



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Προσομοίωση θεμελίωσης κρηπιδότοιχου σε
βελτιωμένο εδαφικό πυθμένα με τη χρήση μεθόδων
πεπερασμένων στοιχείων. Παράδειγμα από τον
Λιμένα Πατρών.



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπότσου Ιωάννα

Επιβλέπων: Λουπασάκης Κωνσταντίνος, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2015



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Προσομοίωση θεμελίωσης κρηπιδοτόχου σε
βελτιωμένο εδαφικό πυθμένα με τη χρήση μεθόδων
πεπερασμένων στοιχείων. Παράδειγμα από τον
Λιμένα Πατρών.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπότσου Ιωάννα

Επιβλέπων: Λουπασάκης Κωνσταντίνος, Επίκουρος Καθηγητής
Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις/...../.....

Λουπασάκης Κωνσταντίνος, Επίκουρος Καθηγητής

Νομικός Παύλος, Επίκουρος Καθηγητής

Παπαδημητρίου Αχιλλέας, Επίκουρος Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι η προσομοίωση θεμελίωσης κρηπιδότοιχου σε βελτιωμένο εδαφικό πυθμένα με τη χρήση μεθόδων πεπερασμένων στοιχείων, αξιοποιώντας το παράδειγμα του Νέου Λιμένα Πατρών.

Η διπλωματική εργασία δομείται ως ακολούθως:

- Στο 1^ο κεφάλαιο της εργασίας αναφέρονται βασικά ιστορικά στοιχεία για τον Λιμένα Πατρών και παρουσιάζονται τα έργα που έχουν γίνει έως τώρα και συνεχίζονται, στο πλαίσιο του έργου του Νέου Λιμένα Πατρών.
- Στο 2^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα γεωτεχνικά στοιχεία του έργου, η στρωματογραφία καθώς και η σεισμικότητα της περιοχής του Νέου Λιμένα Πατρών. Ακόμα, περιγράφονται αναλυτικά τα απαιτούμενα έργα για την επιλογή της ασφαλέστερης λύσης για την θεμελίωση των λιμενικών έργων, καθώς και οι φάσεις των εργασιών έτσι όπως χωρίστηκαν από την ανάδοχο εταιρεία για να μπορέσει το έργο να ολοκληρωθεί εντός του προβλεπόμενου διαστήματος.
- Στο 3^ο κεφάλαιο περιγράφονται εκτενώς οι ειδικές κατασκευές που υλοποιήθηκαν για να καλύψουν τις ανάγκες του έργου του Νέου Λιμένα Πατρών.
- Στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων PLAXIS 2D. Γίνεται ανάλυση των βασικών αρχών του προγράμματος αλλά και των υποπρογραμμάτων στα οποία χωρίζεται.
- Στο 5^ο κεφάλαιο περιγράφονται οι παραμετρικές αναλύσεις που έγιναν με τη χρήση του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων PLAXIS 2D στην κατασκευή του κρηπιδότοιχου του Νέου Λιμένα Πατρών. Επίσης, γίνεται και αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων των παραμετρικών αναλύσεων και σύγκριση μεταξύ τους.
- Στο 6^ο κεφάλαιο η εργασία ολοκληρώνεται με την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή, κύριο Κωνσταντίνο Λουπασάκη, Επικ. Καθηγητή Ε.Μ.Π., για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, τη συνεχή καθοδήγηση του και την συνεργασία που ανέπτυξε μαζί μου. Ευχαριστώ επίσης τον κύριο Νομικό Παύλο, Επικ. Καθηγητή Ε.Μ.Π. και τον κύριο Παπαδημητρίου Αχιλλέα, Επικ. Καθηγητή Ε.Μ.Π., μέλη της επιτροπής εξέτασης της διπλωματικής, για το χρόνο που διέθεσαν για την αξιολόγηση της εργασίας. Τέλος, οφείλω θερμές ευχαριστίες στην εταιρεία ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε. για την παροχή όλων των απαραίτητων για την εργασία μου στοιχείων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διπλωματική αυτή εργασία έχει ως αντικείμενο την προσομοίωση θεμελίωσης κρηπιδότοιχου σε βελτιωμένο εδαφικό πυθμένα με τη χρήση μεθόδων πεπερασμένων στοιχείων, αξιοποιώντας το παράδειγμα του Νέου Λιμένα Πατρών και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από αυτήν την προσομοίωση. Για να γίνει η προσομοίωση χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων PLAXIS 2D, στο οποίο έγιναν οι παραμετρικές αναλύσεις, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στην παρούσα διπλωματική εργασία. Στόχος λοιπόν της εργασίας, είναι η όσο το δυνατόν πιο ολοκληρωμένη και σαφέστερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις παραμετρικές αναλύσεις, καθώς και η αναλυτική παρουσίαση του έργου του 3^{ου} τμήματος της Α' φάσης του Νέου Λιμένα Πατρών.

Ακόμα γίνεται ανάλυση των γεωλογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή, των έργων που απαιτούνται για την αντιμετώπιση των γεωλογικών φαινομένων που επηρεάζουν την κατασκευή του λιμένα, των ειδικών κατασκευών που πραγματοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο έργο καθώς και της σημασίας του έργου του Νέου Λιμένα Πατρών τόσο για την τοπική κοινωνία όσο και για ολόκληρη την Ελλάδα.

ABSTRACT

The scope of this thesis was the simulation of a seawall foundation on an enhanced seabed like the example of the New Port of Patra, using the finite element method. In order to emulate the geological condition of the New Port of Patra and the seawall, the program PLAXIS 2D was used. In addition, several parametric analyses are accomplished in order to determine how they affect the structure.

This thesis aims to sufficiently present the results of the parametric analyses that were made and the infrastructure project of 3rd part of phase A' of New Port of Patra.

The importance of this project for the local community, as well as to the entire country of Greece, the geological conditions at the area and the required structure in order for the infrastructure project to be safe is also analyzed at this thesis.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT.....	8
1. ΝΕΟΣ ΛΙΜΕΝΑΣ ΠΑΤΡΩΝ.....	18
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	18
1.2 Σημασία και χρησιμότητα του Νέου Λιμένα Πατρών	19
1.3 Ιστορικό έργου Νέου Λιμένα Πατρών.....	22
1.3.1 1 ^ο Τμήμα (1 ^η εργολαβία).....	23
1.3.2 2 ^ο Τμήμα (2 ^η εργολαβία).....	23
1.3.3 2 ^ο Τμήμα (3 ^η εργολαβία).....	23
1.3.4 3 ^ο Τμήμα (4 ^η εργολαβία). Η εργολαβία αυτή βρίσκεται σε εξέλιξη.	25
2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ	32
2.1 Γεωτεχνικά στοιχεία του έργου.....	32
2.1.1 Α' φάση γεωτεχνικών ερευνών	32
2.1.2 Β1 φάση γεωτεχνικών ερευνών.....	32
2.1.3 Β2 φάση γεωτεχνικών ερευνών.....	33
2.1.4 Αποτελέσματα της Β2 φάσης γεωτεχνικών ερευνών	34
2.2 Γενικά - Μορφολογικά Χαρακτηριστικά	36
2.3 Στρωματογραφία.....	38
2.4 Σεισμικότητα της περιοχής του Νέου Λιμένα Πατρών	44
2.5 Απαιτούμενα έργα.....	47
3. ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	57
3.1 Χαλικοπάσσαλοι	57
3.1.1 Γενικά	57
3.1.2 Πεδίο εφαρμογής χαλικοπασσάλων	57

3.1.3	Υλικά πλήρωσης χαλικοπασσάλων.....	58
3.1.4	Βασικές παράμετροι σχεδιασμού	59
3.1.5	Μέθοδοι κατασκευής	59
3.2	Caisson.....	63
3.2.1	Γενικά	63
3.2.2	Στάδια κατασκευής	63
4.	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ PLAXIS 2D	67
4.1	Γενικά.....	67
4.2	Βασικές αρχές του προγράμματος PLAXIS 2D.....	68
4.3	Υποπρογράμματα.....	70
4.3.1	Εισαγωγή δεδομένων (input).....	70
4.3.2	Εκτέλεση υπολογισμών (calculations).....	72
4.3.3	Εξαγωγή αποτελεσμάτων (output)	73
4.3.4	Παραγωγή διαγραμμάτων (curves)	74
4.4	Καταστατικοί νόμοι για τη συμπεριφορά του εδάφους	74
5.	ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ PLAXIS 2D ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΑΤΡΩΝ.	76
5.1	Γενικά.....	76
5.2	Μηχανικά χαρακτηριστικά	78
5.3	Περιγραφή της αλληλουχίας των φάσεων.....	80
5.4	Παραμετρικές αναλύσεις	82
5.4.1	1 ^η σειρά παραμετρικών αναλύσεων	82
5.4.2	2 ^η σειρά παραμετρικών αναλύσεων	88
5.4.3	3 ^η σειρά παραμετρικών αναλύσεων	93
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	97
7.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	102
8.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	105

8.1	1 ^η ΣΕΙΡΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ.....	106
8.1.1	Παραμετρικές αναλύσεις με ενεργοποιημένο το σύνολο των χαλικοπασσάλων.....	106
8.1.2	Παραμετρικές αναλύσεις με ενεργοποιημένο το ½ του συνόλου των χαλικοπασσάλων.....	112
8.1.3	Παραμετρικές αναλύσεις με ενεργοποιημένο το 1/3 του συνόλου των χαλικοπασσάλων.....	118
8.2	3 ^η ΣΕΙΡΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ.....	124
8.2.1	Κλίση 50%.....	124
8.2.2	Κλίση 43%.....	126
8.2.3	Κλίση 40%.....	128

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΑΤΡΩΝ ΣΕ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΑ.....	22
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ.....	35
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ.....	42
ΠΙΝΑΚΑΣ 4 : ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ.....	43
ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 6 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΜΗΚΗ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 8, 15, 23 Μ ΚΑΙ ΜΕ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥΣ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΟΥΣ.....	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 7 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΜΗΚΗ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 8, 15, 23 Μ ΚΑΙ ΜΕ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥΣ ΤΟΥΣ ΜΙΣΟΥΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΟΥΣ.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 8 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΜΗΚΗ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 8, 15, 23 Μ ΚΑΙ ΜΕ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΤΟ 1/3 ΤΩΝ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ.....	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 9 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ, ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΜΗΚΗ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 8, 15, 23 Μ ΚΑΙ ΜΕ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥΣ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΟΥΣ.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 10 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ, ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΜΗΚΗ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 8, 15, 23 Μ ΚΑΙ ΜΕ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΤΟ 1/2 ΤΩΝ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ.....	91
ΠΙΝΑΚΑΣ 11 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ, ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΜΗΚΗ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 8, 15, 23 Μ ΚΑΙ ΜΕ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΤΟ 1/3 ΤΩΝ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ.....	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 12 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ, ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ	

ΚΛΙΣΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ 40%, 43% ΚΑΙ 50%, ΓΙΑ ΜΗΚΟΣ
ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 23 Μ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΟΥΣ.

