Κωδικός Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- _e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

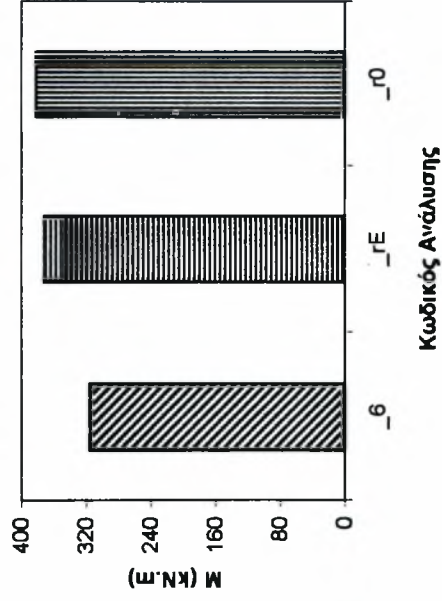
Σχήμα B2.1.9

Κύριο τμήμα σήραγγας

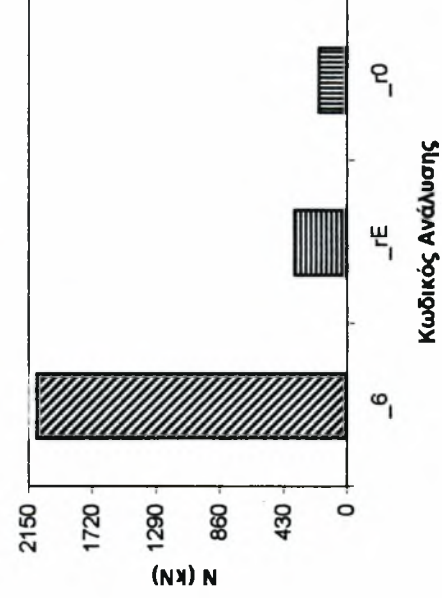
ΣΗΜΕΙΟ 1



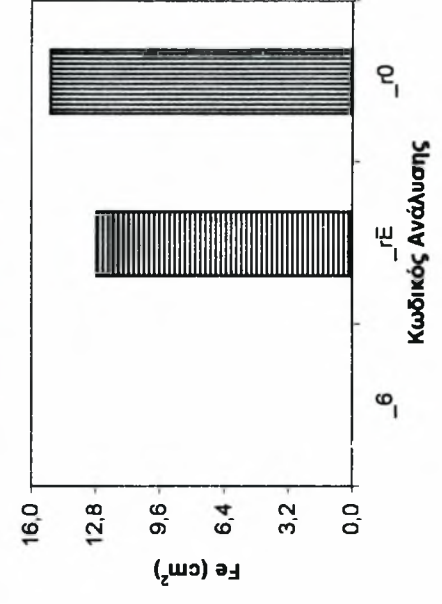
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



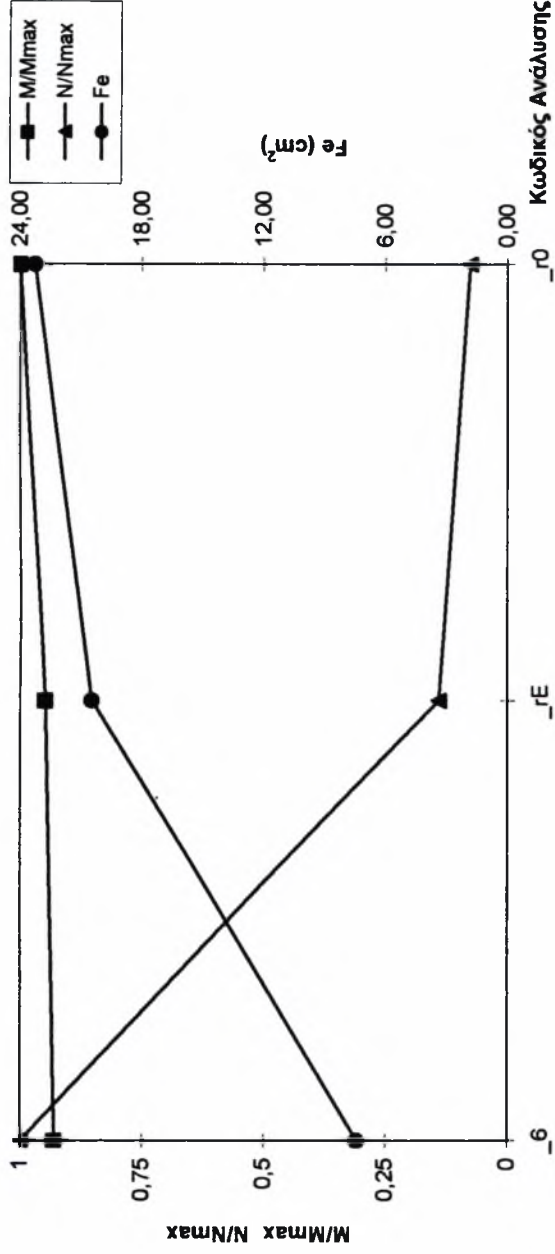
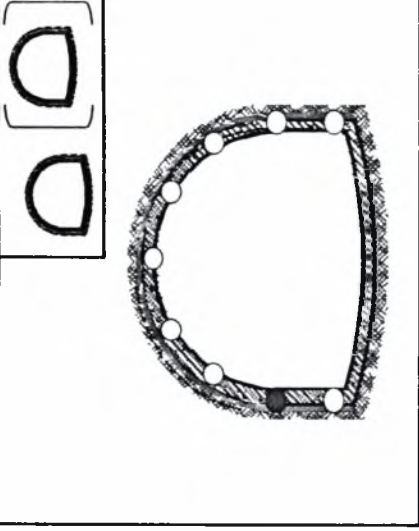
Κωδικός Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φόρες
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

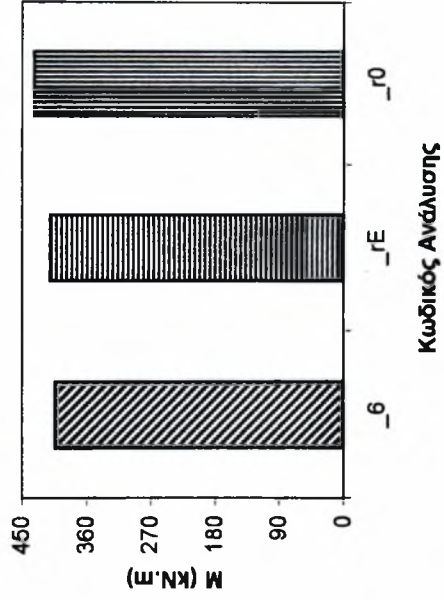
Σχήμα B2.1.10

Στόμιο σήραγγας

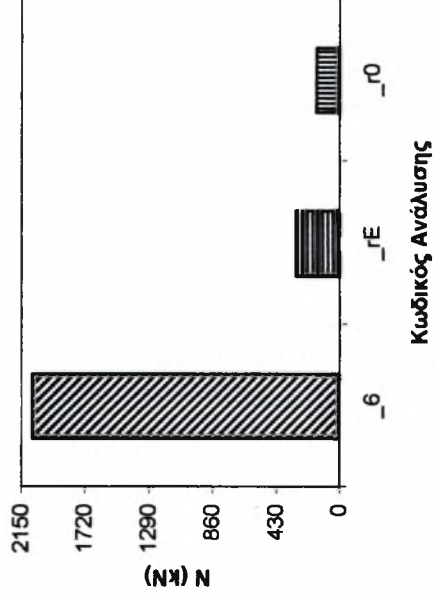
ΣΗΜΕΙΟ 2



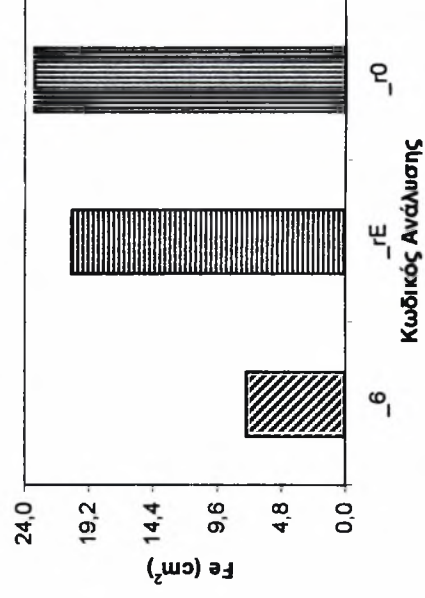
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



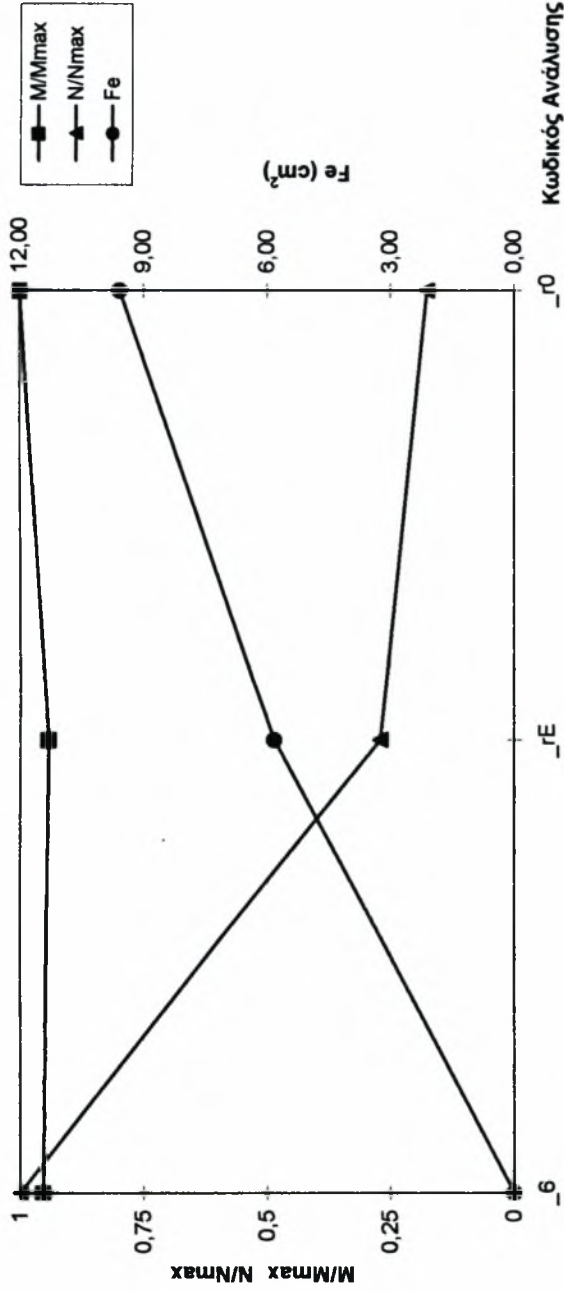
Κωδικοί Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

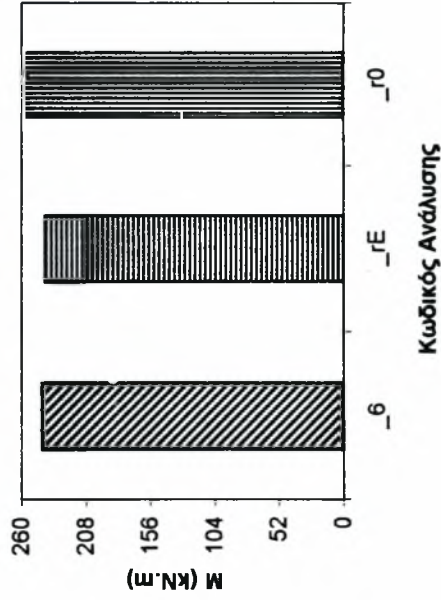
Σχήμα B2.1.11

Στόμιο σήραγγας

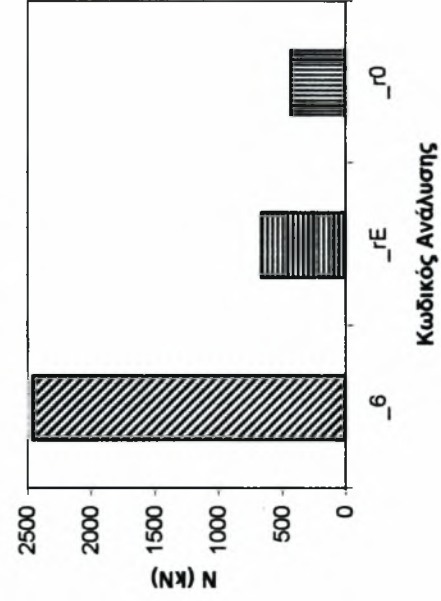
ΣΗΜΕΙΟ 3



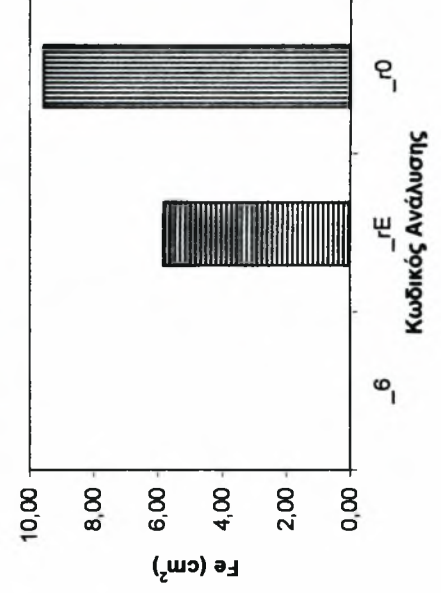
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



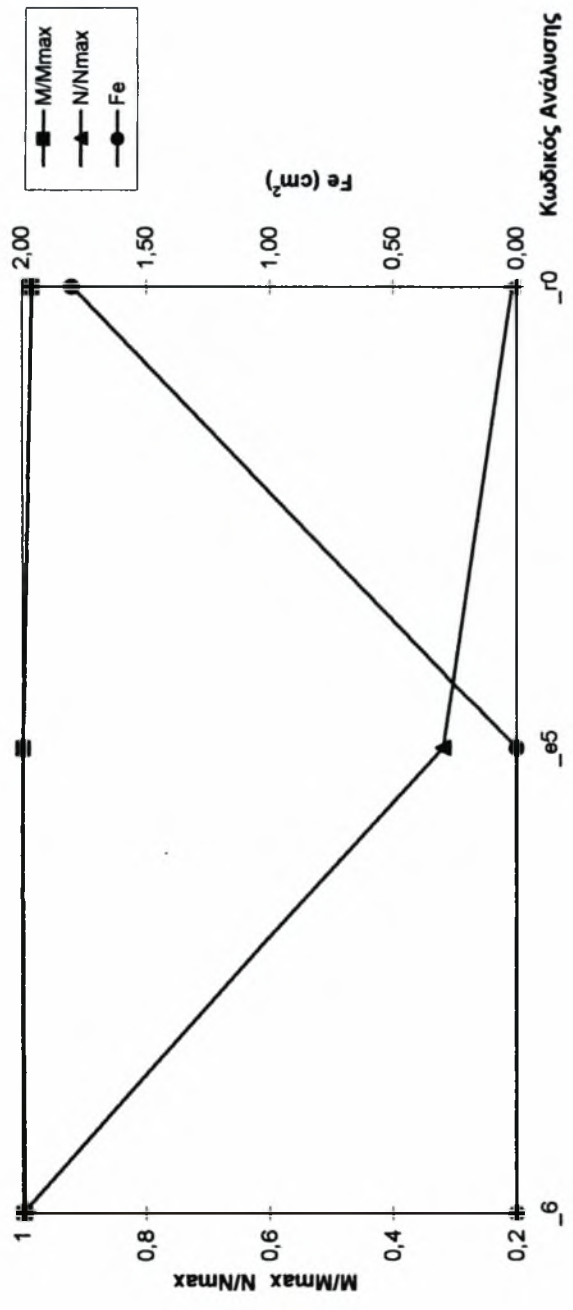
Κωδικοί Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

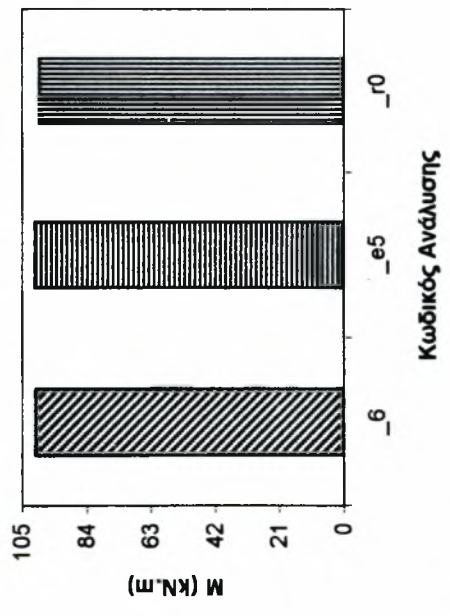
Σχήμα B2.1.12

Στόμιο σήραγγας

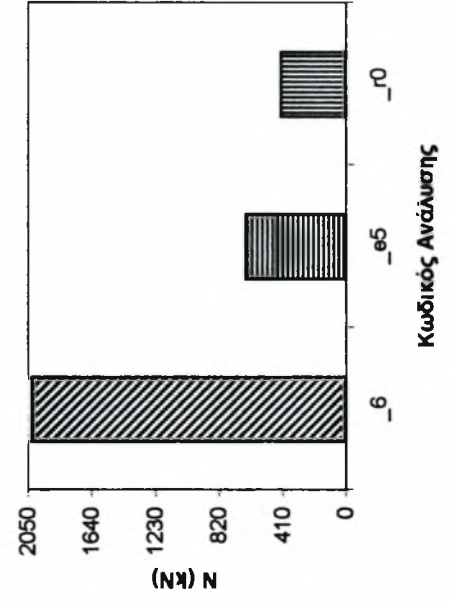
ΣΗΜΕΙΟ 4



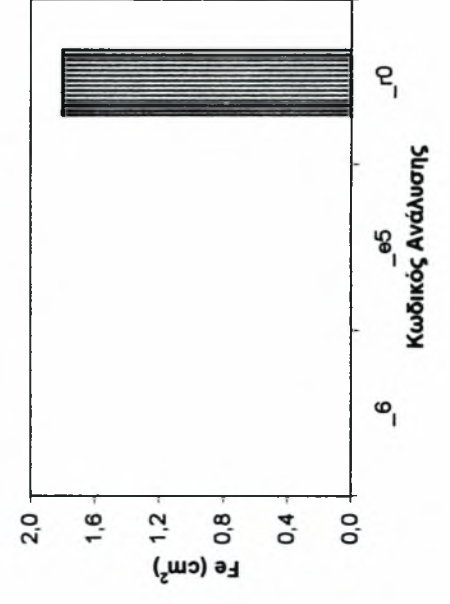
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



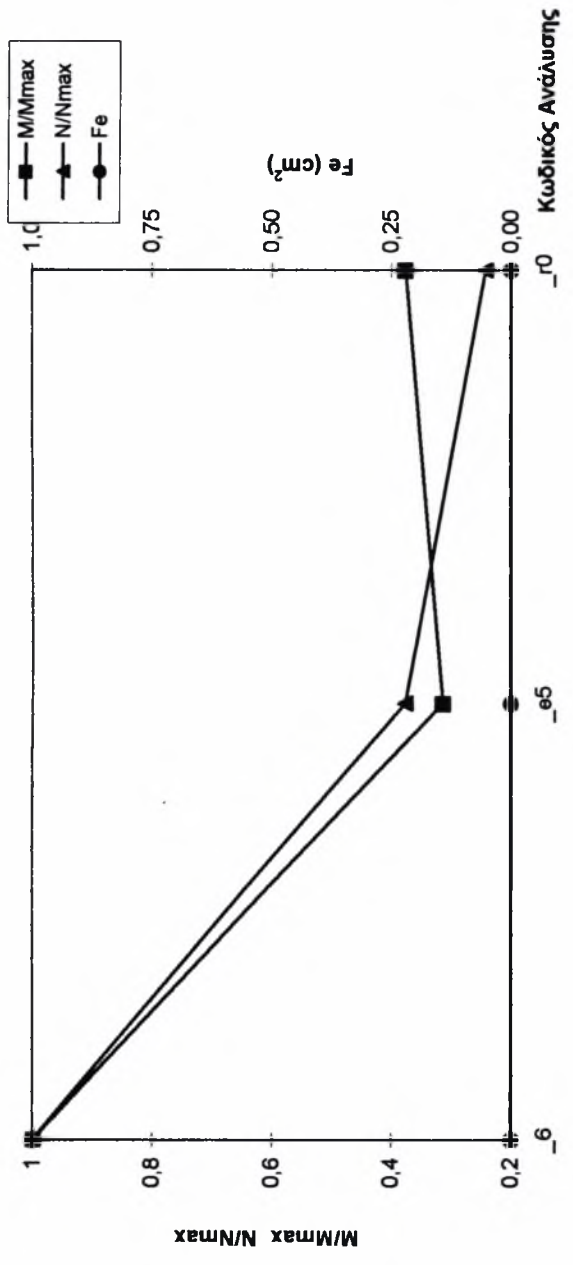
Κωδικοί Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρους Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρους Ελαστικότητας

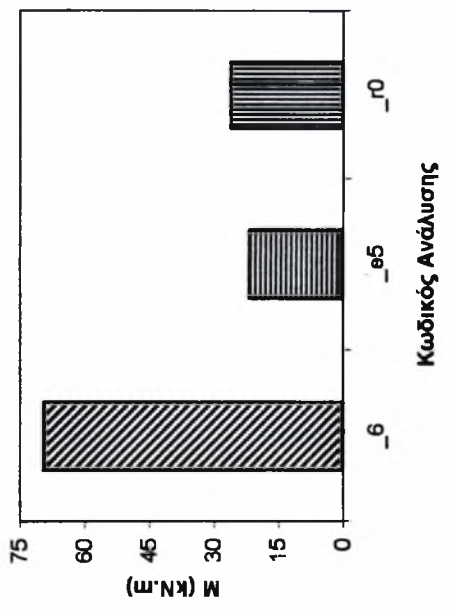
Σχήμα B2.1.13

Στόμιο σήραγγας

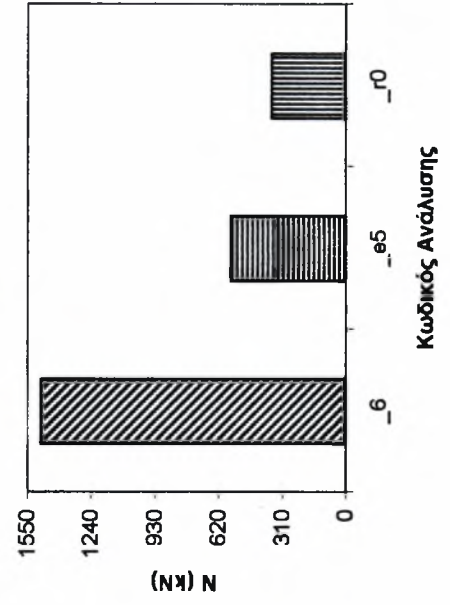
ΣΗΜΕΙΟ 5



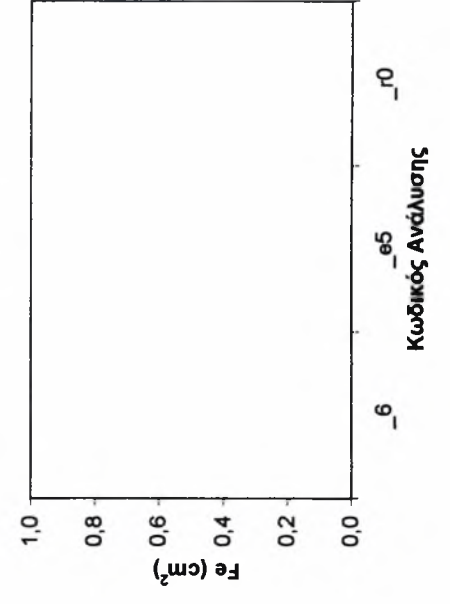
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



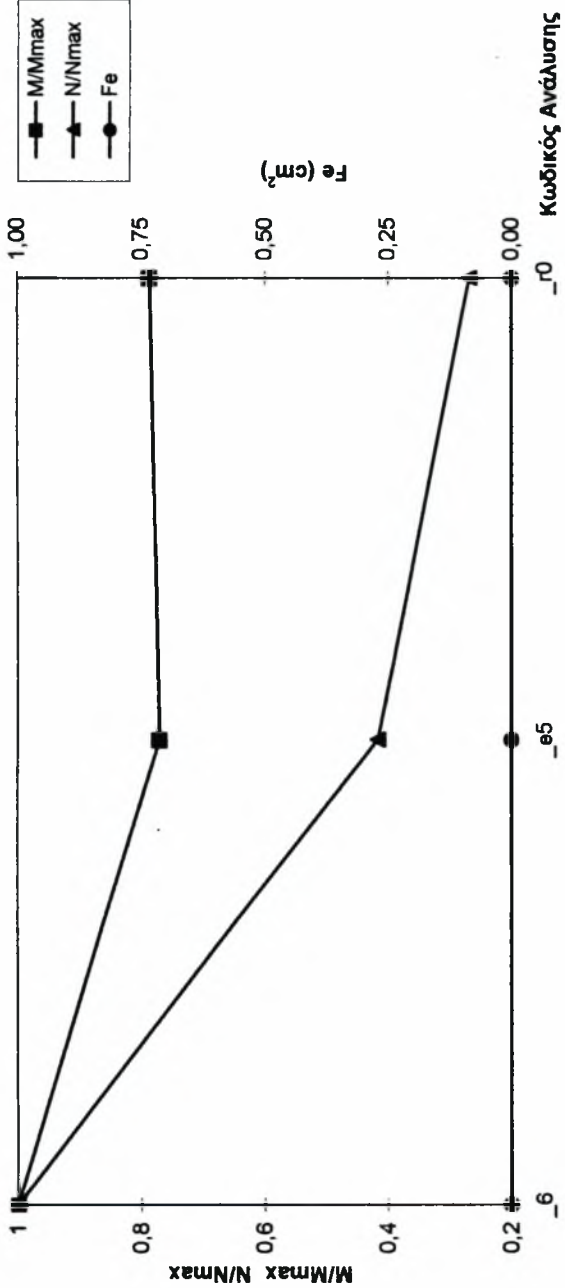
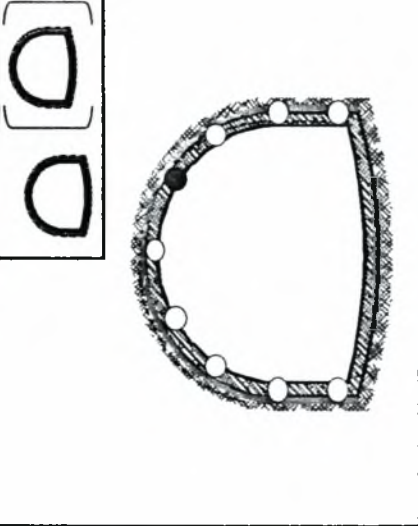
Κωδικός Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

