

ΔΗΜΟΣ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ



**ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ (Π.Σ.) ΓΕΡΑΣ**



NOΕΜΒΡΙΟΣ 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Γενικά – Φορέας υλοποίησης	1
1.2 Σκοπός γεωτεχνικής μελέτης	2
1.3 Θέση και στοιχεία του έργου	2
2. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	6
2.1 Γεωλογικά στοιχεία	6
2.2 Σεισμολογικά στοιχεία	8
3. ΓΝΩΜΑΤΕΥΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ – ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ	9
3.1 Είδος θεμελίωσης – Μέτρα βελτίωσης συνθηκών έδρασης	9
3.2 Υπολογισμός φέρουσας ικανότητας – επιτρεπόμενης τάσης	10
3.3 Υπολογισμός αναμενόμενων καθιζήσεων – δείκτη εδάφους	14
3.4 Εκσκαφές	17
4. ΣΥΝΟΨΗ	18

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Αναλυτικά δεδομένα και αποτελέσματα αριθμητικής ανάλυσης.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Στο παρόν τεύχος παρουσιάζονται και αξιολογούνται τα πορίσματα της γεωτεχνικής μελέτης των προβλεπόμενων τεχνικών έργων υποδομής του Πράσινου Σημείου Γέρας.

Τα στοιχεία του φορέα εκπόνησης των μελετών του έργου είναι τα εξής:

<u>Φορέας:</u>	ΔΗΜΟΣ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ
<u>Αρμόδιος Αντιδήμαρχος</u>	Τζιμής Ευστράτιος, Αντιδήμαρχος Τεχνικών Υπηρεσιών
<u>Υπεύθυνος επικοινωνίας:</u>	Μακρή Δέσποινα, Αν. Προϊσταμένη Διεύθυνσης Τεχνικών Υπηρεσιών
<u>Ταχ. Δ/νση:</u>	Ελ. Βενιζέλου 13 – 17, 81100, Μυτιλήνη
<u>Τηλέφωνο:</u>	22513 50533
<u>Fax:</u>	22513 50539
<u>e-mail:</u>	texniki@mytilene.gr

Στοιχεία επικοινωνίας για τη σύνταξη της Γεωτεχνικής Μελέτης:

<u>Φορέας:</u>	ΔΗΜΟΣ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ
<u>Ον/μο:</u>	Αραμπατζή Κατερίνα
<u>Δ/νση:</u>	Ελ. Βενιζέλου 13-17, Μυτιλήνη
<u>Τηλέφωνο:</u>	2251350558.
<u>Fax:</u>	22513 50539
<u>e-mail:</u>	texniki@mytilene.gr

1.2 Σκοπός γεωτεχνικής μελέτης

Σκοπός της γεωτεχνικής μελέτης είναι η διερεύνηση και ο προσδιορισμός των εδαφικών συνθηκών και παραμέτρων που συναντώνται στην προβλεπόμενη θέση κατασκευής του έργου σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία της παρούσας φάσης (ήτοι γεωλογικός χάρτης ΙΓΜΕ).

Ειδικότερα, η γεωτεχνική μελέτη θεμελίωσης αποσκοπεί στη διατύπωση τεκμηριωμένων προτάσεων σχετικά με τον κατάλληλο τρόπο θεμελίωσης, την πιθανή ανάγκη λήψης ειδικών μέτρων βελτίωσης και το σχεδιασμό των τυχόν απαιτούμενων διατάξεων αντιστήριξης. Συγκεκριμένα, η εν λόγω μελέτη περιλαμβάνει αναλυτικά τα αποτελέσματα των αναγκαίων εδαφοτεχνικών υπολογισμών και πιο συγκεκριμένα:

- Της εύρεσης της φέρουσας ικανότητας εδάφους και της επιτρεπόμενης τάσης επιφανειακής θεμελίωσης με χρήση των σχετικών κανονιστικών διατάξεων.
- Της εκτίμησης των αναμενόμενων καθιζήσεων επιφανειακής θεμελίωσης.
- Της εύρεσης της τιμής του δείκτη εδάφους που απαιτείται για τη στατική επίλυση της θεμελίωσης (περίπτωση επιφανειακής θεμελίωσης).

1.3 Θέση και στοιχεία του έργου

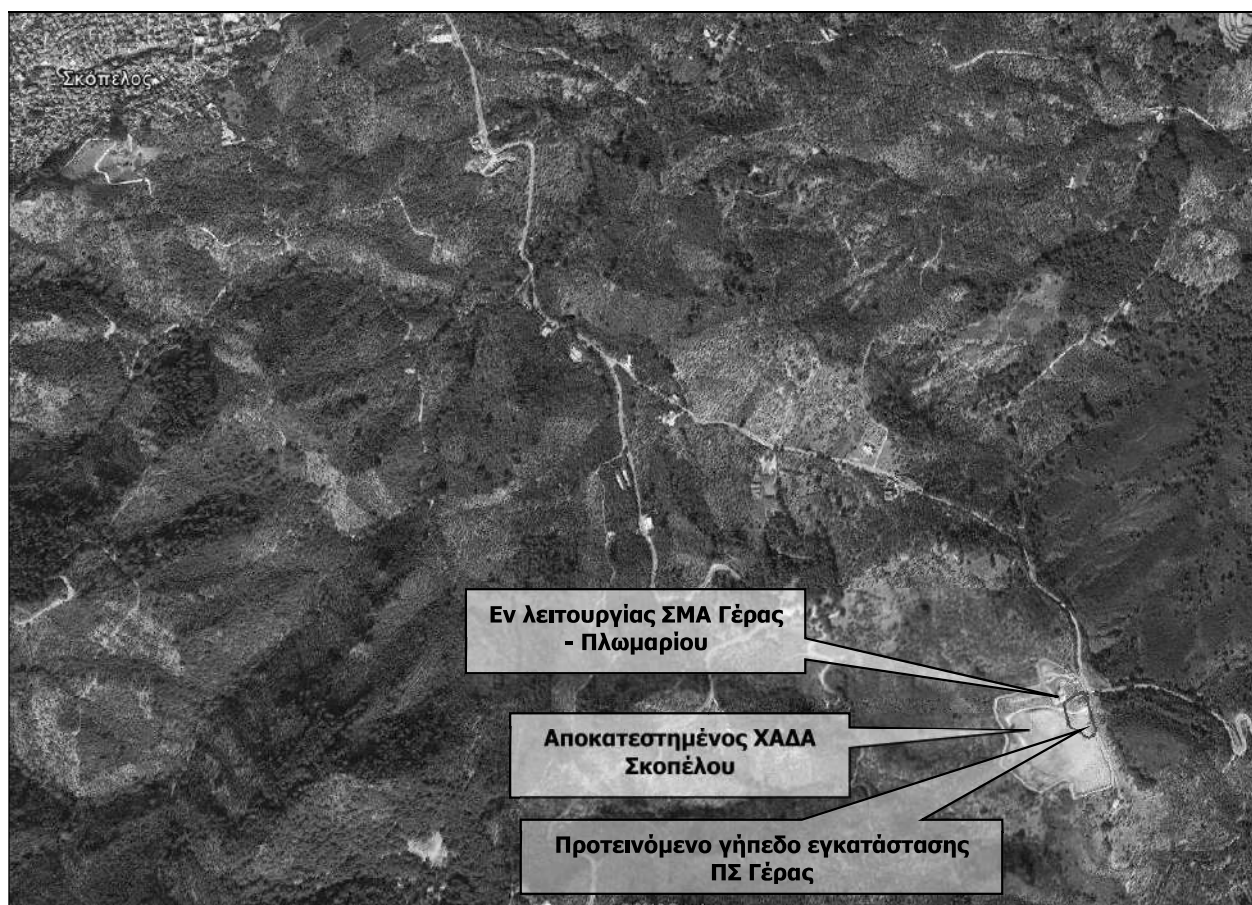
Το εξεταζόμενο έργο βρίσκεται στη θέση «Πευκάρα», η οποία διοικητικά υπάγεται στην Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου και ειδικότερα στην Π.Ε. Λέσβου, ενώ εντοπίζεται εντός των διοικητικών ορίων του Δ. Μυτιλήνης, της Δ.Ε. Γέρας και της Δ.Κ. Σκοπέλου.

Η θέση εντοπίζεται εντός του αποκατεστημένου ΧΑΔΑ Σκοπέλου, όπου το τμήμα εκείνο που θα χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες του ΠΣ θα παραχωρηθεί για αυτήν την χρήση από το δήμο. Η θέση γειτνιάζει του ΣΜΑ Γέρας- Πλωμαρίου της 1ης ΔΕ Νομού Λέσβου, και βρίσκεται στα νοτιοανατολικά του οικισμού του Σκόπελου σε απόσταση 2,3km και βορειοδυτικά του οικισμού του Τάρτιου σε απόσταση 4,5km. Ειδικότερα, το γήπεδο ανάπτυξης του ΠΣ Γέρας, κεντροβαρικά, βρίσκεται βάσει:

- του Παγκόσμιου Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς 1984 (WGS84) σε γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ} 0'56,74''\text{B}$ και γεωγραφικό μήκος $26^{\circ}28'28,76''\text{A}$,
- του Ελληνικού Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ 87) σε $X= 714102,90$ και $Y = 4321151,79$.

Η προσπέλαση στο χώρο γίνεται μέσω της επαρχιακής οδού Γέρας-Τάρτη που συναντάται δυτικά της επαρχιακής οδού Μυτιλήνης- Σκόπελου. Απέχει 1.500m (οδικώς), περίπου, από το σημείο στο οποίο συναντώνται η Ε.Ο Γέρας- Τάρτη με την Ε.Ο. Μυτιλήνης- Σκοπέλου.

Στα Σχήματα 1 και 2 απεικονίζεται αντίστοιχα η ευρύτερη και η άμεση περιοχή του εξεταζόμενου Πράσινου Σημείου.



Σχήμα 1: Ευρύτερη περιοχή θέσης έργου (Πηγή υποβάθρου: Google Earth, 2018).



Σχήμα 2: Άμεση περιοχή θέσης έργου (Πηγή υποβάθρου: Google Earth, 2018).

Η πρόσβαση στο χώρο γίνεται μέσω υφιστάμενου οδικού δικτύου. Στο βόρειο τμήμα του γηπέδου τοποθετείται η πύλη εισόδου. Η πύλη εισόδου θα είναι ηλεκτροκίνητη, ανοιγόμενη με πλάτος περίπου 8,5 μέτρων ώστε να μπορούν να εξυπηρετηθούν μεγάλα οχήματα που στρίβουν στον χώρο. Αμέσως μετά την είσοδο και σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο, εγκαθίσταται ο οικίσκος εξυπηρέτησης του ΠΣ. Απέναντι από τον οικίσκο τοποθετείται πληροφοριακή πινακίδα για τη διάταξη του ΠΣ και τη θέση όλων των περιεκτών που αντιστοιχούν στα αποδεκτά υλικά για διάθεση. Το ΠΣ διαμορφώνεται με δύο ανισόπεδα πλατό. Στο πρώτο περιλαμβάνεται η «κεντρική» πλατεία του ΠΣ που χρησιμοποιείται από τους επισκέπτες για την απόθεση υλικών αλλά και ορισμένα από τα οχήματα αποκομιδής. Στο δεύτερο περιλαμβάνεται η δευτερεύουσα πλατεία του ΠΣ που χρησιμοποιείται ως χώρος στάθμευσης μεγάλων οχημάτων και τοποθετούνται οι περιέκτες που φορτώνονται από το επάνω μέρος τους. Οι επιφάνειες κίνησης θα κατασκευαστούν με κατάλληλες ρήσεις, ούτως ώστε να επιτυγχάνεται η επιφανειακή απορροή των ομβρίων υδάτων προς την δυτική πλευρά του χώρου.

Η εύρυθμη λειτουργία της εγκατάστασης απαιτεί, τόσο η διαδικασία προσέγγισης και εκφόρτωσης των υλικών, όσο και η διαδικασία φόρτωσης και απομάκρυνσής τους να είναι απρόσκοπτες. Για την επίτευξη αυτού απαιτείται κατάλληλη σήμανση, οριζόντια και κατακόρυφη. Πέραν του εσωτερικού δικτύου οδοποιίας, θα υπάρχει κατάλληλη σήμανση για την διευθέτηση της κυκλοφορίας και για την ενημέρωση – καθοδήγηση των επισκεπτών. Μετά την είσοδο στο χώρο, τα οχήματα των επισκεπτών θα οδηγούνται στην κεντρική πλατεία του ΠΣ μέσω της οδού που διασταυρώνεται στο ύψος του κτιρίου εισόδου. Εκεί και αφού απορρίψουν το περιεχόμενό τους μπορούν ακολουθώντας την ίδια οδό να εξέλθουν από το ΠΣ. Όσοι προσκομίζουν υλικά για διάθεση, εισέρχονται στην πλατεία του ΠΣ απ' όπου μπορούν να προσεγγίσουν ισόπεδα όλους τους περιέκτες που βρίσκονται τόσο στον ανισόπεδο χώρο αποθήκευσης

όσο και στον στεγασμένο χώρο. Τα οχήματα αποκομιδής των συλλεγέντων υλικών ή μεταφοράς των γεμάτων containers εκτελούν την εργασία τους είτε από την ίδια πλατεία, είτε από την δευτερεύουσα πλατεία. Στις ώρες που ο χώρος δεν θα είναι ανοιχτός για το κοινό, θα γίνεται η εκφόρτωση των κάδων και η μεταφορά των προς διαχείριση υλικών προς τα σημεία τελικής επεξεργασίας-επαναχρησιμοποίησης-διάθεσης. Πέραν των ανωτέρω, στο ΠΣ εγκαθίστανται επιπλέον:

- Υπόστεγο 6,70 x 32,00 m, που προορίζεται για την τοποθέτηση των περιεκτών που χρήζουν προστασίας από τη βροχή ούτως ώστε να μην απωλέσουν την εμπορευματική αξία τους τα ευαίσθητα υλικά, όπως είναι το χαρτί, η ξύλινη συσκευασία, τα ΑΗΕΕ και τα υφάσματα. Η συναρμογή του δαπέδου του υπόστεγου με την πλατεία που εξυπηρετεί τα οχήματα επιτυγχάνεται με την βοήθεια ράμπας κλίσης 5%. Το υπόστεγο τοποθετείται στη δυτική πλευρά της πλατείας.
- Τοιχίο δημιουργίας ανισοσταθμίας ύψους 2,4m με τρεις διαδρόμους φόρτωσης διαστάσεων 2,0x6,7m, που προορίζεται για την τοποθέτηση των υπόλοιπων περιεκτών.
- Δεξαμενή συλλογής υγρών αποβλήτων διαστάσεων 1,50x3,00m και βάθους 2,5m, η οποία προβλέπεται να εκκενώνεται όποτε απαιτείται από βυτιοφόρο όχημα. Στην οροφή της φέρει στεγανά καλύμματα για τον έλεγχο και την εκκένωσή της. Η δεξαμενή χωροθετείται νότια του κτιρίου εισόδου.
- Δεξαμενή ύδρευσης – άρδευσης κατάλληλης χωρητικότητας.
- Ηλεκτρολογική εγκατάσταση και σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ.
- Κατασκευή έργων αντιπλημμυρικής προστασίας.
- Φωτισμός και κατασκευή ιστών φωτισμού χώρου εισόδου και οικίσκου.

2. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.1 Γεωλογικά στοιχεία

Σύμφωνα με το χάρτη του ΙΓΜΕ το υπόβαθρο της περιοχής δομείται σε γενικές γραμμές από τα ακόλουθα είδη πετρωμάτων:

Αποθέσεις του τεταρτογενούς Ολόκαινου: πρόκειται για αλλούβιες αποθέσεις που συναντώνται σε χαμηλές περιοχές και αποτελούν το καλλιεργήσιμο έδαφος. Η πεδινή έκταση που καταλαμβάνει ο κάμπος της Γέρας απαρτίζεται από σύναγμα φερτών υλικών στο οποίο συμμετέχουν πηλοί, ιλύς, άμμοι, κροκάλες και χαλίκια σε ποικίλα ποσοστά ανάμειξης. Το πάχος των παραπάνω σχηματισμών έχει εντοπισθεί σε βάθος 83m περίπου στην περιοχή του Περάματος και 55m στην περιοχή του Παλαιόκηπου. Παρατηρείται εναλλαγή αργίλων με κροκάλες, χαλίκια και άμμους.

Σχιστόλιθοι, φυλλίτες, καολινωμένη φλέβα: απαντώνται κυρίως στη δυτική ακτή του κόλπου της Γέρας στο κεντρικό και νότιο τμήμα της και περικλείουν ενστρώσεις μαρμάρων και φακών μαρμάρου διαφόρων διαστάσεων. Πρόκειται για τις προαλπικές σειρές ηλικίας Α. Παλαιοζωικού της Πελαγονικής.

Μάρμαρα, ασβεστόλιθοι: πρόκειται για μεγάλες εμφανίσεις συμπαγών μαρμάρων χρώματος λευκού μέχρι κυανού ή τεφρού και δολομιτών που εναλλάσσονται με σχιστόλιθους ηλικίας Περμιο-Λιθανθρακοφόρο.

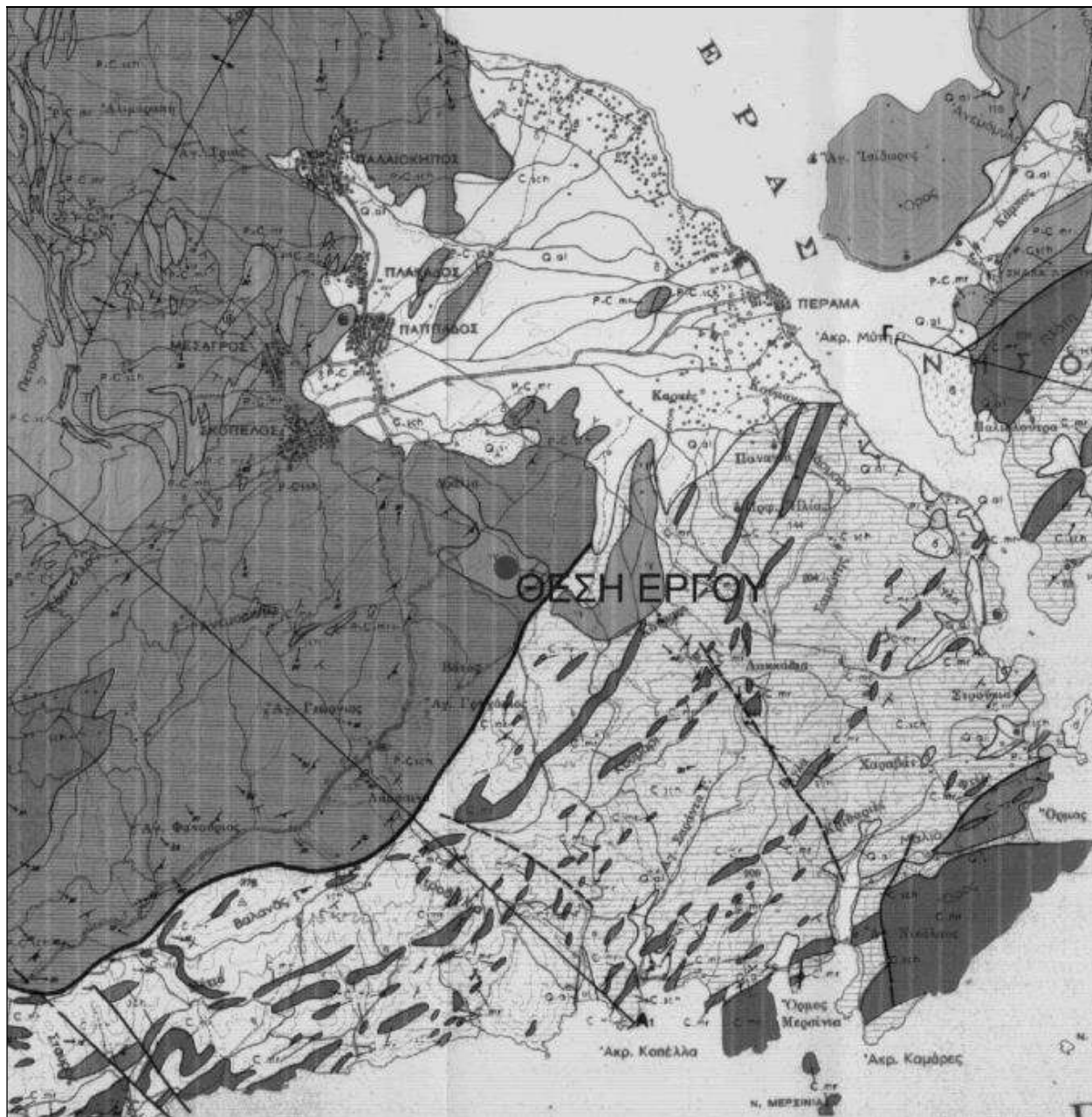
Μαγματικά πετρώματα με σχετικά μέτρια εξάπλωση στην περιοχή μελέτης. Μικρές εμφανίσεις τους, κυρίως με τη μορφή ιγνιμβρίτου, εντοπίζονται ΝΝΑ και περί τα 2,0-3,5km από του Παπάδου. Οι ιγνιμβρίτες απαντώνται σε συμπαγείς πλάκες, ρυολιθικού έως ρυοδατικού τύπου. Περιέχουν στρώματα συγκολλημένων τόφφων, πορώδεις τόφφους και φακούς μαύρου οψιδιανού.