.....94

ΠΙΝΑΚΑΣ 13 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ
ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ, ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΚΛΙΣΗ
ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ 40%, 43% ΚΑΙ 50%, ΓΙΑ ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 23
Μ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΟΥΣ.....95

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1 : ΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΠΑΤΡΑΣ ΚΑΤΑ ΤΟΝ 19Ο ΑΙΩΝΑ.(WWW.PATRASPORT.GR)	18
ΕΙΚΟΝΑ 2 : ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΑΤΡΩΝ ΜΕ ΑΛΛΑ ΚΟΜΒΙΚΑ ΛΙΜΑΝΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΙΤΑΛΙΑΣ.....	20
ΕΙΚΟΝΑ 3 : Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΑΤΡΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΠΑΤΡΑΣ.....	21
ΕΙΚΟΝΑ 4 : ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ 3ΗΣ ΕΡΓΟΛΑΒΙΑΣ.....	24
ΕΙΚΟΝΑ 5 : Ο ΝΕΟΣ ΛΙΜΕΝΑΣ ΠΑΤΡΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΕΡΑΣ ΤΟΥ 2ΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ Α' ΦΑΣΗΣ.....	25
ΕΙΚΟΝΑ 6 : ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΑΤΡΩΝ.	27
ΕΙΚΟΝΑ 7 : ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	29
ΕΙΚΟΝΑ 8 : ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΤΟΥ 3ΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ Α' ΦΑΣΗΣ.....	31
ΕΙΚΟΝΑ 9 : ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΤΩΝ ΘΕΣΕΩΝ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ.	34
ΕΙΚΟΝΑ 10 : ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΚΑΣΕΛΑΚΙΑ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ.....	36
ΕΙΚΟΝΑ 11 : ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΚΡΗΠΙΔΟΤΟΙΧΟΥ (ΕΚΤΟΣ ΚΡΑΤΗΡΩΝ).....	41
ΕΙΚΟΝΑ 12 : ΤΑ ΡΗΓΜΑΤΑ ΤΗΣ "ΑΓΙΑΣ ΤΡΙΑΔΟΣ" ΚΑΙ ΤΟΥ "ΓΛΑΥΚΟΥ" ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΗΣ ΠΑΤΡΑΣ.....	46
ΕΙΚΟΝΑ 13 : ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΡΗΠΙΔΟΤΟΙΧΟΥ.(ΚΛΙΜΑΚΑ 1:250)	53
ΕΙΚΟΝΑ 14 : ΕΙΚΟΝΕΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΦΑΣΕΩΝ ΠΟΥ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΚΑΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ.....	54
ΕΙΚΟΝΑ 15 : ΤΟ ΕΠΙΧΩΜΑ ΠΡΟΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ.....	55
ΕΙΚΟΝΑ 16 : ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΡΣΗΣ ΤΟΥ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ ΠΡΟΦΟΡΤΙΣΗΣ.....	56
ΕΙΚΟΝΑ 17 : ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ ΚΑΙ Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΑΤΡΩΝ.....	58

ΕΙΚΟΝΑ 18 : ΠΛΩΤΟΣ ΓΕΡΑΝΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ.....	61
ΕΙΚΟΝΑ 19 : ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΣΤΟ ΕΡΓΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ.....	62
ΕΙΚΟΝΑ 20 : ΠΛΩΤΗ ΑΥΤΟΒΥΘΙΖΟΜΕΝΗ ΦΟΡΤΗΓΙΔΑ (CAISSONIERA). (WWW.KGRGROUP.GR).....	63
ΕΙΚΟΝΑ 21 : Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΘΕΛΚΥΣΗΣ ΤΟΥ CAISSON. (WWW.KGRGROUP.GR).....	64
ΕΙΚΟΝΑ 22 : ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ CAISSON ΕΝ ΠΛΩ. (WWW.KGRGROUP.GR).....	64
ΕΙΚΟΝΑ 23 : ΤΟ CAISSON ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΜΕ ΡΥΜΟΥΛΚΟ. (WWW.KGRGROUP.GR).....	65
ΕΙΚΟΝΑ 24 : ΟΙ ΚΥΨΕΛΕΣ ΤΟΥ CAISSON.(WWW.KGRGROUP.GR)	65
ΕΙΚΟΝΑ 25 : ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΕΠΙΠΕΔΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΑΞΟΝΟΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ.	69
ΕΙΚΟΝΑ 26 : ΠΛΕΓΜΑ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (MESH GENERATION).	71
ΕΙΚΟΝΑ 27 : ΠΙΕΣΗ ΠΟΡΩΝ ΝΕΡΟΥ (PORE PRESSURE).	71
ΕΙΚΟΝΑ 28 : ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΕΡΓΩΝ ΤΑΣΕΩΝ.....	72
ΕΙΚΟΝΑ 29 : ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΓΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΗΜΕΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΥΠΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑ CURVES.....	74
ΕΙΚΟΝΑ 30 : Η ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΚΡΗΠΙΔΟΤΟΙΧΟΥ	77
ΕΙΚΟΝΑ 31 : ΕΔΑΦΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΑ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ ΧΡΩΜΑΤΑ.	78
ΕΙΚΟΝΑ 32 : ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ PLAXIS 2D ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΦΑΣΕΙΣ..	82

ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΜΗΚΗ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 8, 15, 23 Μ ΚΑΙ ΜΕ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥΣ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΟΥΣ. 83
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2 : ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 8, 15, 23 Μ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥΣ ΤΟΥΣ ΜΙΣΟΥΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΟΥΣ. 85
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3 : ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 8, 15, 23 Μ ΚΑΙ ΜΕ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΤΟ 1/3 ΤΩΝ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ. 87
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΜΗΚΗ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 8, 15, 23 Μ ΚΑΙ ΜΕ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥΣ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΟΥΣ. 89
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΜΗΚΗ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 8, 15, 23 Μ ΚΑΙ ΜΕ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΤΟ 1/2 ΤΩΝ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ. 90
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΜΗΚΗ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 8, 15, 23 Μ ΚΑΙ ΜΕ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΤΟ 1/3 ΤΩΝ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ. 92
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ, ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΚΛΙΣΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ 40%, 43% ΚΑΙ 50%, ΓΙΑ ΜΗΚΟΣΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 23 Μ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΟΥΣ..... 93
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ, ΜΕΤΑ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΚΑΘΕ ΦΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΓΙΑ ΚΛΙΣΗ

ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ 40%, 43% ΚΑΙ 50%, ΓΙΑ ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 23 Μ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΟΥΣ.....	95
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9 : ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 8 Μ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΠΛΗΘΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ ΚΑΘΕ ΦΟΡΑ.....	98
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10 : ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 8 Μ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΠΛΗΘΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ ΚΑΘΕ ΦΟΡΑ.....	99
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11 : ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΙΕΣ ΓΙΑ ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 15 Μ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΠΛΗΘΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ ΚΑΘΕ ΦΟΡΑ.....	99
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12 : ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 15 Μ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΠΛΗΘΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ ΚΑΘΕ ΦΟΡΑ.....	100
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13 : ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 23 Μ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΠΛΗΘΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ ΚΑΘΕ ΦΟΡΑ.....	100
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14 : ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ 23 Μ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΠΛΗΘΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ ΚΑΘΕ ΦΟΡΑ.....	101

1. ΝΕΟΣ ΛΙΜΕΝΑΣ ΠΑΤΡΩΝ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Το λιμάνι της Πάτρας διαχρονικά διαδραμάτισε, και εξακολουθεί να διαδραματίζει, σημαντικό ρόλο στην κοινωνικοοικονομική ζωή και ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής της πόλης της Πάτρας. Το λιμάνι γνώρισε μεγάλη ανάπτυξη μετά την απελευθέρωση της πόλης από τους Τούρκους το 1928. Η Πάτρα αναπτύχθηκε ως το δεύτερο μεγαλύτερο αστικό κέντρο της Ελλάδας μετά την Αθήνα στα τέλη του 19ου αιώνα.



Εικόνα 1 : Το λιμάνι της Πάτρας κατά τον 19ο αιώνα. (www.patrasport.gr)

Η πόλη επωφεληθήκε από το ρόλο της ως το κύριο εξαγωγικό λιμάνι για την αγροτική παραγωγή της Πελοποννήσου. Ήταν το κυριότερο κέντρο οργάνωσης της παραγωγής της σταφίδας, προσφέροντας αποθηκευτικές, τραπεζικές και ασφαλιστικές υπηρεσίες. Όμως αυτή η πρώιμη περίοδος ευημερίας ήταν σύντομη, καθώς η ολοκλήρωση της διώρυγας της Κορίνθου το 1893 αμφισβήτησε την πρωτοκαθεδρία του λιμανιού της. Μετά την απελευθέρωση η πόλη αναπτύχθηκε γρήγορα για να ανακάμψει, αλλά τις τελευταίες δεκαετίες η σημασία της επισκιάστηκε από το αστικό συγκρότημα της Αθήνας. Το πρώτα χρόνια μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο το λιμάνι βρισκόταν σε μαρasmus μέχρι προ 30ετίας οπότε άρχισε να λειτουργεί η σύνδεση Ελλάδας-Ιταλίας με Ferry Boat (F/B). Ήδη κατά τη θερινή περίοδο στην γραμμή αυτή δρομολογούνται περισσότερα από 30 F/B.

Το εμπόριο με τη Δυτική Ευρώπη κυρίως τη Βρετανία, τη Γαλλία και την Ιταλία συνέβαλε ουσιαστικά στην διαμόρφωση της ταυτότητας της πόλης ως σπουδαίου λιμανιού και κοσμοπολίτικου αστικού κέντρου στην Ελλάδα των αρχών του 20ου αιώνα.

Μόλις το 1956 επανήλθε στο προσκήνιο το Λιμενικό Ζήτημα με την προς βορρά επέκταση του λιμανιού. Έργα επέκτασης και εκσυγχρονισμού του λιμανιού συνεχίστηκαν μέχρι τις μέρες μας, τα τελευταία χρόνια με έμφαση στις υποδομές εξυπηρέτησης οχηματαγωγών.

Η σημασία και ο ρόλος του λιμανιού αναβαθμίστηκαν σημαντικά την τελευταία δεκαετία καθιστώντας το λιμάνι της Πάτρας κύρια πύλη της χώρας από/προς τη Δύση, μετά τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν αναφορικά με τους χερσαίους άξονες μέσω των κρατών της πρώην Γιουγκοσλαβίας.

1.2 Σημασία και χρησιμότητα του Νέου Λιμένα Πατρών

Το λιμάνι της Πάτρας αποτελεί τη δυτική πύλη της Χώρας μας και τα τελευταία χρόνια λειτουργεί σε κατάσταση υπερκορεσμού λόγω της αλματώδους αύξησης του κυκλοφοριακού φόρτου. Το έργο της κατασκευής του Νέου Λιμένα Πατρών σε συνδυασμό με την ολοκλήρωση του οδικού άξονα του ΠΑΘΕ (Πειραιώς- Αθηνών- Θεσσαλονίκης- Ευζώνων) στοχεύει στην άμεση διασύνδεση της Ελλάδας με την Ε.Ε.. Ακόμα, ικανοποιεί τους βασικούς

στόχους της στρατηγικής μεταφορών της χώρας για εναλλακτικές διεθνείς συνδέσεις και για την υλοποίηση των ολοκληρωμένων μεταφορικών διαδρόμων στον άξονα Δύσης - Ανατολής. Με την συμπλήρωση των έργων σε συνδυασμό με την κατασκευή του λιμένα της Ηγουμενίτσας θα εξυπηρετείται ικανοποιητικά η ζήτηση από/προς Ιταλία και την Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Πέρα από την σημαντική συνεισφορά του λιμανιού στην εμπορική και τουριστική ανάπτυξη όλης της χώρας, ο Οργανισμός Λιμένος Πατρών συνεισφέρει αποφασιστικά στην τοπική οικονομία δημιουργώντας με τις άμεσα εξαρτώμενες επιχειρήσεις 2.504 θέσεις εργασίας, 1.013 άμεσες θέσεις εργασίας με εισόδημα 12,2 εκατ. ευρώ και 1.491 έμμεσες, με εισόδημα περίπου 9,2 εκατ. ευρώ. Με βάση την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), το λιμάνι και οι συνδυασμένες με αυτό επιχειρήσεις συνεισφέρουν σε ποσοστό 3,74% της συνολικής τοπικής απασχόλησης και ποσοστό 1,48% του συνολικά παραγόμενου εισοδήματος, ενώ μαζί με τις άμεσα εξαρτώμενες επιχειρήσεις, δημιουργεί κύκλο εργασιών 64,3 εκατ. ευρώ. (Οργανισμός Λιμένος Πατρών Α.Ε.)