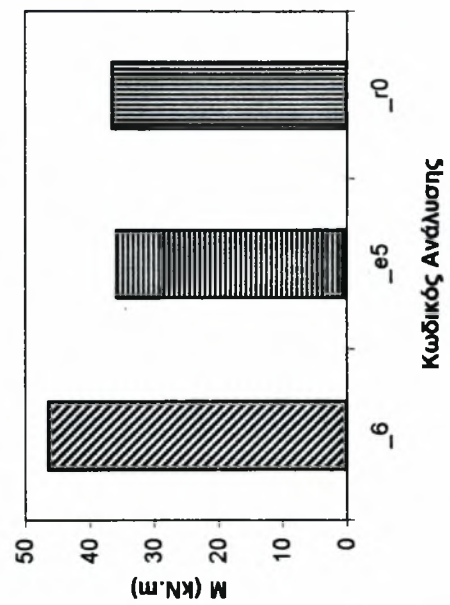
Σχήμα B2.1.14

Στόμιο σήραγγας

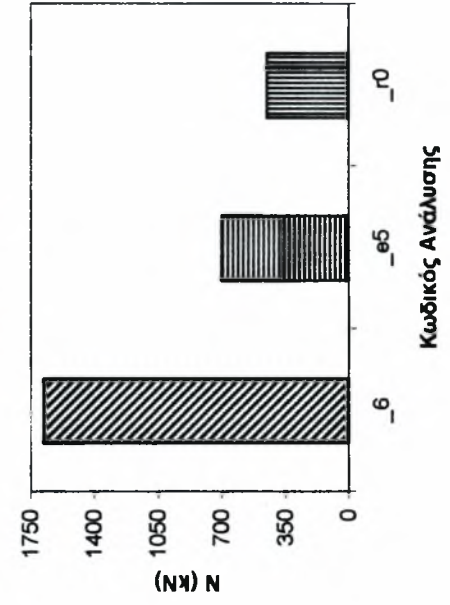
ΣΗΜΕΙΟ 6



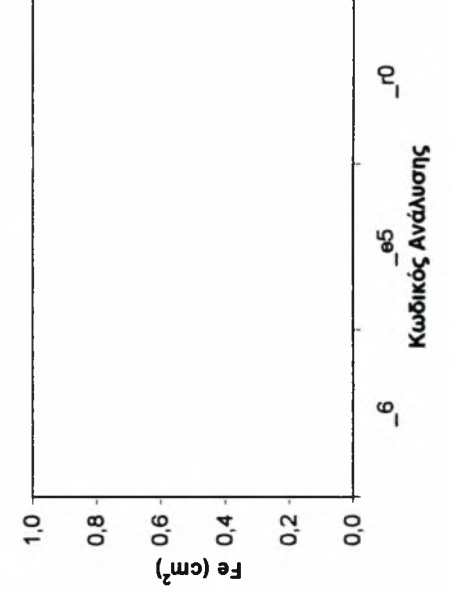
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



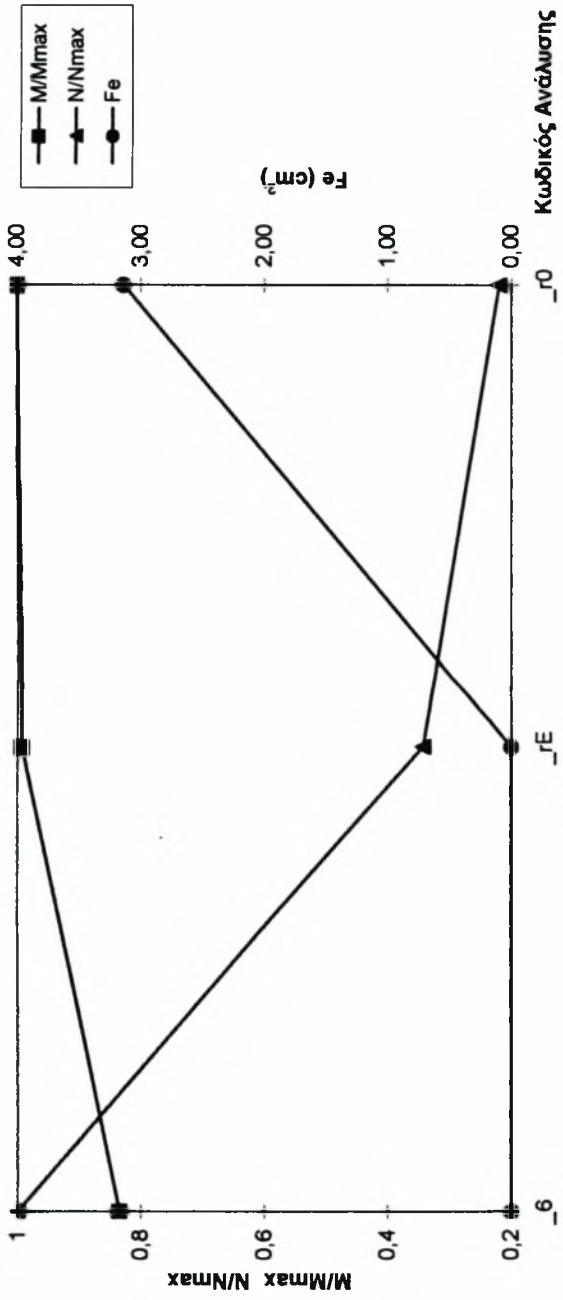
Κωδικός Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρους Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρους Ελαστικότητας

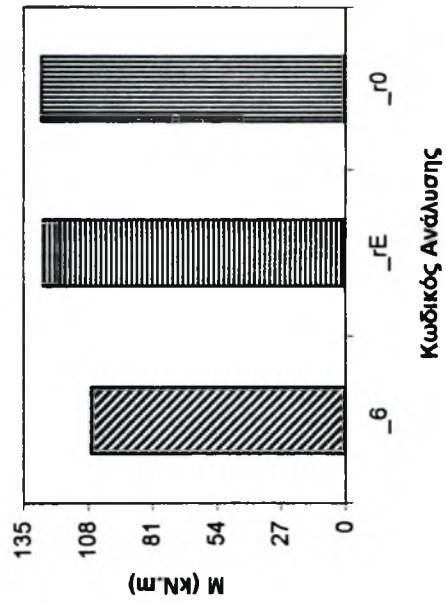
Σχήμα B2.1.15

Στόμιο σήραγγας

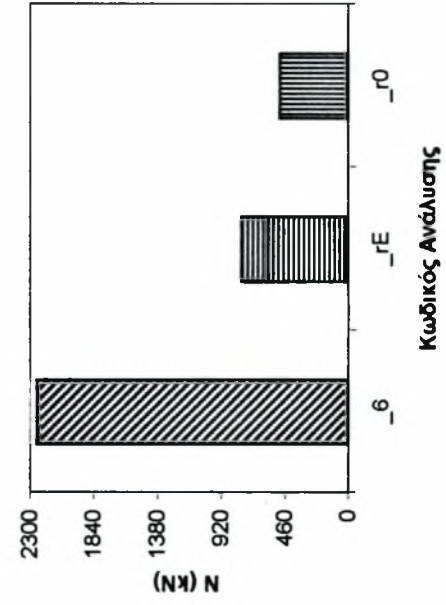
ΣΗΜΕΙΟ 7



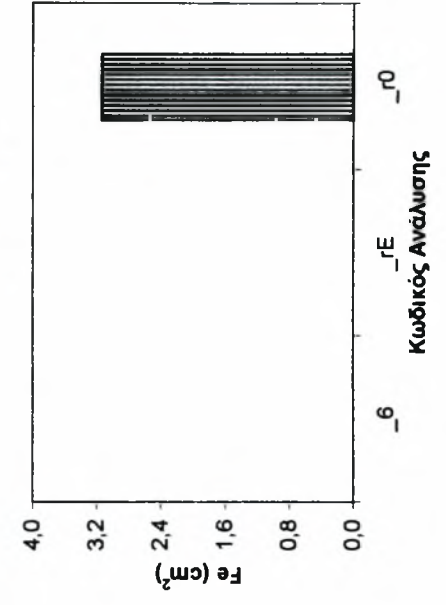
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



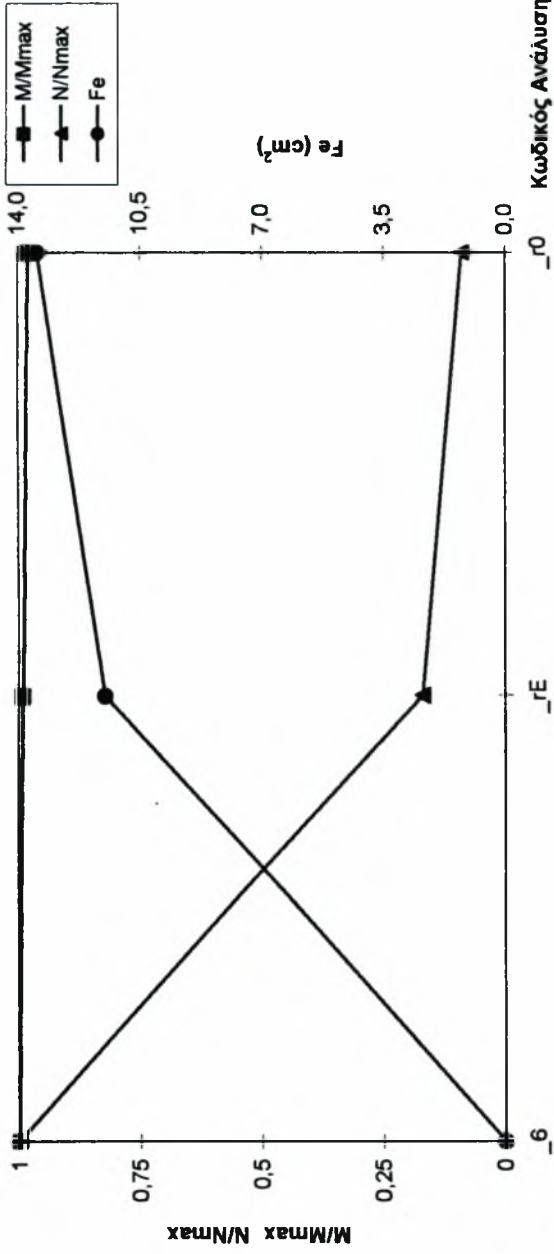
Κωδικός Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

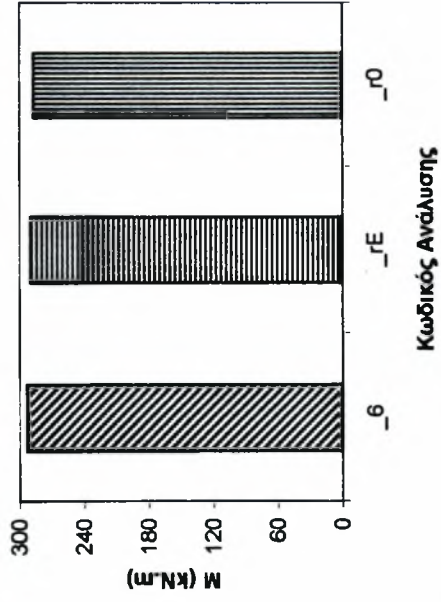
Σχήμα B2.1.16

Στόμιο σήραγγας

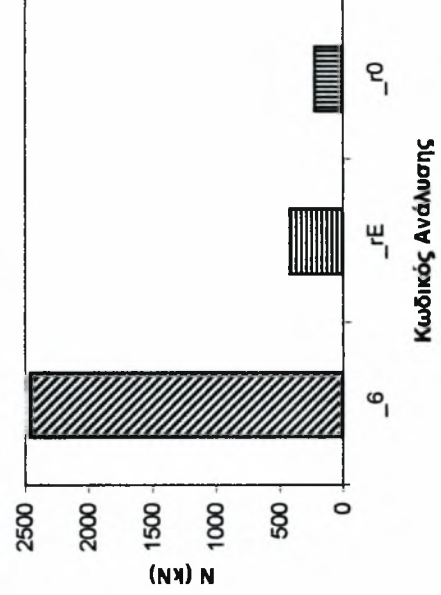
ΣΗΜΕΙΟ 8



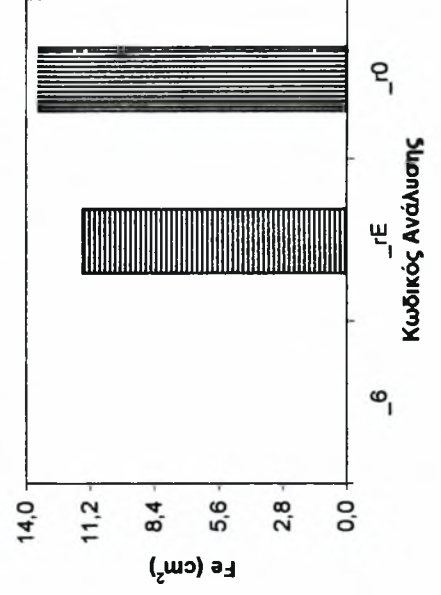
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



Κωδικοί Ανάλυσης:

_6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης

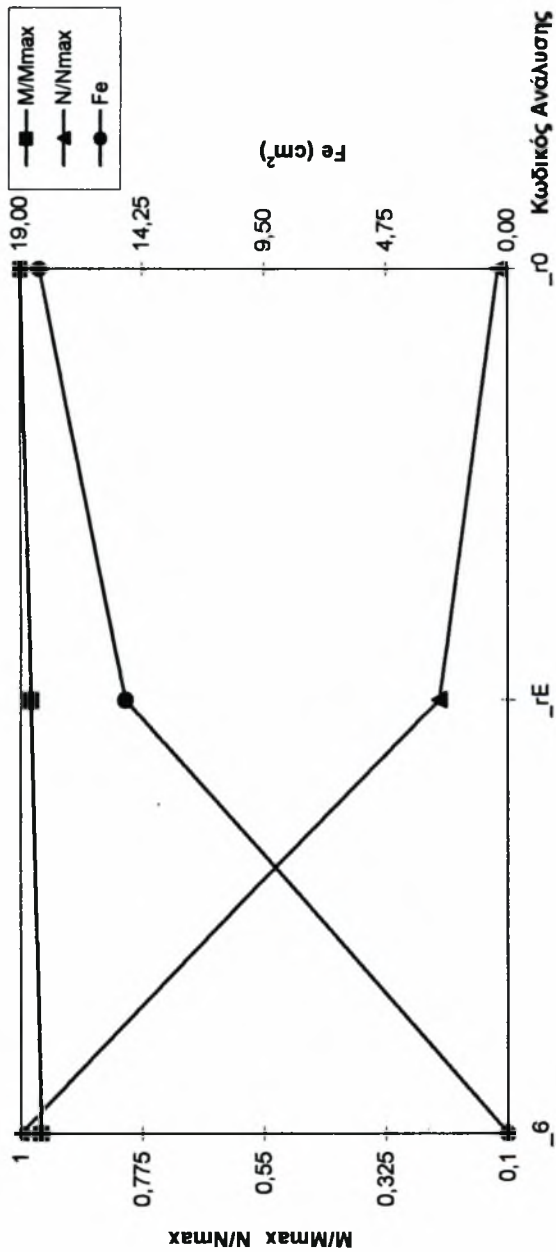
_rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρους Ελαστικότητας κατά 100 φορές

_r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρους Ελαστικότητας

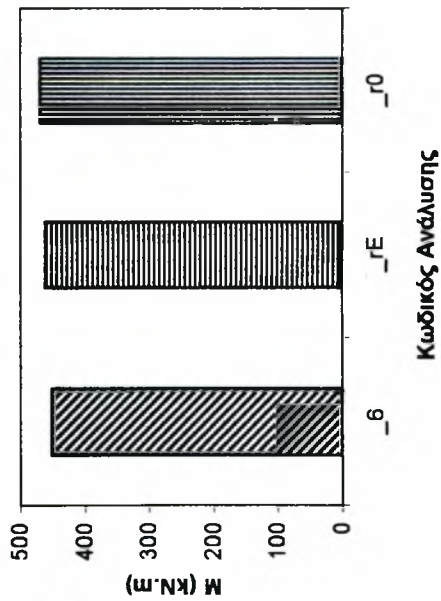
Σχήμα B2.1.17

Στόμιο σήραγγας

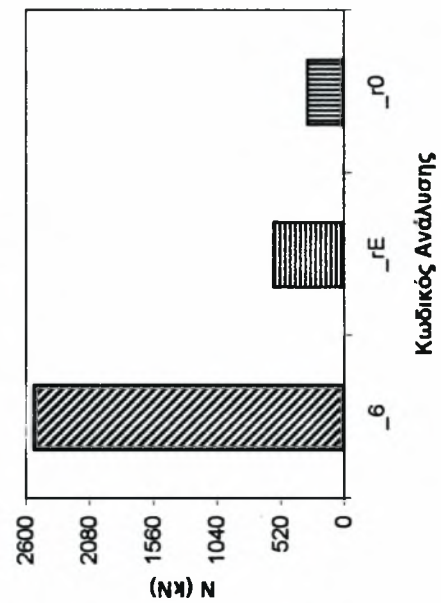
ΣΗΜΕΙΟ 9



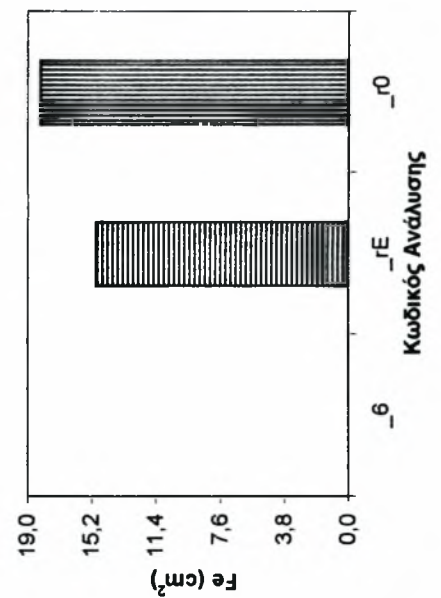
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



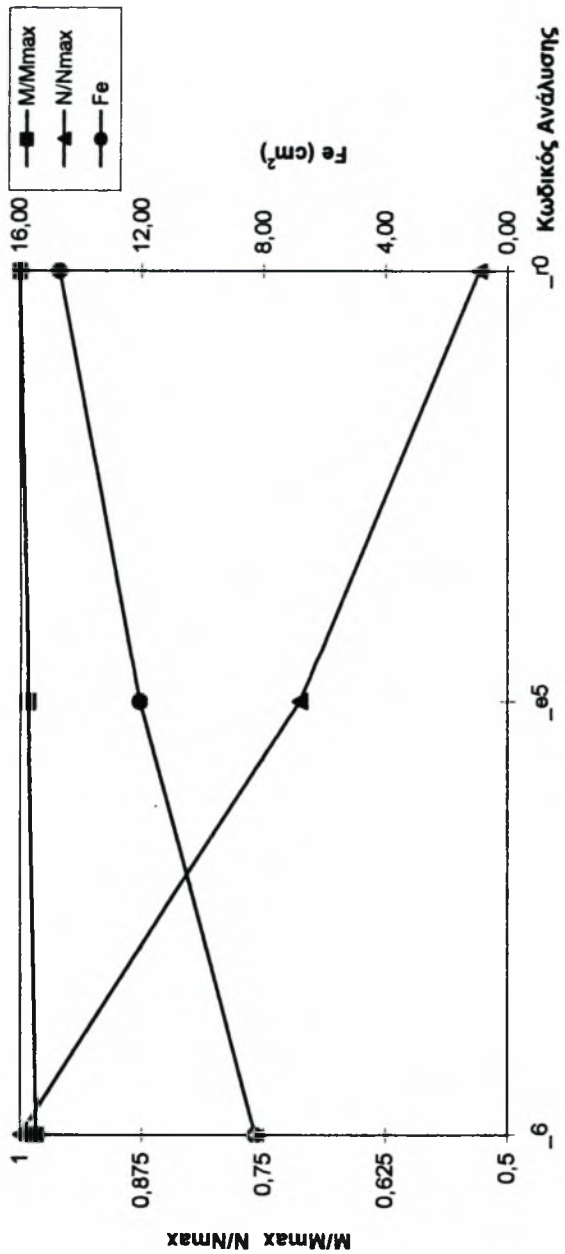
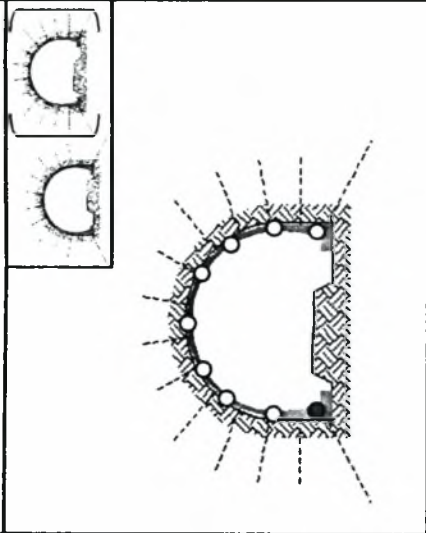
Κωδικός Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μείρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μείτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μείτρου Ελαστικότητας

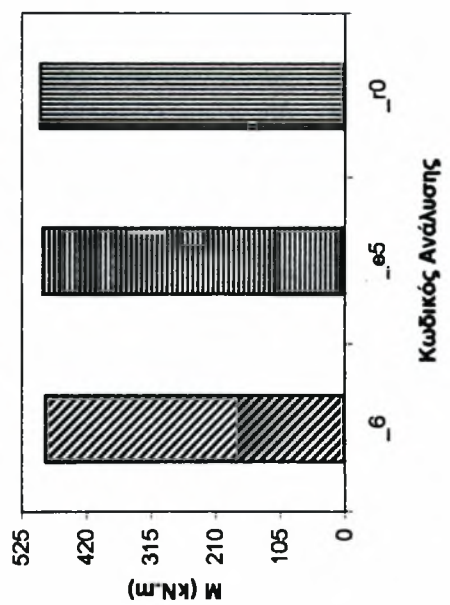
Σχήμα B2.1.18

Στόμιο σήραγγας

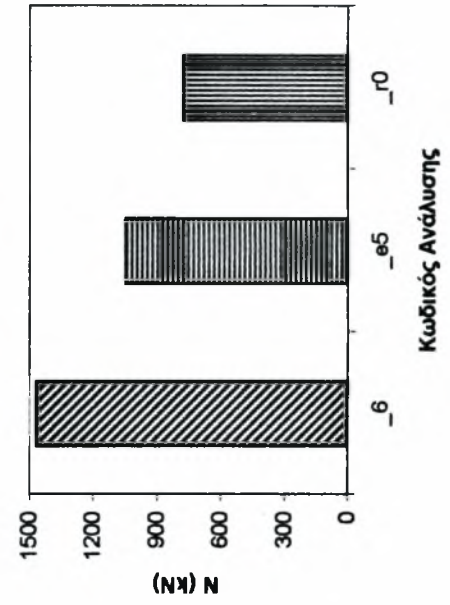
ΣΗΜΕΙΟ 1



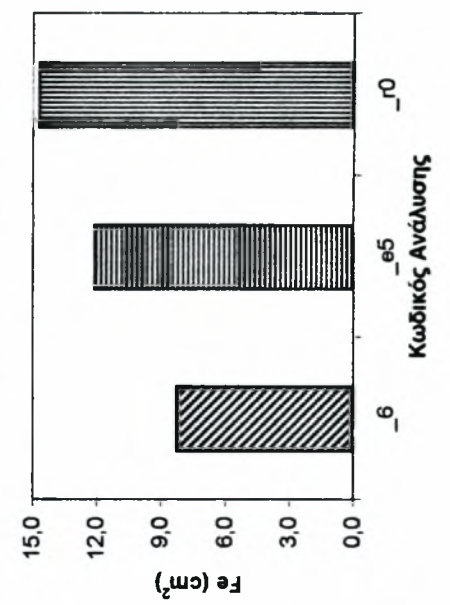
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



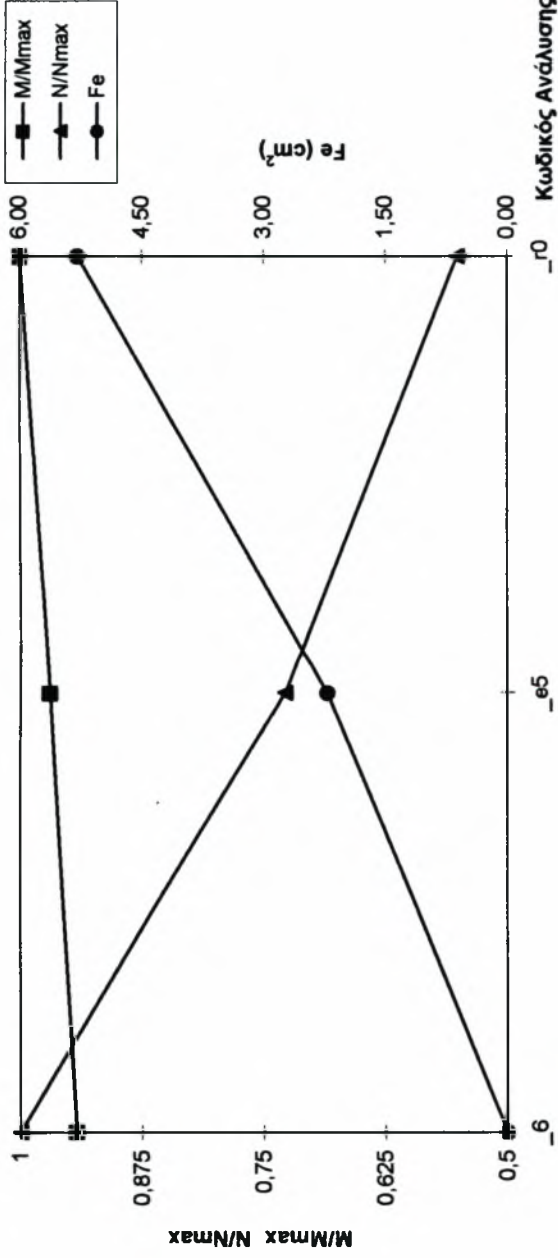
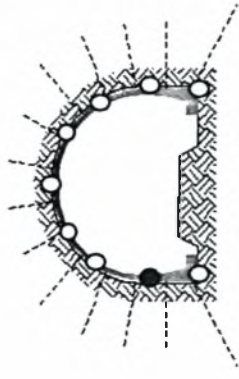
Κωδικός Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρους Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρους Ελαστικότητας