Ειδικότερα, η θέση όπου προτείνεται η χωροθέτηση του ΠΣ Γέρας, βρίσκεται εντός μιας μικρής εμφάνισης ιγνιμβρίτη, γνωστοί στη βιβλιογραφία ως ιγνιμβρίτες Σκοπέλου. Είναι πλούσιοι σε τεμαχίδια χαλαζίτη και σχιστόλιθου, ενώ πετρολογικά παρουσιάζει συσχέτιση με τα μεγάλα ιγνιμβριτικά καλύμματα στο κεντρικό και βορειοανατολικό τμήμα του νησιού. Το πάχος του στην περιοχή εξέτασης είναι μικρό, περίπου 30-35m. Τα πετρώματα αυτά προέρχονται από τέφρα, η οποία εκτοξεύτηκε πυρακτωμένη και συγκολλήθηκε

λόγω θερμότητας. Το λεπτό αυτό κάλυμμα των ιγνημβριτών υπέρκειται ασύμφωνα ενός σχηματισμού μεγάλου πάχους από μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και χαλαζίτες. Οι γεωλογικοί αυτοί σχηματισμοί ανήκουν στην αυτόχθονη ενότητα της Λέσβου.

Στην ευρύτερη περιοχή δεν εμφανίζονται ρήγματα ή κάποια άλλης μορφή γεωλογικής επικινδυνότητας.

Απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ παρουσιάζεται ακολούθως (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Απόσπασμα γεωλογικού χάρτη με σημειωμένη τη θέση του προτεινόμενου ΠΣ Γέρας (πηγή: ΙΓΜΕ).

2.2 Σεισμολογικά στοιχεία

Ο νέος Χάρτης Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας ενσωματώνεται στον ΕΑΚ 2000, που τροποποιήθηκε με την απόφαση Δ 17α/115/9/ΦΝ 275/7.8.2003 του Υφυπουργού ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε και δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 1154Β/12.8.2003. Ο σχετικός χάρτης, με τις τρεις κατηγορίες ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας (I, II και III) παρατίθεται στο Σχήμα 4.

Με βάση τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ 2000), η περιοχή όπου πρόκειται να κατασκευαστεί το έργο, εντάσσεται στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II με σεισμική επιτάχυνση εδάφους $\alpha=0,24g$ (όπου g η επιτάχυνση της βαρύτητας) με πιθανότητα υπερβάσεως 10% στα 50 έτη, το δε υπέδαφος κατα-

τάσσεται στην κατηγορία Β των προσυμπιεσμένων αργίλων μεγάλου πάχους ή των κοκκωδών μέσης πυκνότητας στρωμάτων, έτσι όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας κατά ΕΑΚ2000 και στην Κατηγορία Β (very stiff clay, very dense sand) κατά τον ΕΝ 1998.



Σχήμα 4. Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδος.

3. ΓΝΩΜΑΤΕΥΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ – ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

3.1 Είδος θεμελίωσης – Μέτρα βελτίωσης συνθηκών έδρασης

Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία για την περιοχή του έργου, το υπεδάφος φαίνεται να παρέχει ικανοποιητική φέρουσα ικανότητα και μέτρια συμπιεστότητα, ούτως ώστε να είναι δυνατή η επιλογή λύσης επιφανειακής θεμελίωσης των επιμέρους υποδομών του έργου με σχάρα πεδιλοδοκών συνήθους πλάτους χωρίς την ανάγκη λήψης ειδικών μέτρων βελτίωσης των συνθηκών υπεδάφους.

Η στάθμη της εκσκαφής θεμελίωσης προτείνεται να είναι σε μέσο βάθος 1,50m από την υφιστάμενη επιφάνεια του φυσικού εδάφους.

Συνεκτιμώντας τα χαρακτηριστικά του υπεδάφους, όπως αυτά προκύπτουν από τον γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, προκύπτει ότι δεν απαιτείται η λήψη ιδιαίτερων μέτρων βελτίωσης των συνθηκών έδρασης πέραν από την πλήρη απομάκρυνση χαλαρών ακατάλληλων γεωυλικών που τυχόν εντοπισθούν στον πυθμένα της εκσκαφής. Συνεπώς, σε κάθε θέση το τελικό βάθος της γενικής εκσκαφής θα καθορισθεί επιτόπου και με κριτήριο την πλήρη αφαίρεση τυχόν ακατάλληλων γεωυλικών και υπό την έγκριση της Επιβλέπουσας Υπηρεσίας.

Εν συνεχεία, προτείνεται η κατασκευή στρώσης εξυγίανσης κάτω από τη θεμελίωση μέσου πάχους 0,40cm (ήτοι από τον πυθμένα της εκσκαφής θεμελίωσης έως τη στάθμη έδρασης της θεμελίωσης). Με την κα-

τασκευή της εξυγιαντικής στρώσης, δημιουργείται κατάλληλο δάπεδο εργασίας, αντιμετωπίζεται το θέμα των ομβρίων και υπογείων υδάτων (σε περίπτωση ανύψωσής τους), διαμορφώνεται η επιφάνεια έδρασης των θεμελίων στο απαιτούμενο βάθος θεμελίωσης και ομογενοποιούνται οι συνθήκες έδρασης ώστε να καταστεί αποτελεσματικότερη η επανασυμπύκνωση του υπεδάφους έδρασης των θεμελίων. Η εξυγιαντική στρώση θα πρέπει να είναι αμμοχαλικώδους σύστασης (π.χ. αμμοχάλικο κατηγορίας A-1-α ή A-1-b κατά AASHTO και επαρκώς συμπτυκνωμένη (βαθμός συμπίκνωσης κατά AASHTO T108-D $\geq$ 95%). Μετά την κατασκευή της εξυγιαντικής στρώσης, προτείνεται η έγχυση ισχνού σκυροδέματος καθαριότητας κάτω από τα θεμέλια.

Σε κάθε περίπτωση τονίζεται ότι η προτεινόμενη ως άνω γνωμάτευση για τη θεμελίωση των επιμέρους υποδομών του έργου, βασίζεται στα διαθέσιμα στοιχεία του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ. Συνεπώς, πριν την έναρξη κατασκευής της θεμελίωσης των έργων κρίνεται αναγκαία η εκτέλεση ερευνητικών εργασιών ιδίως στις θέσεις έδρασης επί του αποκαταστημένου ΧΑΔΑ (π.χ ερευνητικά-δειγματοληπτικά σκάμματα, ερευνητικές-δειγματοληπτικές γεωτρήσεις, εργαστηριακές δομικές εδαφομηχανικής) προκειμένου για την επαλήθευση των προαναφερόμενων συνθηκών υπεδάφους. Σε περίπτωση εντοπισμού δυσμενέστερων εδαφικών συνθηκών επιβάλλεται η επανεξέταση του προτεινόμενου τρόπου θεμελίωσης και η επανεκτέλεση των αντίστοιχων εδαφοτεχνικών ελέγχων των επόμενων ενοτήτων.

Τέλος, τονίζεται ότι για τις επανεπιχώσεις των θεμελιώσεων ενδείκνυται η χρήση των προϊόντων εκσκαφής κατόπιν διαλογής και με τη σύμφωνη γνώμη της Επίβλεψης.

3.2 Υπολογισμός φέρουσας ικανότητας

Ο έλεγχος έναντι υπέρβασης της κατακόρυφης φέρουσας ικανότητας του εδάφους θεμελίωσης συνίσταται σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 7 (EN1997-1:2004) στον κάτωθι έλεγχο:

$$V_d \leq R_{vd}$$

όπου:

V_d : είναι η τιμή σχεδιασμού της δράσης επί του θεμελίου. Περιλαμβάνει το βάρος της θεμελίωσης, το βάρος τυχόν υλικού επανεπίχωσης και όλες τις πιέσεις γαιών, είτε ευμενείς είτε δυσμενείς και

R_{vd} : είναι η τιμή σχεδιασμού της αντίστασης του εδάφους (Φέρουσα Ικανότητα).

Η τιμή σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας του εδάφους θεμελίωσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R_{vd} = (1 / \gamma_{R,V}) \times R(F_k, X_k)$$

όπου:

$\gamma_{R,V}$: είναι ο συντελεστής ασφαλείας φέρουσας ικανότητας (όπως δίνεται ακολούθως) και

$R(F_k, X_k)$: είναι η φέρουσα ικανότητα του εδάφους θεμελίωσης υπολογιζόμενης βάσει αναγνωρισμένης αναλυτικής μεθόδου.

Η φέρουσα ικανότητα του εδάφους θεμελίωσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R(F_k, X_k) / (B' \times L') = C_u \times S_c \times N_c \times i_c + \gamma_o \bullet D$$

όπου:

$$S_c \times N_c = (1 + 0,2(B'/L'))(\pi + 2) ,$$

$$i_c = 0,5 + 0,5(1 - H/(B' \times L' \times C_u))^{0,5} , H = \max\{H_b, H_L\},$$

C_u, γ_o : είναι η αστράγγιστη διατμητική αντοχή και το ειδικό βάρος του εδάφους αντίστοιχα,

B', L' : είναι το ενεργό πλάτος και μήκος του θεμελίου αντίστοιχα και

D : είναι το βάθος θεμελίωσης.

Για τον υπολογισμό της επιτρεπόμενης φόρτισης και τον έλεγχο οριακής κατάστασης αστοχίας της επιφανειακής θεμελίωσης εφαρμόζεται ο Τρόπος Ανάλυσης 2 (Design Approach DA-2) σύμφωνα με την παράγραφο 2.4.7.3.4.3 και το Κεφ. 6 του EN 1997-1:2004, καθώς και το αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα (ΣΕΠ ΕΛΟΤ 1497-1).

Για το συγκεκριμένο τρόπο ανάλυσης εφαρμόζεται ο συνδυασμός μερικών συντελεστών "A1 + M1 + R2" για τις δράσεις, τις μηχανικές παραμέτρους του υπεδάφους και τις συνολικές αντιστάσεις αντίστοιχα, σύμφωνα με τους πίνακες A.3, A.4 και A.5 του Παραρτ. Α του EN 1997-1:2004.

Με βάση τους παραπάνω πίνακες, για το σχεδιασμό της θεμελίωσης των έργων λαμβάνονται οι ακόλουθοι επιμέρους συντελεστές:

Στατική Φόρτιση :

Φορτία Κτιρίου (Δράσεις) - γ_F : $\gamma_G = 1,35$ (μόνιμες δράσεις) , $\gamma_Q = 1,50$ (παροδικές δράσεις)

$\gamma_G = \gamma_Q = 1,0$ για την περίπτωση δράσεων ευνοϊκών για την οριακή ισορροπία του συστήματος.

Παράμετροι αντοχής εδάφους : $\gamma_M = 1,0 \rightarrow \gamma_{\phi'} = \gamma_{c'} = \gamma_{cu} = 1,0$

Αντίσταση Υπέδαφους / Θεμελίωσης - γ_R : $\gamma_{R,v} = 1,40$ (φέρουσα ικανότητα θεμελίωσης)

$\gamma_{R,h} = 1,10$ (ολίσθηση θεμελίωσης)

Επομένως ο συνολικός συντελεστής ασφάλειας για τη θεμελίωση προκύπτει στην περίπτωση αυτή ($FS = \gamma_F \times \gamma_M \times \gamma_R$, ζυγισμένος μέσος όρος μόνιμων και παροδικών δράσεων $\gamma_F = 1,40$):

- Φέρουσα ικανότητα : $FS = 1,40 \times 1,00 \times 1,40 = 1,96$ (ισοδύναμος ενιαίος FS)
- Ολίσθηση : $FS = 1,40 \times 1,00 \times 1,10 = 1,54$ (ισοδύναμος ενιαίος FS)

Σεισμική Φόρτιση :

Λαμβάνονται τιμές επιμέρους συντελεστών : $\gamma_F = \gamma_M = \gamma_R = 1,0$ (για σεισμικές φορτίσεις αντιστοιχούσες σε ισχυρό σεισμό σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΕΑΚ).

Στα επόμενα υπολογιστικά φύλλα παρουσιάζεται αναλυτικά ο υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας του εδάφους θεμελίωσης. Βάσει των ανωτέρω αποτελεσμάτων η τιμή σχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας του εδάφους θεμελίωσης για επιφανειακή θεμελίωση προκύπτει υψηλή και πιο συγκεκριμένα ίση με $R_{vd} \geq 603 \text{ kPa}$.

Σε κάθε περίπτωση, για τον έλεγχο των τάσεων, τα φορτία της θεμελίωσης πρέπει να εμπεριέχουν τους κατάλληλους μερικούς συντελεστές ασφάλειας. Επίσης, θα πρέπει στις τάσεις έδρασης να συνυπολογίζεται το ίδιο βάρος των θεμελίων και των γαιών επανεπίχωσης, ο δε έλεγχος με την τιμή της επιτρεπόμενης τάσης να διεξάγεται θεωρώντας το ενεργό πλάτος θεμελίωσης B' λαμβανομένων υπόψη των τυχόν εκκεντροτήτων των θεμελίων, καθώς και των οριζόντιων φορτίων στη θεμελίωση.

Οι διαστάσεις των θεμελίων και εξ αυτών το μέγεθος των αναπτυσσόμενων τάσεων έδρασης των θεμελίων θα πρέπει να καθορίζονται τόσο με βάση τον ως άνω έλεγχο της φέρουσας ικανότητας σχεδιασμού έναντι θραύσης του υπεδάφους θεμελίωσης, όσο και με τον έλεγχο των καθιζήσεων των θεμελίων (βλ. ενότητα 3.3), ούτως ώστε οι καθιζήσεις να βρίσκονται εντός των επιτρεπτών ορίων ($S_{\max} = 2,00 \text{ cm}$).

Στη συγκεκριμένη περίπτωση λαμβανομένων υπόψη των ως άνω κριτηρίων, η μέση επιτρεπόμενη τάση (με αυξητικούς επιμέρους συντελεστές επί των φορτίων) για επιφανειακή θεμελίωση με σχάρα πεδילוδοκών συνήθους πλάτους, προκύπτει εν τέλει ίση με:

$$B' = 1,20 \text{ m} \Rightarrow \sigma_{\text{επ}} = 130 \text{ kPa}$$

$$B' = 1,40 \text{ m} \Rightarrow \sigma_{\text{επ}} = 110 \text{ kPa}$$

$$B' = 1,60 \text{ m} \Rightarrow \sigma_{\text{επ}} = 100 \text{ kPa}$$

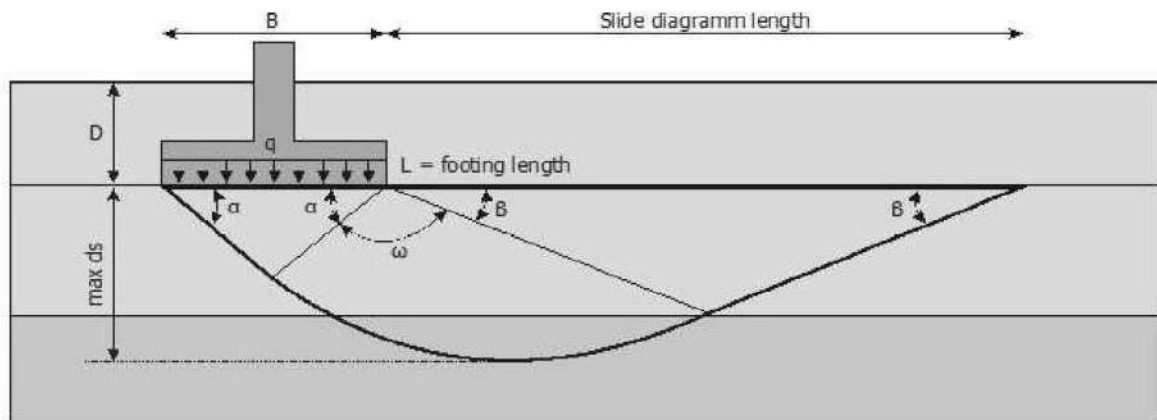
$$B' = 1,80 \text{ m} \Rightarrow \sigma_{\text{επ}} = 90 \text{ kPa}$$

$$B'=2,00\text{m} \Rightarrow \sigma_{\text{επ}}= 85\text{kPa}$$

$$B'=2,20\text{m} \Rightarrow \sigma_{\text{επ}}= 80\text{kPa}$$

Οι ως άνω τιμές επιτρεπόμενης τάσης αναφέρονται σε συνθήκες φόρτισης. Ως προς το δυσμενέστερο δύναται να ληφθούν και για τον έλεγχο σε σεισμό.

Parametric analysis of bearing capacity of soil below a rectangular footing according to DIN 4017
Project : ΠΣ ΓΕΡΑΣ



Soil layer input data

Layer No	Bottom z (m)	Layer thickness (m)	Gamma (kN/m ³)	Fr. angle (°)	Cohesion (kPa)
1	20.00	20.00	20.00	20.00	50.00

Bearing capacity results

Footing length L (m)	Footing width B (m)	Bearing capacity (kPa)	Vertical force (kN)	max ds (m)	Calculated settlement (mm)	Calculated friction angle (°)	Calculated cohesion (kPa)	Calculated gamma 2 (kN/m ³)	Ks (MN/m ³)
12.00	1.20	603.12	8685	1.26	107.5	16.23	40.00	20.00	5.61
14.00	1.40	606.99	11897	1.47	126.9	16.23	40.00	20.00	4.78
16.00	1.60	610.87	15638	1.68	145.8	16.23	40.00	20.00	4.19
18.00	1.80	614.75	19918	1.89	164.2	16.23	40.00	20.00	3.74
20.00	2.00	618.63	24745	2.10	182.1	16.23	40.00	20.00	3.40
22.00	2.20	622.51	30130	2.31	199.5	16.23	40.00	20.00	3.12

The calculation procedure uses the analytical formulas taken from DIN 4017 while applying the partial factors from Eurocode 7.

The partial factors are taken from :

1. Set A2 in Table A.3 for design value of the actions.
2. Set M2 in Table A.4 for design value of the vertical bearing resistances.
3. Set R1 in Table A.5 for partial resistance factor.

The above approach (Design Approach 1 Combination 2) is the only one taken into consideration as it always governs the sizing of the foundation for vertical (and slightly inclined loads). The calculation does not take into consideration the weight of the footing and uplift force due to the presence of water.

Partial factors

Gamma _{G,unfav} :	1.00 (factor for actions)
Gamma _{phi} :	1.25 (factor for friction angle)
Gamma _c :	1.25 (factor for cohesion)
Gamma _{R,v} :	1.00 (factor for calculated resistance)

3.3 Υπολογισμός αναμενόμενων καθιζήσεων – δείκτη εδάφους

Ο υπολογισμός των αναμενόμενων καθιζήσεων γίνεται με τη χρήση του εξειδικευμένου λογισμικού SteinPro λαμβάνοντας υπόψη τα φορτία της ανωδομής, τη γεωμορφολογία της περιοχής καθώς και τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας. Στο ακόλουθο υπολογιστικό φύλλο δίνονται παραμετρικά οι υπολογιζόμενες καθιζήσεις των επιμέρους υποδομών του Έργου μετά την επιβολή του ολικού φορτίου για την περίπτωση θεμελίωσης με σχάρα πεδιλοδοκών. Όπως προκύπτει, η μέγιστη καθίζηση υπό το ολικό φορτίο λειτουργίας αναμένεται να είναι της τάξεως των $S_{ολ}=1,00\div 1,50\text{cm}$ για συνήθη πλάτη πεδιλοδοκών. Οι τιμές αυτές κρίνονται αποδεκτές καθώς είναι μικρότερες των αντίστοιχων επιτρεπόμενων ($S_{max}=2,00\text{cm}$). Επίσης, αναφέρεται ότι δεν αναμένεται να προκύψουν διαφορικές καθιζήσεις κυρίως λόγω της διαστρωμάτωσης του υπεδάφους θεμελίωσης καθώς και λόγω των ομοιόμορφων κατανεμημένων φορτίων της ανωδομής των επιμέρους υποδομών.