Εικόνα 2 : Σύνδεση του Νέου Λιμένα Πατρών με άλλα κομβικά λιμάνια της Ελλάδας και της Ιταλίας.

Το νέο λιμάνι της Πάτρας ξεκίνησε να κατασκευάζεται από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, ωστόσο, λόγω οικονομικών προβλημάτων των αναδόχων υπήρξαν σημαντικές καθυστερήσεις.



Εικόνα 3 : Η θέση του Νέου Λιμένα Πατρών σε σχέση με την πόλη της Πάτρας.

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 1), παρουσιάζονται τα επιμέρους τμήματα και οι αντίστοιχες εργολαβίες που έχει χωριστεί το έργο.

Τα δύο πρώτα τμήματα που αναφέρονται στον Πίνακα 1 έχουν ολοκληρωθεί. Το 1^ο και το 2^ο τμήμα είχαν σημαντικά προβλήματα. Η ολοκλήρωσή τους διήρκεσε δέκα περίπου χρόνια παραπάνω από το προβλεπόμενο λόγω οικονομικών προβλημάτων που αντιμετώπιζαν οι ανάδοχοι εταιρείες. Ωστόσο, το 2^ο τμήμα χωρίζεται σε δύο εργολαβίες, η μία εκ των οποίων, η 3^η κατά σειρά, έχει ολοκληρωθεί και ήταν εντός χρονοδιαγράμματος.

Η τελευταία από μία σειρά δημοπρατήσεων για την ανάπτυξη του Νέου Λιμένα Πατρών έγινε το 2011 με τα έργα του 3^{ου} τμήματος της Α' φάσης, τα

οποία είναι ακόμα σε εξέλιξη. Η υπογραφή του έργου του 3^{ου} τμήματος της Α' φάσης έγινε στις αρχές του καλοκαιριού του 2011 και η διάρκεια κατασκευής του έργου είναι 44 μήνες. Αν δεν υπάρξουν καθυστερήσεις κατά την εξέλιξη του κατασκευαστικού έργου τότε θα παραδοθεί στον Οργανισμό Λιμένα Πατρών τον Ιανουάριο του 2016.

Πίνακας 1 : Διαχωρισμός του έργου του Νέου Λιμένα Πατρών σε επιμέρους τμήματα.

ΤΜΗΜΑΤΑ-ΕΡΓΟΛΑΒΙΕΣ	ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΟΛΑΒΙΑΣ	ΑΝΑΔΟΧΟΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΣΥΜΒΑΣΗΣ
1ο τμήμα (1η εργολαβία)	Νέος Λιμένας Πατρών 1 ^ο Τμήμα	Κ/Ξ CHRISTIANI & NIELSEN – T.E.F.K. A.E. – BACHY LTD	
2ο τμήμα (2η εργολαβία)	Νέος Λιμένας Πατρών 2 ^ο Τμήμα	Κ/Ξ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ Α.Ε. - ΠΑΡΝΩΝ Α.Ε.	
2ο τμήμα (3η εργολαβία)	Ολοκλήρωση Λιμενικών Έργων 2ου Τμήματος και Έργα Επιδομής Νέου Λιμένα Πατρών	Κ/Ξ ΚΑΣΤΩΡ Α.Ε. – ΕΛΤΕΡ Α.Τ.Ε.	24 μήνες
3ο τμήμα (4η εργολαβία)	Νέος Λιμένας Πατρών – 3 ^ο Τμήμα Α' Φάσης	Κ/Ξ ΤΕΡΝΑ Α.Ε.- ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.	44 μήνες

Τα στοιχεία που παραθέτονται σε αυτή την εργασία αφορούν το 3^ο τμήμα της Α' φάσης (4^η εργολαβία), η κατασκευή της οποίας ξεκίνησε στις 4/5/2012 και είναι ακόμα σε εξέλιξη με προγραμματισμό να ολοκληρωθεί στις 4/1/2016.

Το έργο χρηματοδοτείται από το επιχειρησιακό πρόγραμμα (Ε.Π.) «Ενίσχυση της Προσπελασιμότητας 2007-2013» του Ευρωπαϊκού Ταμείου Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ).

1.3 Ιστορικό έργου Νέου Λιμένα Πατρών

Παρακάτω φαίνεται το ιστορικό της μέχρι σήμερα πορείας σχεδιασμού, της ανάθεσης κατασκευής και της κατασκευής του Έργου, το οποίο διαχωρίστηκε

σε 3 τμήματα και δημοπρατήθηκε σε 4 διαδοχικές εργολαβίες, όπως παρουσιάζονται στη συνέχεια. (ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ Οριστική Μελέτη Λιμενικών Έργων 3ου Τμήματος Λιμένα Πατρών, 2012)

1.3.1 1^ο Τμήμα (1^η εργολαβία)

Η κατασκευή του 1^{ου} τμήματος του Νέου Λιμένα Πατρών στην Ακτή Δυμαίων, νοτίως του υφιστάμενου Λιμένα Πατρών και μεταξύ των χειμάρρων Διακονιάρη και Γλαύκου περιελάμβανε τα εξής :

- Τη δημιουργία μετώπου λιμένα (κρηπιδώματος) συνολικού μήκους περίπου 430 m (δύο νηοδόχοι μήκους 167,85 m και 188,55 m αντίστοιχα και 77,50 m από την τρίτη νηοδόχο).
- Την κατασκευή κυματοθραύστη μήκους περίπου 900 m (714,74 + 168,64 m).
- Τη δημιουργία χερσαίου χώρου πίσω από το κρηπίδωμα συνολικού εμβαδού περίπου 130.000 m².

1.3.2 2^ο Τμήμα (2^η εργολαβία)

Η κατασκευή του 2^{ου} τμήματος του Νέου Λιμένα Πατρών, νοτίως και σε συνέχεια του 1^{ου} τμήματος περιελάμβανε:

- Τη δημιουργία κρηπιδωμάτων συνολικού μήκους 455 m περίπου και βάθους -11,0 m.
- Την επίχωση του χώρου όπισθεν, εκτάσεως 80 περίπου στρεμμάτων.
- Την κατασκευή κυματοθραύστη μήκους περίπου 336 m.

1.3.3 2^ο Τμήμα (3^η εργολαβία)

Η 3^η κατά σειρά εργολαβία περιελάμβανε τα εξής:

- Τις υπολειπόμενες εργασίες των λιμενικών έργων του 2^{ου} τμήματος του Νέου Λιμένα Πατρών.
- Τα συμπληρωματικά Λιμενικά έργα των Έργων Επιδομής, που αφορούν στην επέκταση των χερσαίων χώρων του λιμένα, βορείως του ήδη

περαιωμένου 1^{ου} τμήματος και έμπροσθεν της εκβολής του ποταμού Διακονιάρη για τη διαμόρφωση χώρου για τη Βόρεια είσοδο του Λιμένα, και στην προεκβολή του παραλιακού μετώπου νότια του 2^{ου} τμήματος για τη δημιουργία της οδού πρόσβασης προς τη νότια και κεντρική είσοδο του Λιμένα.

- Έργα διαμόρφωσης περιβάλλοντα χώρου.
- Έργα οδοποιίας και αποχέτευσης ομβρίων χερσαίας ζώνης λιμένα.
- Η/Μ εγκαταστάσεις χερσαίας ζώνης λιμένα.
- Κτιριακές εγκαταστάσεις λιμένα (τερματικός σταθμός επιβατών, κτίριο υπηρεσιών, κτίριο περιπτέρου, κτίριο πυροσβεστικού σταθμού, κτίριο υποστέγου πυροσβεστικού σταθμού, πύλη Α & Β, κτίριο υποσταθμού, δεξαμενή).



Εικόνα 4 : Στοιχεία της 3ης εργολαβίας.



Εικόνα 5 : Ο Νέος Λιμένας Πατρών μετά το πέρας του 2ου τμήματος της Α' φάσης.

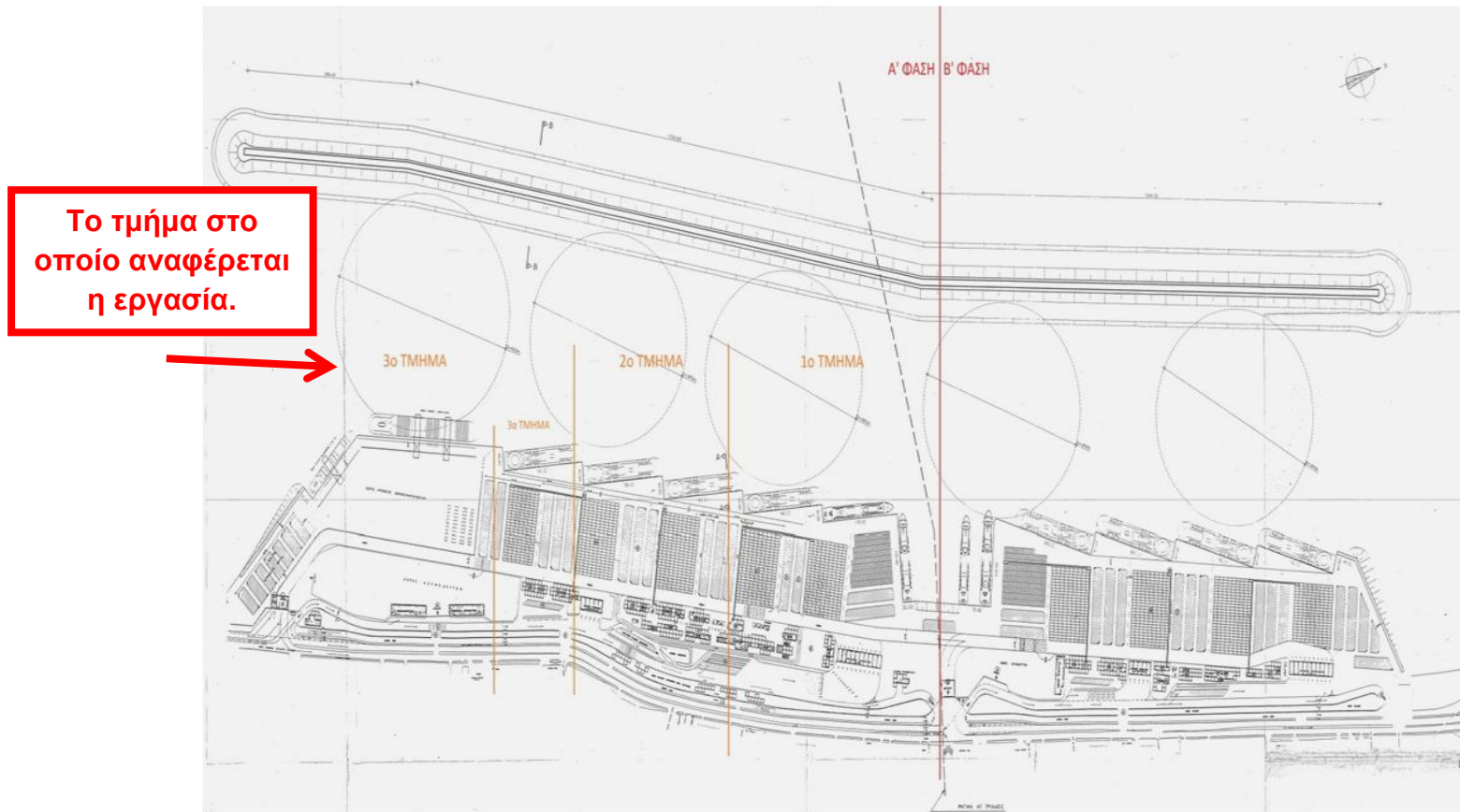
1.3.4 **3^ο Τμήμα (4^η εργολαβία). Η εργολαβία αυτή βρίσκεται σε εξέλιξη.**

Η 4^η κατά σειρά εργολαβία περιελάμβανε τα εξής:

- Ολοκλήρωση κατασκευής της 5ης νηοδόχου οχηματαγωγών πλοίων μήκους 219 m και ωφέλιμου βάθους -10,50 m (προς κατασκευή 209 m).
- Επέκταση κατασκευής κυματοθραύστη μήκους 210 m περίπου.
- Βελτίωση πυθμένα με στραγγιστήρια, προφόρτιση και χαλικοπασσάλους και δημιουργία χερσαίων χώρων όπισθεν των κρηπιδωμάτων.
- Έργα κυκλοφοριακής διαμόρφωσης της ελεγχόμενης (περιφραγμένης) χερσαίας ζώνης της 5ης νηοδόχου.
- Έργα οδοποιίας για τη διασύνδεση με την εσωτερική οδό κεντρικής κυκλοφορίας του λιμένα και την εξωτερική οδό που συνδέει το λιμένα με την αστική οδοποιία.
- Έργα προσαρμογής των παραπάνω οδών στα δεδομένα της 5ης νηοδόχου.