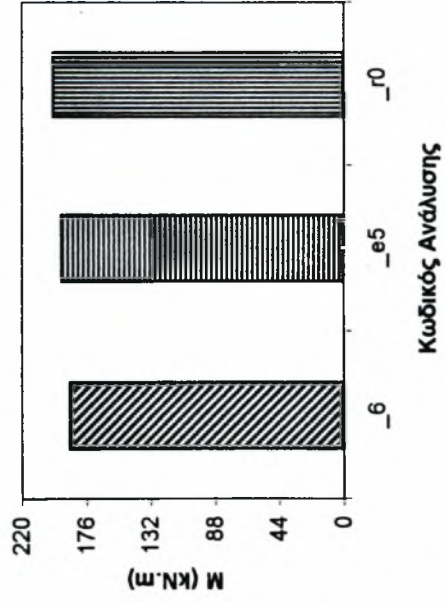
Σχήμα Β2.2.1

Κύριο τμήμα σήραγγας

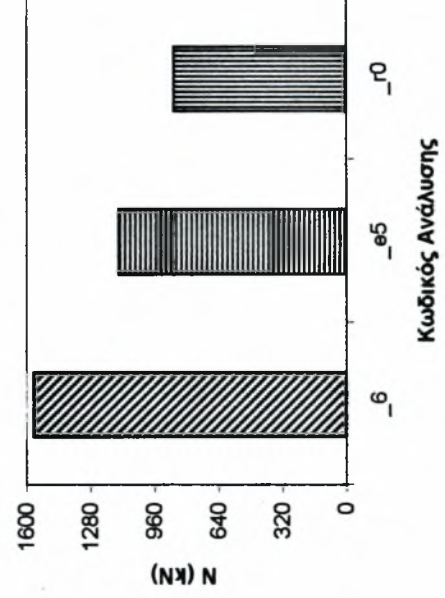
ΣΗΜΕΙΟ 2



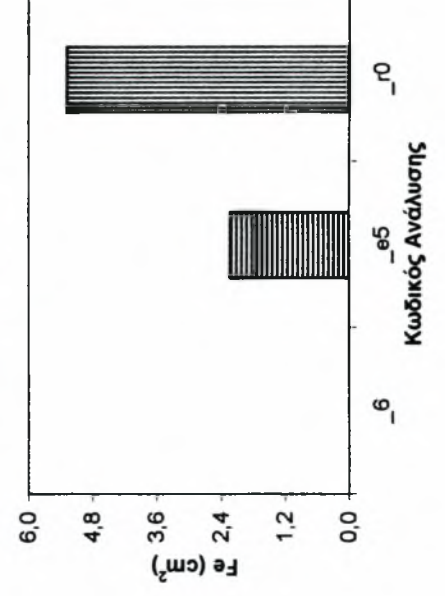
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



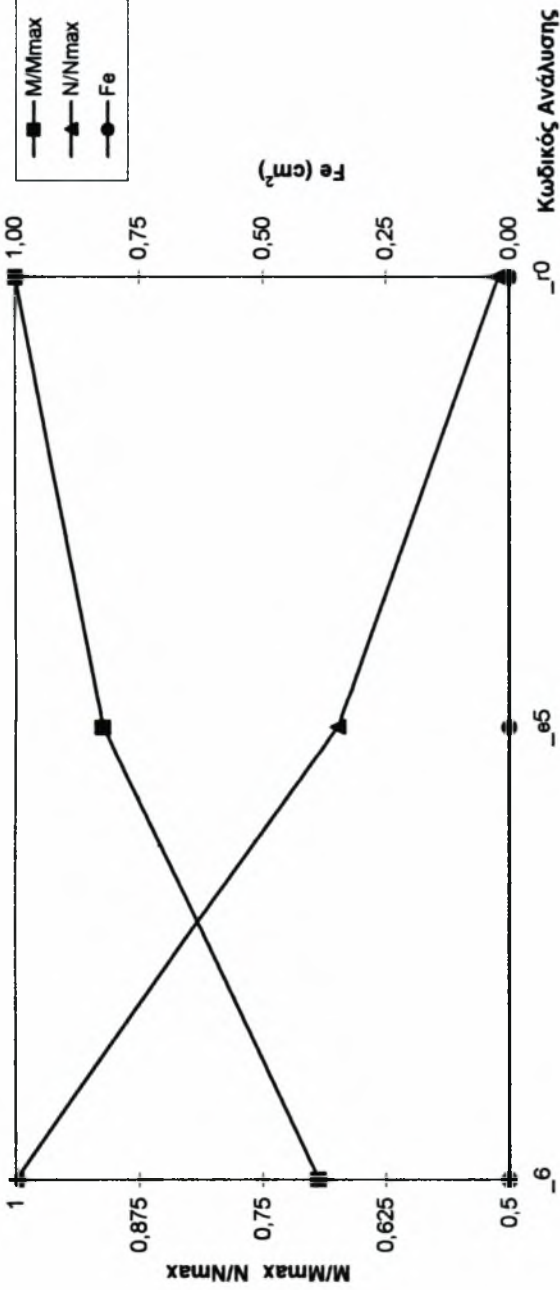
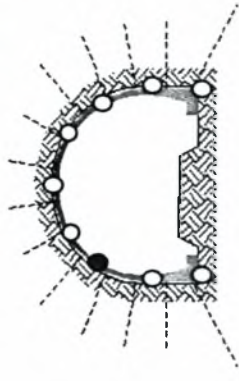
Κωδικοί Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μίτρων Άμεσης Υποστήριξης
- _e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας

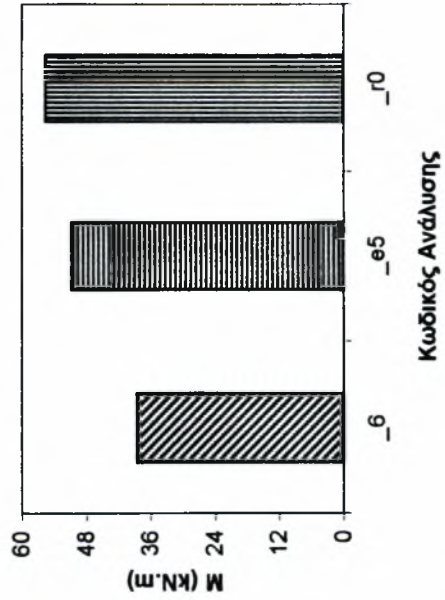
Σχήμα B2.2.2

Κύριο τμήμα σήραγγας

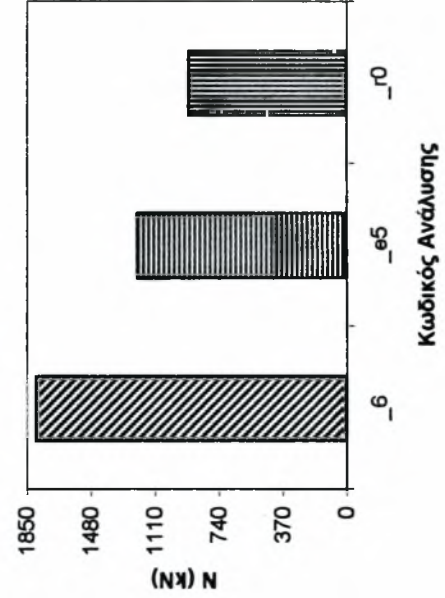
ΣΗΜΕΙΟ 3



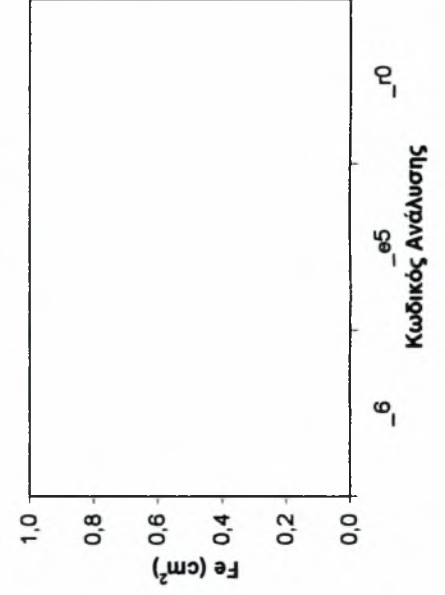
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός

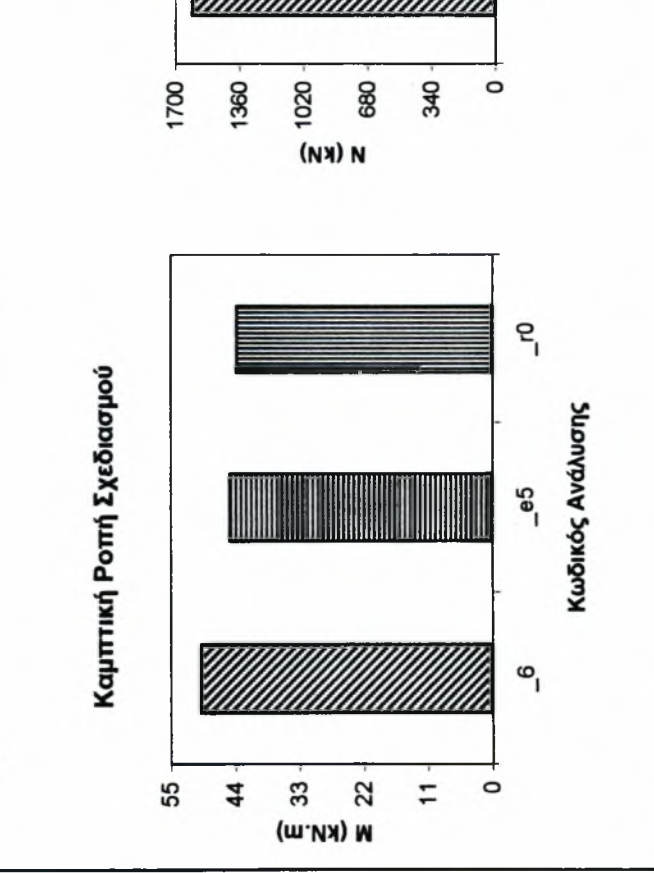
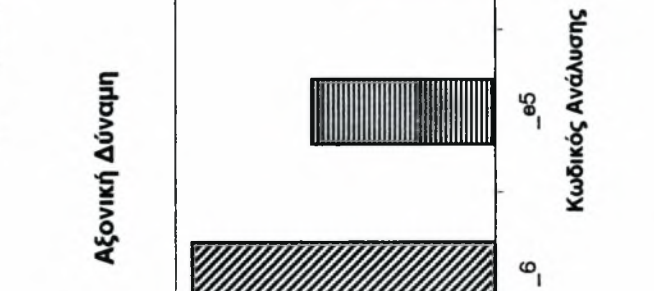
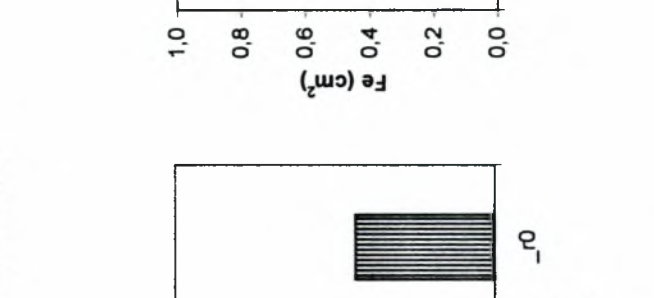
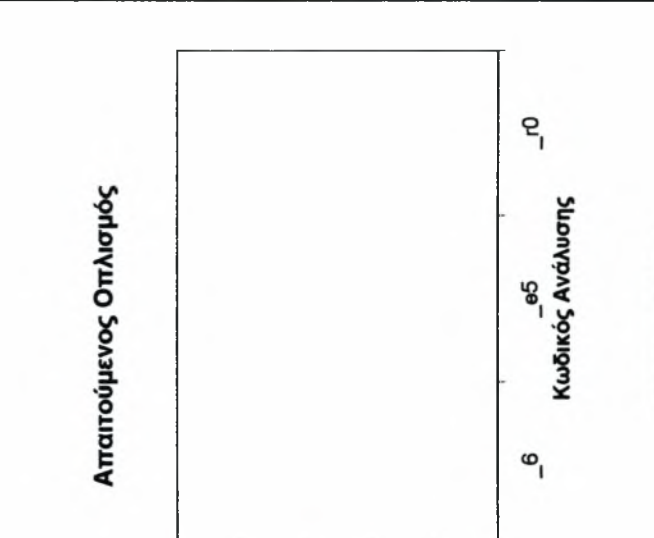
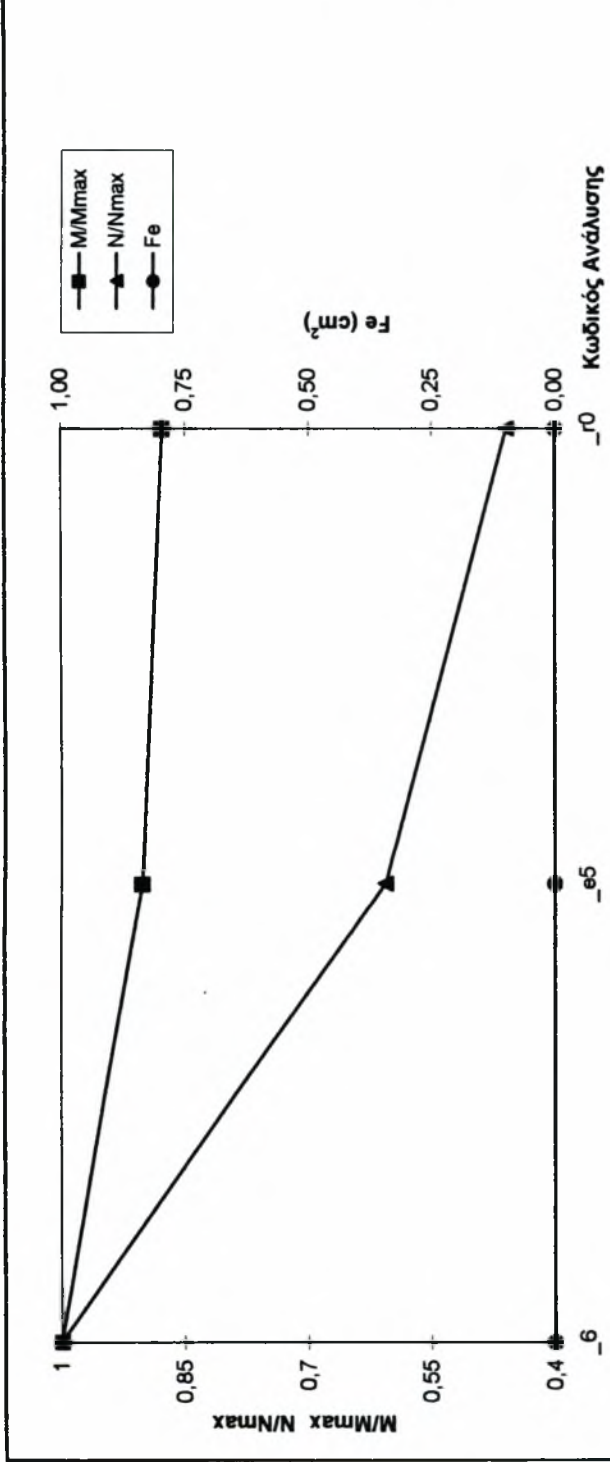
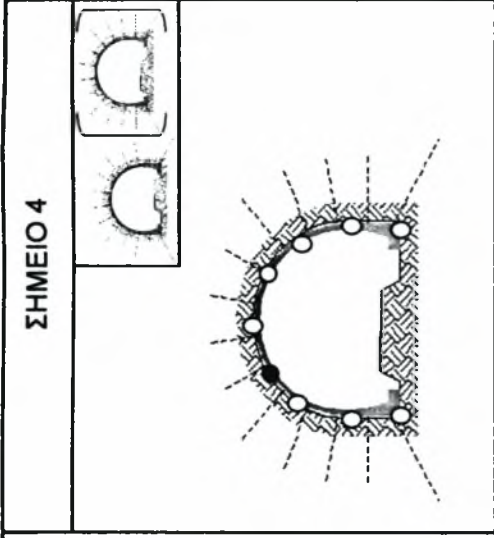


Κωδικός Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μίτρων Άμεσης Υποστήριξης
- _e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας

Σχήμα B2.2.3

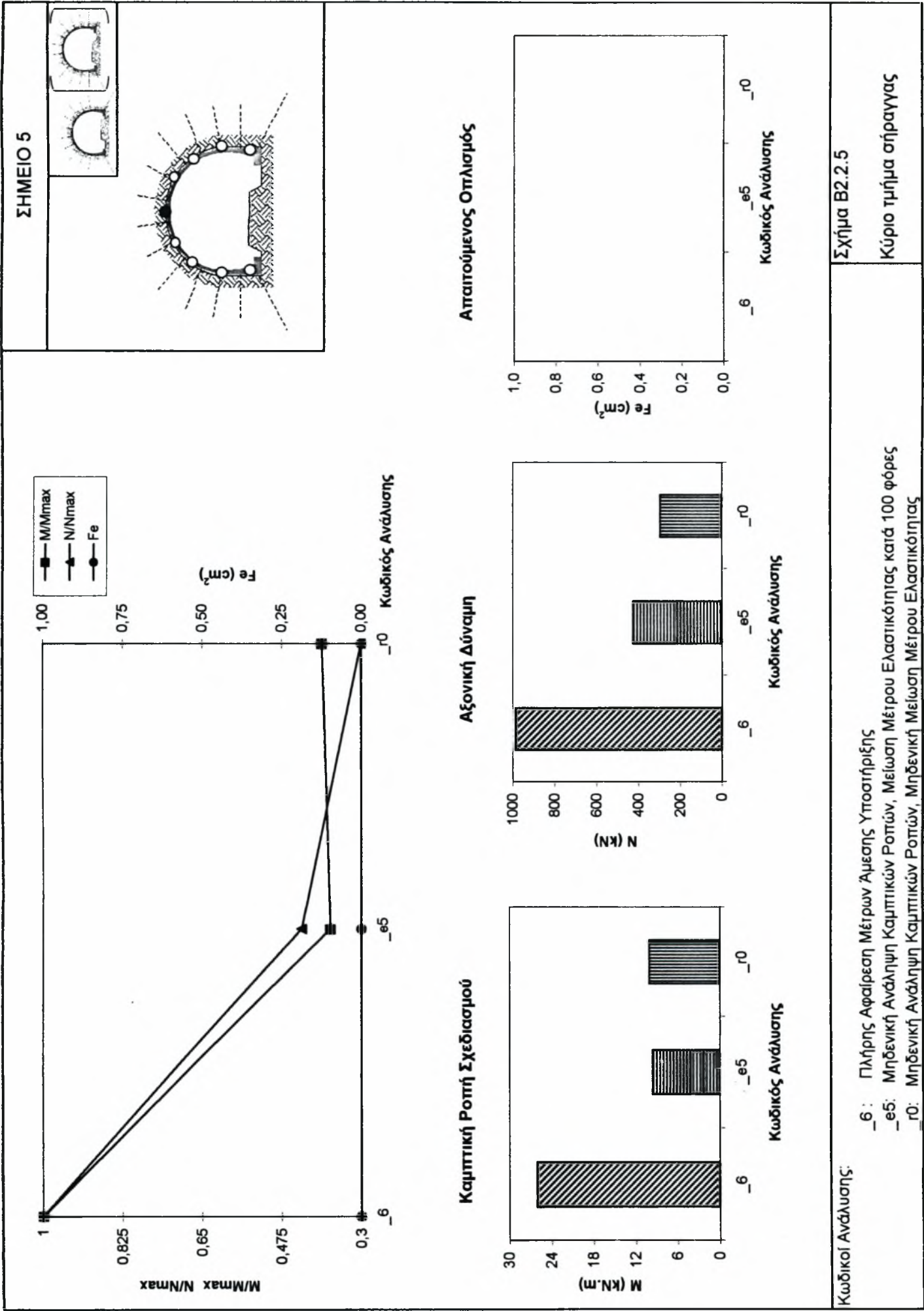
Κύριο τμήμα σήραγγας

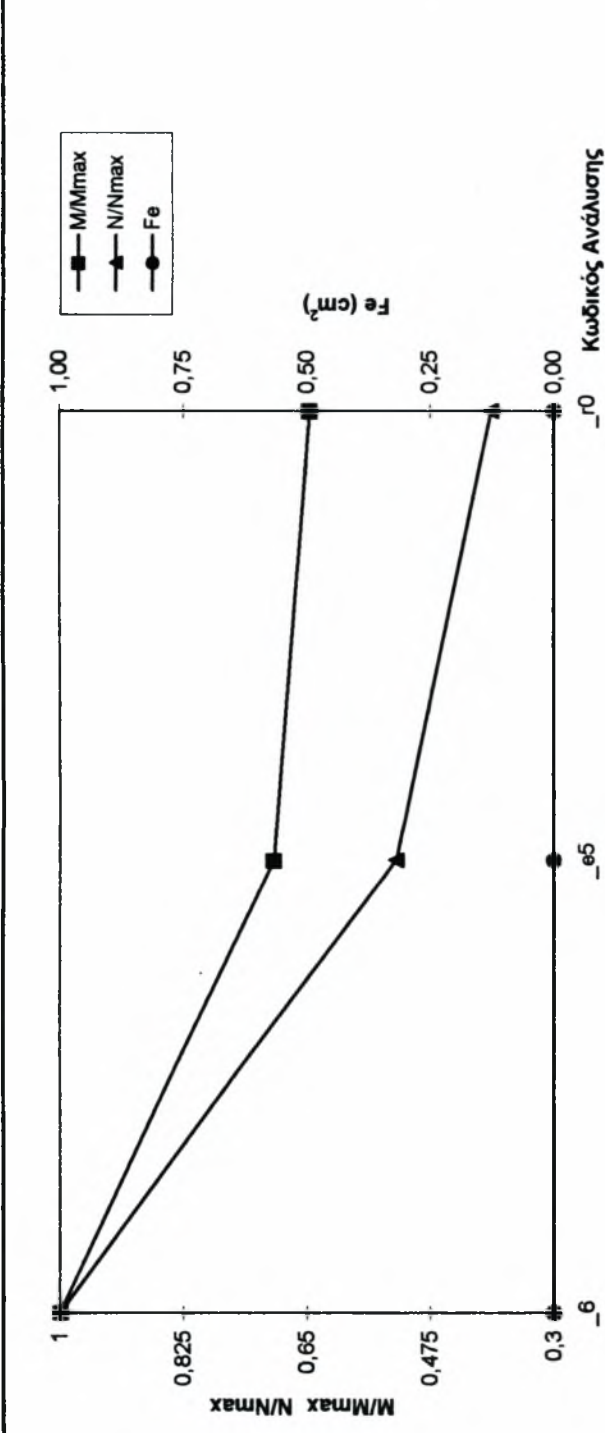
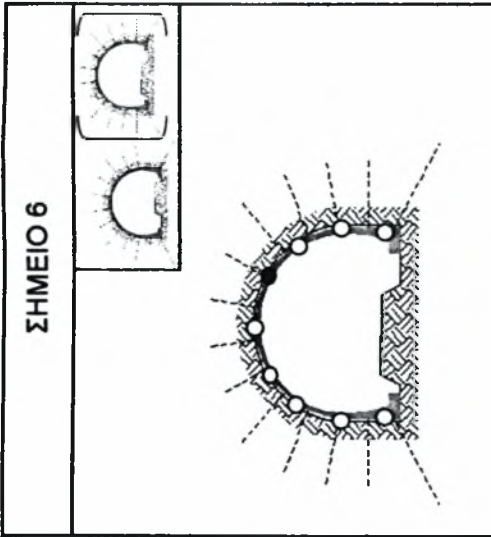


Κωδικοί Ανάλυσης:

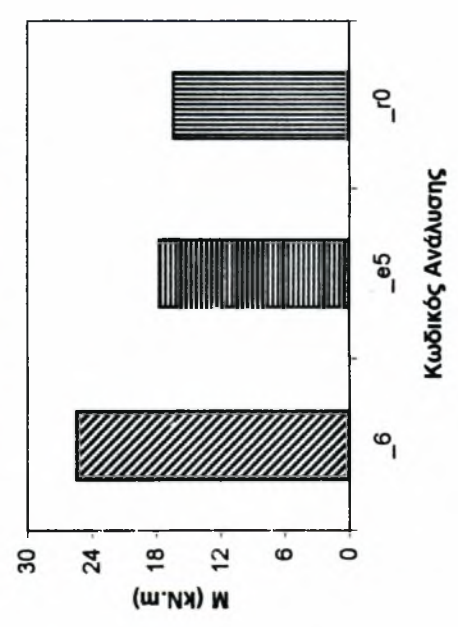
- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μίτρων Άμεσης Υποστήριξης
- _e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας

Σχήμα B2.2.4
Κύριο τμήμα σήραγγας

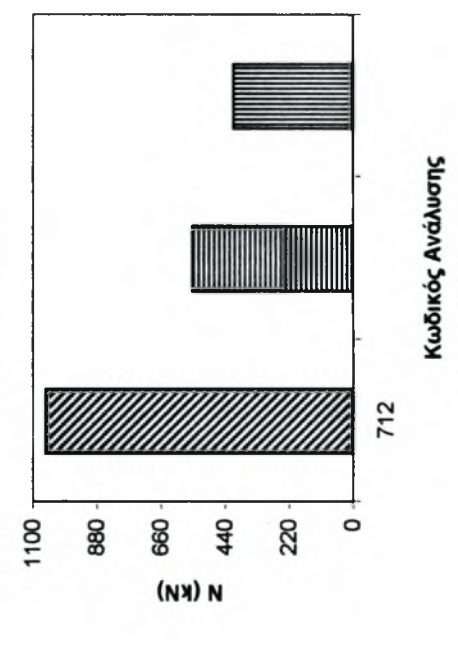




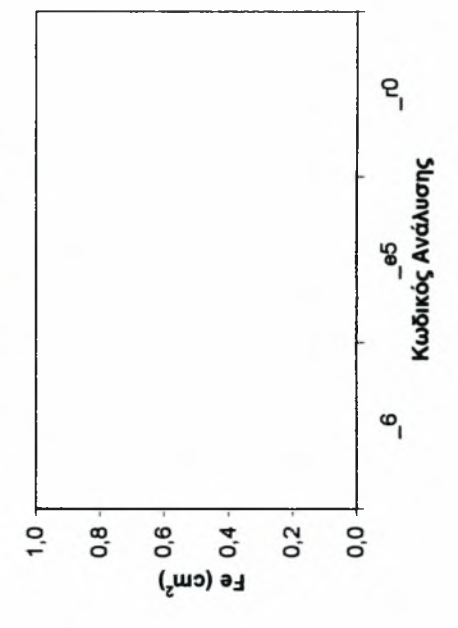
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



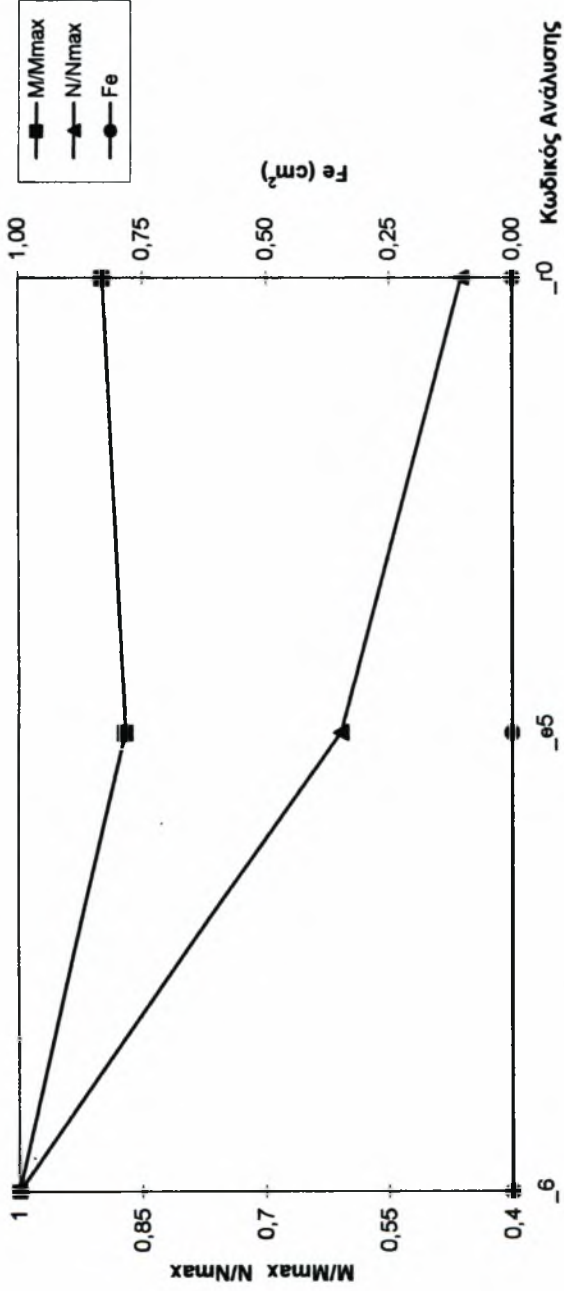
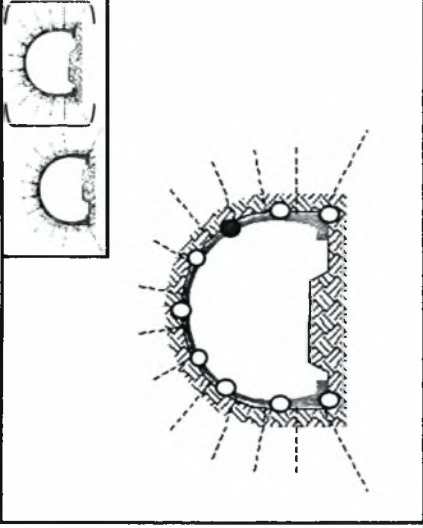
Κωδικός Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρους Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρους Ελαστικότητας

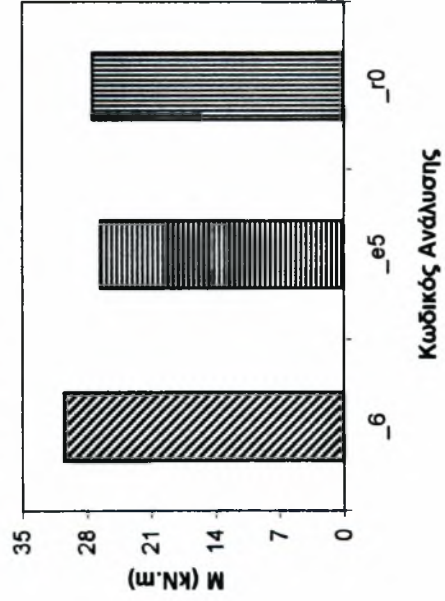
Σχήμα B2.2.6

Κύριο τμήμα σήραγγας

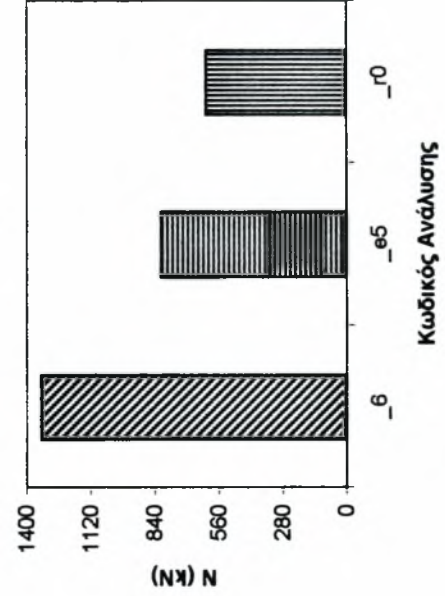
ΣΗΜΕΙΟ 7



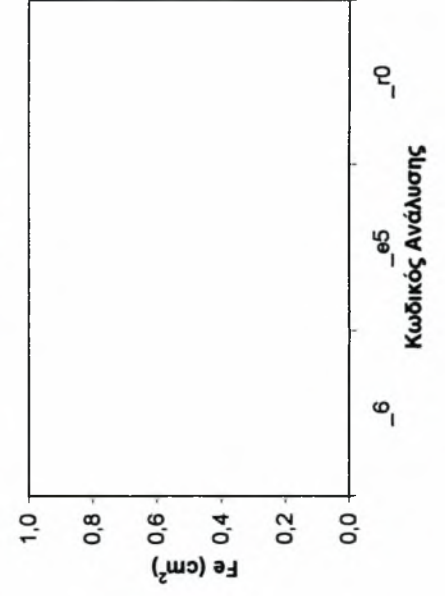
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



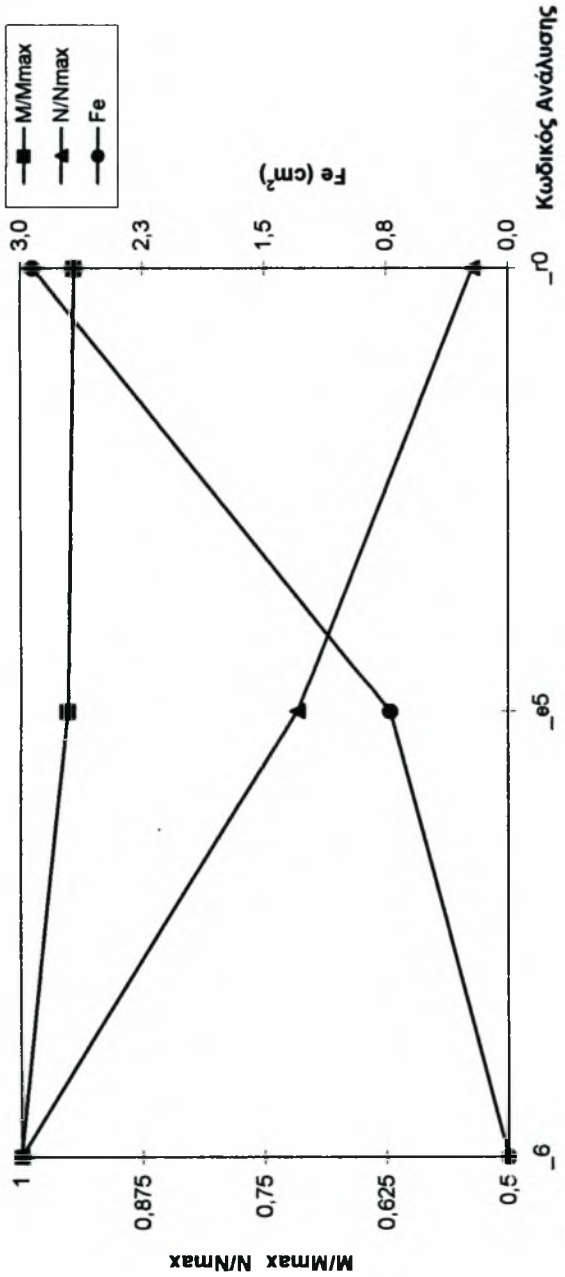
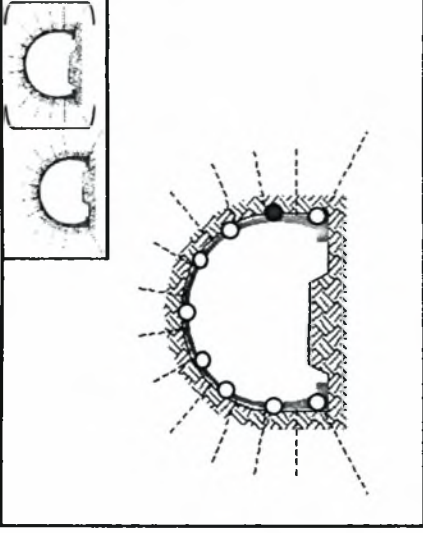
Κωδικοί Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μίτρου Άμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας

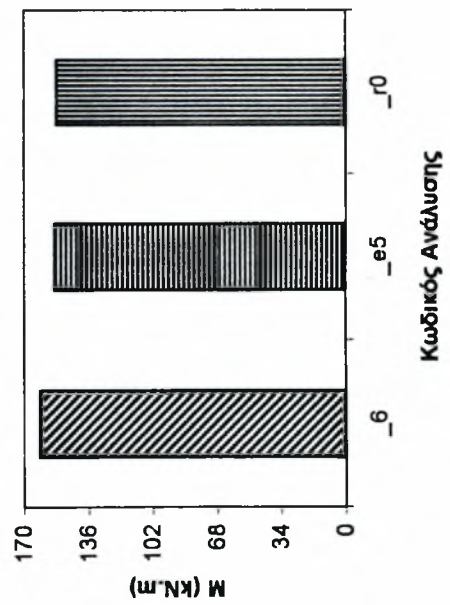
Σχήμα B2.2.7

Κύριο τμήμα σήραγγας

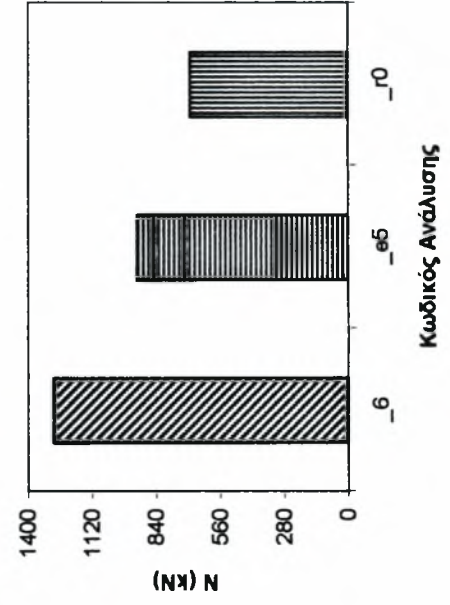
ΣΗΜΕΙΟ 8



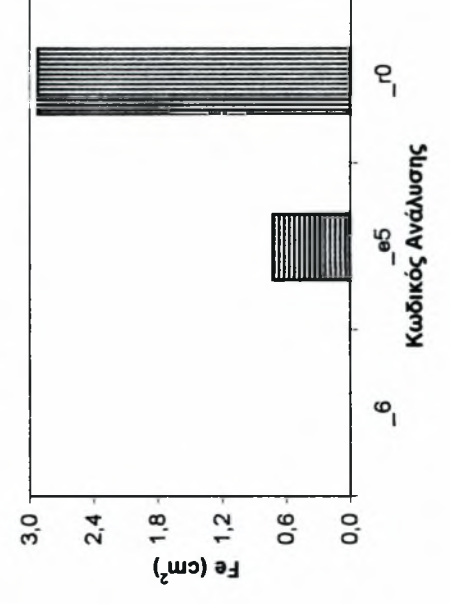
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



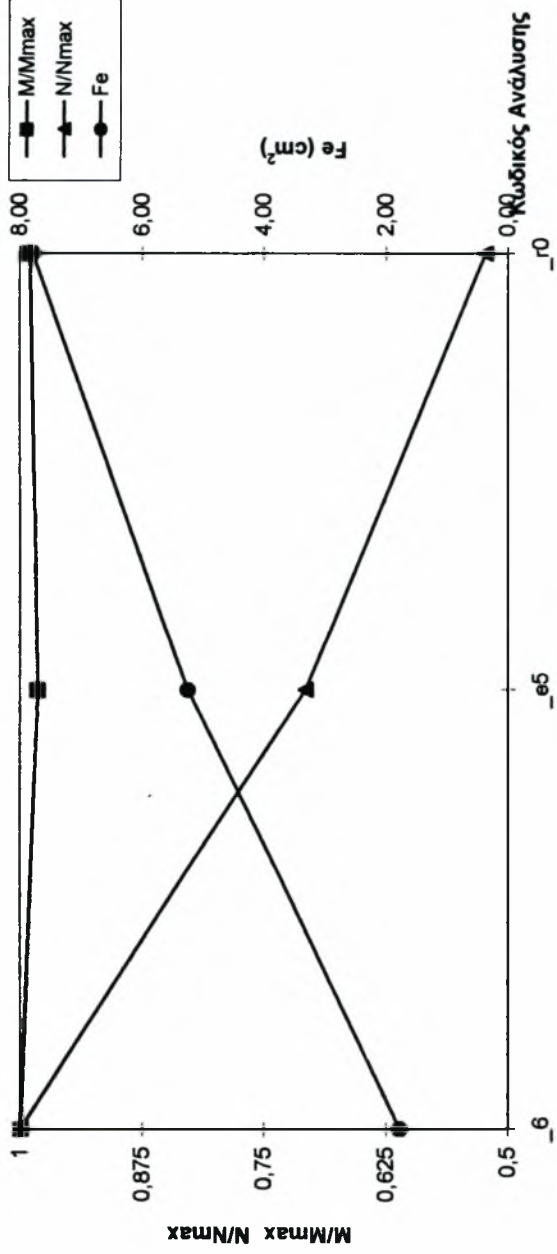
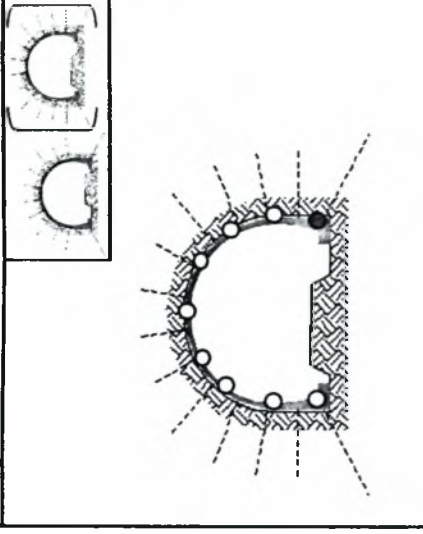
Κωδικοί Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μίτρου Άμεσης Υποστήριξης
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μίτρου Ελαστικότητας

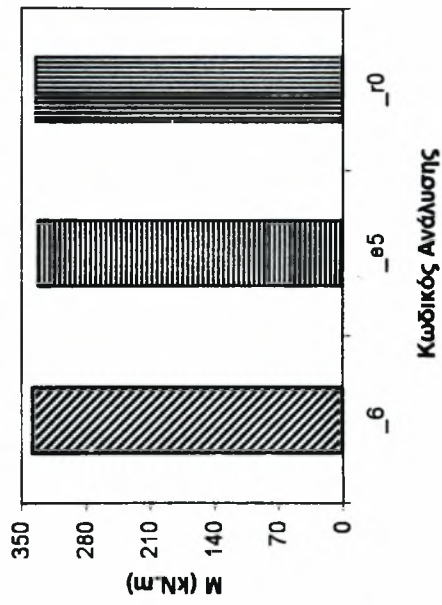
Σχήμα B2.2.8

Κύριο τμήμα σήραγγας

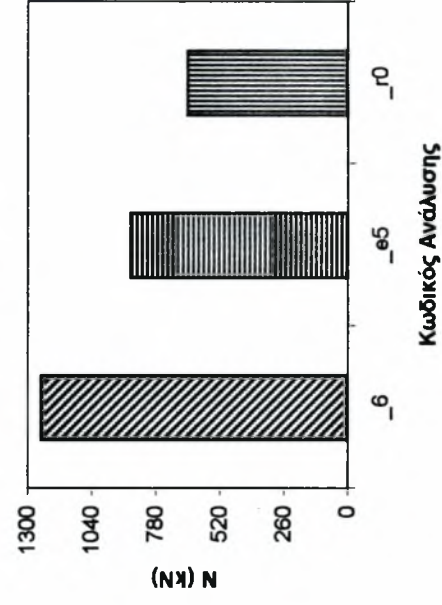
ΣΗΜΕΙΟ 9



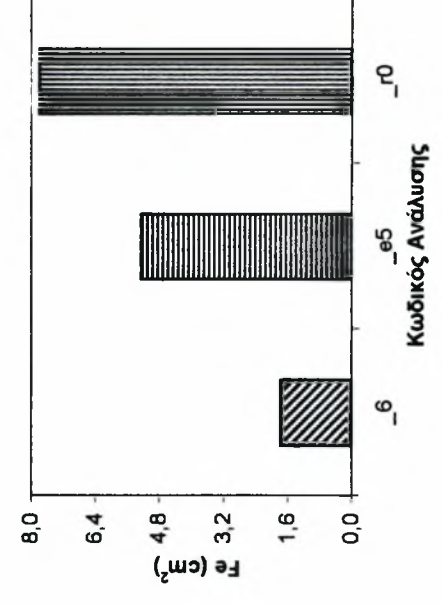
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



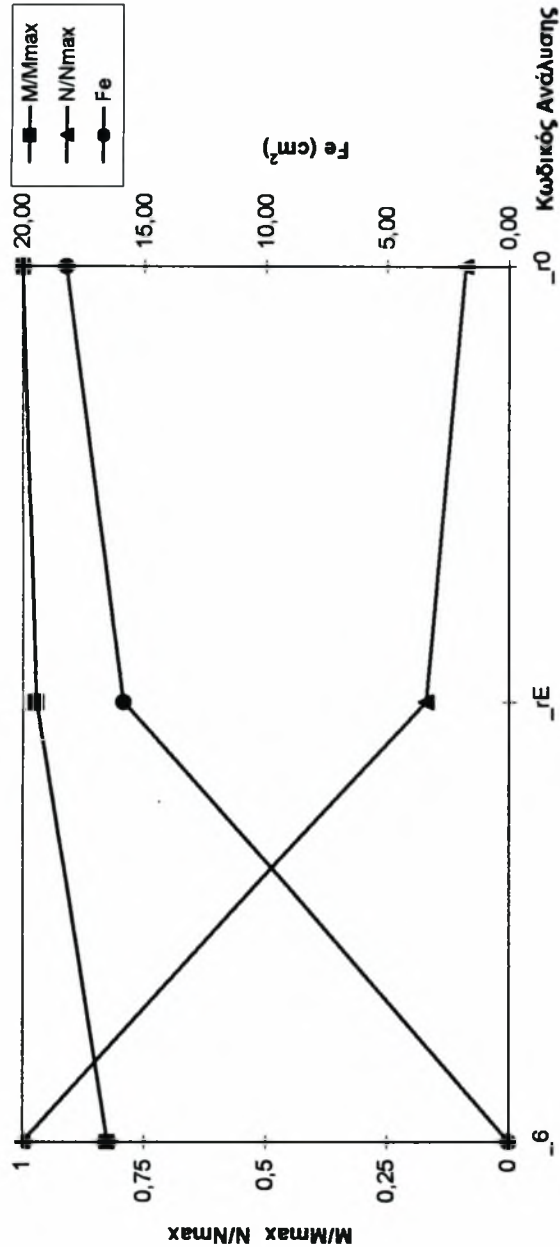
Κωδικοί Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- _e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

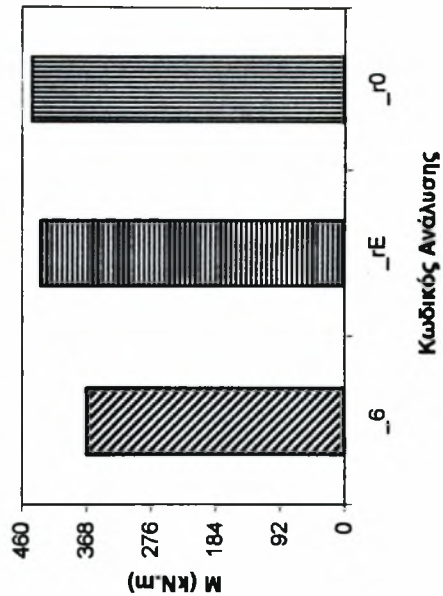
Σχήμα B2.2.9

Κύριο τμήμα σήραγγας

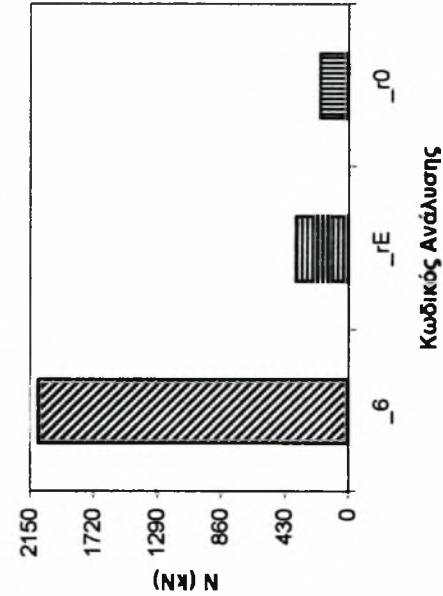
ΣΗΜΕΙΟ 1



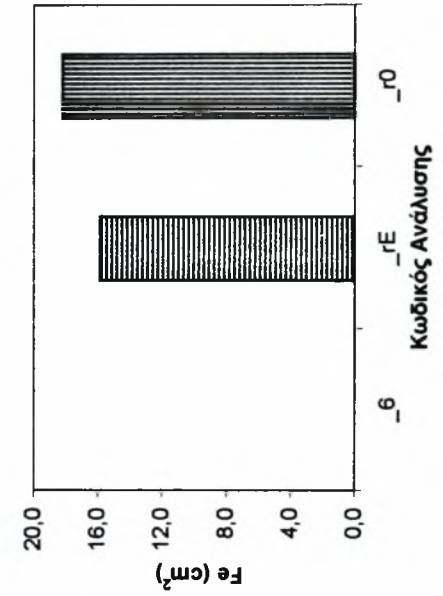
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



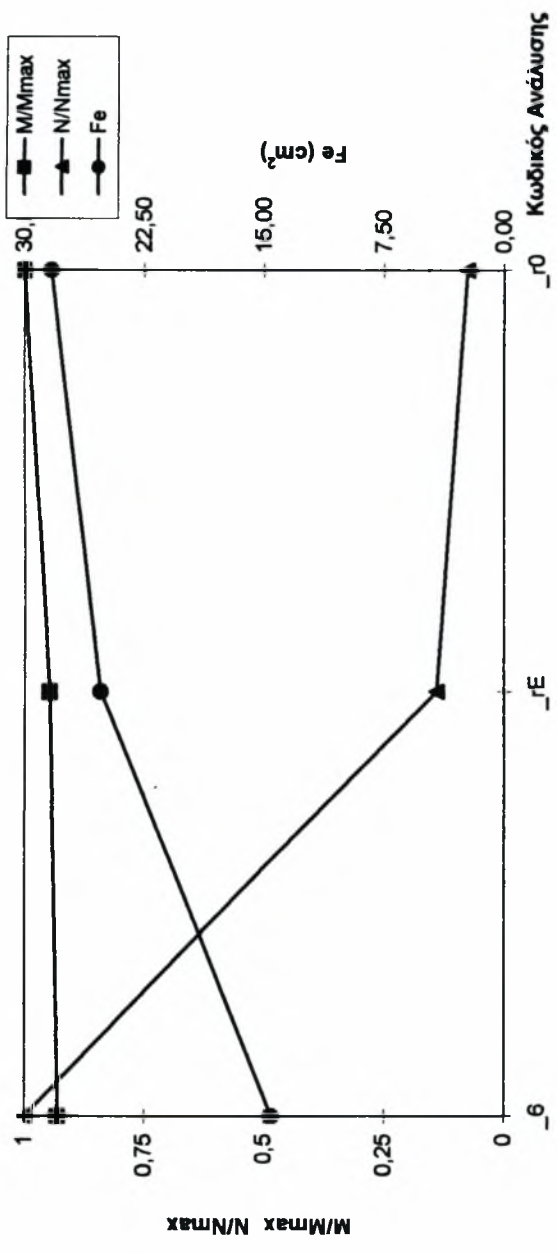
Κωδικοί Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρους Ελαστικότητας κατά 100 φόρες
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρους Ελαστικότητας