Η τιμή του δείκτη εδάφους για τη στατική επίλυση της θεμελίωσης, υπό τη θεώρηση έδρασης επί ελαστικού εδάφους ($K= \sigma_{εδρ}/S$), μπορεί να ληφθεί σε στατικές συνθήκες για πεδιλοδοκούς συνήθους πλάτους ίση με:

$$B'=1,20\text{m} \Rightarrow K= 5.385\text{kPa/m}$$

$$B'=1,40\text{m} \Rightarrow K= 4.585\text{kPa/m}$$

$$B'=1,60\text{m} \Rightarrow K= 4.015\text{kPa/m}$$

$$B'=1,80\text{m} \Rightarrow K= 3.585\text{kPa/m}$$

$$B'=2,00\text{m} \Rightarrow K= 3.250\text{kPa/m}$$

$$B'=2,20\text{m} \Rightarrow K= 2.985\text{kPa/m}$$

Για ανάλυση σε σεισμό, δύναται να ληφθούν τιμές K τουλάχιστον τριπλάσιες των ως άνω προτεινόμενων.

Συμπληρωματικά, για τον υπολογισμό των αναμενόμενων καθιζήσεων χρησιμοποιείται και ο κώδικας πεπερασμένων στοιχείων PLAXIS, με τον οποίο είναι εφικτή η προσομοίωση των επιμέρους σταδίων κατασκευής των έργων. Εν προκειμένω, τα επιμέρους στάδια της υπολογιστικής διαδικασίας είναι τα εξής:

1ο στάδιο: Δημιουργία αρχικού πεδίου τάσεων.

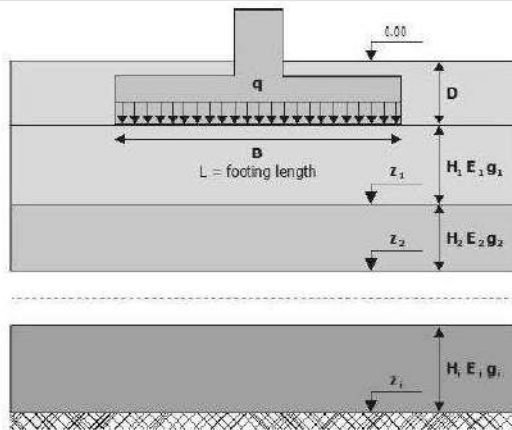
2ο στάδιο: Κατασκευή της θεμελίωσης των έργων.

3ο στάδιο: Επιβολή φορτίου λειτουργίας.

Στα αρχικά σχήματα του συνημμένου Παραρτήματος Α παρουσιάζονται η μορφή του παραμορφωμένου καννάβου των πεπερασμένων στοιχείων και οι καθιζήσεις της θεμελίωσης υπό τη μορφή ισότιμων καμπύλων αντίστοιχα (μετά την ολοκλήρωση του 3^{ου} σταδίου). Τα βασικά δεδομένα (γεωμετρικά χαρακτηριστικά, στοιχεία χρησιμοποιούμενων πεπερασμένων στοιχείων, τιμές εδαφικών παραμέτρων, επιμέρους στάδια ανάλυσης κτλ) και αποτελέσματα (μετακινήσεις, τάσεις κτλ) παρατίθενται στη συνέχεια του Παραρτήματος Α του παρόντος.

Από την αξιολόγηση των προαναφερόμενων σχημάτων προκύπτει ότι η μέγιστη καθίζηση υπό το ολικό φορτίο λειτουργίας αναμένεται να είναι της τάξεως των $S_{ολ}=1,57\text{cm}$.

Parametric analysis of expected settlements below a rectangular footing according to DIN 4019
Project : ΠΣ ΓΕΡΑΣ



Parametric analysis data

Footing type:	Flexible
Ground water:	20.00 (m)
L/B ratio:	10.00
Minimum footing width B_{min} :	1.20 (m)
Maximum footing width B_{max} :	2.20 (m)
Minimum footing pressure q_{min} :	60.00 (kPa)
Maximum footing pressure q_{max} :	260.00 (kPa)
Embedment depth D:	1.00 (m)

Soil layer input data

Layer No	Bottom z (m)	Layer thickness (m)	Modulus of elasticity (MPa)	Gamma (kN/m ³)
1	20.00	20.00	12.00	20.00

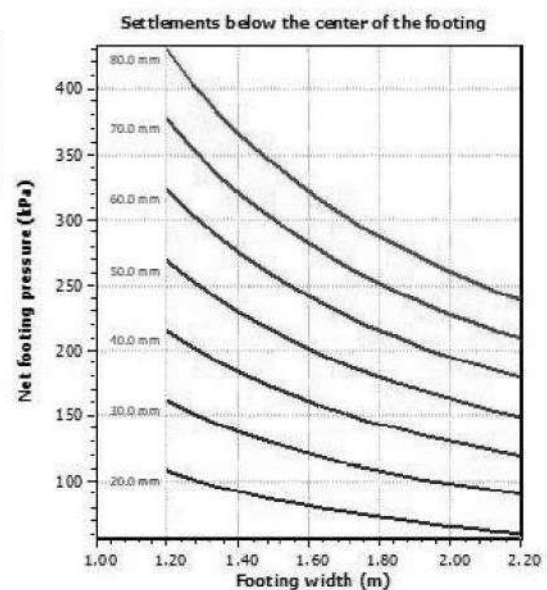
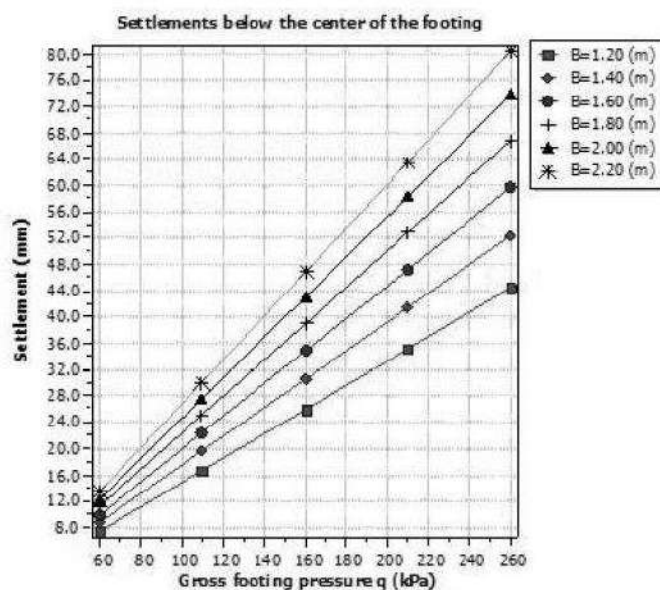
Parametric settlement results

$$\text{Settlement} = \frac{1}{E_s} \times \int_0^s l \times \sigma_1 dz$$

Calculations are carried out using the procedure described in DIN 4019. The general equation for a single soil layer is presented above. The software uses an analytical procedure to calculate the above integral.

Expected settlements (mm)

q_0 (kPa)	B = 1.20	B = 1.40	B = 1.60	B = 1.80	B = 2.00	B = 2.20
40.00	7.43	8.72	9.96	11.16	12.30	13.41
90.00	16.71	19.62	22.42	25.11	27.69	30.16
140.00	26.00	30.52	34.87	39.05	43.07	46.92
190.00	35.28	41.42	47.33	53.00	58.45	63.68
240.00	44.56	52.32	59.78	66.95	73.83	80.44



3.4 Εκσκαφές

Λαμβάνοντας υπόψη τα διαθέσιμα στοιχεία του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ καθώς και το μέγιστο βάθος εκσκαφής που θα απαιτηθεί για τη θεμελίωση των επιμέρους υποδομών του Έργου προκύπτει ότι δεν τίθενται ιδιαίτερα προβλήματα ευστάθειας του μετώπου και των προσωρινών πρανών των εκσκαφών αφενός μεν λόγω των μηχανικών χαρακτηριστικών του υπεδάφους αφετέρου δε της διαθεσιμότητας ελεύθερου χώρου περιμετρικά των πλευρών του Έργου.

Συνεπώς οι προσωρινές εκσκαφές μπορούν να πραγματοποιηθούν με σχετικώς απότομες κλίσεις πρανών (π.χ $u:\beta=2:1$). Πέραν των ανωτέρω, συνεκτιμώντας αφενός μεν το γεγονός ότι η παρουσία ομοιόμορφων εδαφικών συνθηκών σ' όλη την έκταση του μετώπου της εκσκαφής δεν είναι βέβαιη, προτείνεται εν τέλει κατά τη διάρκεια των εκσκαφών να εφαρμοσθούν ηπιότερες κλίσεις για τη διασφάλιση της απαιτούμενης ευστάθειας των πρανών (π.χ $u:\beta=3:2$ ή και ηπιότερες τοπικά σε θέσεις εντοπισμού χαλαρών σχηματισμών).

Επιπλέον, σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ληφθούν όλα τα απαραίτητα εργοταξιακά μέτρα ασφαλείας που απαιτούνται για παρόμοιου είδους εκσκαφές (στρογγύλευση χείλους εκσκαφής - προσωρινές εργοταξιακές αντιστηρίξεις όπου απαιτηθεί για προστασία εργαζομένων από τοπικές καταπτώσεις, περίφραξη χώρου, κ.λπ.) και μετά την έγκριση αυτών από την Επιβλέπουσα Υπηρεσία.

4. ΣΥΝΟΨΗ

- Το υπέδαφος στη θέση όπου προτείνεται η κατασκευή του ΠΣ Γέρας, σύμφωνα με τον γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ βρίσκεται εντός μιας μικρής εμφάνισης ιγνιμβίτη, γνωστοί στη βιβλιογραφία ως ιγνιμβρίτες Σκοπέλου. Είναι πλούσιοι σε τεμαχίδια χαλαζίτη και σχιστόλιθου, ενώ πετρολογικά παρουσιάζει συσχέτιση με τα μεγάλα ιγνιμβριτικά καλύμματα στο κεντρικό και βορειοανατολικό τμήμα του νησιού. Το πάχος του στην περιοχή εξέτασης είναι μικρό, περίπου 30-35m. Τα πετρώματα αυτά προέρχονται από τέφρα, η οποία εκτοξεύτηκε πυρακτωμένη και συγκολλήθηκε λόγω θερμότητας. Το λεπτό αυτό κάλυμμα των ιγνιμβριτών υπέρκειται ασύμφωνα ενός σχηματισμού μεγάλου πάχους από μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και χαλαζίτες. Οι γεωλογικοί αυτοί σχηματισμοί ανήκουν στην αυτόχθονη ενότητα της Λέσβου.

Βάσει των ανωτέρω στοιχείων το υπέδαφος στη θέση του έργου κατατάσσεται στην Κατηγορία Β κατά ΕΑΚ2000 και στην Κατηγορία Β κατά τον EN 1998.

- Για τη θεμελίωση των υπό μελέτη επιμέρους έργων προτείνεται η επιλογή λύσης επιφανειακής θεμελίωσης με σχάρα πεδιλοδοκών συνήθους πλάτους, όπως αναλυτικά τεκμηριώνεται στην ενότητα 3.1. Συνεκτιμώντας τα χαρακτηριστικά του υπεδάφους προκύπτει ότι δεν απαιτείται η λήψη ιδιαίτερων μέτρων βελτίωσης των συνθηκών έδρασης πέραν από την πλήρη απομάκρυνση χαλαρών ακατάλληλων γεωυλικών που τυχόν εντοπισθούν στον πυθμένα της εκσκαφής. Συνεπώς, σε κάθε θέση το τελικό βάθος της γενικής εκσκαφής θα καθορισθεί επιτόπου και με κριτήριο την πλήρη αφαίρεση τυχόν ακατάλληλων γεωυλικών και υπό την έγκριση της Επιβλέπουσας Υπηρεσίας.

Εν συνεχεία, προτείνεται η κατασκευή στρώσης εξυγίανσης κάτω από τη θεμελίωση μέσου πάχους 0,40m (ήτοι από τον πυθμένα της εκσκαφής θεμελίωσης έως τη στάθμη έδρασης της θεμελίωσης). Με την κατασκευή της εξυγιαντικής στρώσης, δημιουργείται κατάλληλο δάπεδο εργασίας, αντιμετωπίζεται το θέμα των ομβρίων και υπογείων υδάτων (σε περίπτωση πιθανής εμφάνισής τους), διαμορφώνεται η επιφάνεια έδρασης των θεμελίων στο απαιτούμενο βάθος θεμελίωσης και ομογενοποιούνται οι συνθήκες έδρασης ώστε να καταστεί αποτελεσματικότερη η επανασυμπύκνωση του υπεδάφους έδρασης των θεμελίων. Η εξυγιαντική στρώση θα πρέπει να είναι αμμοχαλικώδους σύστασης (π.χ. αμμοχάλικο κατηγορίας A-1-α ή A-1-b κατά AASHTO και επαρκώς συμπυκνωμένη (βαθμός συμπύκνωσης κατά AASHTO $T108-D \geq 95\%$). Μετά την κατασκευή της εξυγιαντικής στρώσης, προτείνεται η έγχυση ισχνού σκυροδέματος καθαριότητας κάτω από τα θεμέλια.

Τονίζεται ότι η προτεινόμενη γνωμάτευση για τη θεμελίωση των επιμέρους υποδομών του έργου, βασίζεται στα διαθέσιμα στοιχεία του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ. Συνεπώς, πριν την έναρξη

κατασκευής της θεμελίωσης των έργων κρίνεται αναγκαία η εκτέλεση ερευνητικών εργασιών (π.χ ερευνητικά-δειγματοληπτικά σκάμματα, ερευνητικές-δειγματοληπτικές γεωτρήσεις, εργαστηριακές δοκιμές) προκειμένου για την επαλήθευση των προαναφερόμενων συνθηκών υπεδάφους. Σε περίπτωση εντοπισμού δυσμενέστερων εδαφικών συνθηκών επιβάλλεται η επανεξέταση του προτεινόμενου τρόπου θεμελίωσης και η επανεκτέλεση των αντίστοιχων εδαφοτεχνικών ελέγχων των ενοτήτων 3.2 και 3.3 του παρόντος. Επίσης, τονίζεται ότι για τις επανεπιχώσεις της θεμελίωσης ενδείκνυται η χρήση των προϊόντων εκσκαφής κατόπιν, όμως, διαλογής και μετά τη σύμφωνη γνώμη της Επίβλεψης.

- Στις παραγράφους 3.2 και 3.3 υπολογίζονται παραμετρικά οι τιμές της επιτρεπόμενης τάσης σχεδιασμού έναντι θραύσης του εδάφους θεμελίωσης για σχάρα πεδιλοδοκών συνήθους πλάτους σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 7 (στατικές συνθήκες) και τον ΕΑΚ (σεισμός) καθώς και οι αναμενόμενες καθιζήσεις αντίστοιχα.

Συνοπτικά, αναφέρεται ότι για πεδιλοδοκούς συνήθους πλάτους $B'=1,20 \div 2,20\text{m}$ προτείνεται ως επιτρεπόμενη τάση η τιμή των $130 \div 80\text{kPa}$ αντίστοιχα (με αυξητικούς επιμέρους συντελεστές επί των φορτίων).

Οι καθιζήσεις υπό το φορτίο λειτουργίας, όπως δίνονται στο υπολογιστικό φύλλο της ενότητας 3.3, εκτιμώνται της τάξεως των $S_{\text{ολ}}=1,00 \div 1,50\text{cm}$ για συνήθη πλάτη πεδιλοδοκών.

Ο δείκτης εδάφους για τη στατική επίλυση της θεμελίωσης των επιμέρους υποδομών του Έργου προτείνεται να ληφθεί για $B'=1,20 \div 2,20\text{m}$ ίσος με $K=5.385 \div 2.985 \text{ kPa/m}$ αντίστοιχα υπό στατικές συνθήκες φόρτισης. Για ανάλυση σε σεισμό, μπορεί να ληφθούν τιμές K τουλάχιστον τριπλάσιες των ως άνω προτεινόμενων.

- Στην παράγραφο 3.4 παρατίθενται προτάσεις και επισημάνσεις σχετικά με την ασφαλή πραγματοποίηση των εκσκαφών που θα απαιτηθούν για την θεμελίωση των υπό μελέτη έργων.

Μυτιλήνη, 16 /11/ 2020

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ

ΣΥΝΤΑΧΘΗΚΕ

Ο Αναπλ. Προϊστάμενος
Τμήματος Υδραυλικών &

Η Αναπλ. Προϊσταμένη Δ/νσης
Τ.Υ.Δ.Μ.