- Απαραίτητα υδραυλικά έργα για την αποχέτευση ομβρίων της προκύπτουσας συμπληρωματικής χερσαίας ζώνης του λιμένα και των περιοχών όπισθεν αυτού.
- Κατασκευή δύο Επιβατικών Σταθμών, Πύργου Ελέγχου και Κτιρίου Περιπτέρου - WC. – Καταστημάτων.
- Η/Μ εγκαταστάσεις του περιβάλλοντα χώρου (χερσαίας ζώνης) και συγκεκριμένα: α) ύδρευση, β) αποχέτευση, γ) άρδευση, δ) πυρόσβεση, ε) εγκαταστάσεις ισχυρών ρευμάτων, στ) εγκαταστάσεις ασθενών ρευμάτων, ζ) οδοφωτισμό.
- Έργα διαμόρφωσης στον περιβάλλοντα χώρο.

Στην Εικόνα 6, που ακολουθεί φαίνονται οι φάσεις του έργου έτσι όπως περιγράφονται και παραπάνω.



Εικόνα 6 : Σχηματική αναπαράσταση των επιμέρους τμημάτων του Νέου Λιμένα Πατρών.

Στην αεροφωτογραφία που ακολουθεί (Εικόνα 7) φαίνεται η έκταση ολόκληρου του έργου. Πιο συγκεκριμένα, απεικονίζεται το 2^ο τμήμα σε λειτουργία, οι εργασίες πυθμένα στο 3^ο τμήμα καθώς και η κατασκευή των νέων κτιρίων.

**ΕΡΓΑΣΙΕΣ
ΠΥΘΜΕΝΑ 3^{ου}
ΤΜΗΜΑΤΟΣ.**



Εικόνα 7 : Αεροφωτογραφία του έργου κατά τη διάρκεια των εργασιών.

Τέλος, για να γίνει καλύτερα αντιληπτή η έκταση του έργου καθώς και η πρόοδος του μέχρι σήμερα, ακολουθεί η σύγκριση δύο αεροφωτογραφιών. Στο πάνω μέρος της Εικόνας 8 φαίνεται η περιοχή του Νέου Λιμένα Πατρών το έτος 2008, πριν την έναρξη των εργασιών του 2^{ου} τμήματος. Με κόκκινο περίγραμμα επισημαίνεται το 3^ο τμήμα, με το οποίο ασχολείται η παρούσα διπλωματική εργασία. Στο κάτω μέρος της Εικόνας 8 φαίνεται η περιοχή των έργων το έτος 2013, μετά την ολοκλήρωση του 2^{ου} τμήματος της Α' φάσης του Νέου Λιμένα Πατρών και λίγο μετά την έναρξη των εργασιών του 3^{ου} τμήματος, το οποίο επισημαίνεται με κόκκινο περίγραμμα.



Εικόνα 8 : Αεροφωτογραφίες πριν και κατά τη διάρκεια των εργασιών του 3ου τμήματος της Α' φάσης.

2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η παρουσίαση και η επεξεργασία των δεδομένων που αφορούν το 3^ο τμήμα της Α' φάσης των έργων του Νέου Λιμένα Πατρών (4^η εργολαβία). Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι γεωτεχνικές έρευνες που έγιναν από την κοινοπραξία ΤΡΙΤΩΝ Σύμβουλοι Μηχ/κοί, Ε.Π.Ε., ΒΕΤΑΠΛΑΝ Α.Ε.Μ, DENCO Σύμβουλοι Μηχ/κοί, ΑΔΚ Σύμβουλοι Μηχ/κοί Α.Ε., ΝΙΚΟΣ ΜΗΛΙΩΝΗΣ, ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ ΚΟΚΟΡΟΜΥΤΗΣ το 2007.

2.1 Γεωτεχνικά στοιχεία του έργου

Με βάση τις εκθέσεις αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της γεωτεχνικής έρευνας προκύπτει ότι η έρευνα έχει χωριστεί στις ακόλουθες φάσεις (Α' φάση, Β1 φάση και Β2 φάση), οι οποίες είναι οι παρακάτω. (ΕΚΘΕΣΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ (Β1 ΦΑΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ), (Β2 ΦΑΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ), 2007.)

2.1.1 Α' φάση γεωτεχνικών ερευνών

Η Α' φάση της γεωτεχνικής έρευνας περιελάμβανε την εκτέλεση χερσαίων γεωτρήσεων για να προσδιοριστούν οι εδαφικές συνθήκες στον χώρο θεμελίωσης των προβλεπόμενων κτιριακών εγκαταστάσεων του έργου. Η φάση αυτή περιλαμβάνει τα κτίρια των δύο Τερματικών Σταθμών και του Πύργου Ελέγχου. Ειδικότερα περιελάμβανε την εξακρίβωση της στρωματογραφίας της περιοχής, δηλαδή το βάθος και το πάχος κάθε διακεκριμένης στρώσης κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, καθώς και τον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των εδαφικών στρώσεων.

2.1.2 Β1 φάση γεωτεχνικών ερευνών

Η Β1 φάση των γεωτεχνικών ερευνών αφορά θέσεις κτιρίων του 3^{ου} τμήματος του Νέου Λιμένα Πατρών που περιλαμβάνουν :

- Την αποθήκη Η/Μ

- Το μηχανουργείο
- Το τελωνείο και
- Το περίπτερο – αναψυκτήριο

Σκοπός και αυτής της φάσης όπως και της Α' είναι η εξακρίβωση της στρωματογραφίας της περιοχής, δηλαδή το βάθος και το πάχος κάθε διακεκριμένης στρώσης κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, καθώς και ο προσδιορισμός των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των εδαφικών στρώσεων. Η Β1 φάση αποτελεί συνέχεια της Α' φάσης γεωτεχνικών ερευνών.

2.1.3 Β2 φάση γεωτεχνικών ερευνών

Η φάση αυτή περιελάμβανε την ανόρυξη πέντε δειγματοληπτικών γεωτρήσεων (ΝΓ1, ΝΓ2, ΝΓ3, ΝΓ4, ΝΓ5) καθώς και την εκτέλεση επιτόπου δοκιμών πρότυπης διείσδυσης (SPT) στον θαλάσσιο χώρο του 3^{ου} τμήματος του Νέου Λιμένα Πατρών με σκοπό την διαπίστωση των εδαφικών συνθηκών και την διερεύνηση της πυκνότητας των εδαφικών στρώσεων στον χώρο θεμελίωσης των λιμενικών έργων. Από τις γεωτρήσεις αυτές επιλέχθηκαν δείγματα, τα οποία υποβλήθηκαν σε εργαστηριακές δοκιμές για να προσδιοριστούν οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των εδαφικών στρώσεων. Οι εργαστηριακές δοκιμές που εκτελέστηκαν είναι οι εξής :

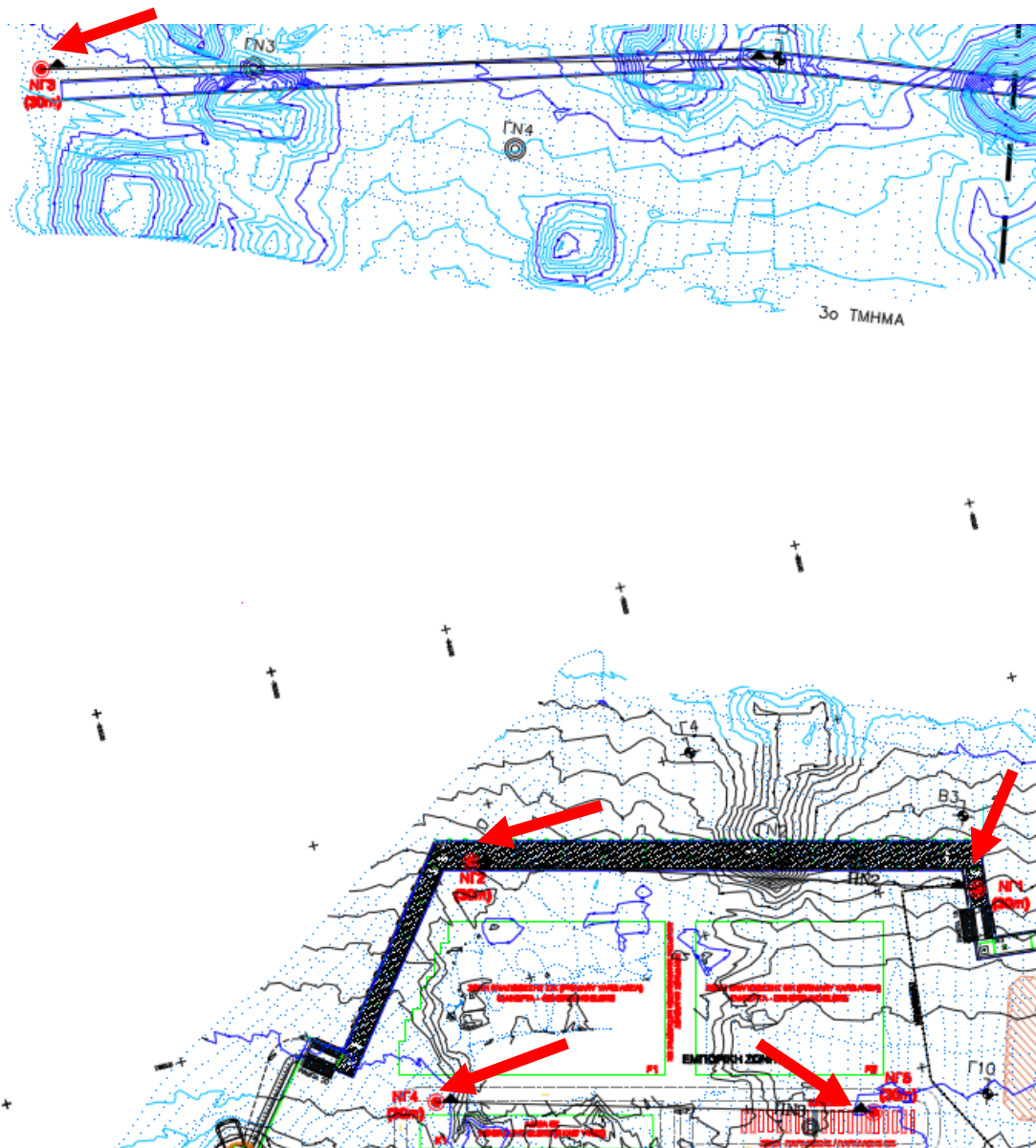
- Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας
- Προσδιορισμός ειδικού βάρους
- Προσδιορισμός ορίων Atterberg
- Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα
- Κοκκομετρική ανάλυση με αρεόμετρο
- Μονοδιάστατη στερεοποίηση
- Ανεμπόδιση θλίψη
- Τριαξονική CUPP
- Ταχεία διάτμηση χωρίς στερεοποίηση UU
- Βραδεία διάτμηση με στερεοποίηση CD

Η παρούσα διπλωματική εργασία μελετά τα αποτελέσματα της Β2 φάσης των γεωτεχνικών ερευνών. Με βάση τα δεδομένα που προέκυψαν από την Β2

φάση της γεωτεχνικής έρευνας έχει σχεδιαστεί και η στρωματογραφία της περιοχής κάτω από το κρηπιδότοιχο, ο οποίος μελετήθηκε με τη βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος PLAXIS 2D. Η ανάλυση αυτή θα παρουσιαστεί στο Κεφάλαιο 6 της εργασίας.