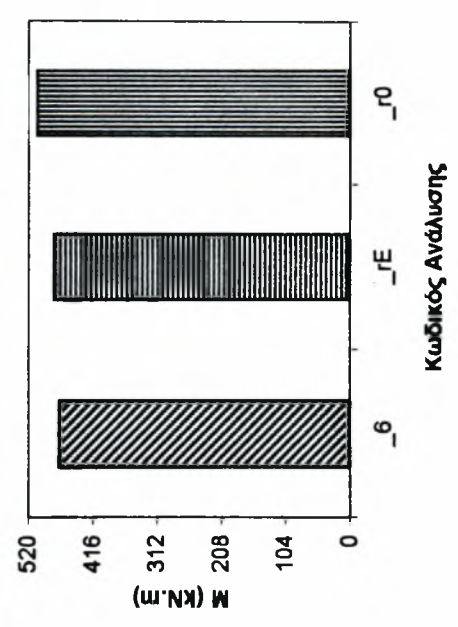
Σχήμα B2.2.10

Στόμιο σήραγγας

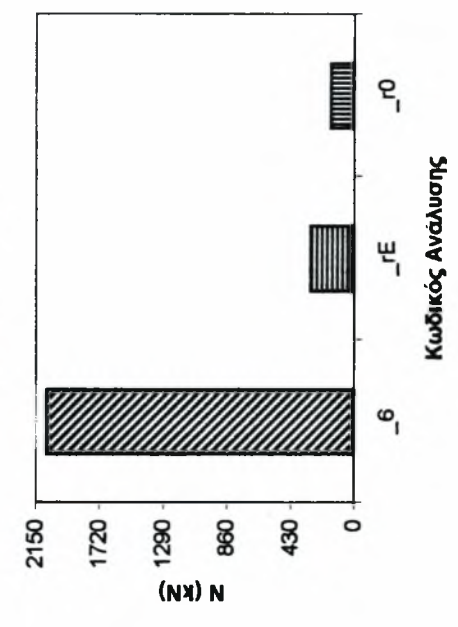
ΣΗΜΕΙΟ 2



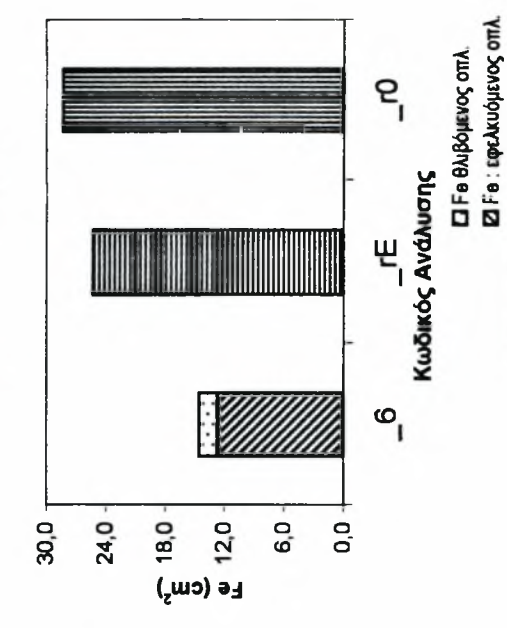
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



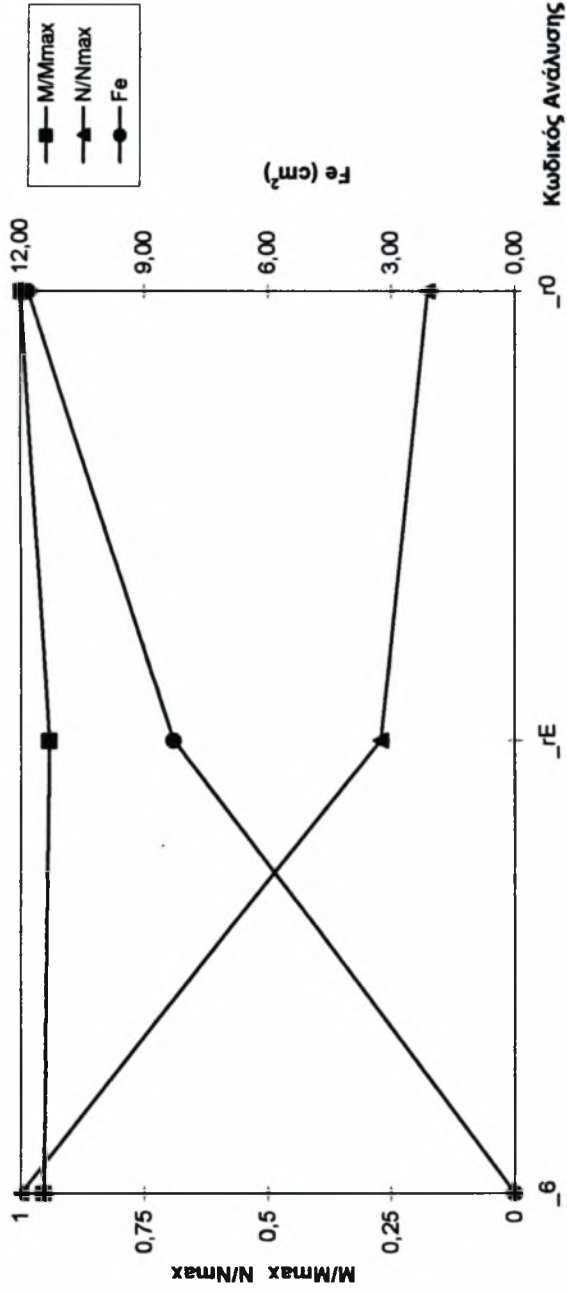
Κωδικός Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φόρες
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

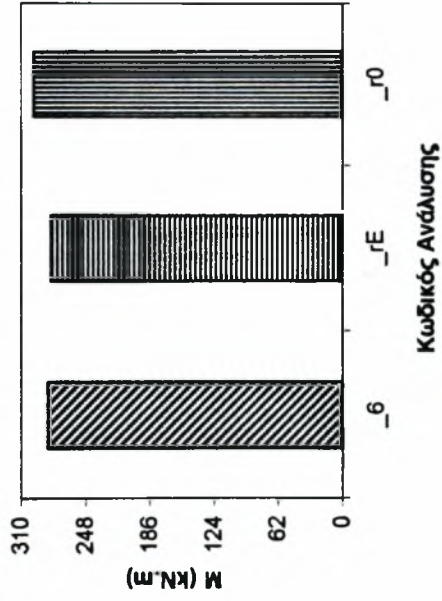
Σχήμα B2.2.11

Στόμιο σήραγγας

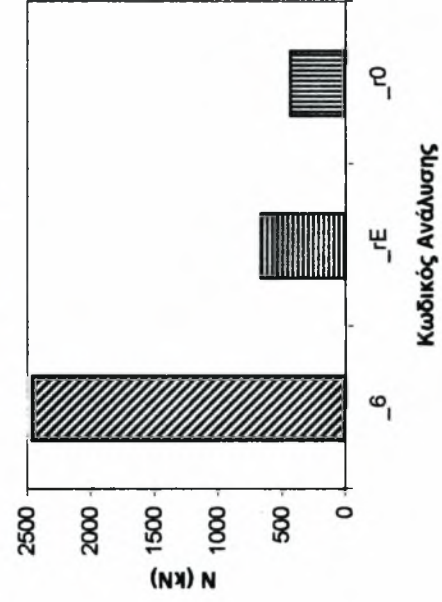
ΣΗΜΕΙΟ 3



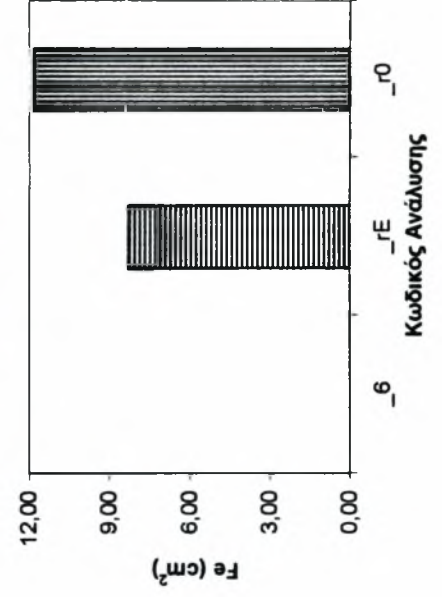
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



Κωδικός Ανάλυσης:

_6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης

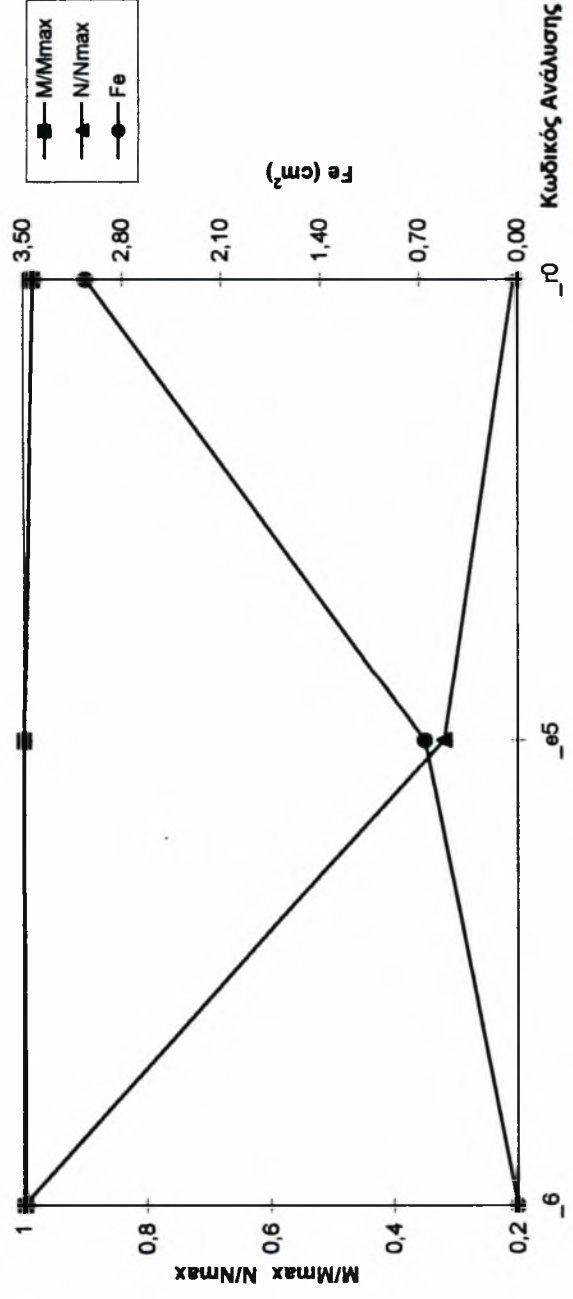
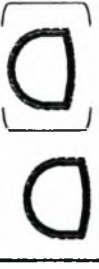
_rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρους Ελαστικότητας κατά 100 φόρες

_r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρους Ελαστικότητας

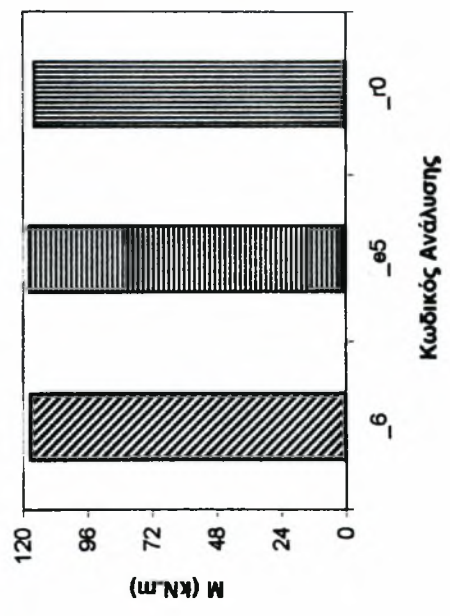
Σχήμα B2.2.12

Στόμιο σήραγγας

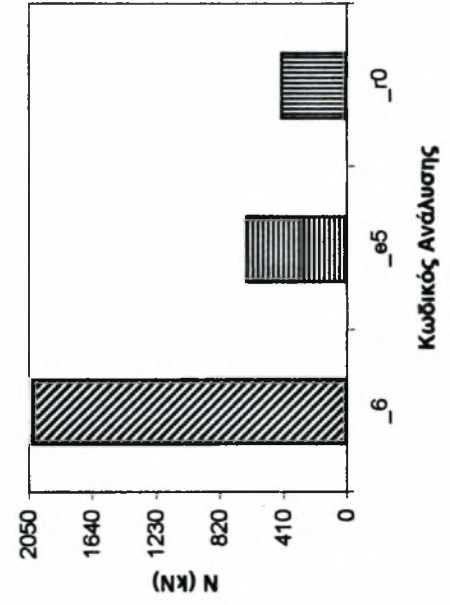
ΣΗΜΕΙΟ 4



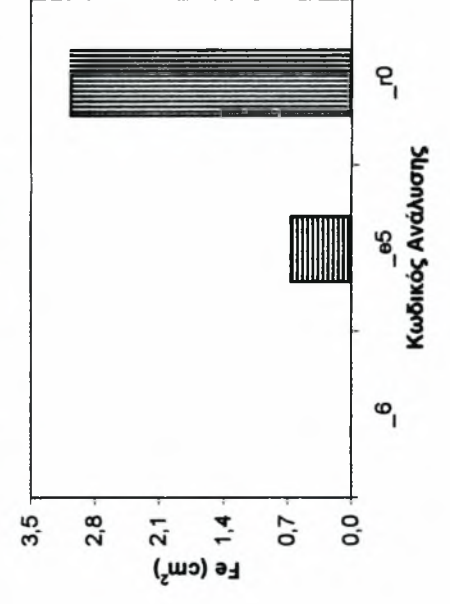
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



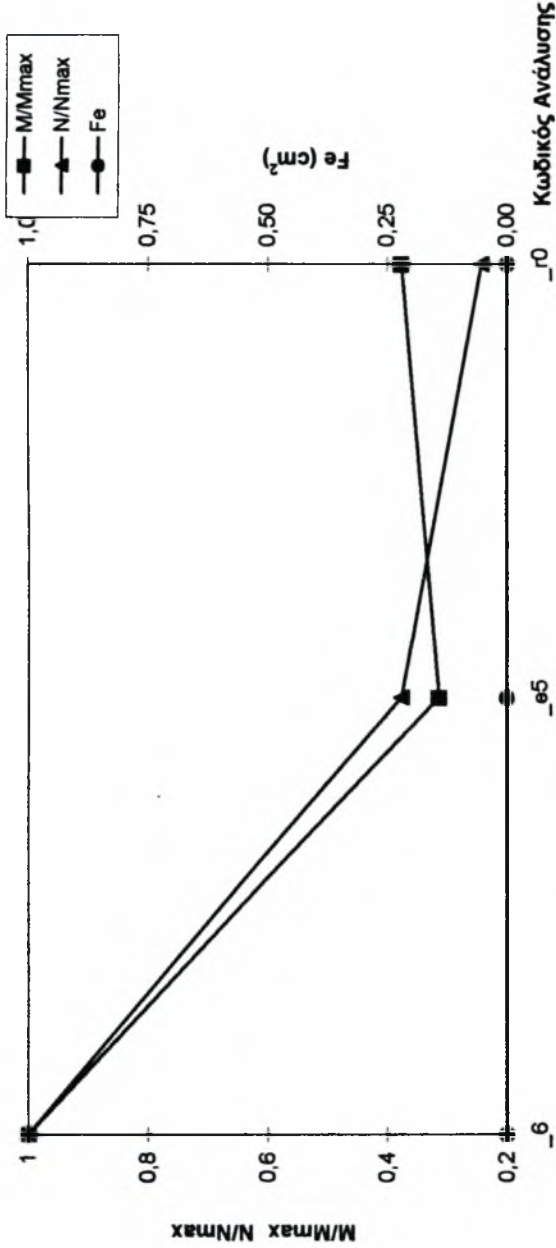
Κωδικός Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- 5E: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- 10: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

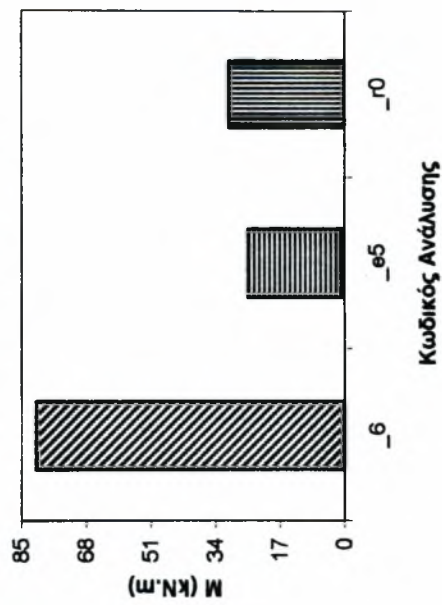
Σχήμα B2.2.13

Στόμιο σήραγγας

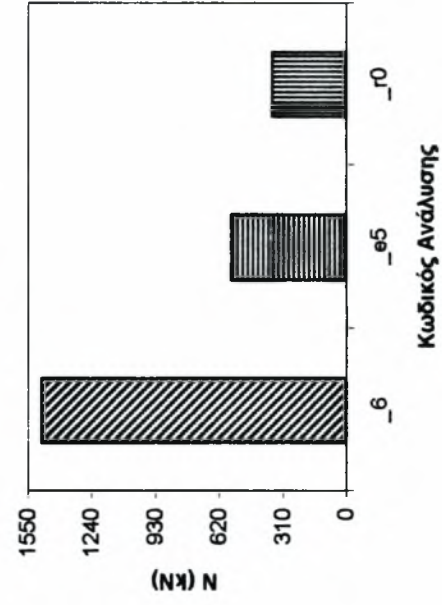
ΣΗΜΕΙΟ 5



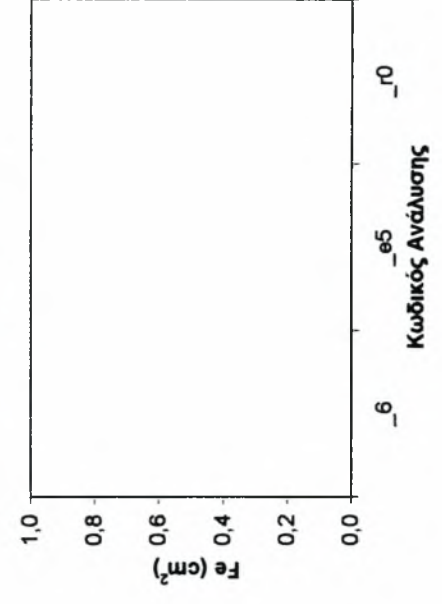
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



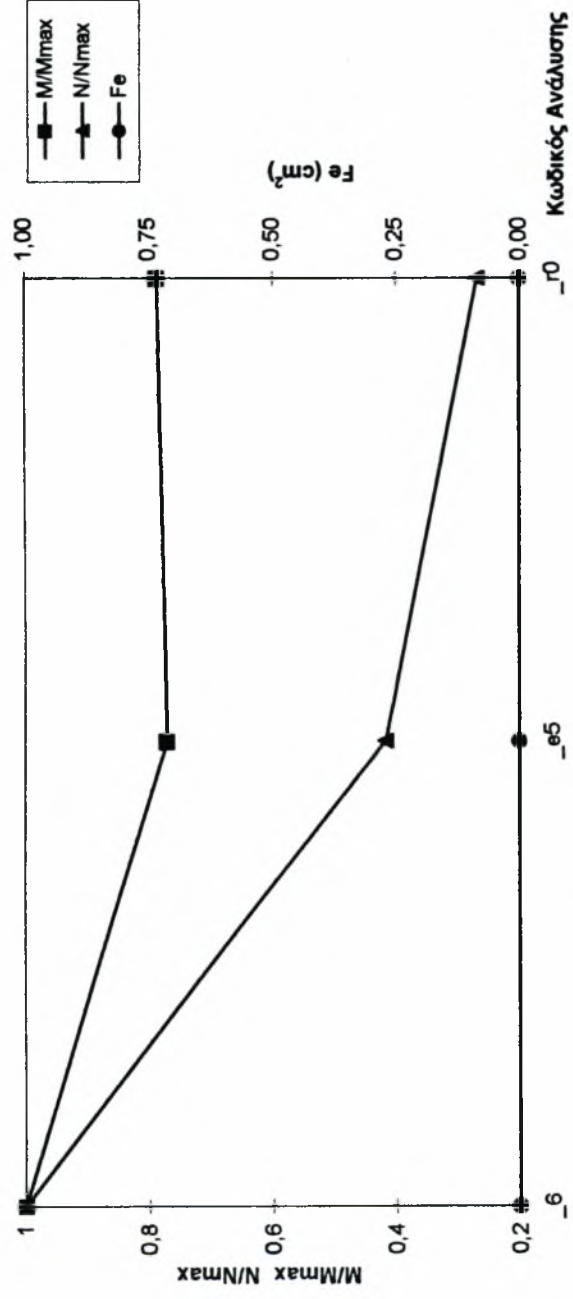
Κωδικός Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μείτρων Άμεσης Υποστήριξης
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μήτρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- e5: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μήτρου Ελαστικότητας

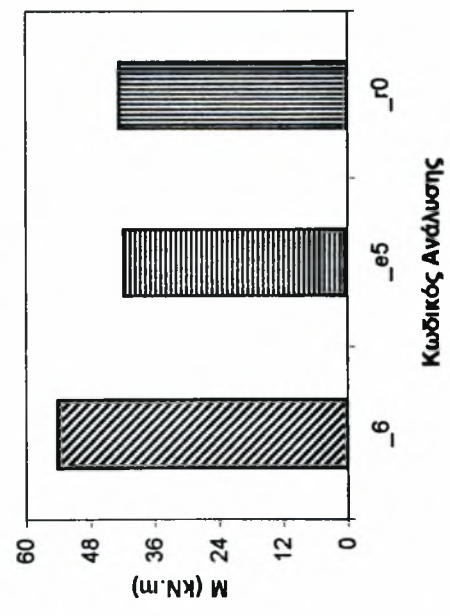
Σχήμα B2.2.14

Στόμιο σήραγγας

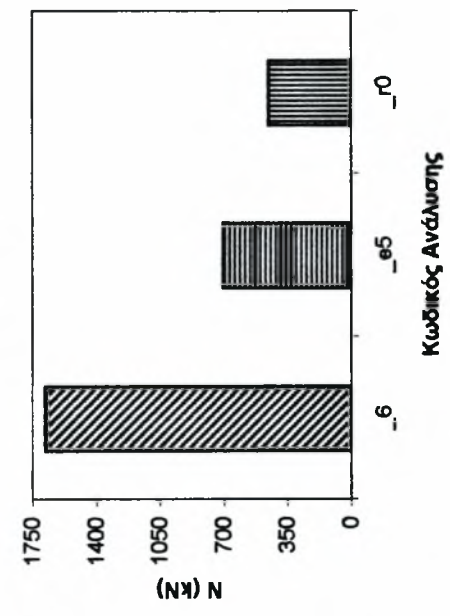
ΣΗΜΕΙΟ 6



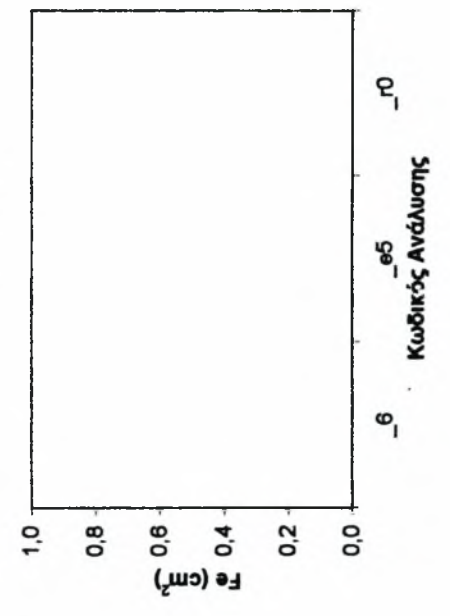
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



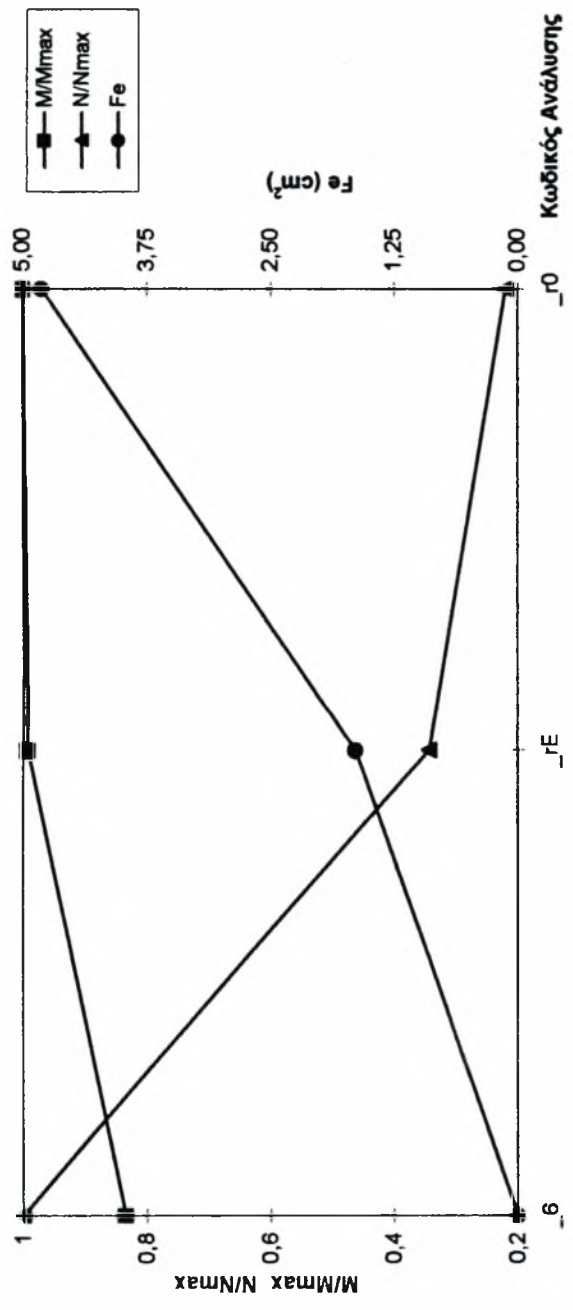
Κωδικοί Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέτρων Άμεσης Υποστήριξης
- rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