Εγγειοβελτιωτικών Έργων

Δ/νσης Τ.Υ.Δ.Μ

Κατερίνα Αραμπατζή

Μιχάλης Πέρος

Δέσποινα Μακρή

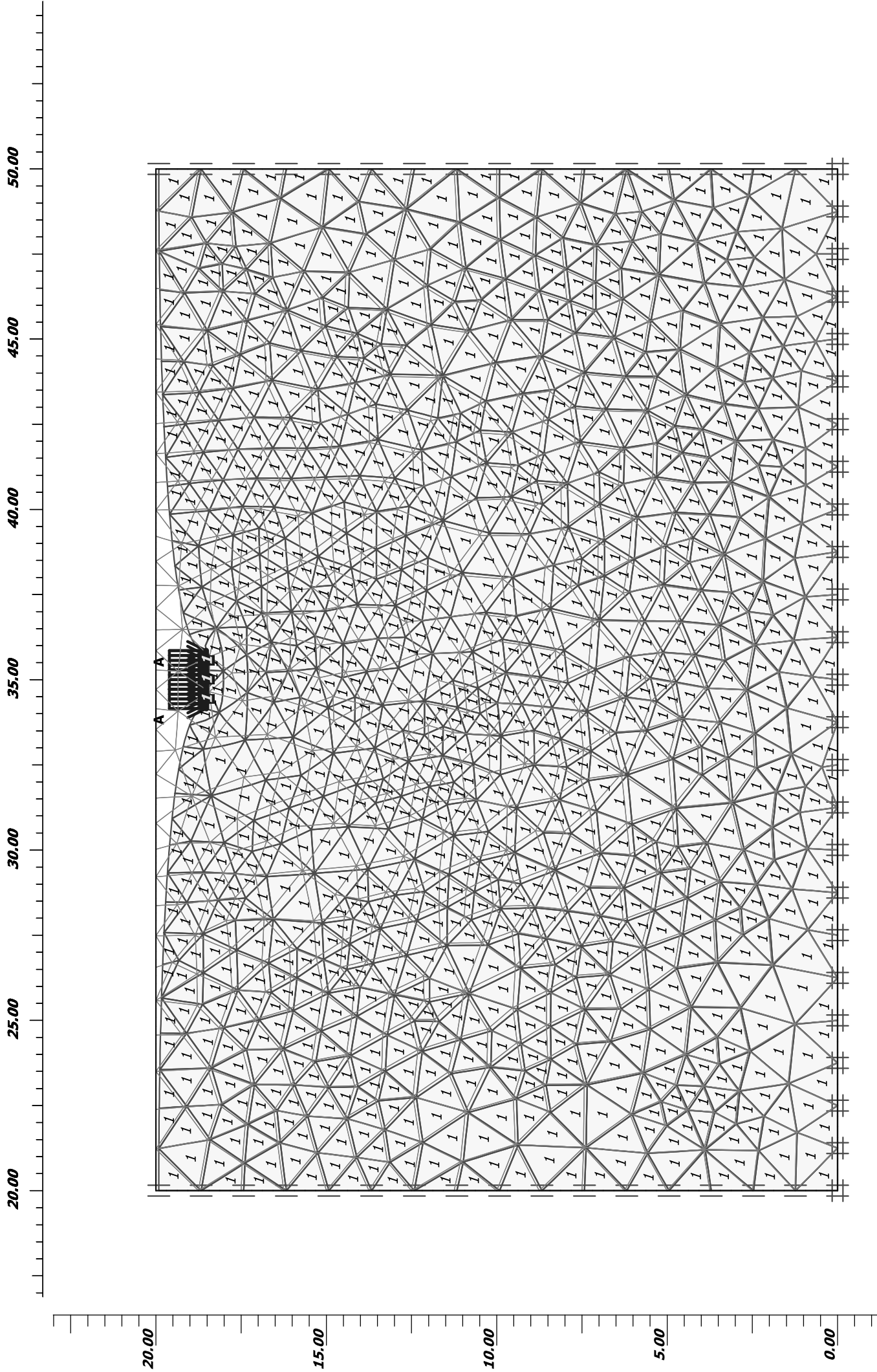
Πολιτικός Μηχανικός ΠΕ

Πολιτικός Μηχανικός ΠΕ

Μηχανολόγος Μηχανικός ΠΕ

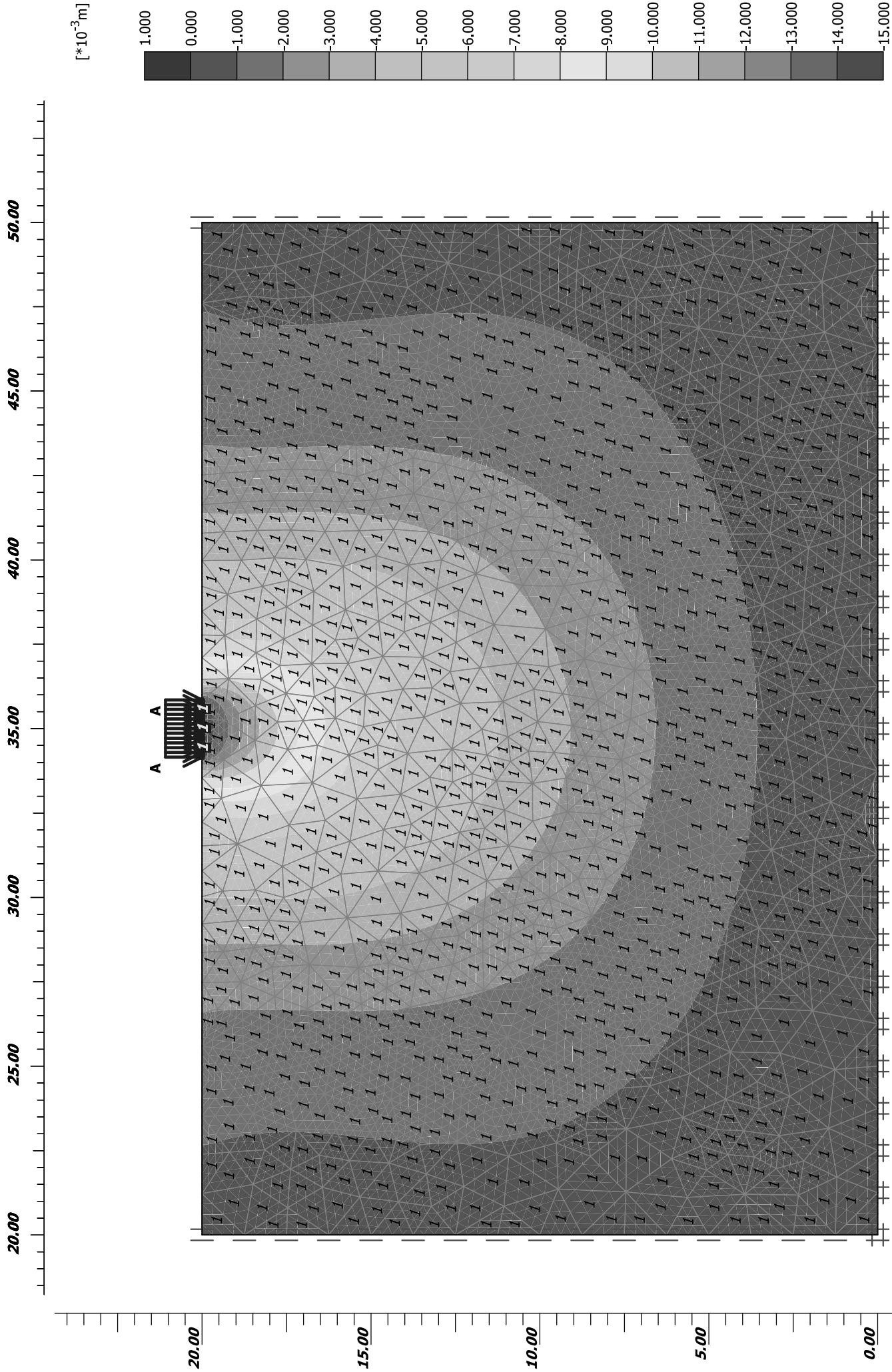
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Αναλυτικά δεδομένα και αποτελέσματα αριθμητικής ανάλυσης



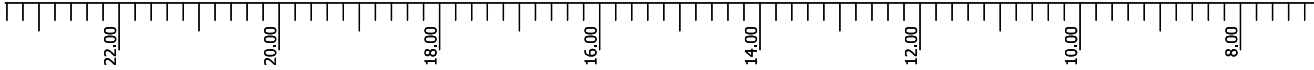
Deformed mesh

Extreme total displacement $14,77 \cdot 10^{-3}$ m
(displacements scaled up 100,00 times)

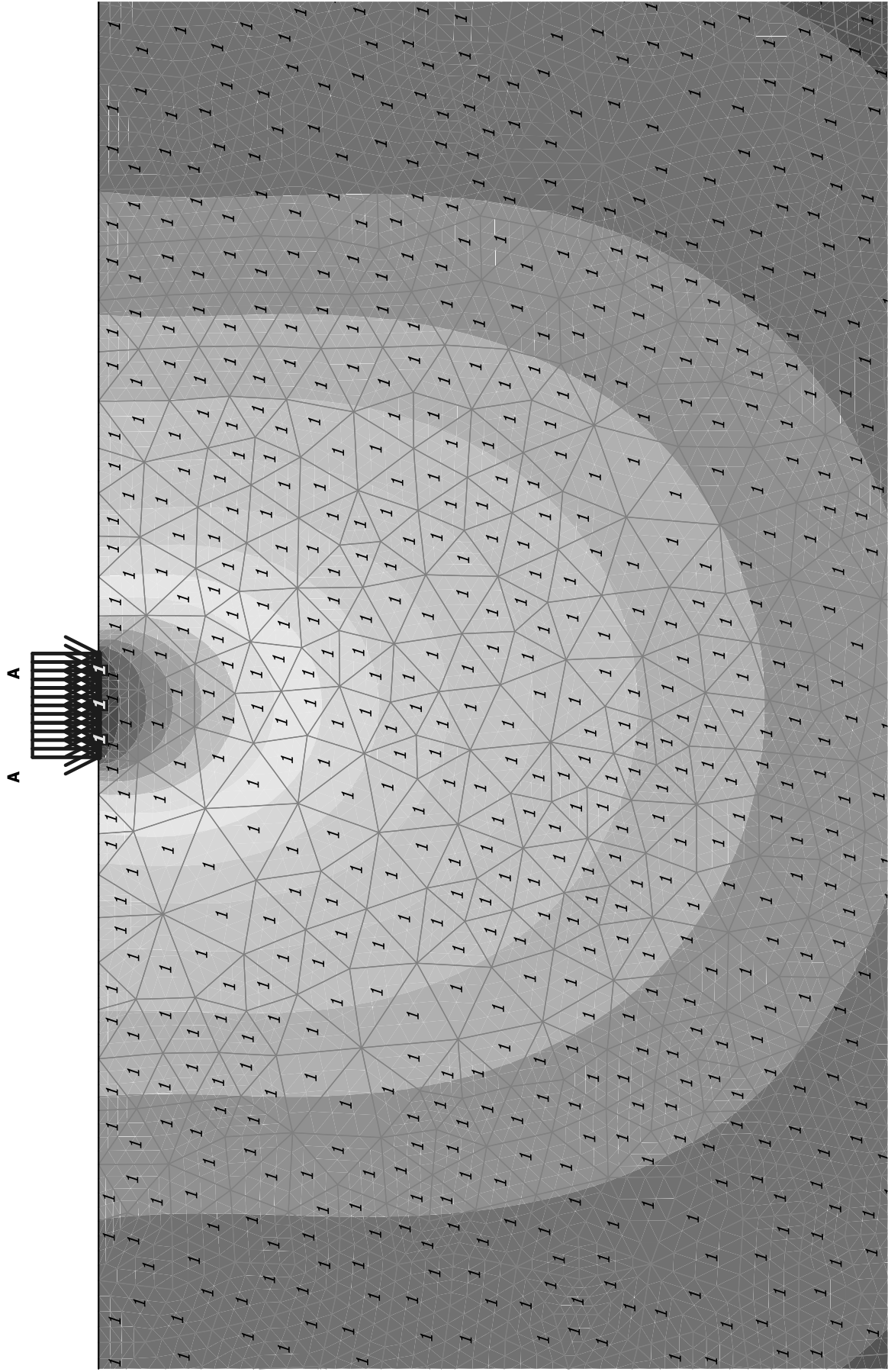
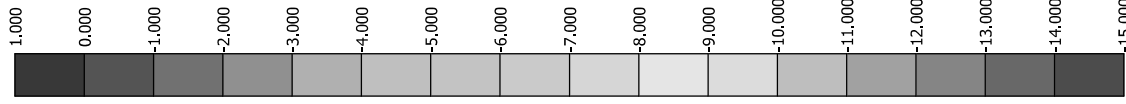


Vertical displacements (Uy)

Extreme Uy -14,77*10⁻³ m



[*10⁻³m]



Vertical displacements (Uy)

Extreme Uy -14,77*10⁻³ m

REPORT

07/09/2018

Title: P.S GERAS

Table of Contents

1. General Information.....	3
2. Geometry.....	4
2.1. Clusters.....	5
3. Structures	6
4. Loads & boundary conditions.....	7
4.2. Load system A.....	8
5. Mesh data.....	10
6. Material data	11
7. Calculation phases.....	13
7.3. Total multipliers	14
8. Results for phase 3	15
8.4. Calculation information.....	15
8.4.1. Active loads info	16
8.4.1.1. Load system A.....	16
8.5. Deformations.....	17
8.5.2. Plot of total displacements	18
8.5.3. Plot of horizontal displacements.....	20
8.5.4. Plot of vertical displacements	22
8.5.5. Plot of total increments.....	24
8.5.6. Plot of horizontal increments.....	26
8.5.7. Plot of vertical increments	28
8.5.8. Plot of total strains	30
8.5.9. Plot of incremental strains	33
8.6. Stresses.....	36
8.6.10. Plot of effective stresses	36
8.6.11. Plot of total stresses.....	39

1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	20,000	50,000
Y	0,000	20,000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Geometry

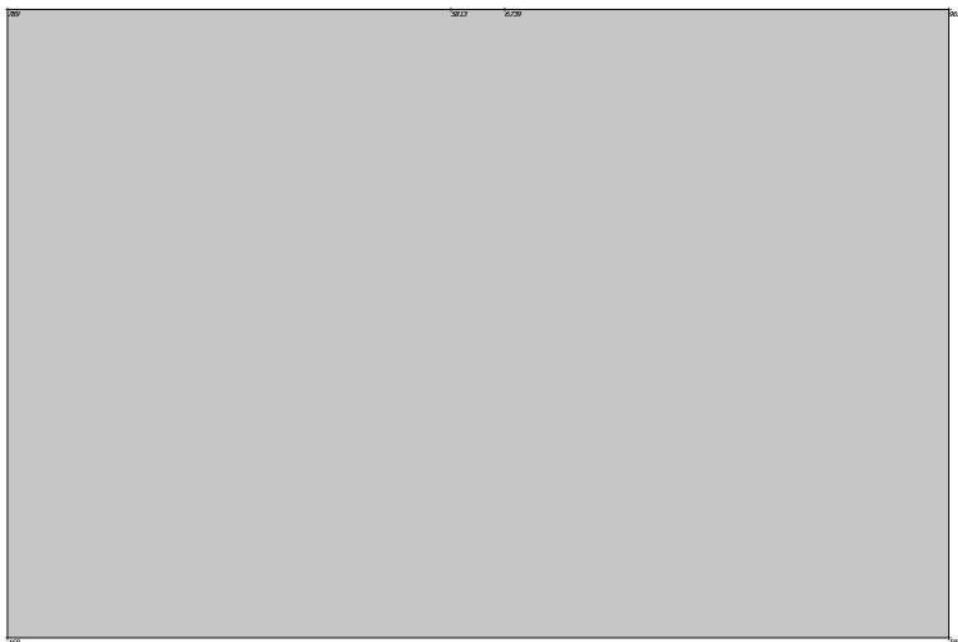


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

Table [4] Table of significant nodes

Node no.	x-coord.	y-coord.	Node no.	x-coord.	y-coord.
169	20,000	0,000	5849	50,000	0,000
789	20,000	20,000	5813	34,150	20,000
9655	50,000	20,000	6739	35,850	20,000

2.1. Clusters



Fig. 2 Plot of geometry model with cluster numbers

Table [5] Table of clusters

Cluster no.	Nodes
1	169, 789, 9655, 5849, 5813, 6739.

3. Structures



Fig. 3 Plot of geometry model with structures

Table [6] Beams

Plate no.	Data set	Length [m]	Nodes
1	FOUNDATION	1,700	5813, 6739.

4. Loads & boundary conditions

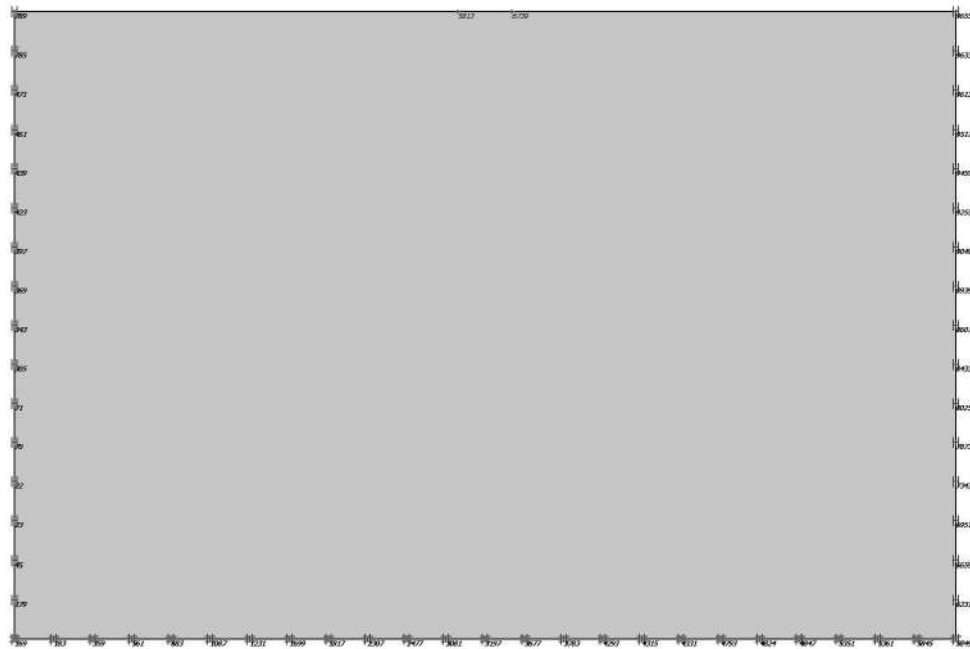


Fig. 4 Plot of geometry with loads & boundary conditions

Table [7] Node fixities

Node no.	Sign	Horizontal	Vertical	Node no.	Sign	Horizontal	Vertical
169	#	Fixed	Fixed	23		Fixed	Free
5849	#	Fixed	Fixed	22		Fixed	Free
5845	#	Fixed	Fixed	70		Fixed	Free
5361	#	Fixed	Fixed	71		Fixed	Free
5351	#	Fixed	Fixed	305		Fixed	Free
4847	#	Fixed	Fixed	343		Fixed	Free
4824	#	Fixed	Fixed	369		Fixed	Free
4793	#	Fixed	Fixed	397		Fixed	Free
4331	#	Fixed	Fixed	423		Fixed	Free

Node no.	Sign	Horizontal	Vertical	Node no.	Sign	Horizontal	Vertical
4315	#	Fixed	Fixed	439		Fixed	Free
4293	#	Fixed	Fixed	461		Fixed	Free
3783	#	Fixed	Fixed	471		Fixed	Free
3677	#	Fixed	Fixed	785		Fixed	Free
3197	#	Fixed	Fixed	9633		Fixed	Free
3081	#	Fixed	Fixed	9613		Fixed	Free
2477	#	Fixed	Fixed	9517		Fixed	Free
2307	#	Fixed	Fixed	9459		Fixed	Free
1817	#	Fixed	Fixed	9255		Fixed	Free
1699	#	Fixed	Fixed	9049		Fixed	Free
1231	#	Fixed	Fixed	8939		Fixed	Free
1087	#	Fixed	Fixed	8607		Fixed	Free
683	#	Fixed	Fixed	8433		Fixed	Free
561	#	Fixed	Fixed	8025		Fixed	Free
359	#	Fixed	Fixed	7873		Fixed	Free
183	#	Fixed	Fixed	7343		Fixed	Free
789		Fixed	Free	6951		Fixed	Free
9655		Fixed	Free	6659		Fixed	Free
179		Fixed	Free	6231		Fixed	Free
45		Fixed	Free				

4.2. Load system A

Table [8] Distributed loads A

Loads no.	First node	qx [kN/m/m]	qy [kN/m/m]	Last node	qx [kN/m/m]	qy [kN/m/m]
1	5813	0,000	0,000	6739	0,000	0,000

Loads no.	First node	qx [kN/m/m]	qy [kN/m/m]	Last node	qx [kN/m/m]	qy [kN/m/m]

5. Mesh data

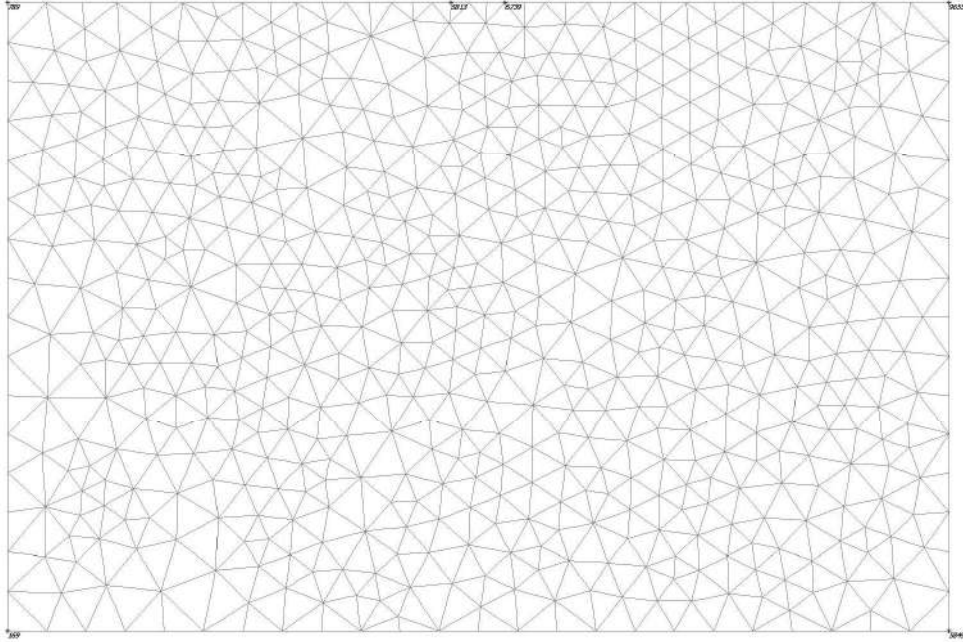


Fig. 5 Plot of the mesh with significant nodes

Table [9] Numbers, type of elements, integrations

Type	Type of element	Type of integration	Total no.
Soil	15-Noded	12-point Gauss	1185
Plate	5-node line	4-point Gauss	3

6. Material data



Fig. 6 Plot of geometry with material data sets

Table [10] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		1
		SOIL1
Type		Drained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	22,00
γ_{sat}	[kN/m ³]	23,00
k_x	[m/day]	0,000
k_y	[m/day]	0,000
e_{init}	[-]	0,500
c_k	[-]	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	25000,000
ν	[-]	0,300

Mohr-Coulomb		1
		SOIL1
G_{ref}	[kN/m ²]	9615,385
E_{oed}	[kN/m ²]	33653,846
c_{ref}	[kN/m ²]	90,00
φ	[°]	25,00
ψ	[°]	0,00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0,00
y_{ref}	[m]	0,000
C_{increment}	[kN/m ² /m]	0,00
T_{str.}	[kN/m ²]	0,00
R_{inter.}	[-]	1,00
Interface permeability		Neutral

Table [11] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm ² /m]	w [kN/m/m]	v [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	FOUNDATION	5,7517E6	2,3486E5	30,00	0,15	1E15	1E15

7. Calculation phases

Table [12] List of phases

Phase	Ph-No.	Start phase	Calculation type	Load input	First step	Last step
Initial phase	0	0		-	0	0
<Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	1	1
<Phase 2>	2	1	Plastic analysis	Staged construction	2	3
<Phase 3>	3	2	Plastic analysis	Total multipliers	4	4

Table [13] Staged construction info

Ph-No.	Active clusters	Inactive clusters	Active beams	Active geotextiles	Active anchors
0	1.				
1	1.				
2	1.		1.		