2.1.4 Αποτελέσματα της Β2 φάσης γεωτεχνικών ερευνών

Το τελικό βάθος των πέντε γεωτρήσεων ΝΓ1, ΝΓ2, ΝΓ3, ΝΓ4, ΝΓ5 κυμάνθηκε από 23,50m έως και 32,00m κάτω από τον πυθμένα της θάλασσας. Στην Εικόνα 9 φαίνονται οι θέσεις των γεωτρήσεων σε σχέση με τα λιμενικά έργα που έχουν σχεδιαστεί.



Εικόνα 9 : Οριζοντιογραφία των θέσεων των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι συντεταγμένες των γεωτρήσεων, το απόλυτο υψόμετρό τους (Z) καθώς και το βάθος της διάτρησης από την επιφάνεια του πυθμένα.

Πίνακας 2 : Στοιχεία δειγματοληπτικών γεωτρήσεων.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΕΡΓΟ	X	Y	Z από Μ.Σ. Θ.(m)	ΒΑΘΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗ Σ ΑΠΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ Α ΠΥΘΜΕΝΑ (m)
ΝΓ1	ΚΡΗΠΙΔΩΜΑΤΑ	300023	4232690	-10,5	30,00
ΝΓ2		299942	4232391	-10,0	29,95
ΝΓ3	ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣ ΤΗΣ	299455	4232271	-30,0	23,50
ΝΓ4	ΧΕΡΣΑΙΟΙ ΧΩΡΟΙ	300047	4232343	-5,5	30,00
ΝΓ5		300134	4232583	-5,0	31,95

Στην Εικόνα 10 φαίνονται ενδεικτικά κάποια από τα κασελάκια με τα καρότα των ερευνητικών θαλάσσιων γεωτρήσεων, καθώς και τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεση των γεωτρήσεων αυτών. Τα μηχανήματα που φαίνονται στην Εικόνα 10 είναι τα εξής :

- Ένα αυτοκινούμενο γεωτρύπανο τύπου ACKER AD2 με κινητήρα DEUTZ 100HP επί φορτηγού.
- Ένας πλωτός γερανός διαστάσεων 50m x 23m x 3,5m, σε πλευρά του οποίου στερεώθηκε σε πρόβολο μεταλλική εξέδρα από την οποία εκτελέστηκαν οι γεωτρήσεις.
- Ένα ρυμουλκό σκάφος για τις μετακινήσεις του πλωτού γερανού.



Εικόνα 10 : Ενδεικτικά κασελάκια των ερευνητικών γεωτρήσεων και τα μηχανήματα εκτέλεσης των γεωτρήσεων.

2.2 Γενικά - Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Όπως εξακριβώθηκε από την πρόσφατη γεωτεχνική έρευνα που εκτέλεσε η εταιρεία ΤΡΙΤΩΝ ΕΠΕ στο θαλάσσιο χώρο προ της Ακτής Δυμαίων, υπάρχει άμεση σχέση των σχηματισμών που απαντήθηκαν κάτω από τον θαλάσσιο πυθμένα και των σχηματισμών που δομούν τον ευρύτερο χερσαίο χώρο ΝΔ της πόλης των Πατρών.

Η θέση των διαφόρων σχηματισμών στο χώρο έχει άμεση σχέση με το παλαιογεωγραφικό περιβάλλον στο οποίο αυτοί σχηματίστηκαν. Από πλευράς φάσεων λοιπόν παρατηρούμε μία κατακόρυφη εναλλαγή φάσεων αλλά και μία οριζόντια που συνδέεται όμως με την παλαιομορφολογία της περιοχής και την κατά καιρούς επιδρώσα τεκτονική.

Η περιοχή Αγίας Τριάδας - Διακονιάρη αποτελεί μορφολογικά μία περιοχή με ομαλή ανάπτυξη και αύξηση των υψομέτρων προς το Παναχαϊκό όρος που βρίσκεται Νότια.

Ο θαλάσσιος πυθμένας φαίνεται να ακολουθεί αυτήν την ανάπτυξη, πλην ορισμένων θέσεων τοπικά όπου εμφανίζονται κρατήρες τύπου rock-holes.

Η στρωματογραφική στήλη της περιοχής περιλαμβάνει τους εξής σχηματισμούς, από τους νεότερους προς τους αρχαιότερους :

α) Παράκτιοι σχηματισμοί : Εμφανίζονται με μικρό πάχος και συνίστανται από άμμους, χάλικες και κροκάλες.

β) Αποθέσεις κοίτης : Εντοπίζονται κατά μήκος του ρέματος "Διακονιάρη" και σε μικρά παρακλάδια αυτού υπό μορφή αδρομερών κυρίως υλικών.

γ) Αλλουβιακοί σχηματισμοί : Περιλαμβάνουν ποταμοχερσαίες αποθέσεις από αργιλοϊλίες με άμμους και χάλικες κατά θέσεις.

δ) Ολοκαινικοί σχηματισμοί : Λιμνοθαλάσσια ιζήματα, πρόσφατων βυθισμάτων από αργιλοϊλίες με μικρό ποσοστό άμμου και λίγους χάλικες.

ε) Πλειστοκαινικά ιζήματα : Αποτελούν κυρίως χερσαία ή ποταμοχερσαία υλικά αναβαθμίδων και συνίστανται από αμμοϊλίες με λίγη άργιλο και φακούς από αδρομερή υλικά.

στ) Πλειοκαινικοί σχηματισμοί : Συνίστανται από αργίλους, μάργες και άμμους θαλάσσιας έως λιμνοθαλάσσιας φάσης.

Συμπερασματικά, στην περιοχή μελέτης απαντώνται κύρια τα πλειο-πλειστοκαινικά και σύγχρονα ιζήματα.

2.3 Στρωματογραφία

Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά η στρωματογραφία της περιοχής κάτω από τον κρηπιδότοιχο, έτσι όπως προέκυψε από τις έρευνες και τις εργαστηριακές δοκιμές, σύμφωνα με την ΕΚΘΕΣΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ - Β2 ΦΑΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ (2007).

Μετά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων των ερευνητικών γεωτρήσεων, των εργαστηριακών δοκιμών και των δοκιμών διείσδυσης SPT σε συνδυασμό με τα δεδομένα που ήδη υπήρχαν από προηγούμενες έρευνες προέκυψε η στρωματογραφία της περιοχής.

Πιο συγκεκριμένα, η στρωματογραφία που συναντάνται στην περιοχή του κρηπιδότοιχου είναι, σύμφωνα με το Υποτεύχος 6 : Οριστική Μελέτη Θεμελίωσης Λιμενικών Έργων της Τεχνικής Έκθεσης, η ακόλουθη :

➤ ΣΤΡΩΣΗ II :

Το υλικό της στρώσης II χαρακτηρίζεται κυρίως ως τεφρή άμμος λεπτή ως ιλυώδης, ομοιόμορφη, κακής διαβάθμισης και χαλαρής ως μέσης πυκνότητας. Σύμφωνα με το σύστημα κατάταξης A.U.S.C.S. το υλικό της στρώσης II χαρακτηρίζεται ως SM (ιλυώδης άμμος) και ως CL-ML (ιλυώδης άργιλος). Προχωρώντας από το χερσαίο τμήμα έως το θαλάσσιο το πάχος της στρώσης II μειώνεται προοδευτικά και τελικά στην περιοχή του κυματοθραύστη χάνεται, με το πάχος της στρώσης να βρίσκεται στα 0,50 m – 5,50 m.

➤ ΣΤΡΩΣΗ III :

Το υλικό της στρώσης III χαρακτηρίζεται κυρίως ως τεφρή έως τεφρομέλανη ισχνή άργιλος. Με βάση το σύστημα κατάταξης A.U.S.C.S. το υλικό της στρώσης III χαρακτηρίζεται ως CL (ισχνή άργιλος) και σε δύο θέσεις ως CL-ML (ιλυώδης άργιλος) και ML (ιλύς) αντίστοιχα. Η στρώση III έχει χαμηλή έως μέση πλαστικότητα και η σφιφρότητά της αυξάνεται όσο αυξάνεται και το βάθος της. Το πάχος της στρώσης III είναι 14,00 – 20,00 m. Η στρώση αυτή περιλαμβάνει πολλές κατά τόπους παρεμβολές από άλλα υλικά, οι οποίες μπορεί να είναι πολύ μικρού πάχους και να μην γίνονται εύκολα διακριτές

αλλά και κάποιες μεγαλύτερου πάχους όπως η παρεμβόλη ιλυοαμμώδους υλικού της στρώσης II, καθώς και άλλες αμμοχαλικώδεις ενστρώσεις.

Ιδιαίτερη σημασία έχει και το γεγονός ότι στη στρώση αυτή, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της γεωφυσικής έρευνας, εμφανίζονται θύλακες (ορίζοντες) μέσα στους οποίους έχουν εγκλωβιστεί διαλυμένοι βιογενείς υδρογονάνθρακες (μεθάνιο).

➤ ΣΤΡΩΣΗ IV :

Η στρώση IV έχει αρκετά μικρό πάχος (2,5m) και συναντάται σε μια θέση μόνο, να παρεμβάλλεται των στρώσεων II και III. Η παρουσία της στρώσης αυτής αποδίδεται στην μακροχρόνια απόθεση χοντρότερων κλασμάτων αδρανών υλικών από έναν χείμαρρο, ο οποίος εκβάλλει στο νοτιότερο τμήμα του λιμένα. Πρόκειται για υλικό που χαρακτηρίζεται ως άμμος τεφρού χρώματος καθώς και χάλικες με κυμαινόμενο ποσοστό λεπτόκοκκων. Ο σχηματισμός είναι μέσης πυκνότητας και με βάση το σύστημα κατάταξης A.U.S.C.S. πρόκειται για SM (ιλυώδη άμμο με χάλικες).

➤ ΣΤΡΩΣΗ V :

Η στρώση V εμφανίζεται σε όλες τις γεωτρήσεις στη βάση της στρώσης III που περιγράφηκε παραπάνω. Πρόκειται για τεφρή έως τεφροκάστανη, πολύ στιφρή άργιλο, με τοπικές ενστρώσεις χάλικων, καστανής αμμοιλύος, οστράκων ή/και φυκών. Το πάχος της στρώσης αυτής είναι 5,30 – 7,50 m.