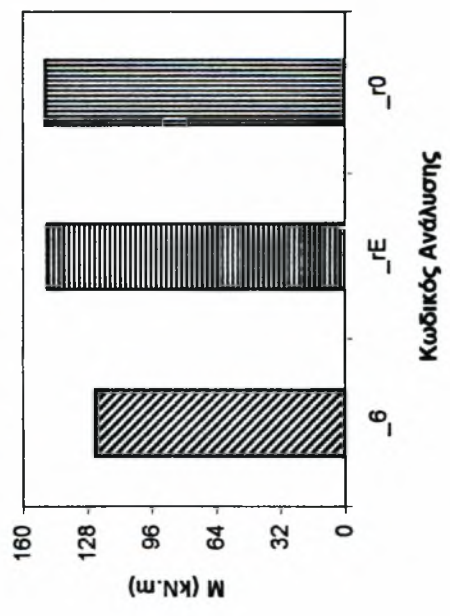
Σχήμα B2.2.15

Στόμιο σήραγγας

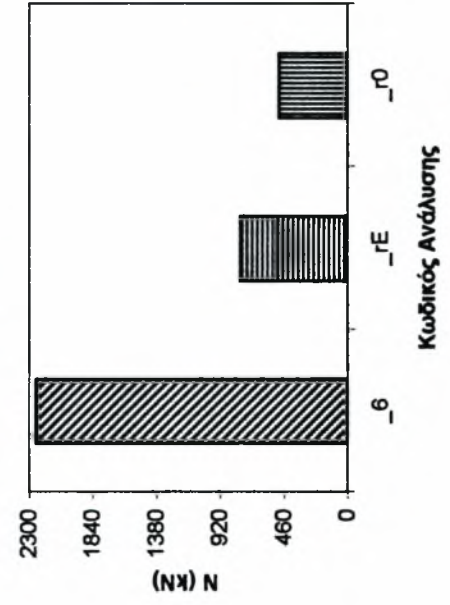
ΣΗΜΕΙΟ 7



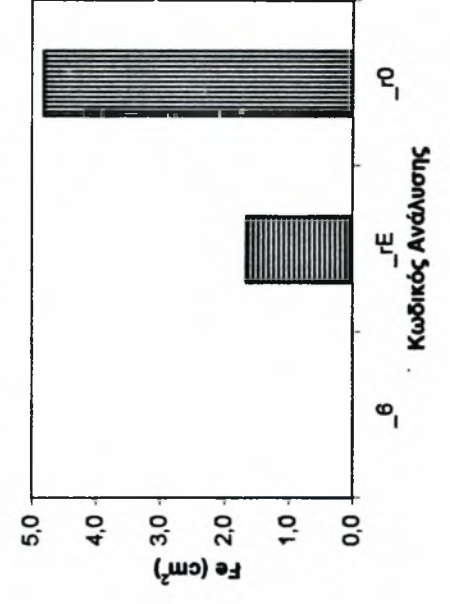
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



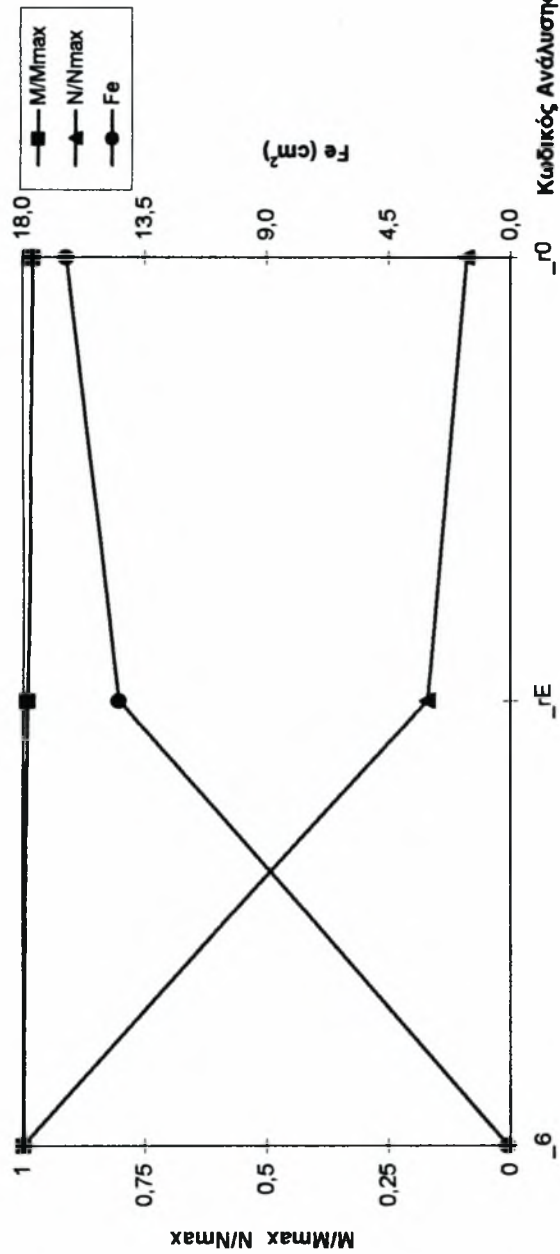
Κωδικός Ανάλυσης:

- 6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

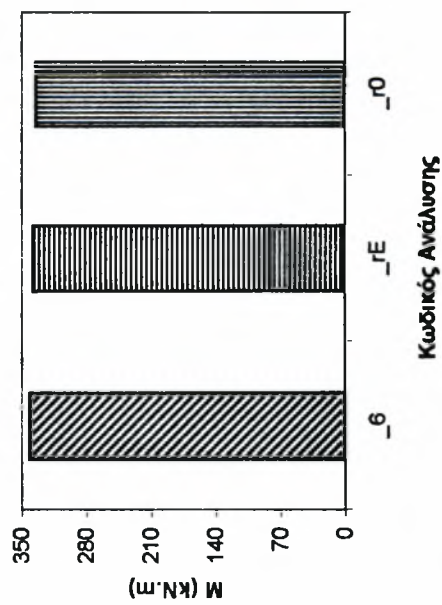
Σχήμα B2.2.16

Στόμιο σήραγγας

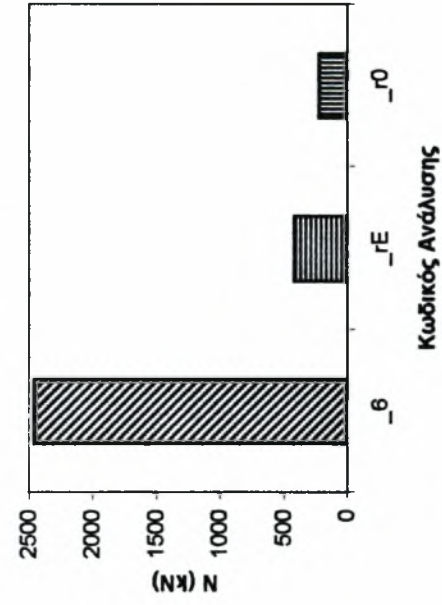
ΣΗΜΕΙΟ 8



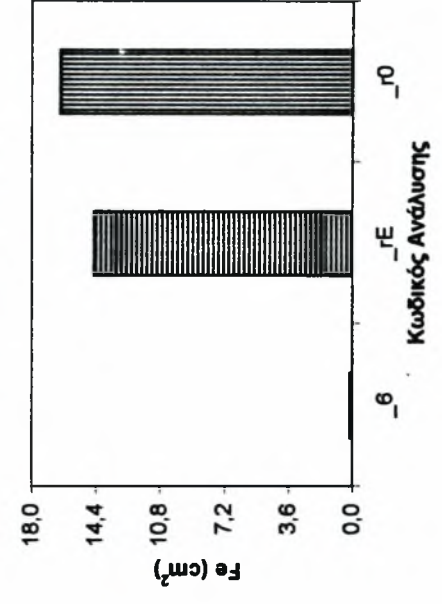
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



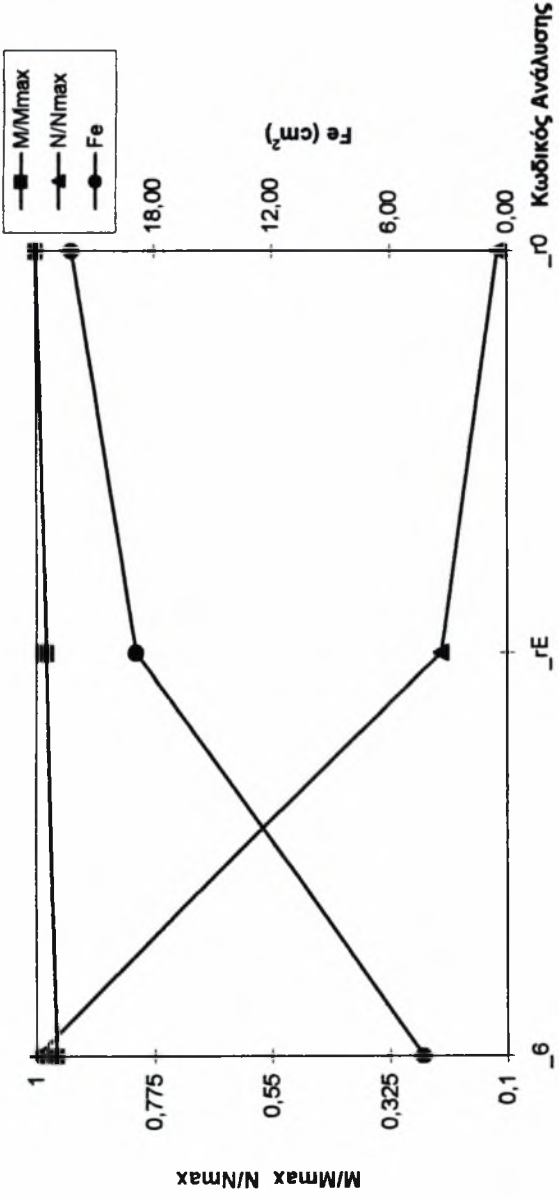
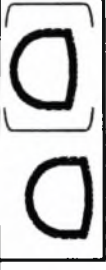
Κωδικός Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φορές
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

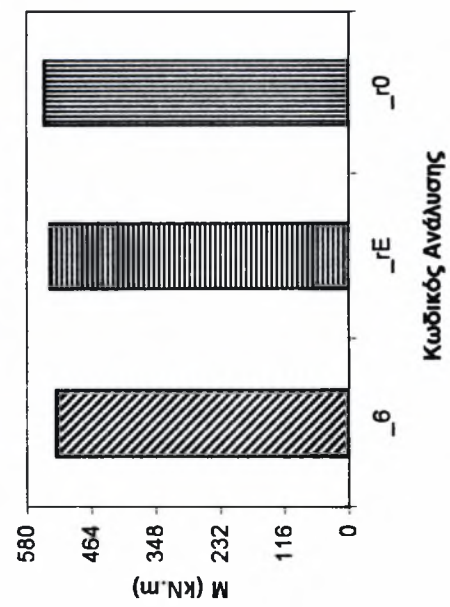
Σχήμα B2.2.17

Στόμιο σήραγγας

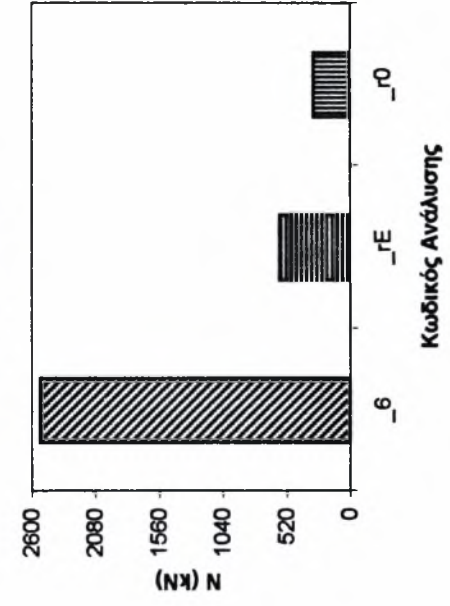
ΣΗΜΕΙΟ 9



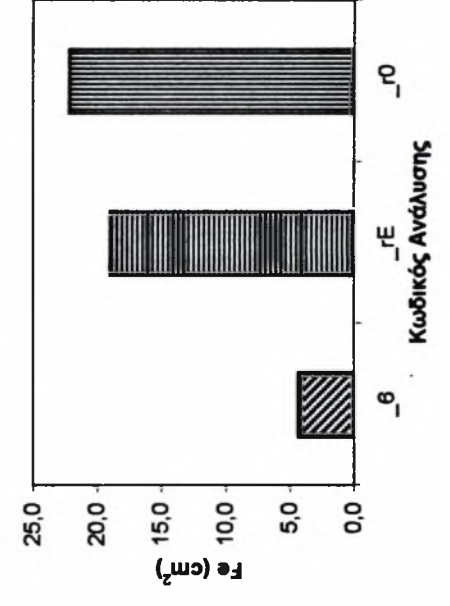
Καμπτική Ροπή Σχεδιασμού



Αξονική Δύναμη



Απαιτούμενος Οπλισμός



Κωδικοί Ανάλυσης:

- _6: Πλήρης Αφαίρεση Μέρων Άμεσης Υποστήριξης
- _rE: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μείωση Μέρου Ελαστικότητας κατά 100 φάρες
- _r0: Μηδενική Ανάλυση Καμπτικών Ροπών, Μηδενική Μείωση Μέρου Ελαστικότητας

Σχήμα B2.2.18

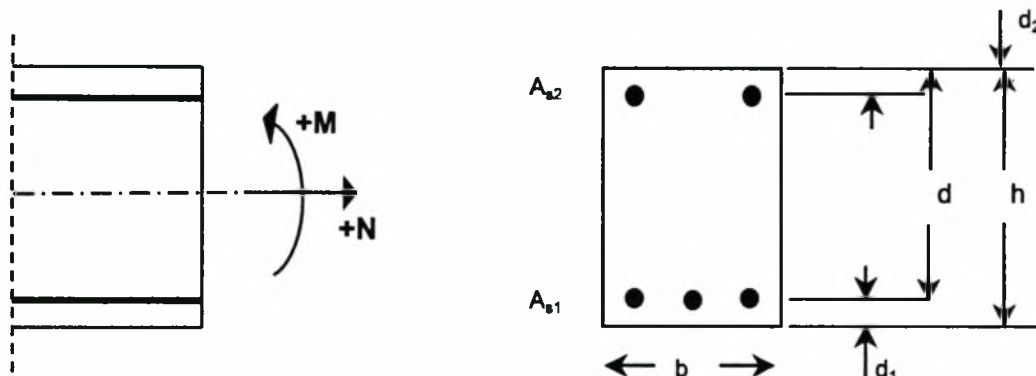
Στόμιο σήραγγας

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 1

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,60$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,55$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.1 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	416,850	1468,000	0,194	0,225	0,000	4,20	0,00
_e5	420,300	1047,000	0,169	0,191	0,000	8,11	0,00
r0	423,750	776,400	0,153	0,171	0,000	10,95	0,00

Πίνακας B2.2.1 :

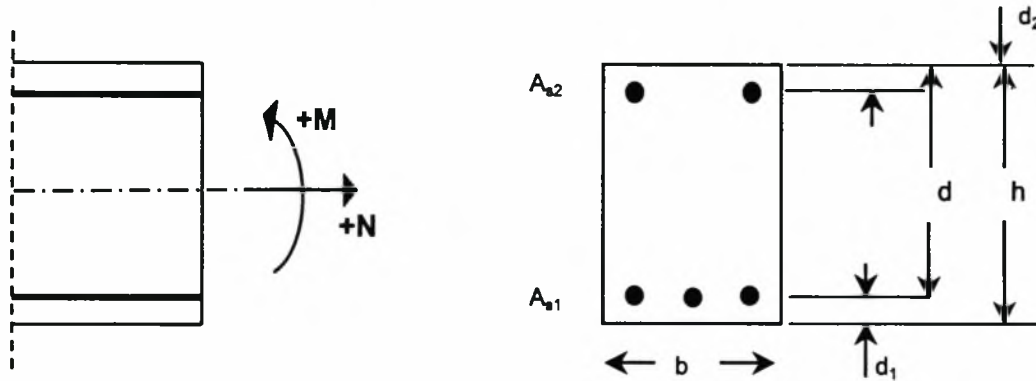
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	486,325	1468,000	0,212	0,249	0,000	8,27	0,00
_e5	490,350	1047,000	0,186	0,214	0,000	12,08	0,00
r0	494,375	776,400	0,171	0,193	0,000	14,69	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 2

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,40$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,35$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.2 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	160,350	1566,000	0,242	0,294	0,000	0,000	0,00
_e5	165,150	1140,000	0,206	0,241	0,000	0,000	0,00
r0	170,250	863,300	0,184	0,211	0,000	2,746	0,00

Πίνακας B2.2.2 :

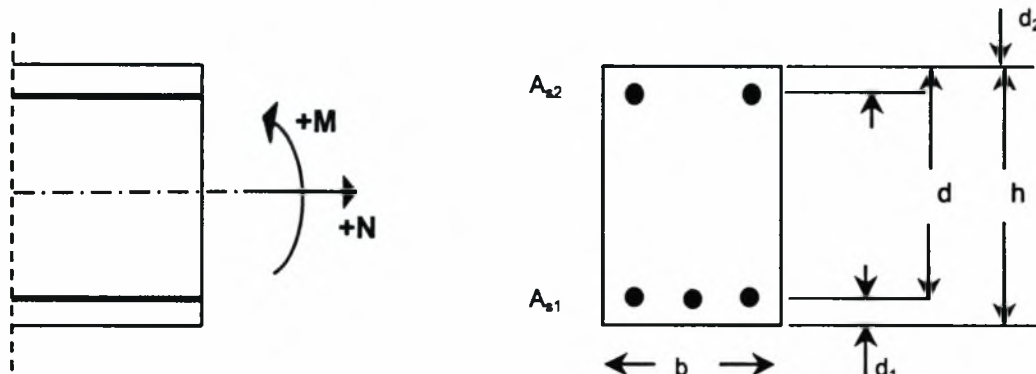
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	187,075	1566,000	0,258	0,320	0,000	0,000	0,00
_e5	192,675	1140,000	0,223	0,265	0,000	2,222	0,00
r0	198,625	863,300	0,201	0,234	0,000	5,286	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 3

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ctk} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,40$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,35$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.3 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	33,030	1798,000	0,185	0,213	0,000	0,00	0,00
_e5	43,440	1212,000	0,138	0,152	0,000	0,00	0,00
r0	47,655	919,200	0,114	0,123	0,000	0,00	0,00

Πίνακας B2.2.3 :

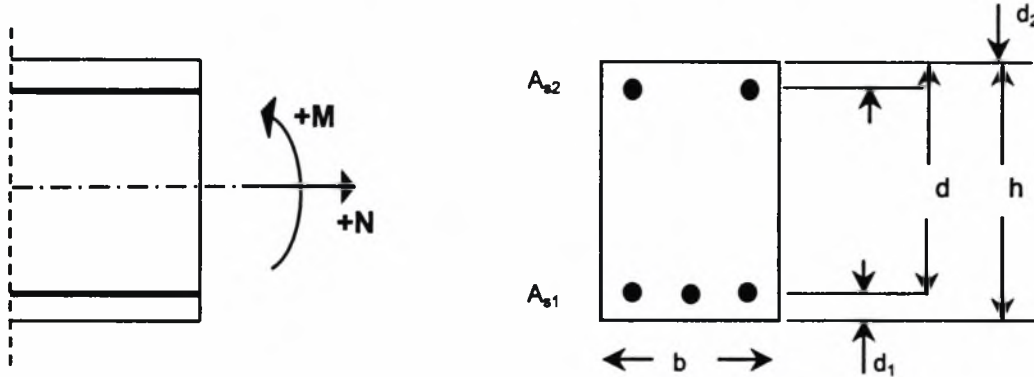
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	38,535	1798,000	0,189	0,217	0,000	0,00	0,00
_e5	50,680	1212,000	0,142	0,158	0,000	0,00	0,00
r0	55,598	919,200	0,118	0,129	0,000	0,00	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 4

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,40$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,35$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.4 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	42,705	1611,000	0,174	0,198	0,000	0,00	0,00
_e5	38,505	976,200	0,113	0,123	0,000	0,00	0,00
r0	37,470	739,600	0,091	0,097	0,000	0,00	0,00

Πίνακας B2.2.4 :

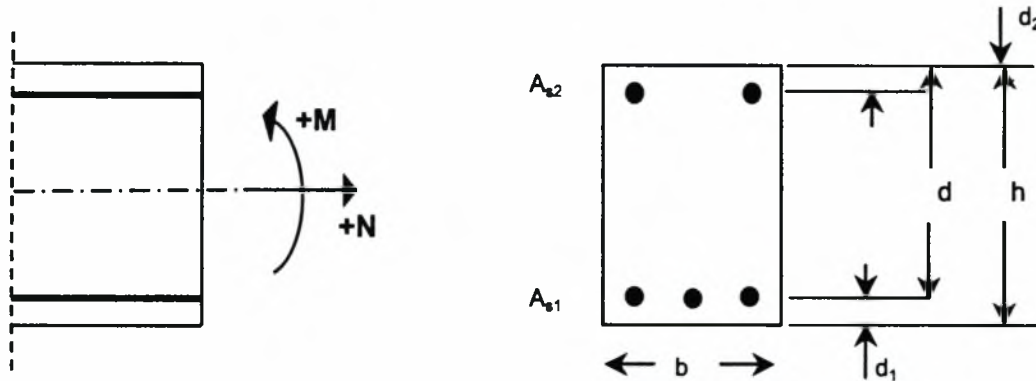
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	49,823	1611,000	0,178	0,204	0,000	0,00	0,00
_e5	44,923	976,200	0,117	0,128	0,000	0,00	0,00
r0	43,715	739,600	0,095	0,101	0,000	0,00	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 5

Υλικά: C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,40$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,35$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.5 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	22,365	985,800	0,104	0,124	0,000	0,00	0,00
_e5	8,234	425,500	0,044	0,046	0,000	0,00	0,00
r0	8,637	296,600	0,033	0,034	0,000	0,00	0,00

Πίνακας B2.2.5 :

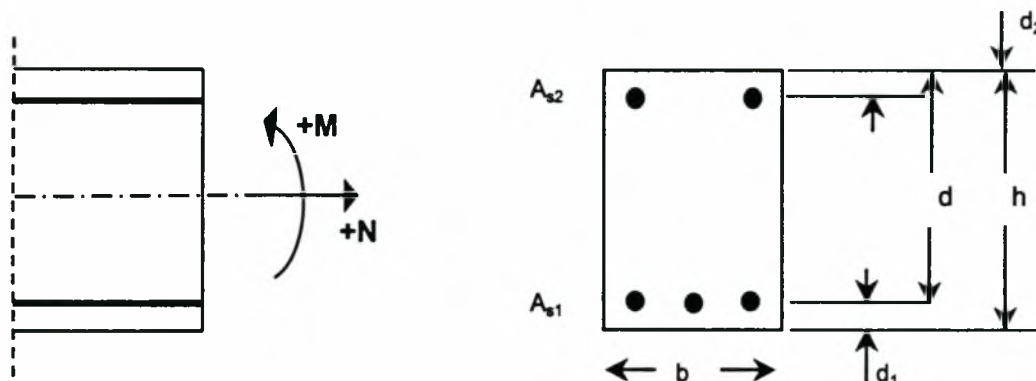
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	26,093	985,800	0,107	0,127	0,000	0,00	0,00
_e5	9,606	425,500	0,045	0,047	0,000	0,00	0,00
r0	10,077	296,600	0,033	0,035	0,000	0,00	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 6

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,40$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,35$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.6 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	21,765	1056,000	0,110	0,119	0,000	0,00	0,00
_e5	15,165	552,400	0,060	0,063	0,000	0,00	0,00
r0	14,061	410,600	0,046	0,048	0,000	0,00	0,00

Πίνακας B2.2.6 :

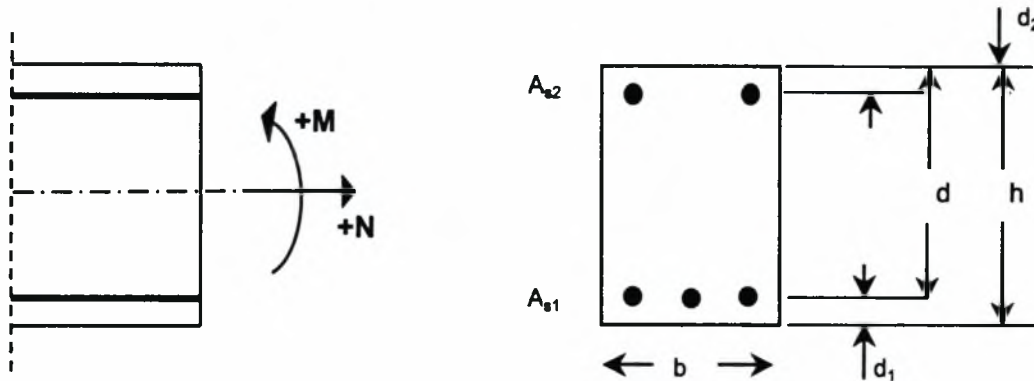
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	25,393	1056,000	0,113	0,122	0,000	0,00	0,00
_e5	17,693	552,400	0,062	0,065	0,000	0,00	0,00
r0	16,405	410,600	0,048	0,050	0,000	0,00	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 7

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,40$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,35$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.7 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	26,100	1336,000	0,139	0,153	0,000	0,00	0,00
_e5	22,725	812,700	0,089	0,094	0,000	0,00	0,00
r0	23,430	617,300	0,071	0,075	0,000	0,00	0,00

Πίνακας B2.2.7 :

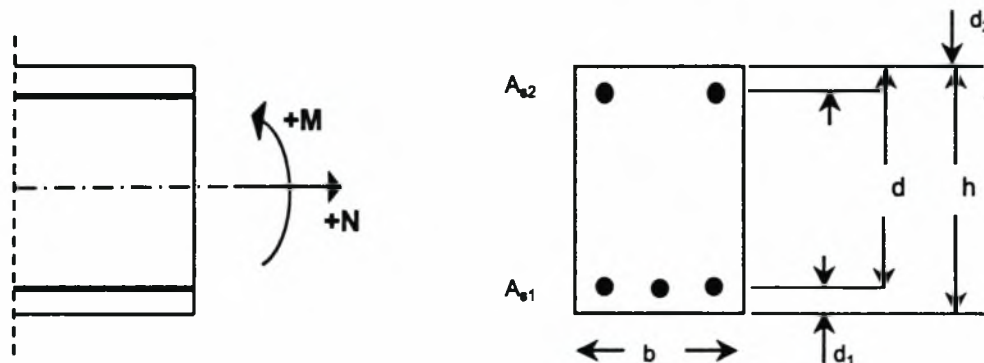
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	30,450	1336,000	0,141	0,157	0,000	0,00	0,00
_e5	26,513	812,700	0,091	0,097	0,000	0,00	0,00
r0	27,335	617,300	0,073	0,078	0,000	0,00	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 8