Table [14] Control parameters 1

Ph-No.	Additional steps	Reset displacements to zero	Ignore undrained behaviour	Delete intermediate steps
1	250	No	No	Yes
2	250	Yes	No	Yes
3	250	No	No	Yes

Table [15] Control parameters 2

Ph-No.	Iterative procedure	Tolerated error	Over relaxation	Max. iterations	Desired min.	Desired max.	Arc-length control
1	Standard	0,010	1,200	60	6	15	Yes
2	Standard	0,010	1,200	60	6	15	Yes
3	Standard	0,010	1,200	60	6	15	Yes

Table [16] Incremental multipliers (input values)

Ph-No.	Displ.	Load A	Load B	Weight	Accel	Time	s-f
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

7.3. Total multipliers

Table [17] Total multipliers - input values

Ph-No.	Displ.	Load A	Load B	Weight	Accel	Time	s-f
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
3	1,0000	88,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000

Table [18] Total multipliers - reached values

Ph-No.	Displ.	Load A	Load B	Weight	Accel	Time	s-f
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000
3	1,0000	88,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000

8. Results for phase 3

8.4. Calculation information

Table [19] Step Info phase no: 3

Step no:	4
Calculation type	PLASTIC
Extrapolation factor	0,000
Relative stiffness	0,999

Table [20] Reached multipliers phase no: 3

Multipliers	Incremental value	Total value
Prescribed displacements	0,0000	1,0000
Load system A	87,0000	88,0000
Load system B	0,0000	1,0000
Soil weight	0,0000	1,0000
Acceleration	0,0000	0,0000
Strength reduction factor	0,0000	1,0000
Time	0,0000	0,0000

Table [21] Staged construction info phase no: 3

Staged construction	Incremental value	Total value
Active proportion of total area	0,000	1,000
Active proportion of stage	0,000	0,000

Table [22] Realised tunnel contraction info phase no: 3

Tunnel*	Increment [%]	Total [%]
* Tunnels are referred to by lining chain number		

Table [23] Iteration info phase no: 3

Iter. no.	Global error	Plastic points	Plastic Cap + Hard. points	Inacc. Pl. pts.	Plastic Intf. pts.	Inacc. Intf. pts.	Apex & Tension	Inacc. Apx. pts.
1	0,002	129	0	1	0	0	129	1
2	0,000	125	0	1	0	0	125	1
3	0,001	195	0	67	0	0	195	67
4	0,001	189	0	2	0	0	189	2

8.4.1. Active loads info

8.4.1.1. Load system A

Table [24] Active distributed loads A phase no: 3

Loads no.	First node	qx [kN/m/m]	qy [kN/m/m]	Last node	qx [kN/m/m]	qy [kN/m/m]
1	5813	0,000	-88,000	6739	0,000	-88,000

8.5. Deformations

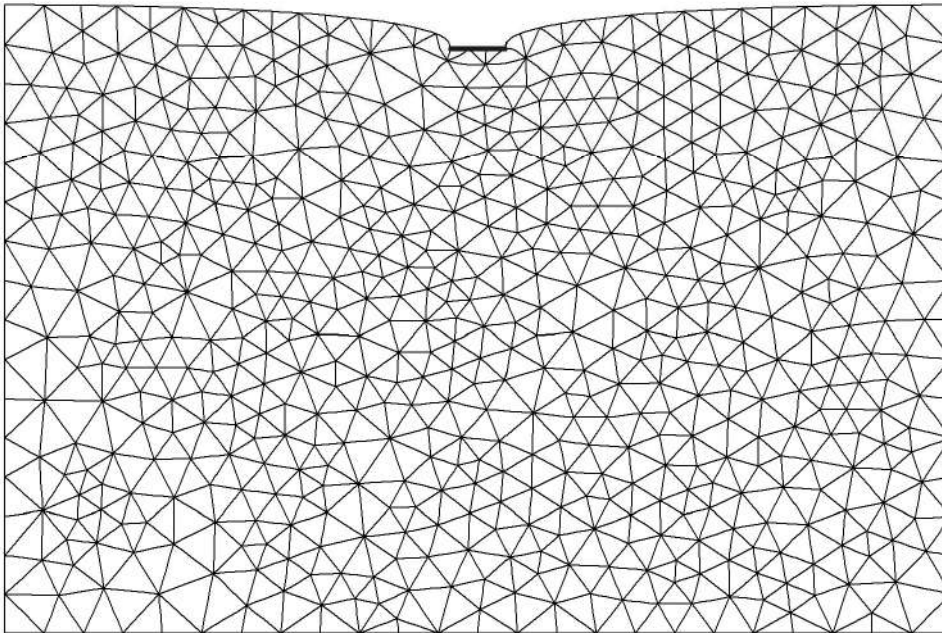


Fig. 7 Plot of deformed mesh - Step no: 4 - (Phase: 3)

8.5.2. Plot of total displacements

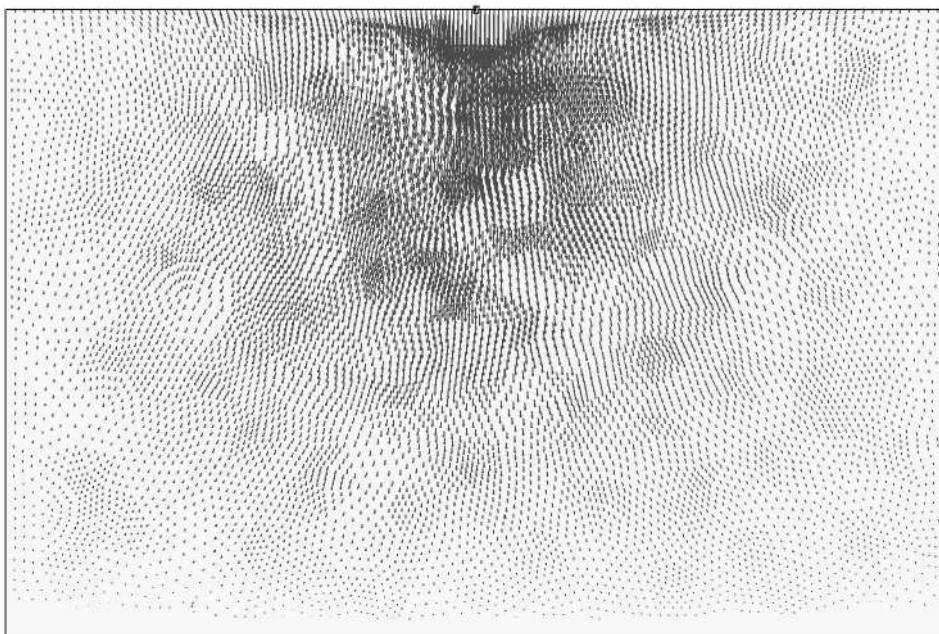


Fig. 8 Plot of total displacements (arrows) - Step no: 4 - (Phase: 3)

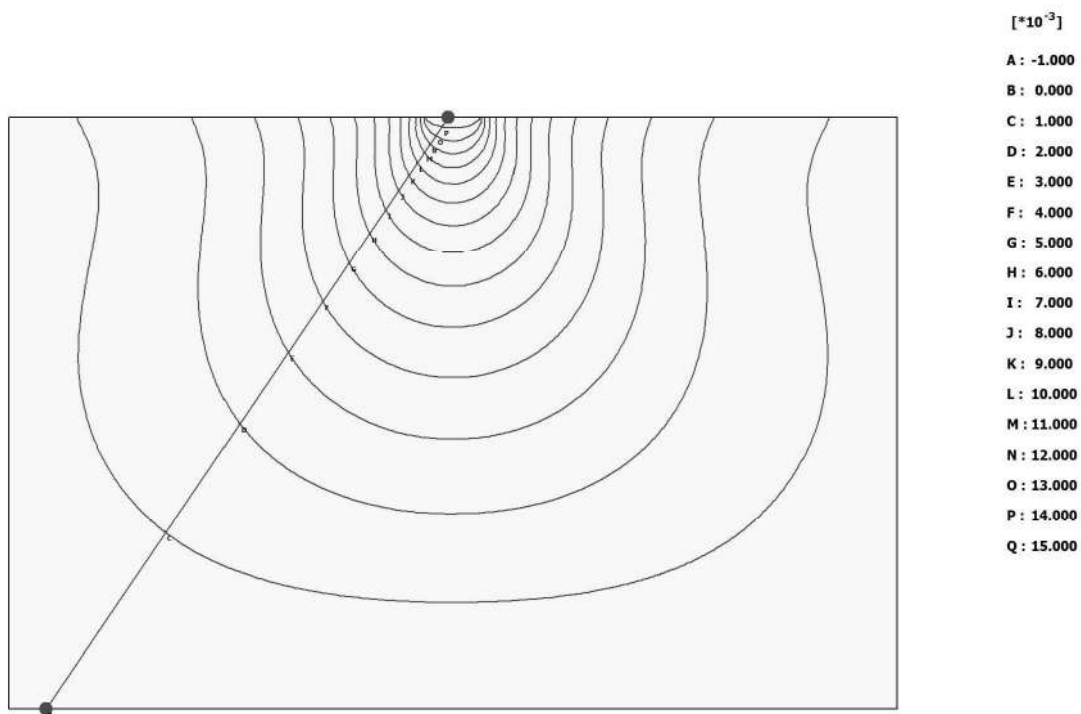


Fig. 9 Plot of total displacements (contour lines) - Step no: 4 - (Phase: 3)

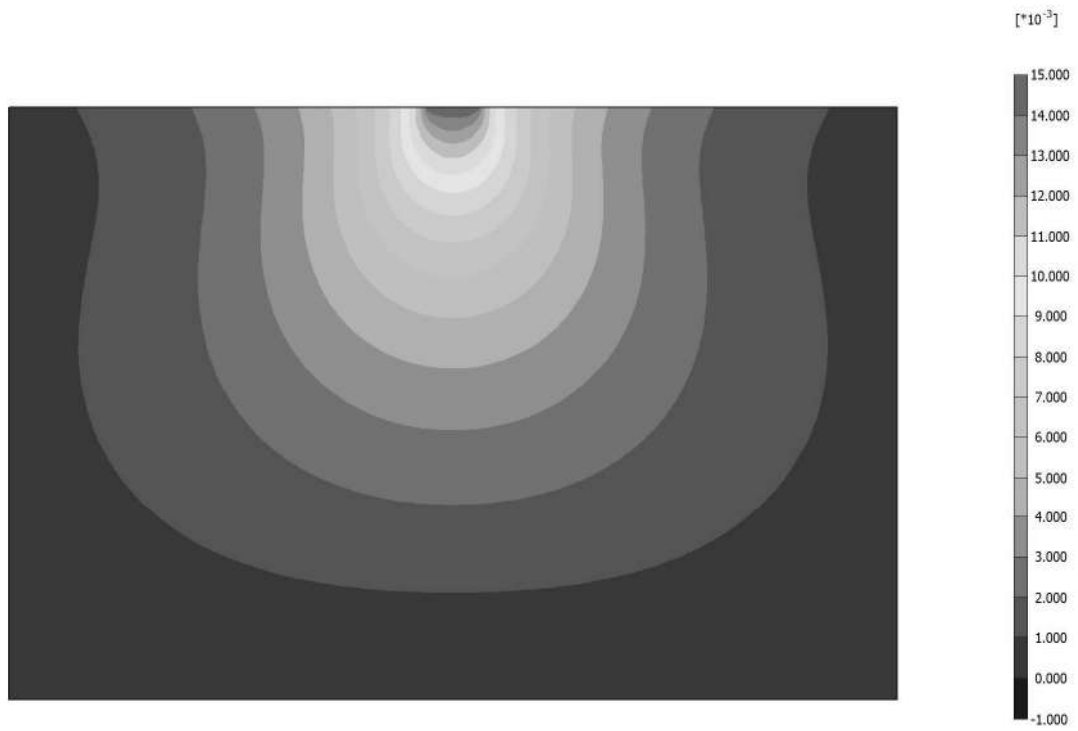


Fig. 10 Plot of total displacements (shadings) - Step no: 4 - (Phase: 3)

8.5.3. Plot of horizontal displacements

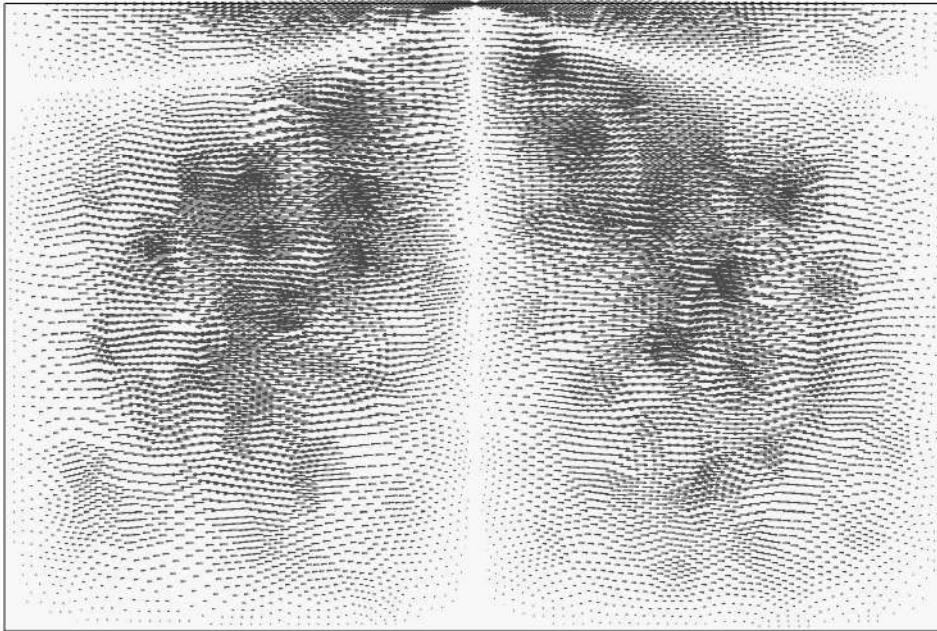


Fig. 11 Plot of horizontal displacements (arrows) - Step no: 4 - (Phase: 3)

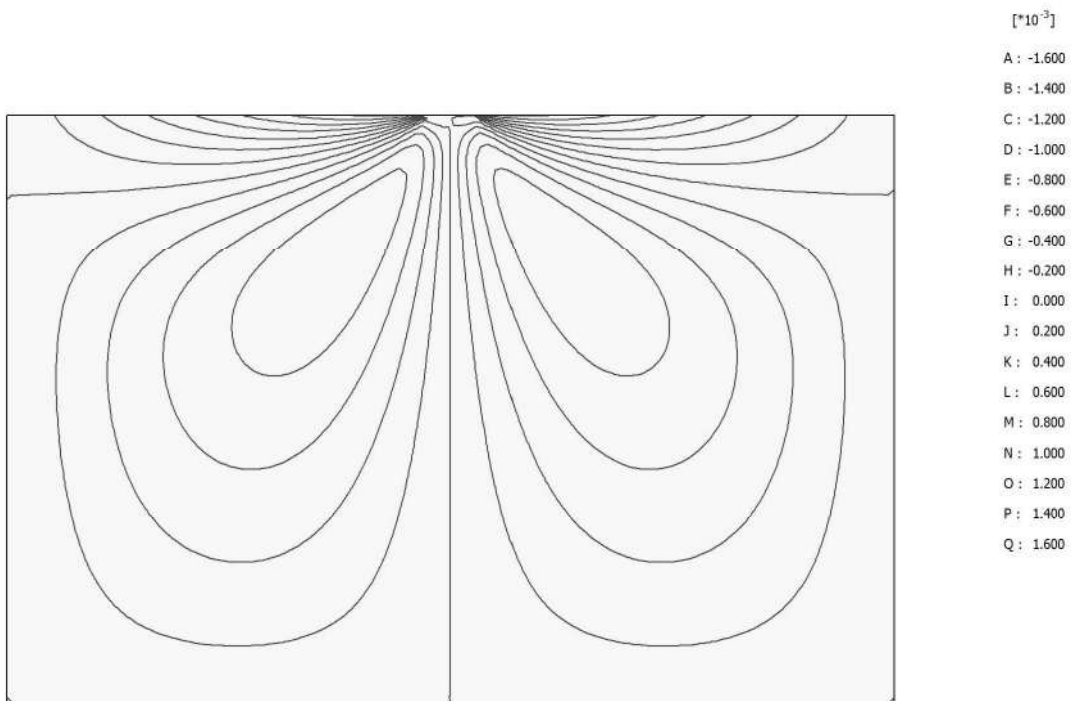


Fig. 12 Plot of horizontal displacements (contour lines) - Step no: 4 - (Phase: 3)

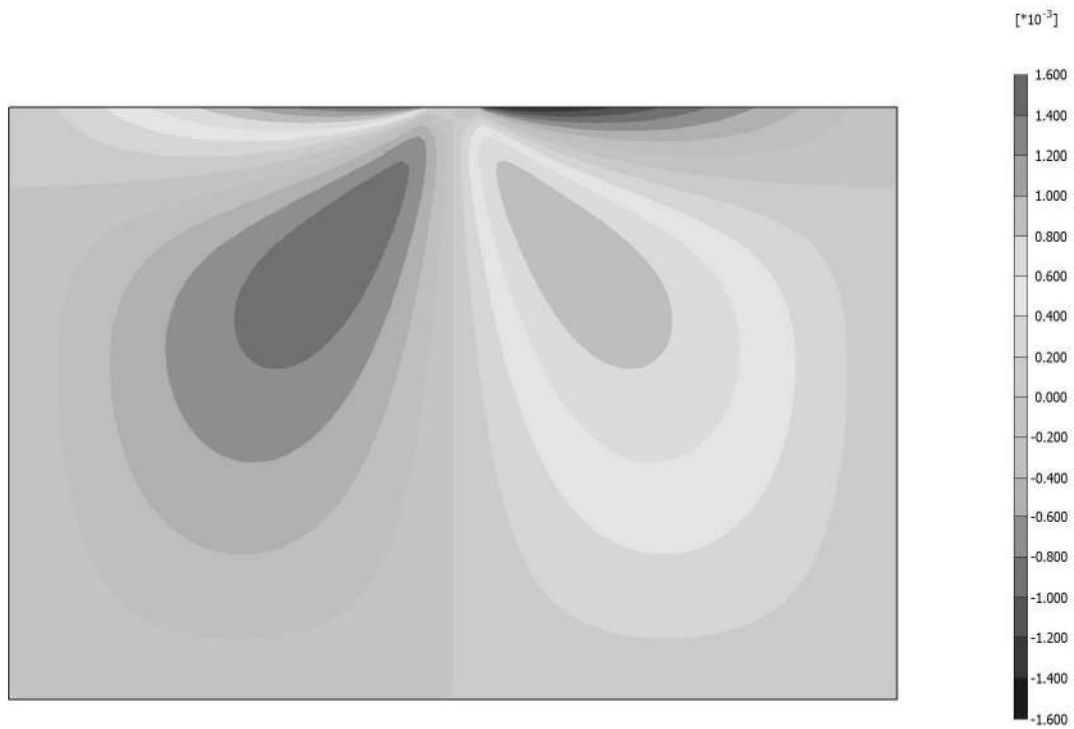


Fig. 13 Plot of horizontal displacements (shadings)

- Step no: 4 - (Phase: 3)

8.5.4. Plot of vertical displacements

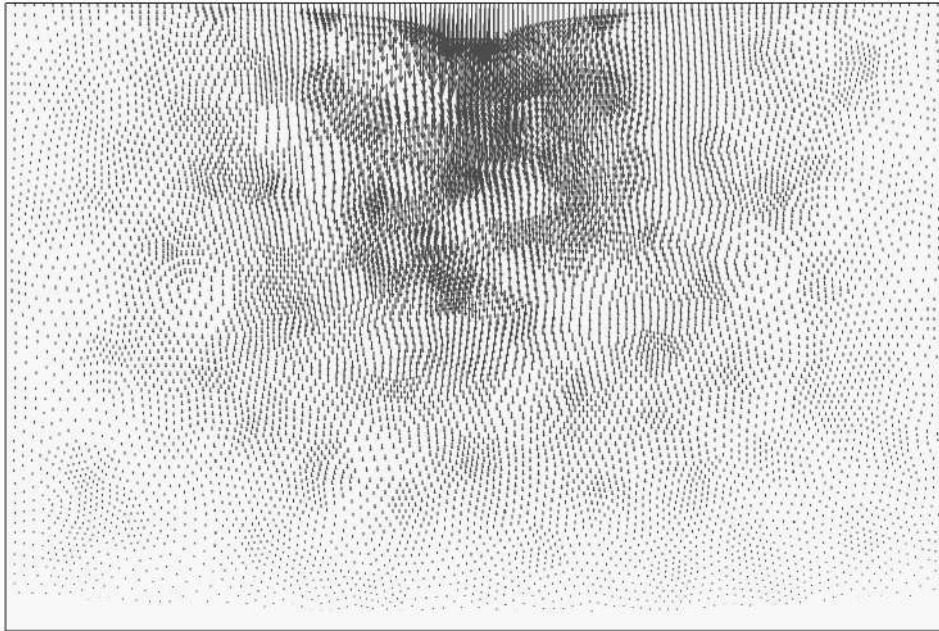


Fig. 14 Plot of vertical displacements (arrows) - Step no: 4 - (Phase: 3)