➤ ΣΤΡΩΣΗ VI :

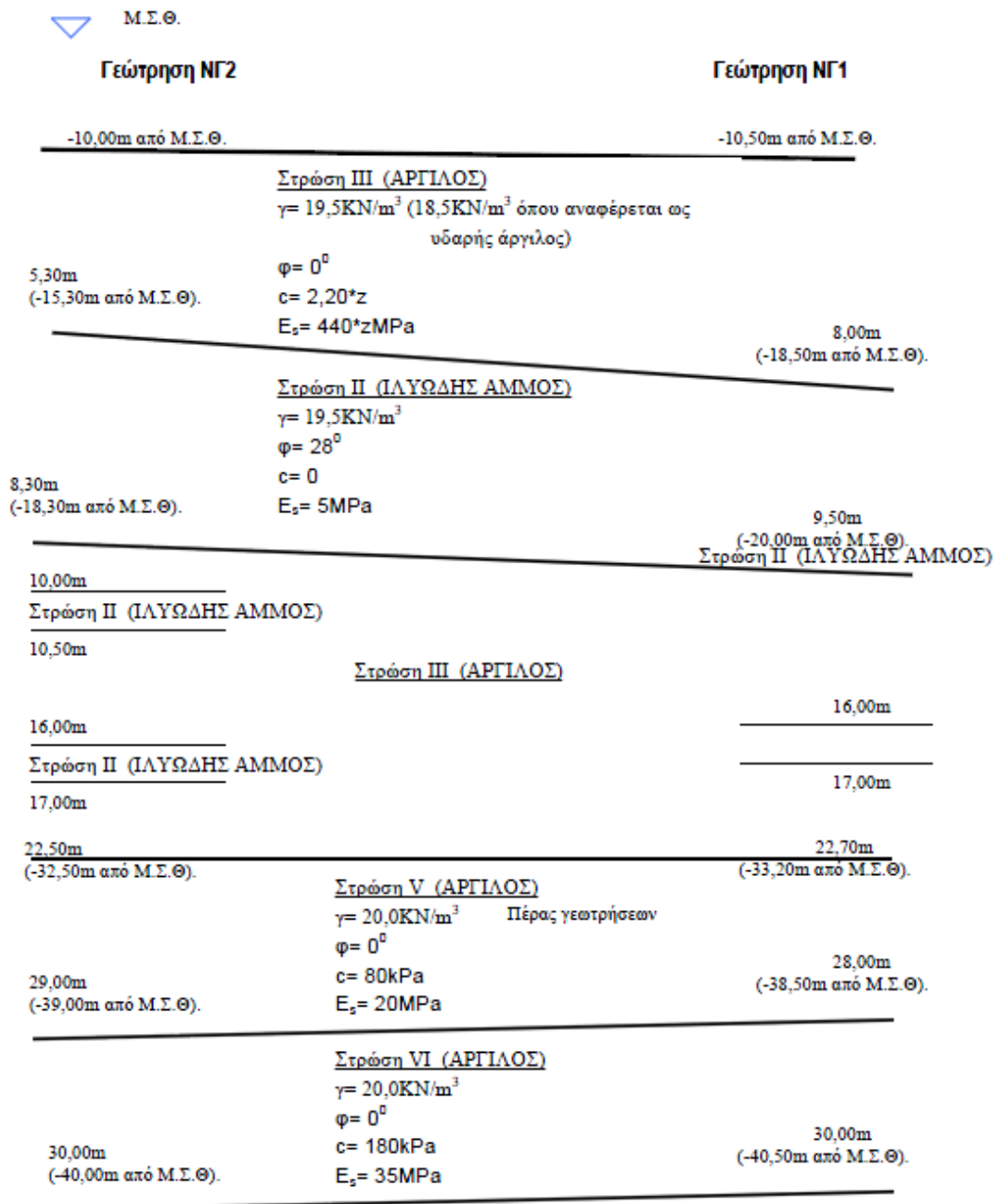
Πρόκειται για ένα πολύ σκληρό έως αδιαπέρατο στρώμα που αποτελείται από καστανότεφρη έως καστανή, πυκνή, χονδρόκοκκη άμμο, η οποία εναλλάσσεται με σκληρή έως πολύ σκληρή καστανή άργιλο. Σύμφωνα με το σύστημα κατάταξης A.U.S.C.S. χαρακτηρίζεται ως CL (τοπικά), ενώ το πάχος της είναι 0,95 – 1,50 m.

Γενικότερα τα υλικά εμφανίζονται ομοιόμορφα σε στρώσεις στο χώρο μελέτης, τόσο σε οριζόντια όσο και σε κατακόρυφη κλίμακα. Στο ανώτερο τμήμα των ιζημάτων του αβαθούς θαλάσσιου πυθμένα συναντώνται κυρίως λεπτοκοκκώδεις σχηματισμοί με αμμοιλύες ή/και τοπικά χάλικες, που

αποσφηνώνονται πλευρικά προς το βαθύτερο θαλάσσιο τμήμα της περιοχής των έργων όπου παρουσιάζονται υπό μορφή ενστρώσεων μέσα σε μαλακά αργιλικά ιζήματα. Τα αργιλικά αυτά υλικά εντοπίζονται επίσης υποκείμενα των κοκκωδών σχηματισμών και όπου εμφανίζονται υλικά κοκκώδη και συνεκτικά με αρκετά αυξημένη αντοχή. Από γεωλογικής άποψης η στρωματογραφία που περιγράφηκε παραπάνω φανερώνει ένα περιπαράκτιο περιβάλλον σύγχρονης θαλάσσιας ιζηματογένεσης που επηρεάζεται από την τροφοδοσία σε υλικά που προέρχονται από τη διάβρωση της κοντινής χερσαίας περιοχής καθώς και από τα θαλάσσια ρεύματα τα οποία διευθετούν τα υλικά αυτά στον θαλάσσιο χώρο.

Στην Εικόνα 11 φαίνονται επίσης και τα μηχανικά χαρακτηριστικά κάθε στρώσης, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν και στην προσομοίωση στο πρόγραμμα PLAXIS 2D που παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 5.

Επίσης, στους Πίνακες 3 και 4 φαίνονται τα φυσικά και τα μηχανικά χαρακτηριστικά των εδαφών αντίστοιχα, σύμφωνα με την ΕΚΘΕΣΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ (Β2 ΦΑΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ).



Εικόνα 11 : Στρωματογραφία της περιοχής κατασκευής του κρητιδότοιχου (εκτός κρατήρων).

Πίνακας 3 : Φυσικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΧΑΛΙΚΕΣ	ΑΜΜΟΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ + ΛΥΣ	LL	PL	PI	ΥΓΡΟ γw	ΕΗΡΟ γd	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ Gs	ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ w	ΛΟΓΟΣ ΚΕΝΩΝ e	ΒΑΘΜΟΣ ΚΟΡΕΣΙΜΟΥ St
ΝΓ1	4,00-6,00	CL	0	1	99	33.1	18.7	14.4	17.97	13.05		37.70	0.99	99
	6,00-6,50	CL	0	14	86	28.2	18.9	9.3	18.73-19.85	13.58-15.08	2.70	31.4-37.9	0.79-0.99	100
	11,00-12,00	CL	0	2	98	26.1	17.3	8.8	18.9	14.8		27.80	0.76	96
	14,50-15,10	CL	0	2	98	29.1	18.7	10.4	18.99-20.94	14.10-16.11	2.64	30.0-34.7	0.64-0.87	100
	19,00-19,50	CL	0	3	97	29.1	18.5	10.6	21.48	16.73		28.40	0.55	100
	22,10-22,70	CL	0	0	100	37.4	20.1	17.3	19.57-19.64	14.94-15.03		30.73	0.77	100
	27,20-27,70	CL	0	1	99	39.7	20.0	19.7	21.58	16.3		32.40	0.6	100
ΝΓ2	0,00-5,30	CL	0	1	99	40.4	20.1	20.3				47.60		
	10,50-11,20	CL	0	3	97	25.5	18.3	7.2	19.15-21.32	14.86-16.66	2.66	28.2-28.9	0.60-0.79	97-100
	13,50-14,00	CL	0	0	100	29.6	16.7	12.9	20.52	15.68		30.20	0.66	100
	19,00-20,50	CL	0	0	100	30.3	18.5	11.8	18.73-20.28	14.17-15.40	2.65	31.7-32.2	0.72-0.87	98-100
	22,50-23,50	CL	0	1	99	33.5	19.8	13.7	19.52-19.64	14.96-15.02		30.5-30.8	0.73-0.74	100
	27,00-29,00	CL	0	1	99	37.4	20.2	17.2		15.82		30.80	0.64	100
ΝΓ3	0,00-6,00	CL	0	1	99	31.4	20.1	11.3				43.50		
	8,00-8,70	CL	0	7	93	39.8	22.2	17.6	17.78-19.32	12.37-13.78	2.69	40.0-43.7	0.95-1.17	100
	12,00-13,50	CL	0	1	99	40.0	20.5	19.5	20.12	14.98		34.30	0.74	100
	15,50-17,50	CL	0	1	99	36.8	20.3	16.5	19.21-19.88	14.55-15.23	2.63	32.0-32.7	0.73-0.81	100
	19,00-20,00	CL	0	5	95	37.2	21.2	16.0	19.79	15.18		30.40	0.71	100
ΝΓ4	0,00-3,20	CL	0	0	100	38.4	20.3	18.1				47.50		
	3,65-4,40	SM	0	80	20	0.0	0.0	0.0	19.78-19.80	15.54-16.03	2.74	23.5-27.9	0.71-0.76	91-100
	6,00-6,90	SM	1	60	39	0.0	0.0	0.0	20.33-22.70	16.02-16.16		26.0-40.5	0.61-0.62	100
	10,00-10,50	CL-ML	0	7	93	23.6	17.7	5.9	19.83	15.65		26.70	0.66	100
	11,90-12,60	CL	0	8	92	27.9	17.1	10.8	19.97-20.98	16.14-17.06	2.67	22.9-23.7	0.57-0.65	97-100
	15,50-16,20	CL	0	2	98	28.5	18.2	10.3	19.31-21.16	14.92-16.53	2.61	28.0-29.4	0.58-0.75	100
	20,00-21,00	CL	0	1	99	35.1	17.7	17.4	21.38	16.31		31.10	0.59	100
	23,50-24,50	CL	0	1	99	32.1	18.2	13.9		15.16		27.0-27.6	0.71	98.1-100
	28,50-29,00	CL	0	1	99	38.8	17.7	19.1	21.5	16.69		28.80	0.56	100
ΝΓ5	0,00-1,00	CL	0	4	96	35.3	19.1	16.2				15.30		
	1,50-3,50	SM	17	61	22	0.0	0.0	0.0	20.89-21.79	16.58-18.19		19.8-26.0	0.43-0.57	100
	5,00-8,00	CL-ML	0	14	86	24.7	18.0	6.7				49.90		
	10,00-10,70	ML	0	8	92	21.8	19.4	2.4	19.40-19.75	14.54-15.38	2.73	28.0-33.4	0.77-0.88	98-100
	12,50-13,00	CL	0	1	99	25.2	16.4	8.8	16.12	12.2		32.10	1.13	74
	16,00-16,70	CL	0	1	99	26.9	17.8	9.1	18.40-19.47	14.01-15.25	2.64	27.7-33.6	0.73-0.88	99-100
	19,00-19,50	CL	0	1	99	27.4	18.3	9.1	20.37	16.14		26.20	0.61	100
	21,60-22,30	CL	0	1	99	36.0	18.9	17.1	20.24-20.50	15.62-15.92		28.8-29.6	0.63-0.67	100
	26,00-28,00	CL	0	1	99	40.3	19.3	21.0	20.48	15.68		30.60	0.66	100
	31,00-31,50	CL	0	1	99	36.0	18.2	17.8	20.67	16.1		28.40	0.61	100