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,40$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,35$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας Β2.1.8 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
6	138,570	1289,000	0,203	0,238	0,000	0,00	0,00
e5	131,895	923,300	0,166	0,186	0,000	0,00	0,00
r0	130,890	691,300	0,144	0,159	0,000	1,20	0,00

Πίνακας Β2.2.8 :

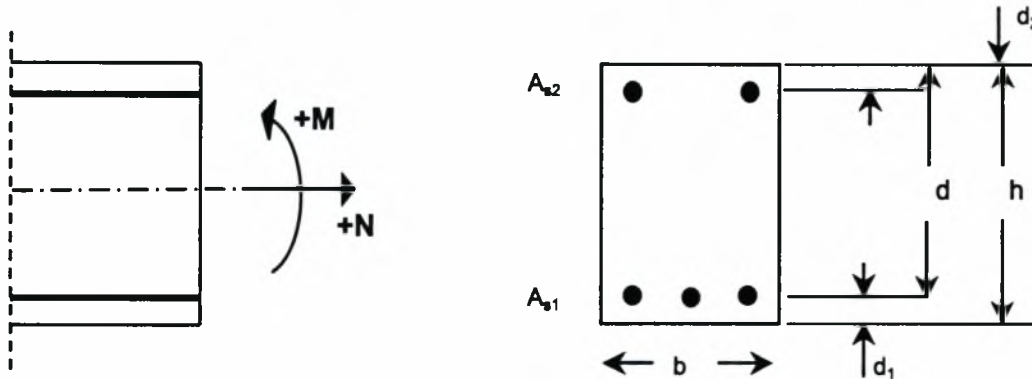
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
6	161,665	1289,000	0,217	0,257	0,000	0,00	0,00
e5	153,878	923,300	0,179	0,205	0,000	0,73	0,00
r0	152,705	691,300	0,157	0,175	0,000	2,92	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 9

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,60$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,55$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.9 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	289,800	1245,000	0,149	0,166	0,000	0,00	0,00
_e5	284,400	880,500	0,125	0,137	0,000	2,87	0,00
r0	286,800	651,000	0,111	0,121	0,000	5,39	0,00

Πίνακας B2.2.9 :

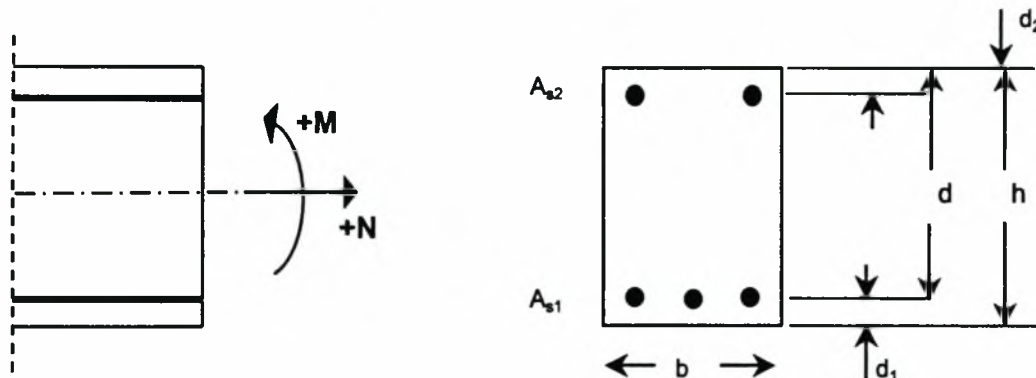
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	338,100	1245,000	0,161	0,180	0,000	1,77	0,00
_e5	331,800	880,500	0,137	0,151	0,000	5,25	0,00
r0	334,600	651,000	0,123	0,135	0,000	7,79	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 1

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,60$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,55$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.10 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	315,150	2095,000	0,208	0,244	0,000	0,00	0,00
_rE	371,550	354,800	0,114	0,124	0,000	12,74	0,00
r0	382,050	188,300	0,106	0,115	0,000	15,04	0,00

Πίνακας B2.2.10 :

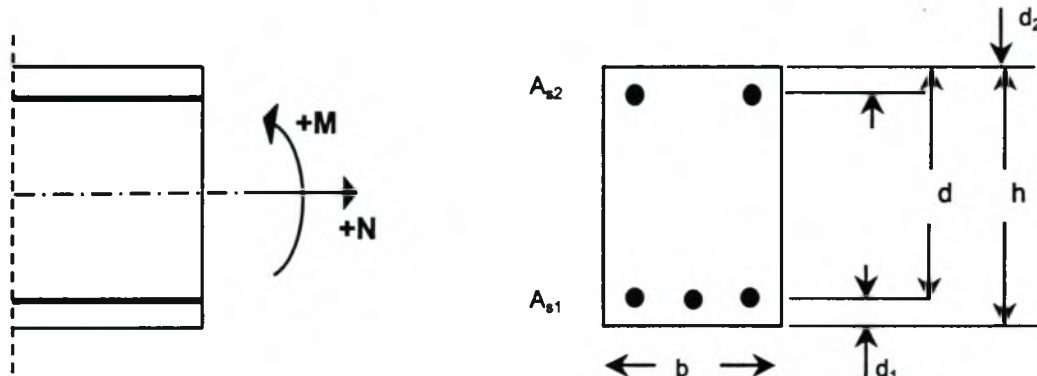
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	367,675	2095,000	0,221	0,263	0,000	0,00	0,00
_rE	433,475	354,800	0,129	0,142	0,000	15,85	0,00
r0	445,725	188,300	0,122	0,134	0,000	18,21	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 2

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,50$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,45$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.11 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	403,200	2077,000	0,303	0,400	0,000	7,436	0,000
_rE	410,700	292,600	0,174	0,197	0,000	20,497	0,000
r0	433,200	157,200	0,172	0,195	0,000	23,284	0,000

Πίνακας B2.2.11 :

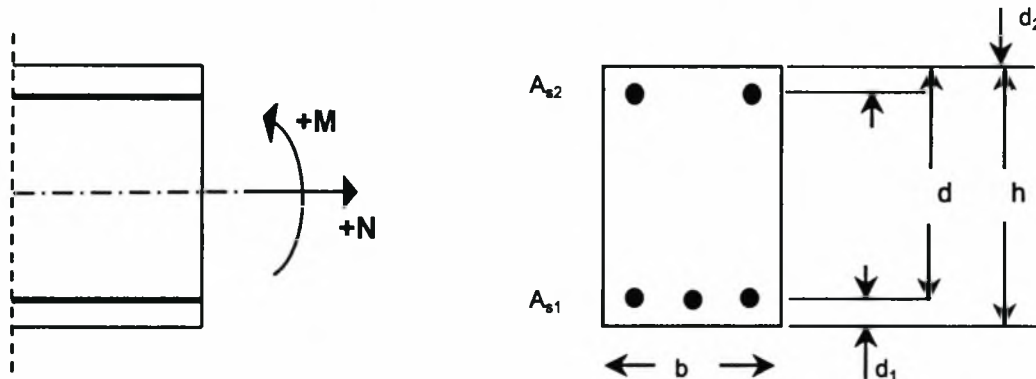
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	470,400	2077,000	0,328	0,438	0,014	12,657	1,916
_rE	479,150	292,600	0,199	0,232	0,000	25,257	0,000
r0	505,400	157,200	0,199	0,231	0,000	28,312	0,000

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 3

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,50$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,45$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκύομενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.12 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	243,300	2458,000	0,272	0,344	0,000	0,00	0,00
_rE	240,750	665,100	0,138	0,153	0,000	5,83	0,00
r0	255,150	433,000	0,127	0,142	0,000	9,57	0,00

Πίνακας B2.2.12 :

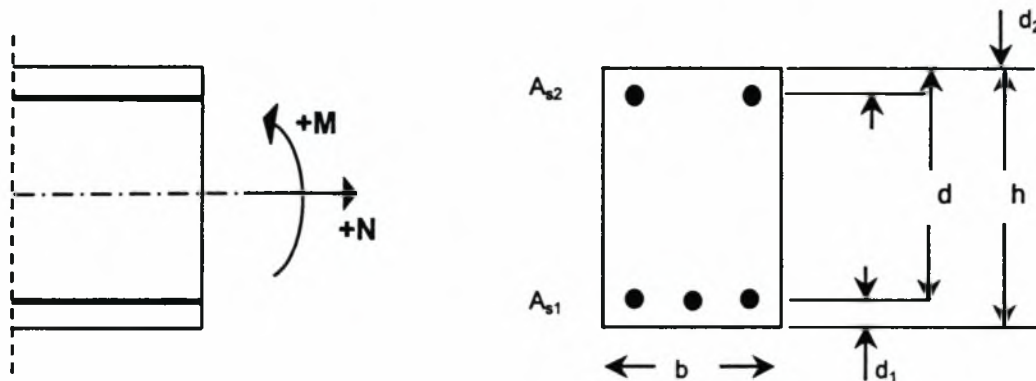
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	283,850	2458,000	0,287	0,370	0,000	0,00	0,00
_rE	280,875	665,100	0,153	0,171	0,000	8,29	0,00
r0	297,675	433,000	0,142	0,158	0,000	11,82	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 4

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,40$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,35$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.13 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	100,545	2024,000	0,247	0,303	0,000	0,00	0,00
_rE	100,860	646,900	0,121	0,132	0,000	0,00	0,00
r0	99,270	419,000	0,099	0,107	0,000	1,80	0,00

Πίνακας B2.2.13 :

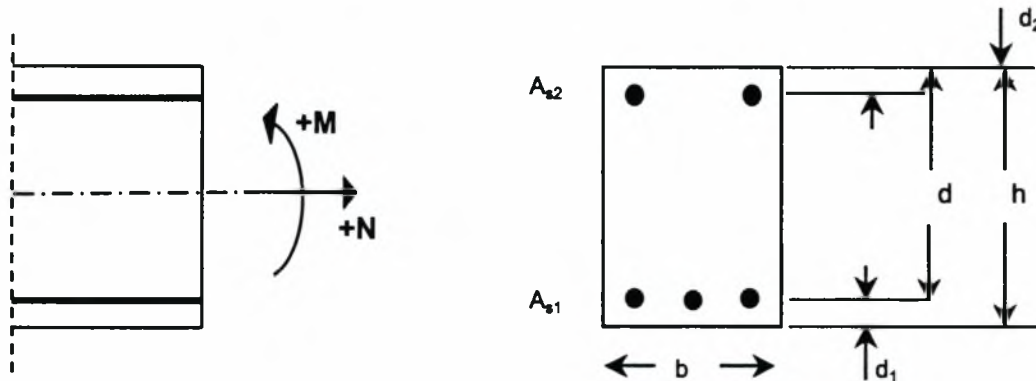
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	117,303	2024,000	0,258	0,319	0,000	0,00	0,00
_rE	117,670	646,900	0,131	0,145	0,000	0,66	0,00
r0	115,815	419,000	0,109	0,118	0,000	3,06	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 5

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,40$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,35$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.14 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	69,480	1485,000	0,179	0,204	0,000	0,00	0,00
_rE	21,765	560,000	0,065	0,068	0,000	0,00	0,00
r0	26,160	360,900	0,049	0,051	0,000	0,00	0,00

Πίνακας B2.2.14 :

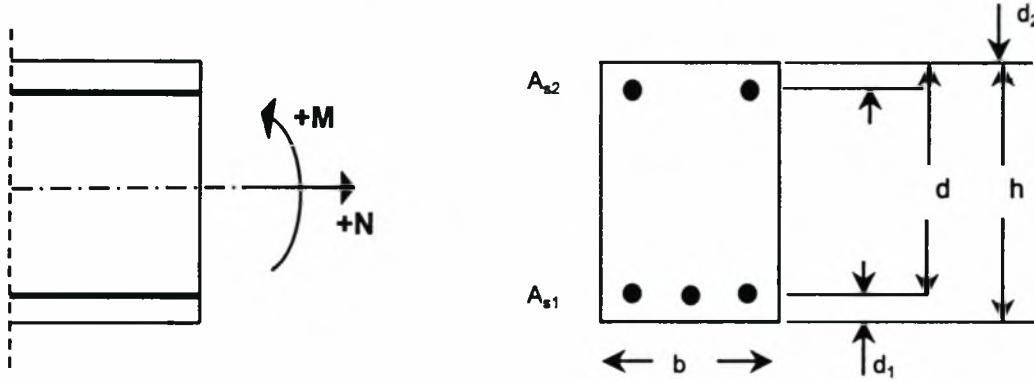
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	81,060	1485,000	0,186	0,214	0,000	0,00	0,00
_rE	25,393	560,000	0,067	0,071	0,000	0,00	0,00
r0	30,520	360,900	0,052	0,054	0,000	0,00	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 6

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,40$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,35$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.15 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	46,395	1681,000	0,183	0,210	0,000	0,00	0,00
_rE	35,775	701,400	0,086	0,092	0,000	0,00	0,00
r0	36,465	451,600	0,064	0,067	0,000	0,00	0,00

Πίνακας B2.2.15 :

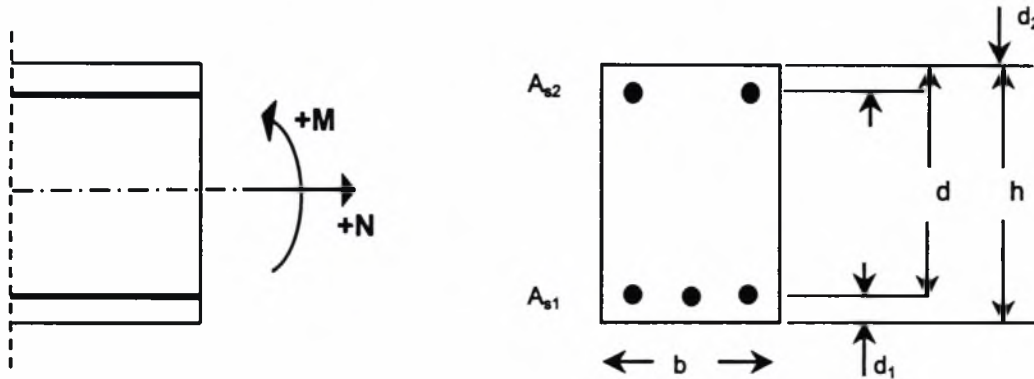
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	54,128	1681,000	0,188	0,216	0,000	0,00	0,00
_rE	41,738	701,400	0,090	0,096	0,000	0,00	0,00
r0	42,543	451,600	0,068	0,071	0,000	0,00	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 7

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,40$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,35$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκύζομενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.16 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	106,425	2251,000	0,272	0,343	0,000	0,00	0,00
_rE	126,675	772,700	0,149	0,165	0,000	0,00	0,00
r0	127,590	494,900	0,124	0,135	0,000	3,14	0,00

Πίνακας B2.2.16 :

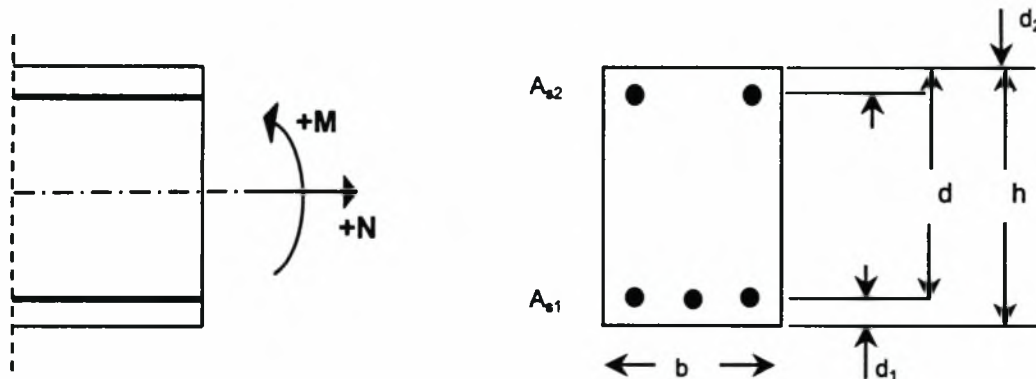
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	124,163	2251,000	0,283	0,362	0,000	0,00	0,00
_rE	147,788	772,700	0,161	0,181	0,000	1,64	0,00
r0	148,855	494,900	0,137	0,151	0,000	4,81	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 8

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,50$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,45$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.17 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	292,950	2460,000	0,291	0,376	0,000	0,00	0,00
_rE	290,100	418,000	0,138	0,153	0,000	11,51	0,00
r0	286,950	219,600	0,123	0,134	0,000	13,45	0,00

Πίνακας B2.2.17 :

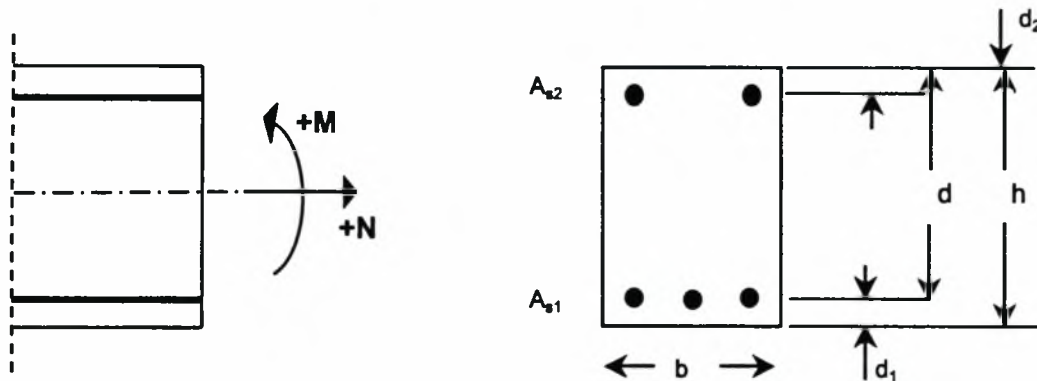
Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	341,775	2460,000	0,309	0,411	0,000	0,10	0,00
_rE	338,450	418,000	0,156	0,175	0,000	14,48	0,00
r0	334,775	219,600	0,140	0,155	0,000	16,38	0,00

Διαστασιολόγηση μόνιμης επένδυσης σήραγγας με τη μέθοδο οριακής αντοχής

Σημείο 9

Υλικά : C20 \Rightarrow $f_{ck} = 20$ MPa
 S500 \Rightarrow $f_{yk} = 500$ MPa

Γεωμετρία διατόμης:



$b = 1,00$ m
 $h = 0,60$ m
 $d_1 = d_2 = 0,05$ m
 $d = h - d_1 = 0,55$ m

όπου A_{s1} : Απαιτούμενος εφελκόμενος οπλισμός
 A_{s2} : Απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός

Πίνακας B2.1.18 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	451,650	2531,000	0,269	0,338	0,000	0,00	0,00
_rE	460,800	573,600	0,150	0,167	0,000	14,93	0,00
r0	469,650	299,300	0,135	0,149	0,000	18,25	0,00

Πίνακας B2.2.18 :

Κωδικός Ανάλυσης	Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού					Απαιτούμενοι οπλισμοί	
	M (kN.m)	N (kN)	μ_{sd}	ω_1	ω_2	A_{s1} (cm ²)	A_{s2} (cm ²)
_6	526,925	2531,000	0,288	0,371	0,000	4,28	0,00
_rE	537,600	573,600	0,169	0,190	0,000	18,94	0,00
r0	547,925	299,300	0,154	0,172	0,000	22,17	0,00

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΕΠΙΛΥΣΕΩΝ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

JOB TITLE : Tunnel Veria, S3, Center, stage 6, red. 50% of E

FLAC (Version 4.00)

LEGEND

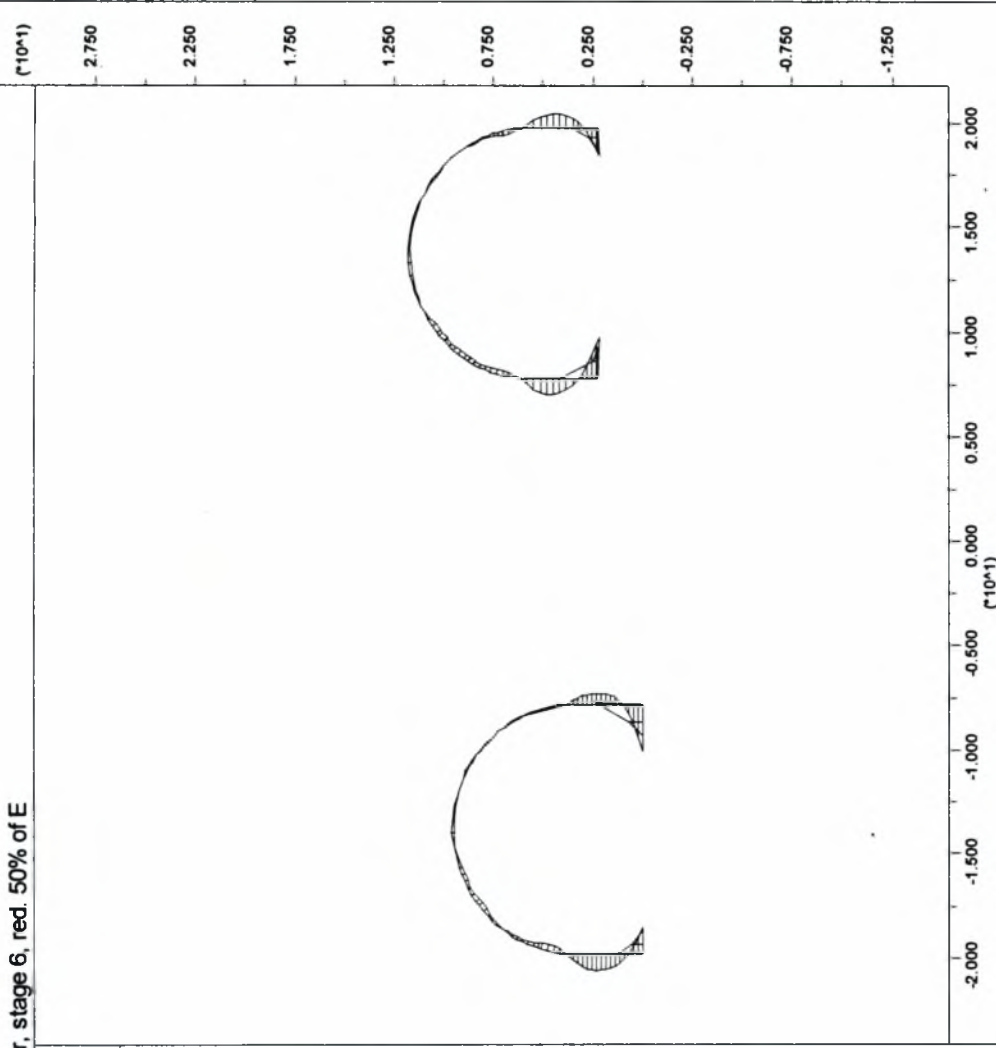
14-Jun-01 14:03
step 21577
-2.406E+01 <x< 2.178E+01
-1.537E+01 <y< 3.048E+01

Moment on

Structure	Max. Value
# 1 (Beam)	-2.779E+02
# 2 (Beam)	-2.779E+02
# 3 (Beam)	-1.932E+02
# 4 (Beam)	-1.751E+02
# 5 (Beam)	-3.213E+02
# 6 (Beam)	-3.213E+02

Beam plot

GeoStatiki Ltd Consult. Engineers
11, Nikis avenue Thessaloniki GR



Σχήμα Γ.1 : Διαγράμματα καμπτικών ροπών της μόνιμης επένδυσης στο κύριο τμήμα της σήραγγας, που αντιστοιχεί σε πλήρη αφαίρεση των μέτρων άμεσης υποστήριξης.
(Κωδικός ανάλυσης: s3t2_6)

JOB TITLE : Tunnel Veria, S3, Center, stage 6, red. 50% of E

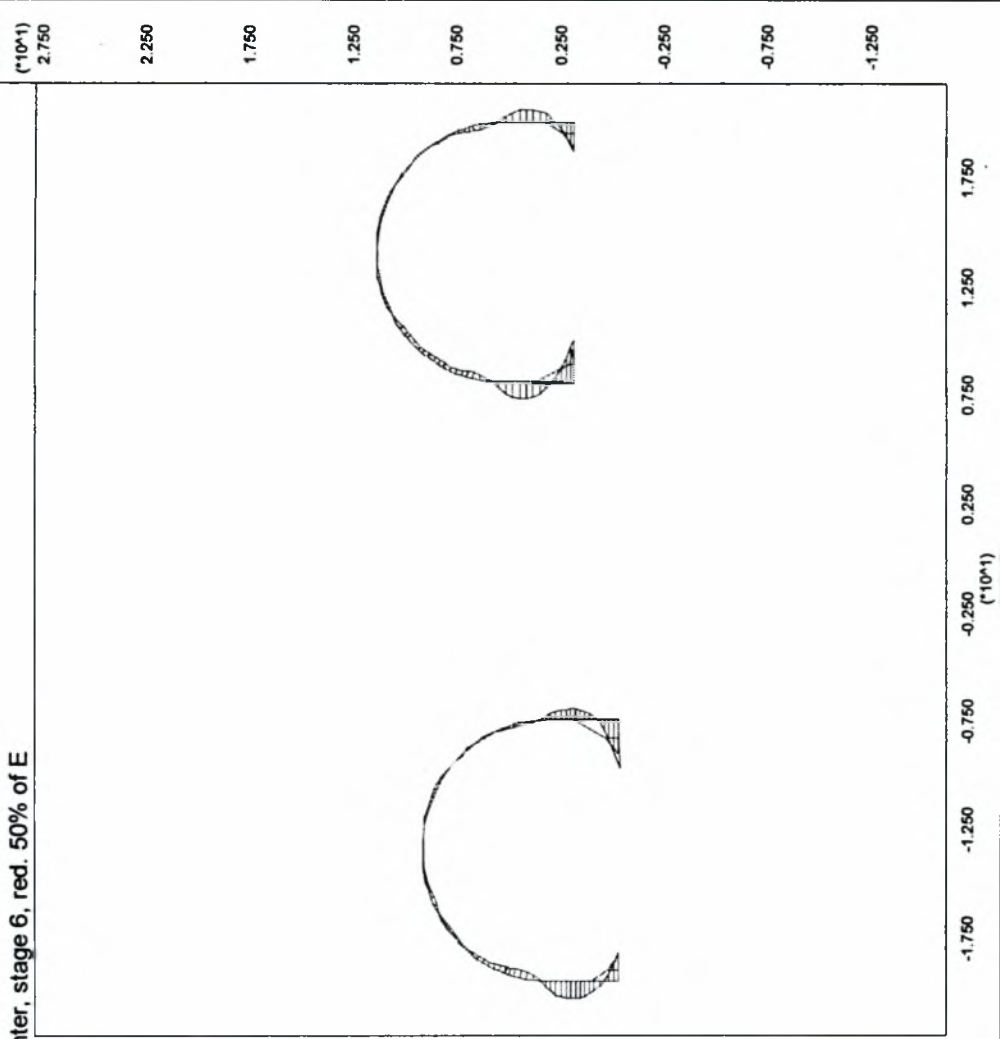
FLAC (Version 4.00)