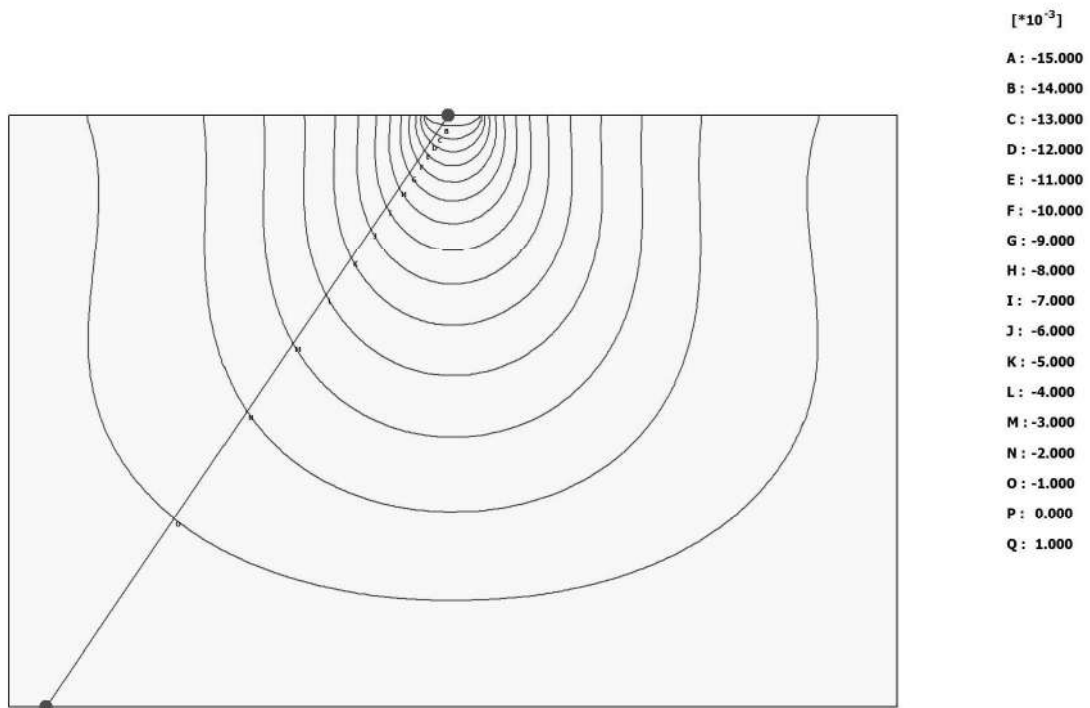


Fig. 15 Plot of vertical displacements (contour lines) - Step no: 4 - (Phase: 3)

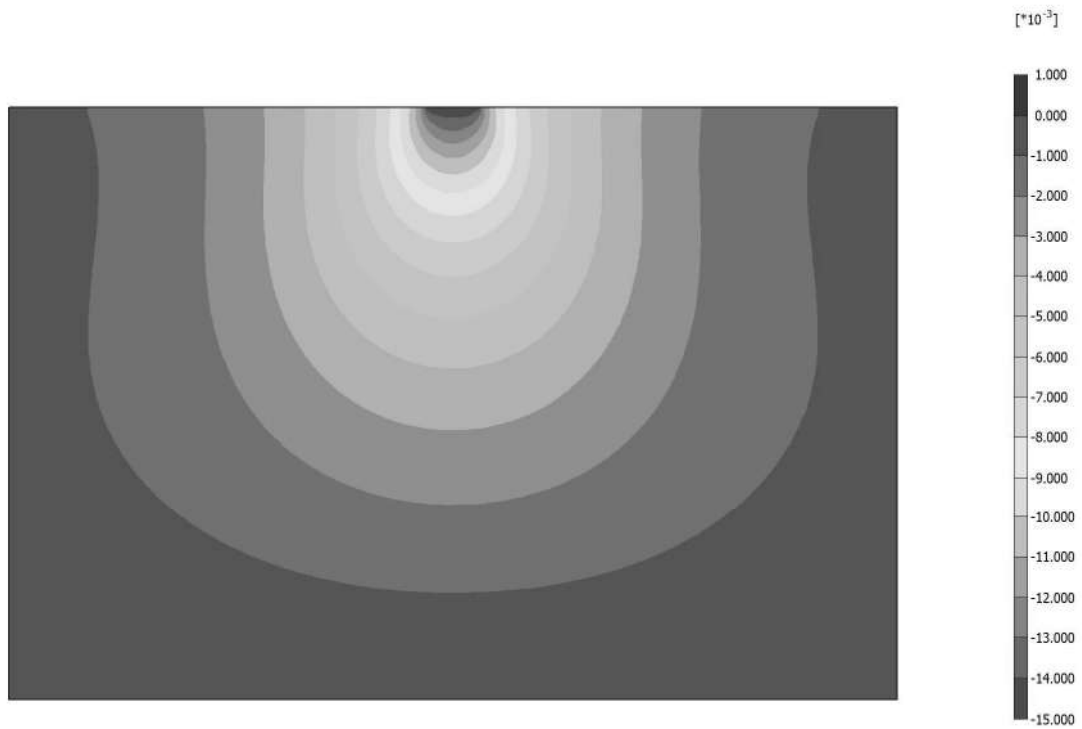


Fig. 16 Plot of vertical displacements (shadings)

- Step no: 4 - (Phase: 3)

8.5.5. Plot of total increments

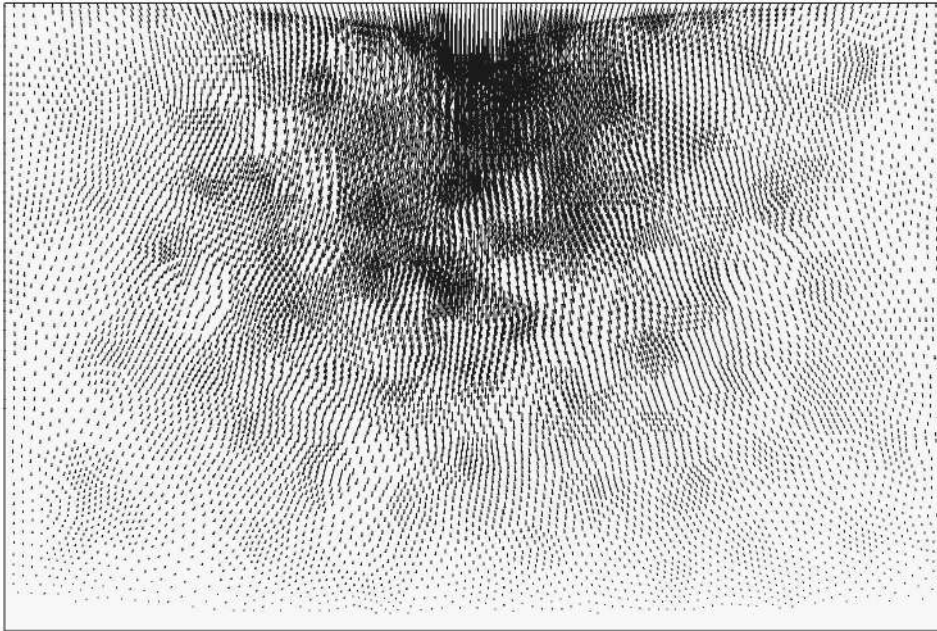


Fig. 17 Plot of total increments (arrows) - Step no: 4 - (Phase: 3)

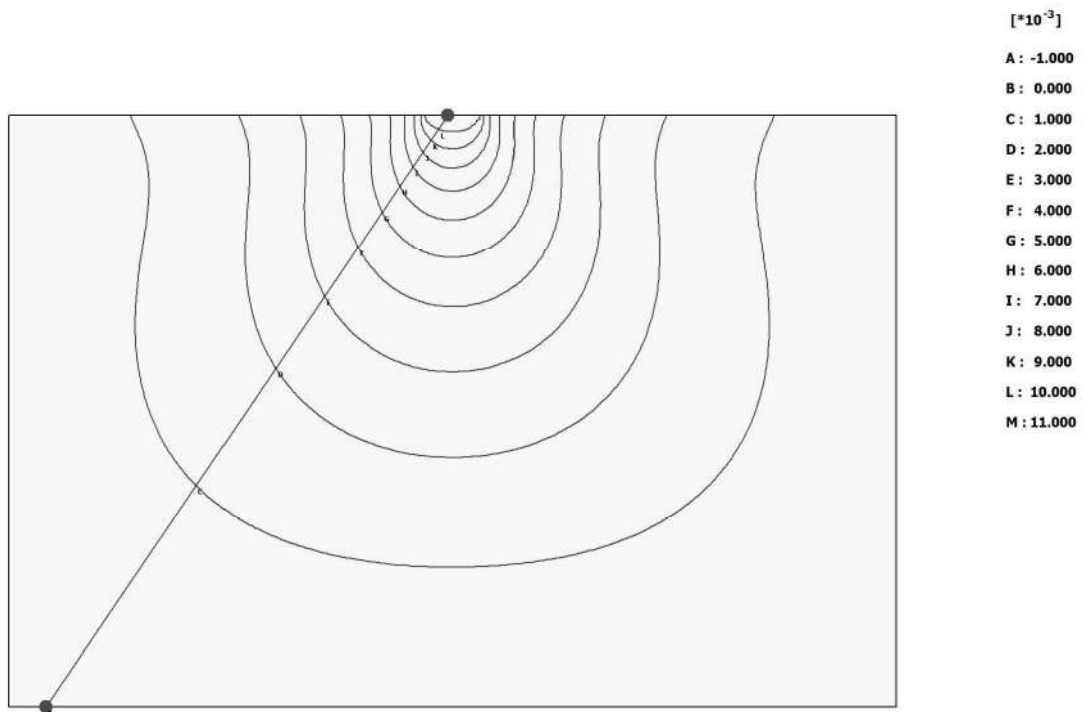


Fig. 18 Plot of total increments (contour lines) - Step no: 4 - (Phase: 3)

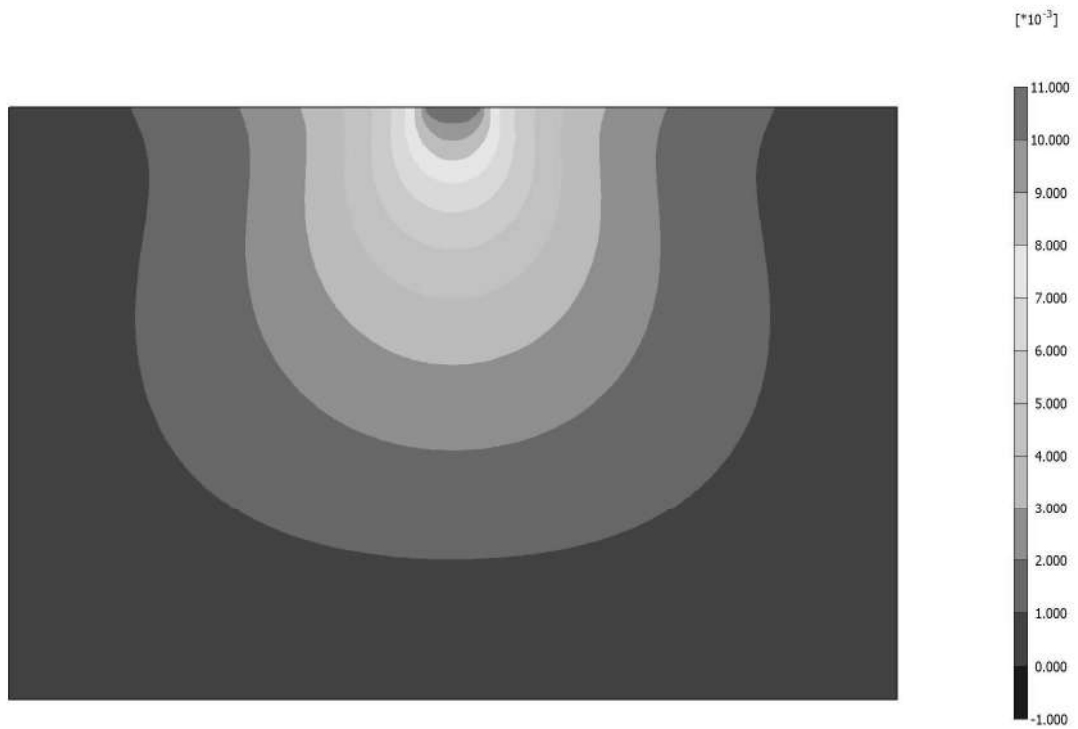


Fig. 19 Plot of total increments (shadings)

- Step no: 4 - (Phase: 3)

8.5.6. Plot of horizontal increments

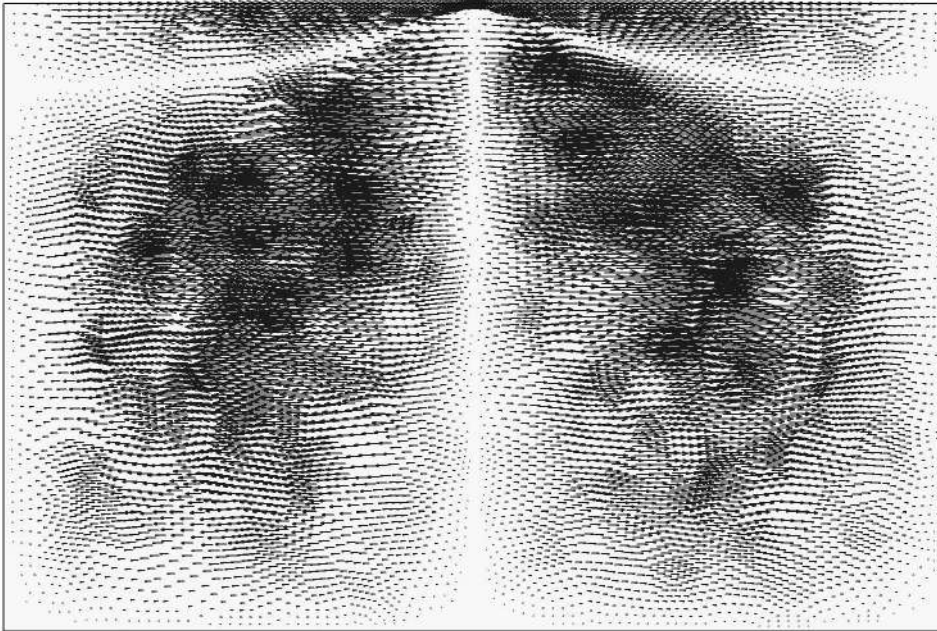


Fig. 20 Plot of horizontal increments (arrows) - Step no: 4 - (Phase: 3)

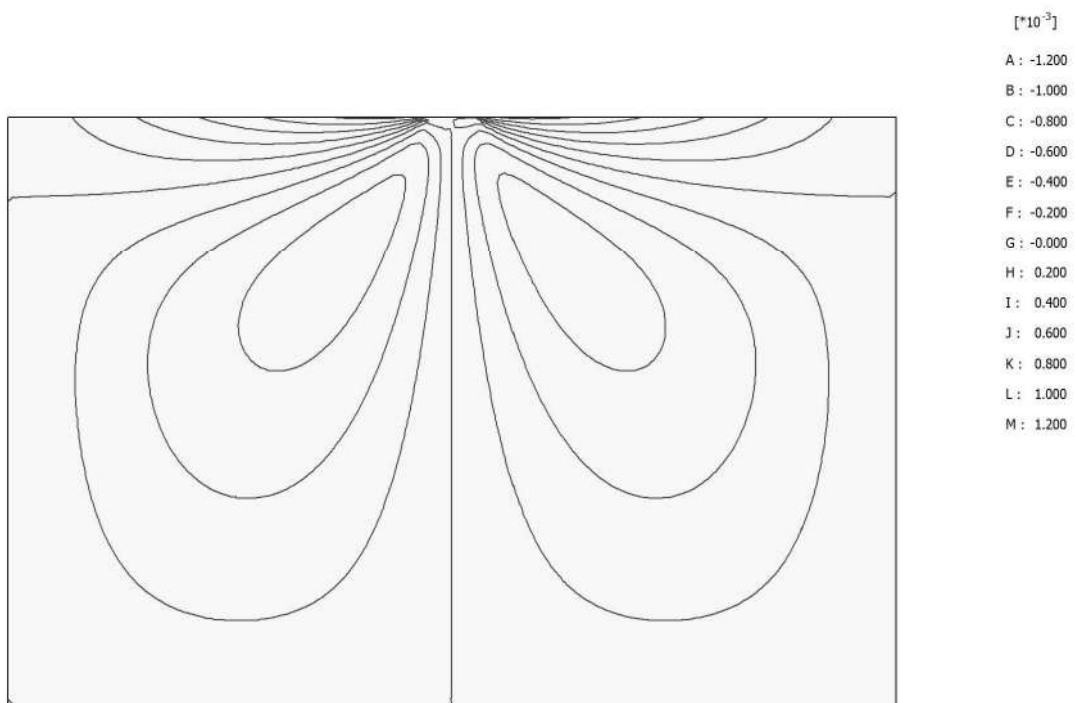


Fig. 21 Plot of horizontal increments (contour lines) - Step no: 4 - (Phase: 3)

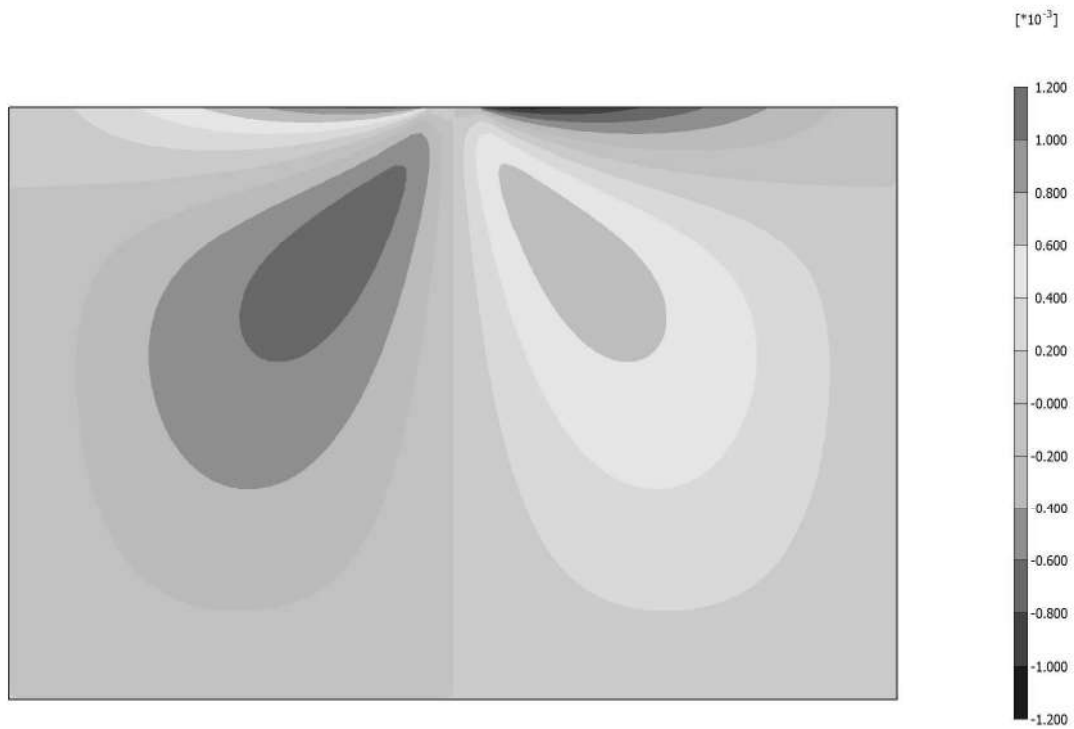


Fig. 22 Plot of horizontal increments (shadings)

- Step no: 4 - (Phase: 3)

8.5.7. Plot of vertical increments

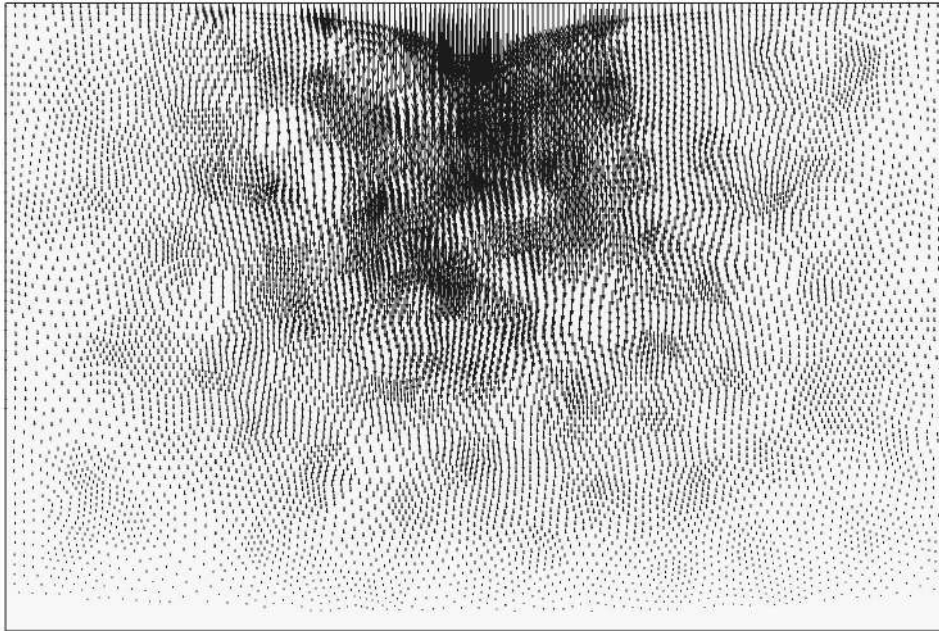


Fig. 23 Plot of vertical increments (arrows) - Step no: 4 - (Phase: 3)