Πίνακας 4 : Μηχανικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ	ΚΑΤΑΤΑΞΗ A.U.S.C.S.	ΑΝΕΜΠΟΔ.		ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ			ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ				ΔΟΚΙΜΗ ΣΥΜΠΙΕΣΟΜΕΤΡΟΥ						
			ΘΛΙΨΗ		UU		CD		CUPP				Cc	ρ _s		Cv		
			ΤΑΣΗ (σ)	ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤ. ΤΡΙΒΗΣ φ	ΣΥΝΟΧΗ c	ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤ. ΤΡΙΒΗΣ φ	ΣΥΝΟΧΗ c	ΕΝΕΡΓΗ φ	ΟΛΙΚΗ φ	ΕΝΕΡΓΗ c	ΟΛΙΚΗ c	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΙΟΤΗΤΑΣ	ΑΡΧΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΡΩΝ	Cc/(1+e ₀)	ΣΥΝΤ. ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ		
από-έως			kPa	%	(°)	KN/m ²	(°)	KN/m ²	(°)	(°)	KN/m ²	KN/m ²					10 ⁻⁴ cm ² /sec	
ΝΓ1	4,00-6,00	CL	8.2	15														
	6,00-6,50	CL						35	31	19.34	21.63	0.21	0.99	0.105			5.06-28.03	
	11,00-12,00	CL	25.5	15														
	14,50-15,10	CL							32	29	19.28	20.05	0.28	0.87	0.15		0.86-15.62	
	19,00-19,50	CL	28.0	15														
	22,10-22,70	CL							32	29	22.5	22.52						
ΝΓ2	27,20-27,70	CL	28.6	15														
	10,50-11,20	CL							31	28	37.88	38.12	0.19	0.79	0.106		1.34-17.88	
	13,50-14,00	CL	15.76	15														
	19,00-20,50	CL	28.7	14.97									0.24	0.87	0.128		0.60-6.09	
	22,50-23,50	CL			4	3.5												
ΝΓ3	27,00-29,00	CL	26.62	15														
	8,00-8,70	CL							35	31	9.94	10.61	0.28	1.17	0.129		1.05-5.23	
	12,00-13,50	CL	19.6	14.97														
	15,50-17,50	CL	19.9	14.98									0.21	0.81	0.116		1.06-7.13	
ΝΓ4	19,00-20,00	CL	56	15														
	3,65-4,40	SM					38	0					0.06	0.74	0.034		4.61-11.99	
	6,00-6,90	SM			37	10.5												
	10,00-10,50	CL-ML	44.8	15														
	11,90-12,60	CL							36	34	42.91	47.27	0.13	0.65	0.079		4.61-34.12	
	15,50-16,20	CL							31	28	28.53	29.12	0.16	0.75	0.091		2.24-16.06	
	20,00-21,00	CL	30.5	15														
	23,50-24,50	CL					27	11.1										
ΝΓ5	28,50-29,00	CL	30.2	15														
	1,50-3,50	SM					36	20										
	10,00-10,70	ML							32	28	24.04	25.25	0.21	0.88	0.111		2.14-21.61	
	12,50-13,00	CL	14.06	15														
	16,00-16,70	CL							32	28	19.38	20.1	0.2	0.88	0.106		1.17-6.99	
	19,00-19,50	CL	41	15														
	21,60-22,30	CL							36	33	15.12	18.22						
	26,00-28,00	CL	66.7	15														
31,00-31,50	CL	50.9	15															

2.4 Σεισμικότητα της περιοχής του Νέου Λιμένα Πατρών

Η σεισμικότητα της περιοχής στην οποία κατασκευάζεται ο Νέος Λιμένας Πατρών, υπό συνθήκες ελεύθερου πεδίου, έχει αποτελέσει αντικείμενο ειδικού ερευνητικού προγράμματος που εκτελέστηκε με την ευθύνη του Τομέα Γεωτεχνικής Μηχανικής του Πανεπιστημίου Πατρών. Το πρόγραμμα αυτό κατέστη αναγκαίο λόγω της τεχνικο-οικονομικής σπουδαιότητας του έργου σε συνδυασμό με την υψηλή σχετικά σεισμικότητα της περιοχής. Η θέση του έργου του Νέου Λιμένα Πατρών βρίσκεται κοντά και στην άμεση ζώνη επιρροής δύο ρηγμάτων, τα οποία έχουν χαρακτηριστεί ως ενεργά και σε συνδυασμό με τις γεωτεχνικές συνθήκες της περιοχής καθώς και το σεισμοτεκτονικό καθεστώς της ευρύτερης περιοχής αποτελούν έναν από τους κυριότερους παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον αντισεισμικό σχεδιασμό του έργου. Τα δύο εν λόγω ρήγματα είναι :

➤ Το ρήγμα του "Γλαύκου" :

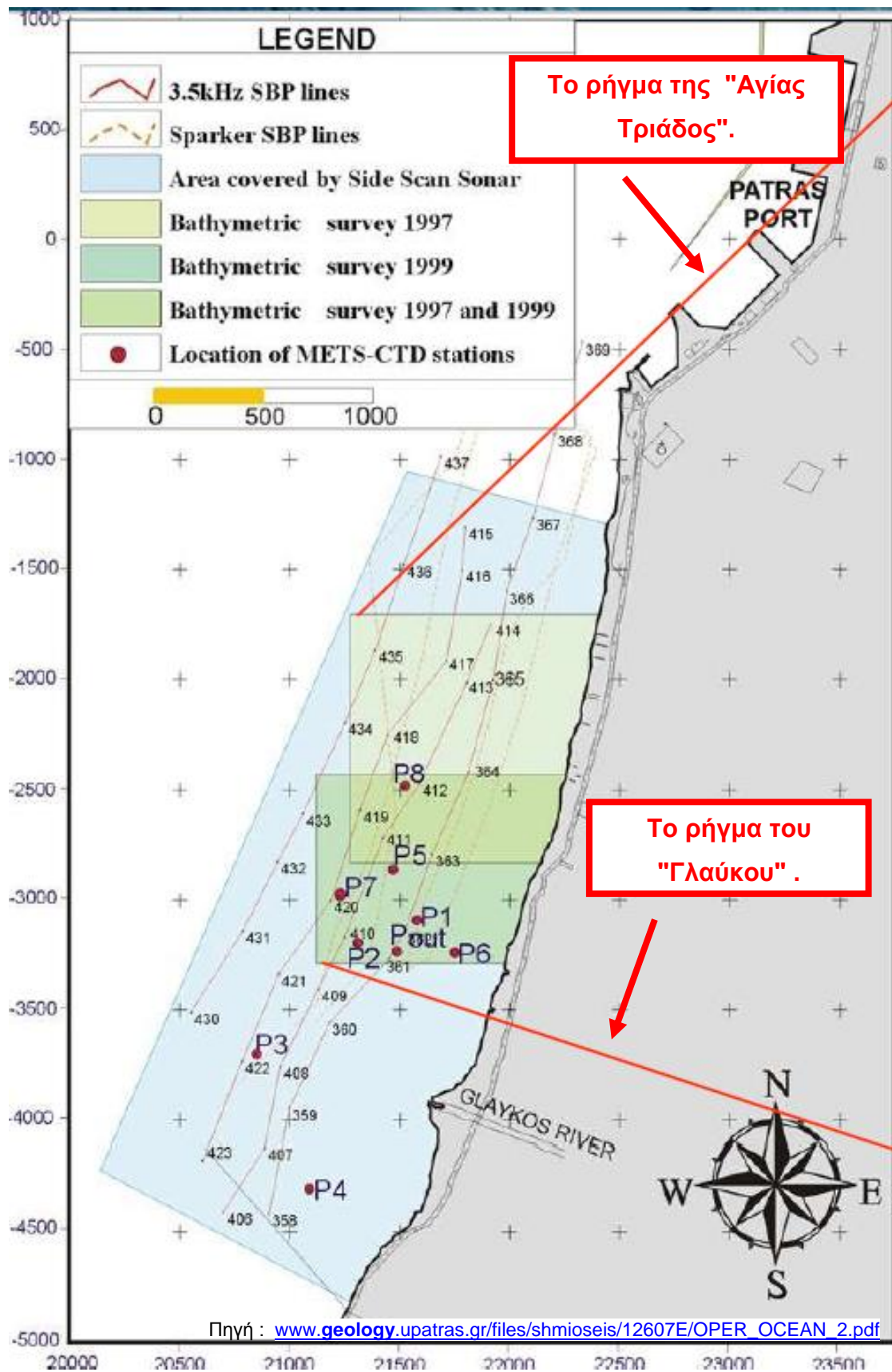
Πρόκειται για ρήγμα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, το Νοτιοανατολικό τμήμα του οποίου ακολουθεί το κεντρικό και ανατολικό τμήμα του ποταμού Γλαύκου και το Βορειοδυτικό του τμήμα εκτείνεται μέσα στον Πατραϊκό κόλπο. Η ακριβής γεωμετρία του ρήγματος δεν είναι γνωστή, όμως με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν από τη μελέτη σεισμολογικών δεδομένων και από διάφορες υποθαλάσσιες γεωφυσικές έρευνες, το μήκος του υπολογίζεται ότι ανέρχεται στα 40 km. Αξίζει να σημειωθεί ότι το ρήγμα του ποταμού Γλαύκου συνορεύει με την περιοχή του έργου και σε αυτό εντοπίζεται ο ισχυρός σεισμός που έπληξε την περιοχή στις 14/7/1993, ο οποίος με βάση εμπειρικές συσχετίσεις ήταν μικρότερος από τον μέγιστο δυνατό σεισμό που αντιστοιχεί στο ανώτερο μήκος ρήγματος.

➤ Το ρήγμα της "Αγίας Τριάδος" :

Σύμφωνα με την γεωτεχνική έρευνα η οποία έγινε στην περιοχή από το ΚΕΔΕ, η επιφανειακή ρηγμάτωση έχει μέση κατεύθυνση ΒΑ - ΝΔ (Β70°Α) και κλίση 75ο προς Νότο. Από εξέταση επιπλέον αεροφωτογραφιών της περιοχής και από την θαλάσσια γεωλογική (γεωφυσική) έρευνα που έγινε στα πλαίσια του έργου, φαίνεται ότι η εν λόγω επιφανειακή ρηγμάτωση ταυτίζεται με

προϋπάρχον νεοτεκτονικό ρήγμα το οποίο εκτείνεται από τους πρόποδες του Παναχαϊκού Ορους μέχρι τις εκβολές του χείμαρρου Διακονιάρη και συνεχίζεται και εντός της θαλάσσης με μικρή αλλαγή της κατεύθυνσής του. Από μικροτεκτονικές μετρήσεις που έγιναν από τον ΟΑΣΠ προκύπτει ότι στην περιοχή επικρατεί εφελκυσμός (απομάκρυνση των παρειών του ρήγματος) με διεύθυνση B183oA, περίπου κάθετα δηλαδή προς την διεύθυνση του ρήγματος. Από συναξιολόγηση σεισμολογικών δεδομένων, εκτιμάται επιπλέον ότι το εν λόγω ρήγμα είναι ενεργό, μπορεί δηλαδή να αποτελέσει την εστία μελλοντικού σεισμού, και η κινηματική του συμπεριφορά είναι γενικώς συμβιβαστή με τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών της περιοχής. Όπως και για τα περισσότερα ρήγματα της περιοχής η ακριβής γεωμετρία του ρήγματος της Αγ. Τριάδος δεν είναι γνωστή. Ωστόσο, επείτα από τη μελέτη της σεισμικότητας της περιοχής παλαιότερα αλλά και πιο πρόσφατα, θεωρείται ότι η σεισμική του δραστηριότητα είναι παρόμοια με αυτή του ρήγματος του Γλαύκου. Το ρήγμα αυτό επηρεάζει σημαντικά το έργο καθώς το βόρειο τμήμα του κυματοθραύστη κατασκευάσθηκε ιππαστί στο ρήγμα της Αγ. Τριάδος, το οποίο τέμνει το υπέδαφος της πόλης της Πάτρας και κατά το βορειοδυτικό άκρο αυτού, ταυτίζεται με την εκβολή του ποταμού Διακονιάρη. Το ρήγμα αυτό έχει χαρακτηριστεί ως ενεργό και παρά το γεγονός ότι δεν απετέλεσε την εστία του ισχυρού σεισμού της 14/7/1993 ή των σεισμών του 1989, παρουσιάζει συνεχείς ερπυστικές μετακινήσεις καθ' όλο το μήκος του, μπορεί δηλαδή να αποτελέσει την εστία μελλοντικού σεισμού, και η κινηματική του συμπεριφορά είναι γενικώς συμβιβαστή με τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών της περιοχής.