LEGEND

14-Jun-01
 step 21951
 -2.232E+01 <x<
 -1.580E+01 <y<

Moment	on
Structure	Max.
# 1 (Beam)	1.000E-
# 2 (Beam)	1.000E-
# 3 (Beam)	-1.000E-
# 4 (Beam)	-1.000E-
# 5 (Beam)	1.000E-
# 6 (Beam)	-1.000E-
# 7 (Beam)	-
# 8 (Beam)	-
# 9 (Beam)	-
#10 (Beam)	-
#11 (Beam)	-
#12 (Beam)	-
Beam plot	

GeoStatiki Ltd Consult.
 11, Nikis avenue Thessaloniki



Σχήμα Γ.2 : Διαγράμματα καμπτικών ροπών της μόνιμης επένδυσης στο κύριο τμήμα της σήραγγας, που αντιστοιχεί σε μηδενική ανάληψη καμπτικών ροπών και μείωση του μέτρου ελαστικότητας κατά 100. (Κωδικός ανάλυσης: s3t2_e5)

JOB TITLE : Tunnel Veria, S3, Center, stage 6, no red. of E

FLAC (Version 4.00)

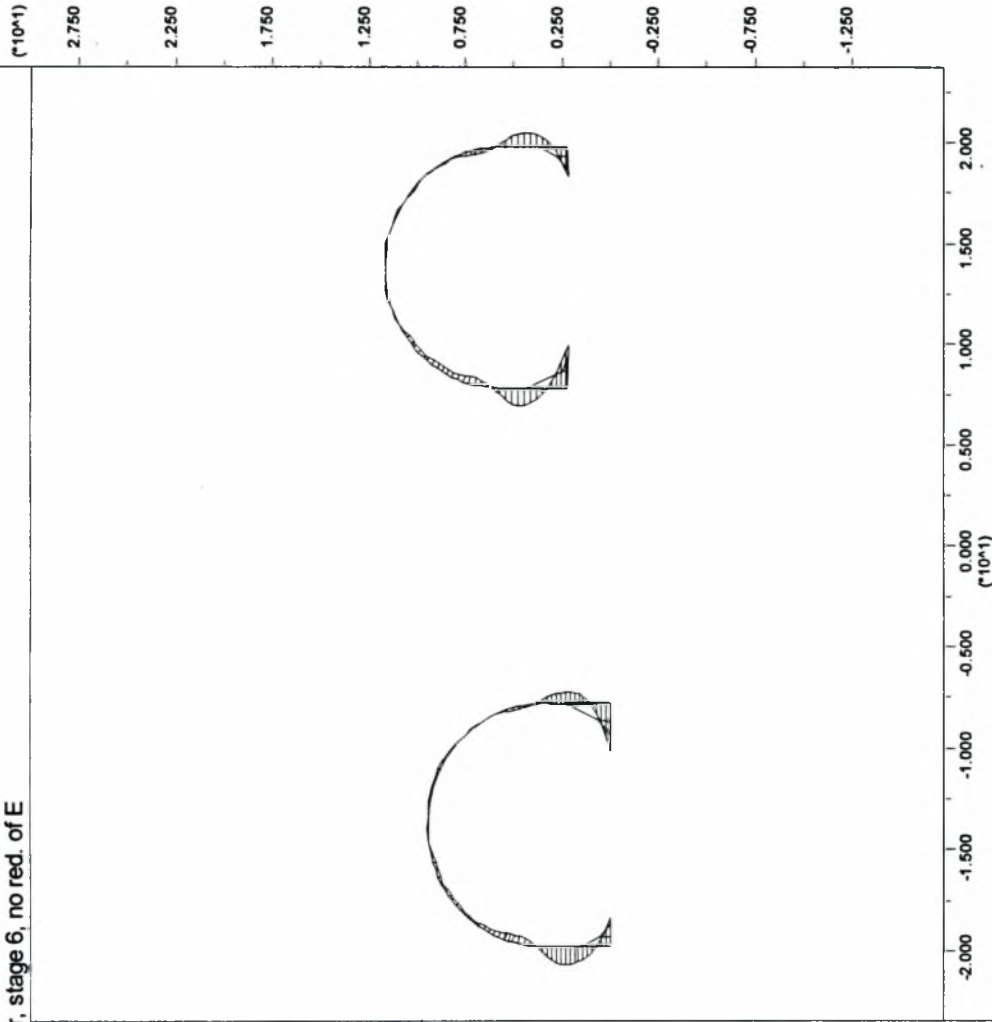
LEGEND

14-Jun-01 13:08
 step 22633
 -2.348E+01 <x< 2.372E+01
 -1.724E+01 <y< 2.996E+01

Moment on

Structure	Max. Value
# 1 (Beam)	-1.000E-02
# 2 (Beam)	1.000E-02
# 3 (Beam)	-1.000E-02
# 4 (Beam)	9.959E-03
# 5 (Beam)	-1.000E-02
# 6 (Beam)	1.000E-02
# 7 (Beam)	-2.825E+02
# 8 (Beam)	-2.825E+02
# 9 (Beam)	-1.912E+02
#10 (Beam)	-1.825E+02
#11 (Beam)	-3.053E+02
#12 (Beam)	-3.054E+02

GeoStatiki Ltd Consult. Engineers
 11, Nikis avenue Thessaloniki GR



Σχήμα Γ.3 : Διαγράμματα καμπτικών ροπών της μόνιμης επένδυσης στο κύριο τμήμα της σήραγγας, που αντιστοιχεί σε μηδενική ανάληψη καμπτικών ροπών και μηδενική μείωση του μέτρου ελαστικότητας κατά 100. (Κωδικός ανάλυσης: s3t2_r0)

JOB TITLE : Tunnel Veria, S3, Crack Segment B, stage 7

FLAC (Version 4.00)

LEGEND

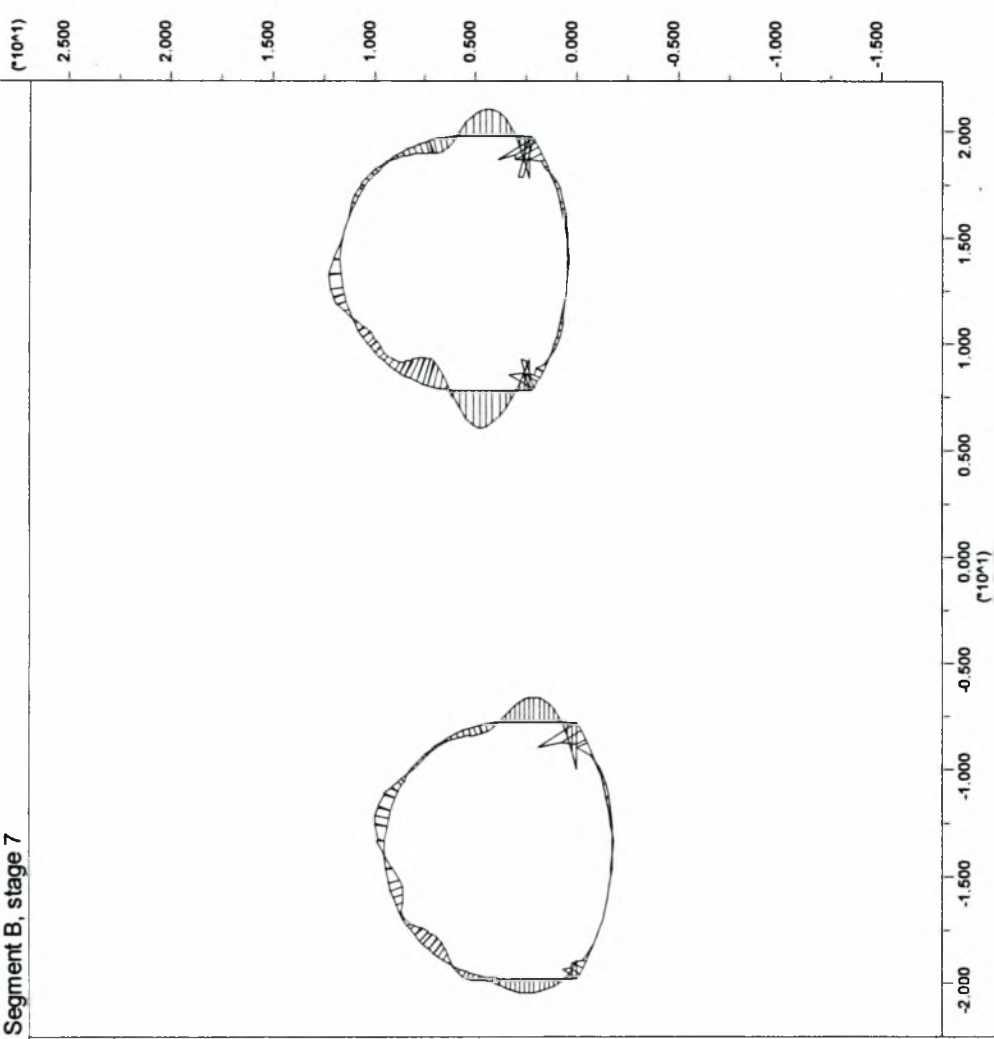
21-Jun-01 18:21
step 31085
-2.252E+01 <x< 2.236E+01
-1.798E+01 <y< 2.690E+01

Moment on

Structure	Max. Value
# 1 (Beam)	-3.417E+02
# 2 (Beam)	-3.067E+02

Beam plot

GeoStatiki Ltd Consult. Engineers
11, Nikis avenue Thessaloniki GR



Σχήμα Γ.4 : Διαγράμματα καμπτικών ροπών της μόνιμης επένδυσης στο στόμιο της σήραγγας, που αντιστοιχεί σε πλήρη αφάρωση των μέτρων άμεσης υποστήριξης. (Κωδικός ανάλυσης: s3_d3_6)

JOB TITLE : Tunnel Veria, S3, Crack Segment B, stage 7

FLAC (Version 4.00)

LEGEND

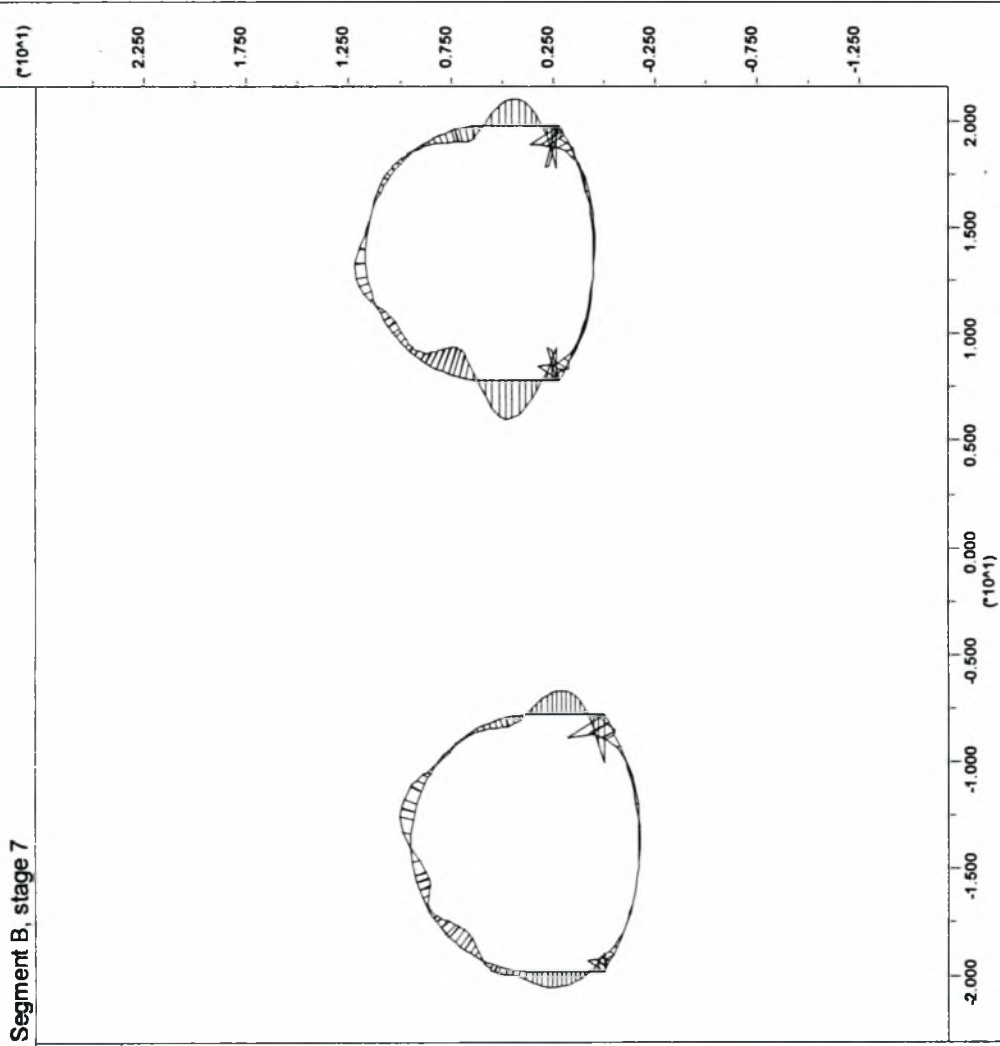
21-Jun-01 18:44
 step 32398
 -2.310E+01 <x< 2.159E+01
 -1.689E+01 <y< 2.780E+01

Moment on

Structure	Max. Value
# 1 (Beam)	9.995E-02
# 2 (Beam)	1.000E-01
# 3 (Beam)	9.992E-02
# 4 (Beam)	1.000E-01
# 5 (Beam)	1.000E-01
# 6 (Beam)	9.983E-02
# 7 (Beam)	1.000E-01
# 8 (Beam)	-1.000E-01
# 9 (Beam)	-3.037E+01
#10 (Beam)	1.000E-01
#11 (Beam)	-1.000E-01
#12 (Beam)	-4.337E+01
#13 (Beam)	-3.470E+02
#14 (Beam)	-3.151E+02

Beam plot

GeoStatiki Ltd Consult. Engineers
 11, Nikis avenue Thessaloniki GR



Σχήμα Γ.5 : Διαγράμματα καμπτικών ροπών της μόνιμης επένδυσης στο στάδιο της σήραγγας, που αντιστοιχεί σε μηδενική ανάληψη καμπτικών ροπών και μείωση του μέτρου ελαστικότητας κατά 100. (Κωδικός ανάλυσης: s3_d3_re)

JOB TITLE : Tunnel Veria, S3, Crack Segment B, stage 7

FLAC (Version 4.00)

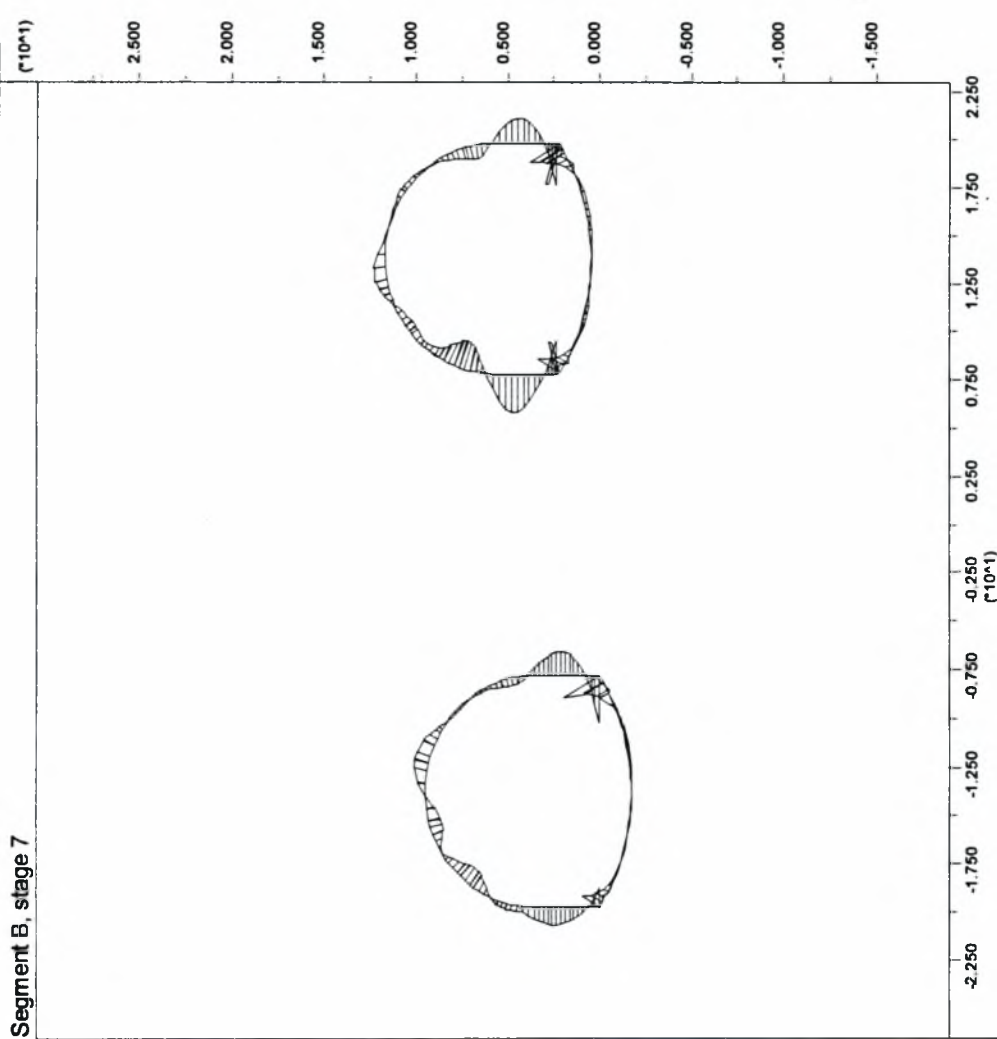
LEGEND

21-Jun-01 19:21
 step 39419
 -2.658E+01 <x< 2.294E+01
 -1.900E+01 <y< 3.052E+01

Moment on

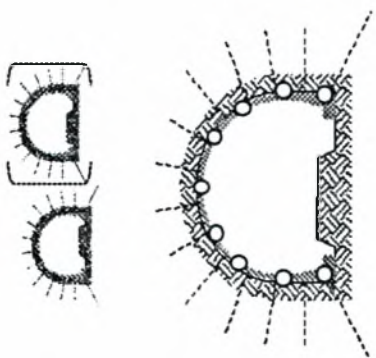
Structure	Max. Value
# 1 (Beam)	-5.997E-02
# 2 (Beam)	1.000E-01
# 3 (Beam)	-2.737E-02
# 4 (Beam)	7.347E-02
# 5 (Beam)	1.000E-01
# 6 (Beam)	2.912E-02
# 7 (Beam)	-1.000E-01
# 8 (Beam)	-1.000E-01
# 9 (Beam)	-3.043E+01
#10 (Beam)	-1.000E-01
#11 (Beam)	-1.000E-01
#12 (Beam)	-4.339E+01
#13 (Beam)	-3.611E+02
#14 (Beam)	-3.204E+02
Beam plot	

GeoStatiki Ltd Consult. Engineers
 11, Nikis avenue Thessaloniki GR

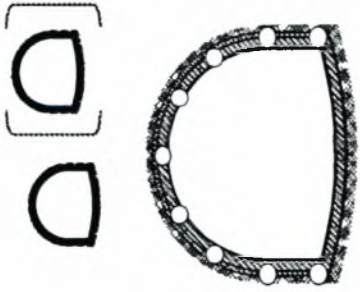


Σχήμα Γ.6 : Διαγράμματα καμπτικών ροπών της μόνιμης επένδυσης στο στάδιο της σήραγγας, που αντιστοιχεί σε μηδενική ανάληψη καμπτικών ροπών και μηδενική μείωση του μέτρου ελαστικότητας κατά 100. (Κωδικός ανάλυσης: s3_d3_r0)

Πίνακας Γ1 : Εντατικά μεγέθη διατομών που προκύπτουν από τις παραμετρικές ανάλυσεις

Θέσεις των σημείων για τα οποία γίνεται διαστασιολόγηση της μόνιμης επένδυσης	Σημείο	κόμβος	M kN.m	N kN	Κωδικός ανάλυσης
 <p>Σημ. : Διαστασιολογείται ο δεξιός κλάδος της σήραγγας. Η αρίθμηση των σημείων της διατομής όπως φαίνονται στην τομή αρχίζει από αριστερά και ακολουθεί ωρολογιακή φορά. Κάθε σημείο βρίσκεται σε σταθερή θέση στη διατομή, εξάρτηση αποτελούν τα σημεία 2 και 8 τα οποία αντιστοιχούν στη θέση όπου εμφανίζεται η μέγιστη ροπή στο τοίχωμα.</p>	1	624	277,90	1468,00	s3t2_6
	2	635	106,90	1566,00	
	3	646	22,02	1798,00	
	4	656	28,47	1611,00	
	5	667	14,91	985,80	
	6	676	14,51	1056,00	
	7	686	17,40	1336,00	
	8	697	92,38	1289,00	
	9	706	193,20	1245,00	
	1	575	280,20	1047,00	s3t2_e5
	2	584	110,10	1140,00	
	3	498	28,96	1212,00	
	4	508	25,67	976,20	
	5	519	5,49	425,50	
	6	528	10,11	553,40	
	7	538	15,15	812,70	
	8	590	87,93	923,30	
	9	599	189,60	880,50	
	1	575	282,50	776,40	s3t2_r0
	2	584	113,50	863,30	
	3	498	31,77	919,20	
	4	508	24,98	739,60	
	5	519	5,76	296,60	
	6	528	9,37	410,60	
	7	538	15,62	617,30	
	8	590	87,26	691,30	
	9	599	191,20	651,00	

Πίνακας Γ2 : Εντατικά μεγέθη διατομών που προκύπτουν από τις παραμετρικές ανάλυσεις

Θέσεις των σημείων για τα οποία γίνεται διαστασιολόγηση της μόνιμης επένδυσης	Σημείο	κόμβος	M kN.m	N kN	Κωδικός ανάλυσης
 <p>Σημ. : Διαστασιολογείται ο δεξιός κλάδος της σήραγγας. Η αρίθμηση των σημείων της διατομής όπως φαίνονται στην τομή αρχίζει από αριστερά και ακολουθεί ωρολογιακή φορά. Κάθε σημείο βρίσκεται σε σταθερή θέση στη διατομή, εξάρτηση αποτελούν τα σημεία 2 και 8 τα οποία αντιστοιχούν στη θέση όπου εμφανίζεται η μέγιστη ροπή στο τοίχωμα.</p>	1	579	210,10	2095,00	s3_d3_6
	2	588	268,80	2077,00	
	3	599	162,20	2458,00	
	4	609	67,03	2024,00	
	5	618	46,32	1485,00	
	6	628	30,93	1681,00	
	7	638	70,95	2251,00	
	8	649	195,30	2460,00	
	9	658	301,10	2531,00	
	1	521	247,70	354,80	s3_d3_rE
	2	529	273,80	292,60	
	3	362	160,50	665,10	
	4	372	67,24	646,90	
	5	382	14,51	560,00	
	6	392	23,85	701,40	
	7	402	84,45	772,70	
	8	537	193,40	418,00	
	9	546	307,20	573,60	
	1	521	254,70	188,30	s3_d3_r0
	2	531	288,80	157,20	
	3	362	170,10	433,00	
	4	372	66,18	419,00	
	5	382	17,44	360,90	
	6	392	24,31	451,60	
	7	402	85,06	494,90	
	8	537	191,30	219,60	
	9	546	313,10	299,30	

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] FLAC (1998) Fast Lagrangian Analysis of Continua, Itasca: A Consulting Group Inc. Computer Software, Manuals version 3.4.
- [2] Hoek E., Kaiser P.K. and Bawden W.F. (1997) Support of Underground Excavations in Hard Rock, A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, Netherlands.
- [3] ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΗ ΕΠΕ (2000), "Τεύχος Μελέτης : Οριστική Μελέτη Σήραγγας Σ3" – Οριστική Μελέτη Σηράγγων (Σ2.1, Σ3 και Σ5) Στο Τμήμα Λευκόπετρα – Κουλούρα (Τμήμα 5.2 – 5.3) της Εγνατίας Οδού.
- [4] Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος (2000), Έκδοση : *Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας(ΟΑΣΠ)* και *Σύλλογος Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδος (ΣΠΜΕ)*.
- [5] Κωμοδρόμος Α. (2001) Υπολογιστική Γεωτεχνική Μηχανική – Γραμμική-Μη Γραμμική Ανάλυση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- [6] Πενέλης Γ., Στυλιανίδης Κ., Κάππος Α., Ιγνατάκης Χ. (1995), Κατασκευές από Οπλισμένο Σκυρόδεμα. Εκδόσεις : Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- [7] Πενέλης Γ. (1973), Μαθήματα Σιδηροπανούς Σκυροδέματος -Τόμος Ι, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ

ΤΙΤΛΟΣ

Λ Η Ξ Η

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΑΝΕΙΖΟΜΕΝΟΥ

29/09/02

ΜΠΑΡΕΚΑ

3.10.02

>>

29/6/03

1308

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
Τηλ.: 74.760 -61