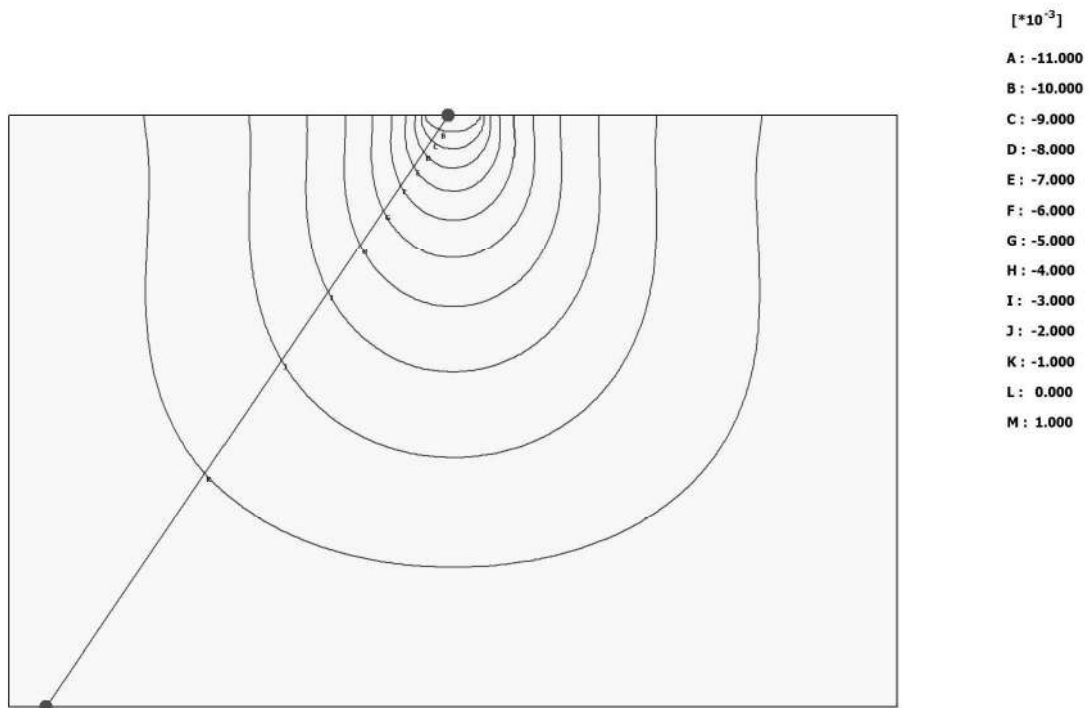


Fig. 24 Plot of vertical increments (contour lines) - Step no: 4 - (Phase: 3)

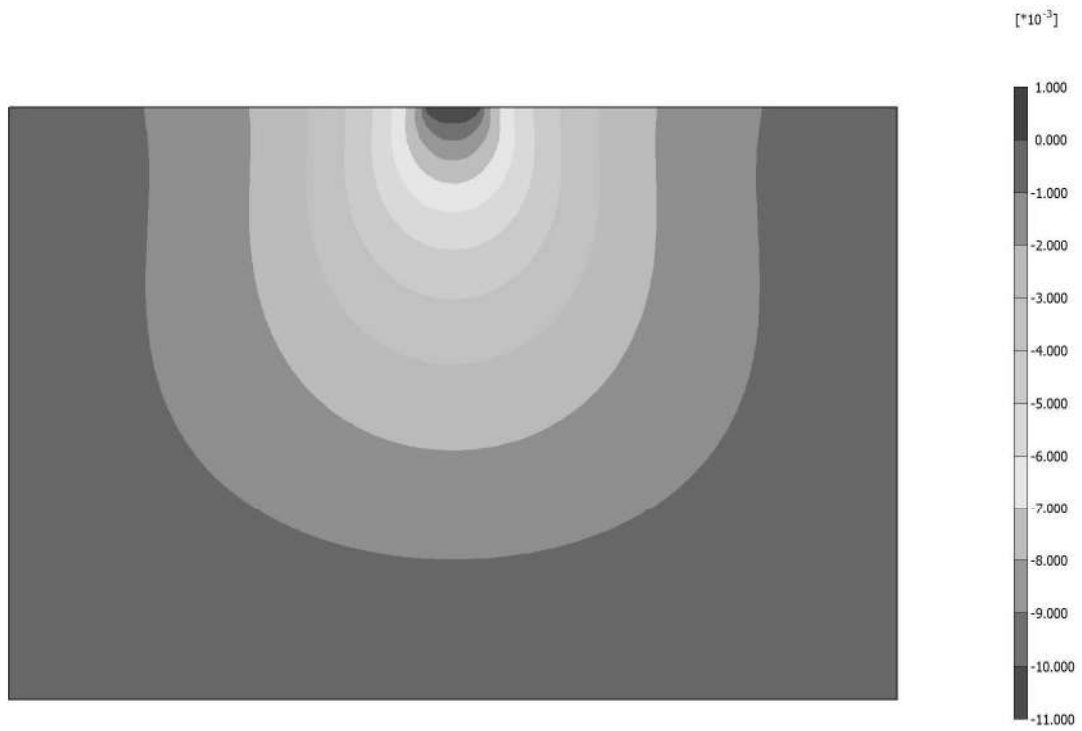


Fig. 25 Plot of vertical increments (shadings)

- Step no: 4 - (Phase: 3)

8.5.8. Plot of total strains

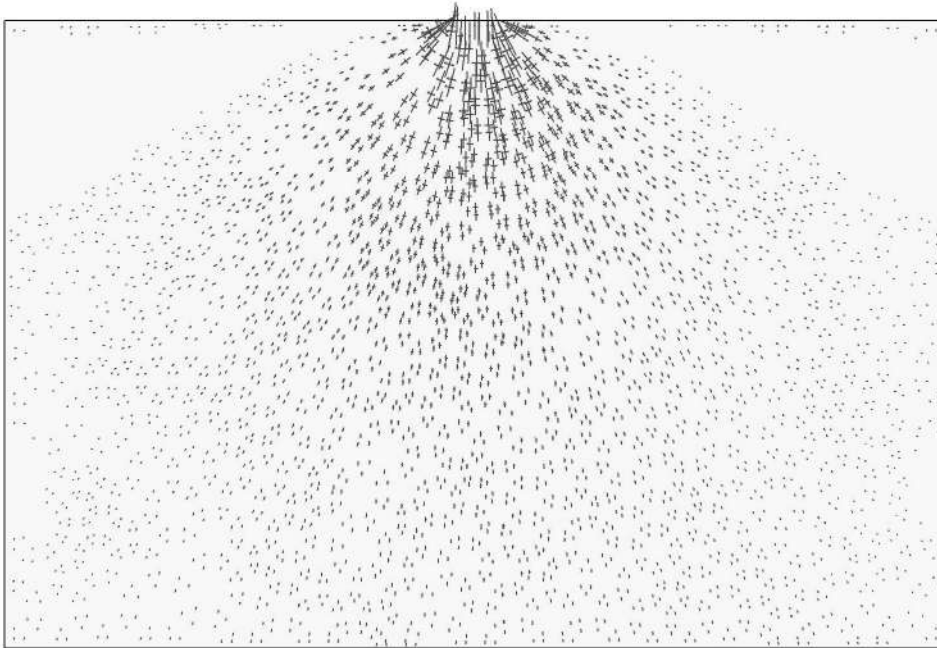


Fig. 26 Plot of total strains (principal directions) - Step no: 4 - (Phase: 3)

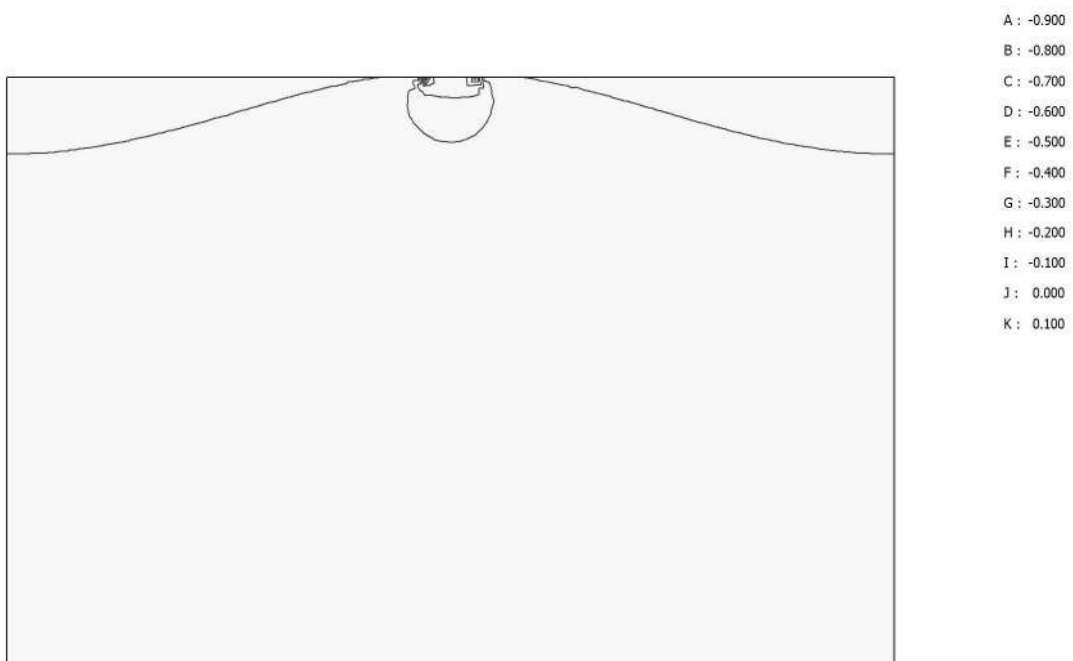


Fig. 27 Plot of total strains (volume contours) - Step no: 4 - (Phase: 3)

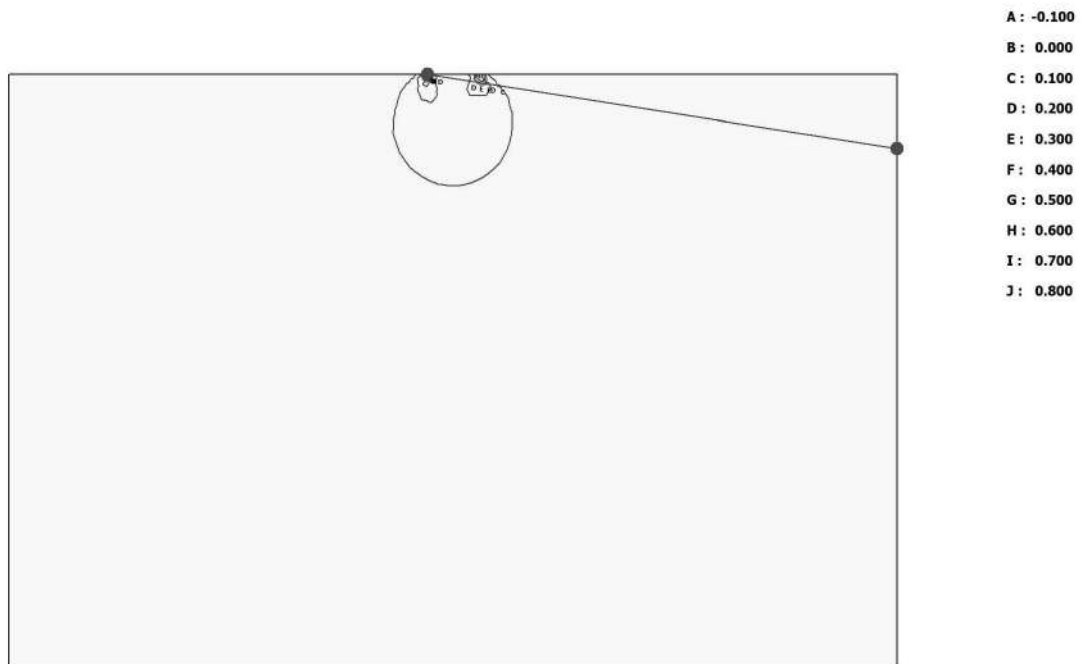


Fig. 28 Plot of total strains (shear contours)

- Step no: 4 - (Phase: 3)

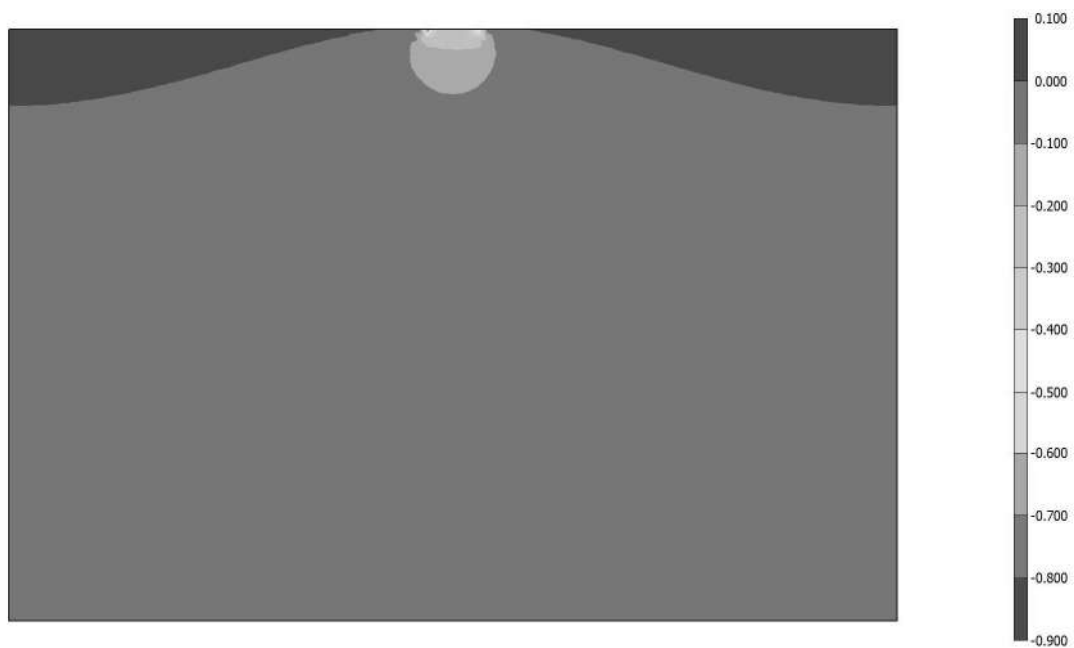


Fig. 29 Plot of total strains (volume shadings) - Step no: 4 - (Phase: 3)



Fig. 30 Plot of total strains (shear shadings) - Step no: 4 - (Phase: 3)

8.5.9. Plot of incremental strains

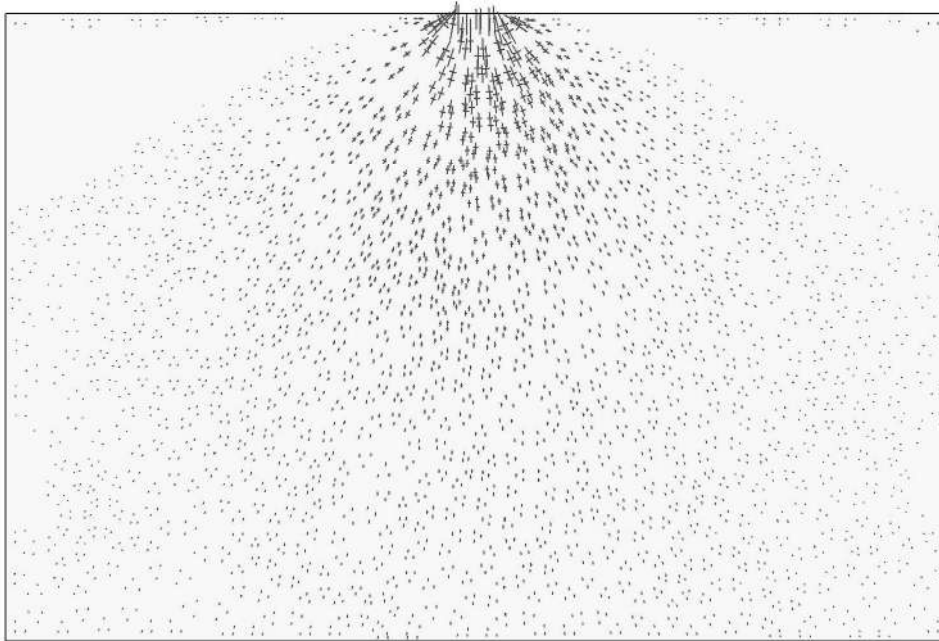


Fig. 31 Plot of total incremental strains (principal directions) - Step no: 4 - (Phase: 3)

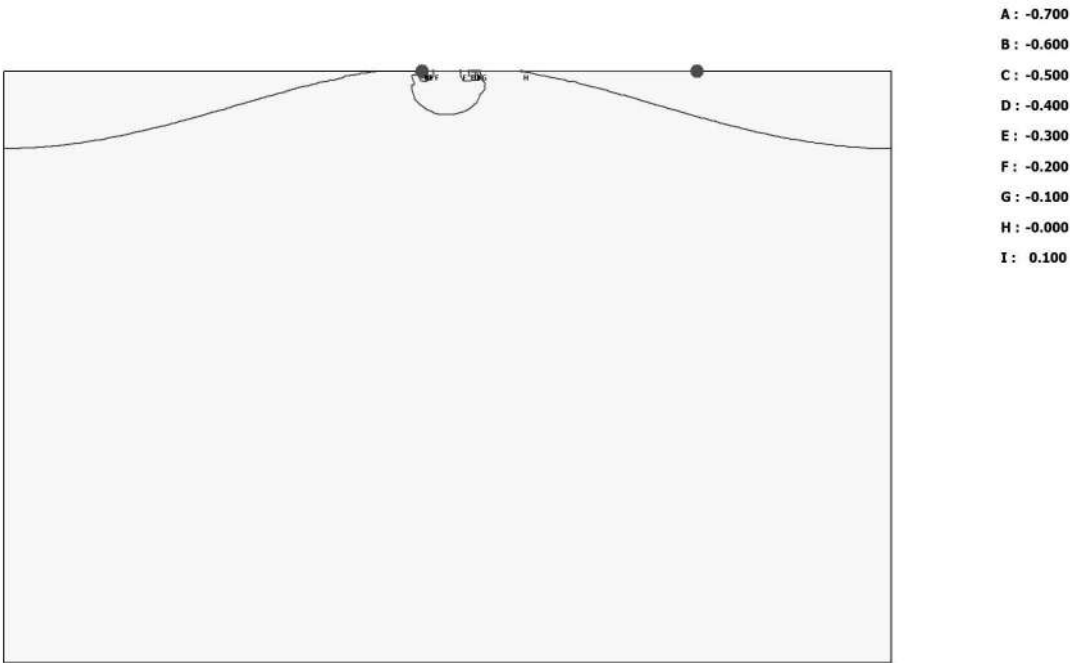


Fig. 32 Plot of total incremental strains (volume contours) - Step no: 4 - (Phase: 3)

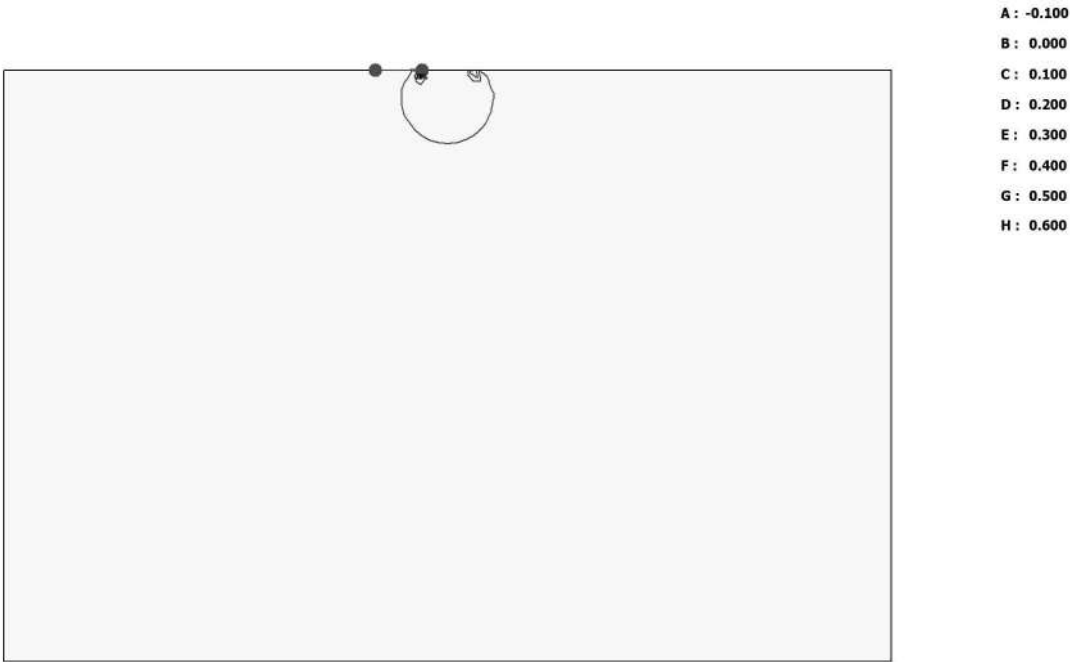


Fig. 33 Plot of total incremental strains (shear contours) - Step no: 4 - (Phase: 3)



Fig. 34 Plot of total incremental strains (volume shadings) - Step no: 4 - (Phase: 3)



Fig. 35 Plot of total incremental strains (shear shadings) - Step no: 4 - (Phase: 3)

8.6. Stresses

8.6.10. Plot of effective stresses

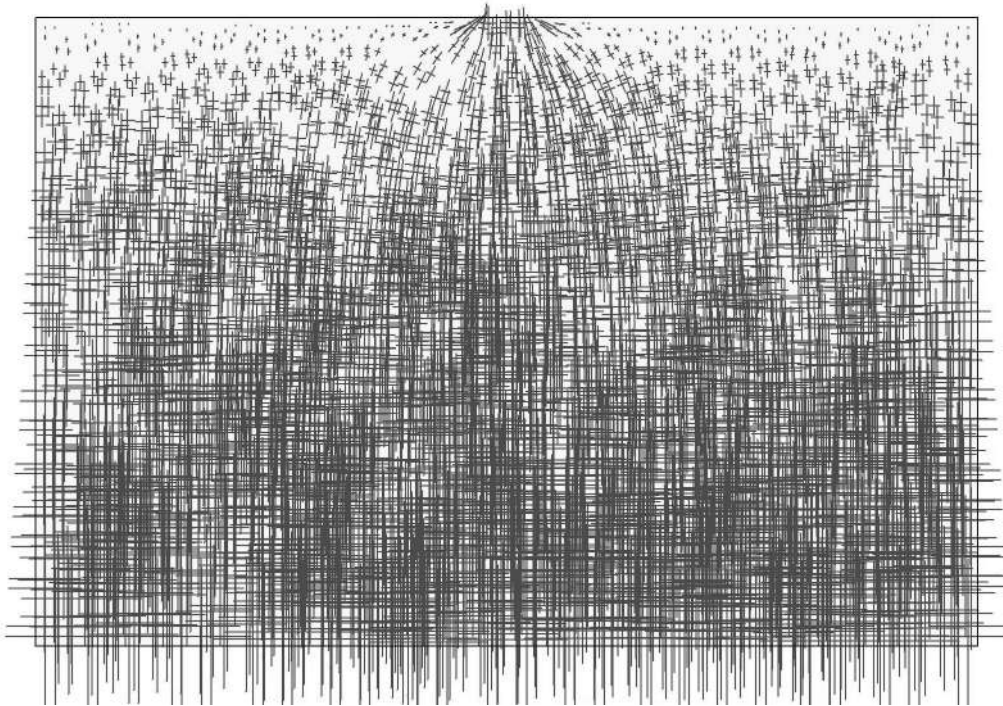


Fig. 36 Plot of effective stresses (principal directions) - Step no: 4 - (Phase: 3)

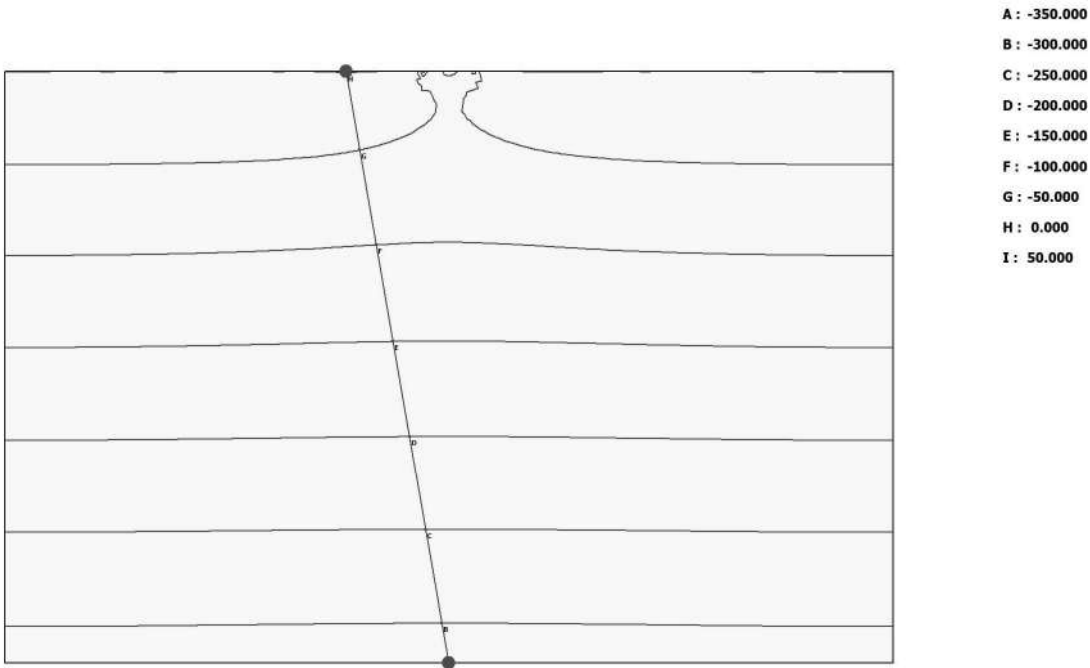


Fig. 37 Plot of effective stresses (mean contours) - Step no: 4 - (Phase: 3)

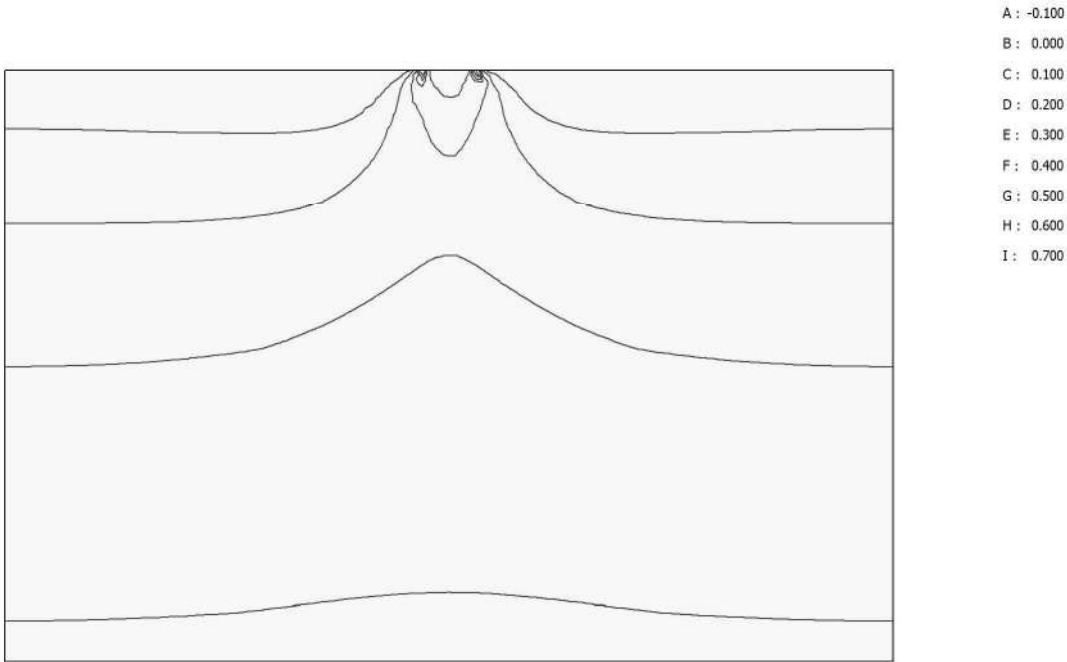


Fig. 38 Plot of effective stresses (relative shear contours) - Step no: 4 - (Phase: 3)



Fig. 39 Plot of effective stresses (mean shadings) - Step no: 4 - (Phase: 3)

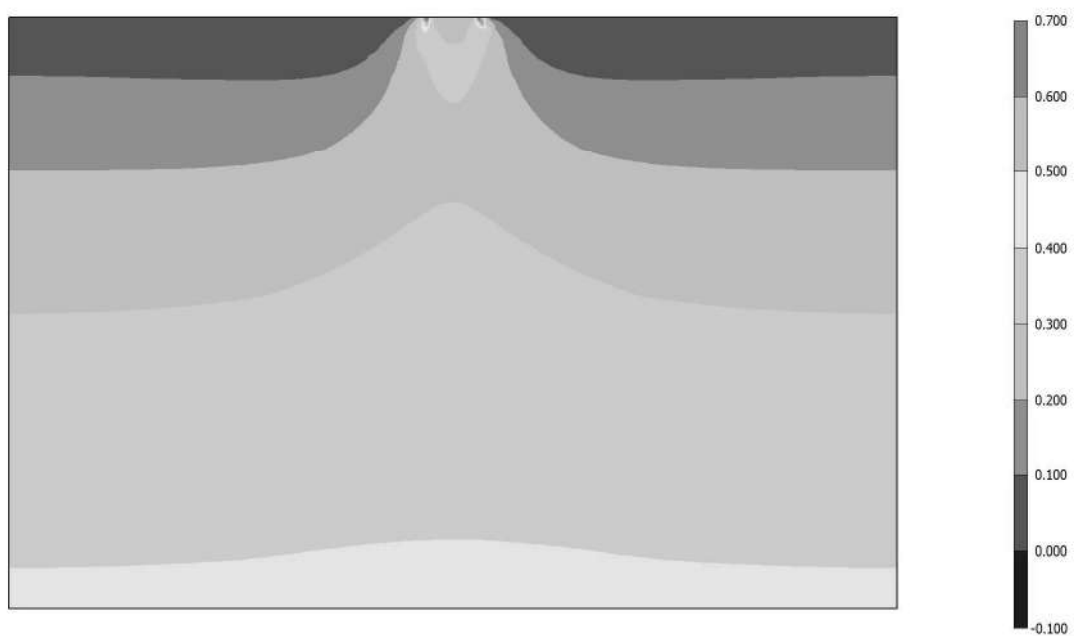


Fig. 40 Plot of effective stresses (relative shear shadings) - Step no: 4 - (Phase: 3)

8.6.11. Plot of total stresses

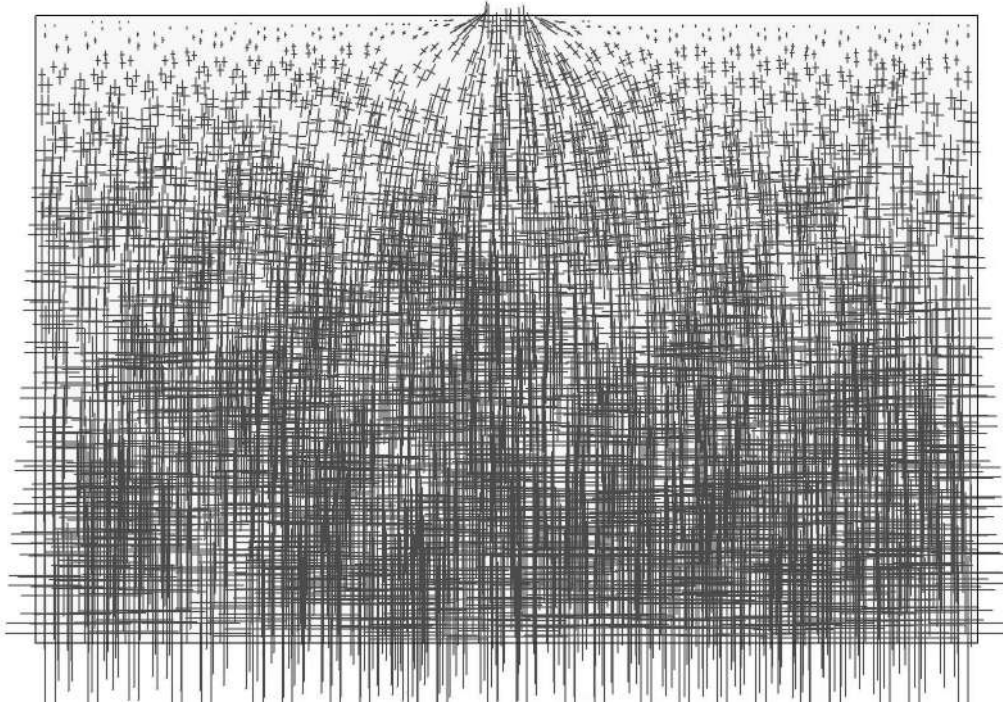


Fig. 41 Plot of total stresses (principal directions)

- Step no: 4 - (Phase: 3)

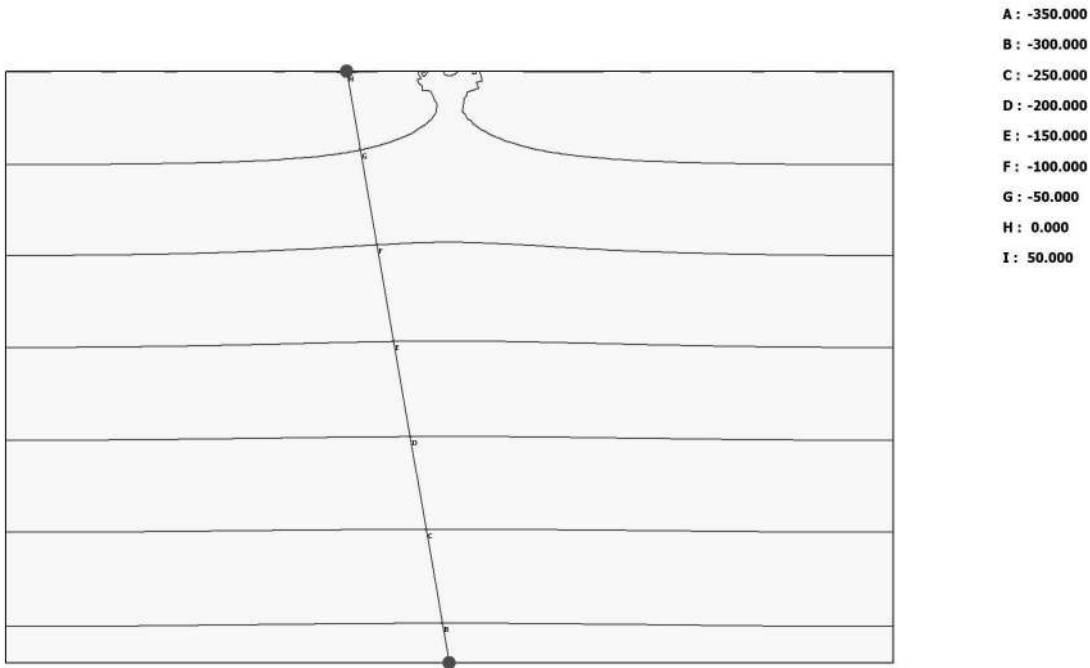


Fig. 42 Plot of total stresses (mean contours) - Step no: 4 - (Phase: 3)

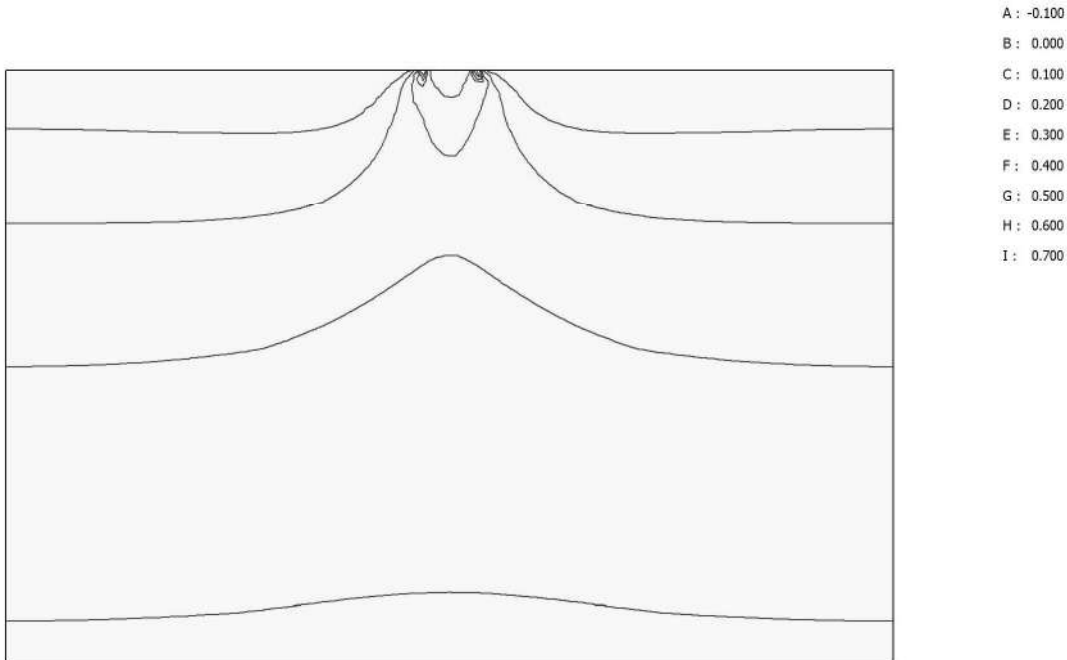


Fig. 43 Plot of total stresses (relative shear contours) - Step no: 4 - (Phase: 3)



Fig. 44 Plot of total stresses (mean shadings) - Step no: 4 - (Phase: 3)

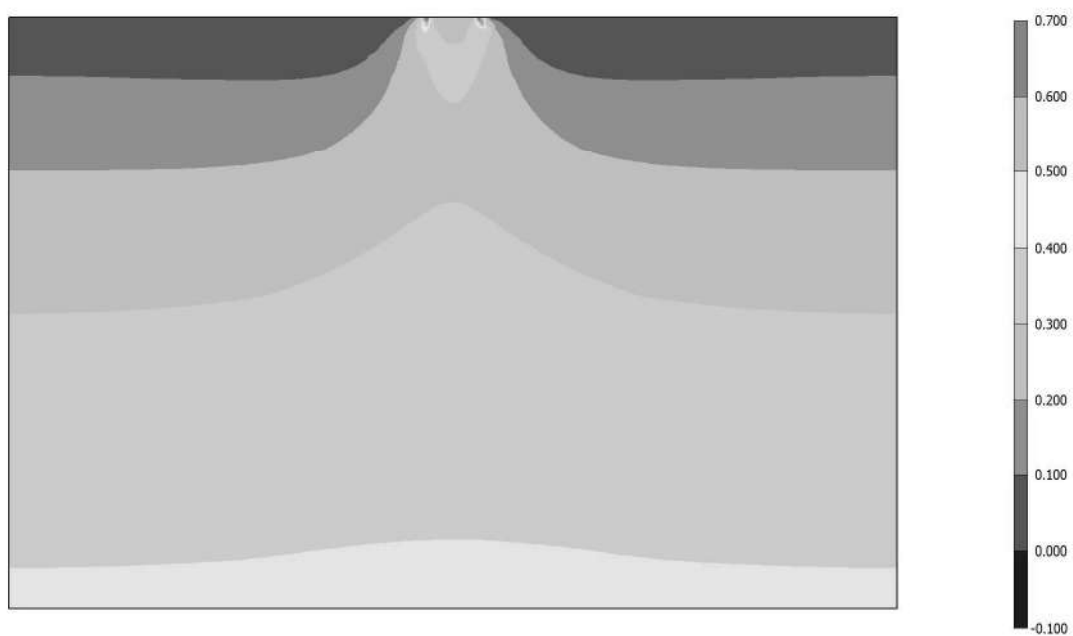


Fig. 45 Plot of total stresses (relative shear shadings) - Step no: 4 - (Phase: 3)