Η θέση των δύο αυτών ρηγμάτων που περιγράφηκαν παραπάνω, σε σχέση με το λιμάνι της Πάτρας φαίνεται στην Εικόνα 12.



Εικόνα 12 : Τα ρήγματα της "Αγίας Τριάδος" και του "Γλαύκου" σε σχέση με το λιμάνι της Πάτρας.

Ένα επίσης χαρακτηριστικό φαινόμενο το οποίο συνδέεται με την σεισμική δραστηριότητα κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης είναι η δημιουργία κρατήρων “rock-holes”. Αυτοί είναι κρατήρες στον θαλάσσιο πυθμένα διαμέτρου ολίγων εκατοστών μέχρι 200 m περίπου ενώ το βάθος τους φθάνει τα 15 m. Η δημιουργία τους οφείλεται πιθανότατα στην απότομη εκτόνωση αερίων τα οποία είναι εγκλωβισμένα υπό πίεση σε αδρομερέστερους βαθύτερους ορίζοντες και έχουν δημιουργηθεί από την παρατεταμένη σήψη οργανικών ουσιών, συχνό φαινόμενο σε λιμναία ή λιμνοθαλάσσια περιβάλλοντα.

2.5 Απαιτούμενα έργα

Οι γεωτεχνικές συνθήκες στην περιοχή του έργου είναι ιδιαίτερα δυσμενείς λόγω:

- της παρουσίας επιφανειακού στρώματος πολύ μαλακής αργιλοϊλύος χαμηλής ως μέσης πλαστικότητας (CL), έντονα μεταβλητού αλλά γενικά μεγάλου πάχους, που παρουσιάζει μεγάλη συμπίεστικότητα με μεγάλες αναμενόμενες καθιζήσεις και πολύ χαμηλή διατμητική αντοχή με πρόβλημα ολικής θραύσης εδάφους και μειωμένης φέρουσας ικανότητας θεμελίωσης.
- της αυξημένης σεισμικής επικινδυνότητας της ευρύτερης περιοχής και της παρουσίας ενεργού κατακόρυφου σεισμικού ρήγματος (ρήγμα Αγ. Τριάδος), που διασχίζει εγκάρσια το χώρο του έργου και δημιουργεί δευτερογενή προβλήματα και τέλος
- της παρουσίας πλήθους “κρατήρων” (rock-holes) στον πυθμένα της θάλασσας, στο δυτικό τμήμα του ρήγματος, που ενδεχομένως προέρχονται από διαφυγή αερίων (μεθάνιο, υδροθείο) προς τα πάνω, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια σεισμικής δραστηριότητας.

Λόγω των δυσμενών γεωτεχνικών συνθηκών της περιοχής του έργου αλλά και της σεισμικότητας της ευρύτερης περιοχής αποφασίστηκε σύμφωνα με την Τεχνική Έκθεση, από την ομάδα μελέτης του έργου, η οποία αποτελείται από τις εταιρείες TRITON Σύμβουλοι Μηχ/κοί, Ε.Π.Ε., ΒΕΤΑΠΛΑΝ Α.Ε.Μ, DENCO Σύμβουλοι Μηχ/κοί, ΑΔΚ Σύμβουλοι Μηχ/κοί Α.Ε., ΝΙΚΟΣ ΜΗΛΙΩΝΗΣ,

ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ ΚΟΚΟΡΟΜΥΤΗΣ, ότι η ασφαλέστερη επιλογή για την θεμελίωση των λιμενικών έργων είναι η λύση του ελαφρύ κρηπιδότοιχου (με κυψελωτά κιβώτια και ανακουφιστικό πρίσμα) σε προφορτισμένο και ενισχυμένο με χαλικοπασσάλους έδαφος. Ο σχεδιασμός του έργου συνδυάζει την :

- Κατασκευή των κρηπιδωμάτων με προκατασκευασμένα πλωτά κυψελωτά κιβώτια από οπλισμένο σκυρόδεμα (caissons), η οποία προσφέρει τα πλεονεκτήματα μικρού βάρους και δυνατότητας ρύθμισης του ποσοστού και της θέσης πλήρωσης των κυψελών των κιβωτίων ώστε να ικανοποιούνται οι έλεγχοι ευστάθειας και αναπτυσσομένων τάσεων έδρασης και δίνει την δυνατότητα αποφυγής κατασκευής βαθείας θεμελίωσης. Η χρήση όμως μόνον των κυψελωτών κιβωτίων και πάλι δεν δίνει ανεκτούς συντελεστές ασφαλείας και για αυτό συνδυάζεται επίσης με:
- Επίχωση πίσω από τον κρηπιδότοιχο (ανακουφιστικό πρίσμα) από κίσηρη, η οποία έχει μηδενικό φαινόμενο ειδικό βάρος υπό άνωση, και ως εκ τούτου δεν συμβάλλει στις ενεργές ωθήσεις επί του κρηπιδοτοίχου και στις καθιζήσεις της περιοχής των κρηπιδωμάτων.
- Προφόρτιση περιοχής κρηπιδωμάτων με σταδιακά κατασκευαζόμενο επίχωμα, επιταχυνόμενη με χρήση γεωσυνθετικών στραγγιστήριων.
- Βελτίωση και ενίσχυση του ανώτερου τμήματος της πολύ μαλακής αργιλοίλου με την κατασκευή συμπυκνωμένων χαλικοπασσάλων, σε κάναβο 2.75 x 2.75 m, κατασκευαζόμενων με τη μέθοδο bottom feed.

Πιο αναλυτικά η προτεινόμενη μέθοδος κατασκευής για τον κρηπιδότοιχο που μελετάται στην παρούσα διπλωματική περιλαμβάνει :

- Γενική εκσκαφή του πυθμένα μέχρι την στάθμη -13.0 m για την θαλάσσια περιοχή στην οποία τα βάθη του φυσικού πυθμένα είναι μικρότερα των 11 m. Στην περιοχή που τα συναντώμενα βάθη είναι μεγαλύτερα των 11.0 m η προβλεπόμενη ελάχιστη εκσκαφή είναι 2.0 m. Ακολουθεί στην συνέχεια η διαμόρφωση στρώσεως πάχους, 2.0 m από χονδρή άμμο ως λεπτό χαλίκι, έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η σταδιακή έδραση των επιχωμάτων προφόρτισης πάνω στον πυθμένα. Τα όρια των εκσκαφών εκτείνονται από το ίχνος του αντισταθμιστικού πρίσματος του επιχώματος προφόρτισης, το οποίο προβλέπεται σε απόσταση 80 m περίπου από το μέτωπο του

κρηπιδοτοίχου, και προς την πλευρά της ξηράς έως το ίχνος του επιχώματος προφόρτισης, σε απόσταση 83 m, επίσης από το μέτωπο του έργου. Η εξυγίανση του πυθμένα προβλέπεται στην περιοχή έδρασης του επιχώματος προφόρτισης. Η διαμόρφωση της συγκεκριμένης στρώσης κρίνεται απαραίτητη καθώς η πρακτικά μηδενική αντοχή του πυθμένα καθιστούσε αδύνατη την οποιαδήποτε κατασκευή επιχώματος έστω και μικρού ύψους ενώ αποτελεί και στραγγιστική στρώση της αργιλικής στρώσης λόγω της κοκκώδους σύστασης της.

- Τοποθέτηση γεωσυνθετικών στραγγιστηρίων, μήκους 23 m, τα οποία τοποθετούνται από το μέσο της εξυγιαντικής στρώσης (η «κεφαλή» τους), ή σε απόσταση 1 m άνω της στάθμης των προβλεπόμενων εκσκαφών. Στην περιοχή όπισθεν του επιχώματος προφόρτισης δεν προβλέπεται εκσκαφή του θαλάσσιου πυθμένα και η στραγγιστική στρώση κατασκευάζεται στο τμήμα αυτό επί του πυθμένα με πάχος 1m. Το πέρασ της προς την ξηρά οριοθετείται στην ισοβαθή των -2 m. Στο ίδιο βάθος γίνεται και η τοποθέτηση των στραγγιστηρίων. Το προς τα ανοιχτά όριο τους (στραγγιστήρια) προβλέπεται σε απόσταση 80 m περίπου από το μέτωπο του έργου. Ο κάνναβος εφαρμογής των στραγγιστηρίων προβλέπεται σε όλα τα τμήματα του έργου 2.0 x 2.0 m. Τα στραγγιστήρια εξασφαλίζουν επιτάχυνση του φαινομένου της στερεοποίησης, που άμεσα επηρεάζει και τη χρονική εξέλιξη των καθιζήσεων και την ταχύτερη αύξηση της διατμητικής αντοχής, ώστε να καταστεί δυνατή η ολοκλήρωση του έργου (κατασκευή κρηπιδοτοίχων και επιχώσεων) μέσα στον απαιτούμενο χρόνο. Τα γεωσυνθετικά στραγγιστήρια προτιμήθηκαν έναντι των αμμοπασσάλων λόγω χαμηλότερου κόστους, και μεγαλύτερης ταχύτητας κατασκευής, λαμβανόμενης υπόψη και της φύσης του εδάφους (πολύ μαλακή αργιλοϊλύς).
- Κατασκευή επιχώματος προφόρτισης στην περιοχή των κρηπιδοτοίχων. Η προβλεπόμενη προφόρτιση της περιοχής έδρασης των κρηπιδοτοίχων έχει σκοπό αφ' ενός την ολοκλήρωση του μεγαλύτερου μέρους των αναμενομένων καθιζήσεων, προ της τοποθέτησεως των κυψελωτών κιβωτίων (caissons), αφ' ετέρου στην βελτίωση των διατμητικών χαρακτηριστικών του στρώματος της μαλακής αργιλοϊλύος, πριν από την ολοκλήρωση της κατασκευής των κρηπιδοτοίχων. Η κατασκευή των

επιχωμάτων επιβάλλεται να είναι σταδιακή καθ' ύψος και σε δύο φάσεις. Η Α' Φάση προβλέπει παραμονή του επιχώματος επί 10 μήνες έως την στάθμη -3.0 m στο κυρίως επίχωμα και -11.0 m (και εύρους 30 m) στο αντισταθμιστικό επίχωμα - πρίσμα, του οποίου η κατασκευή πρέπει να προηγηθεί για λόγους ευσταθείας.

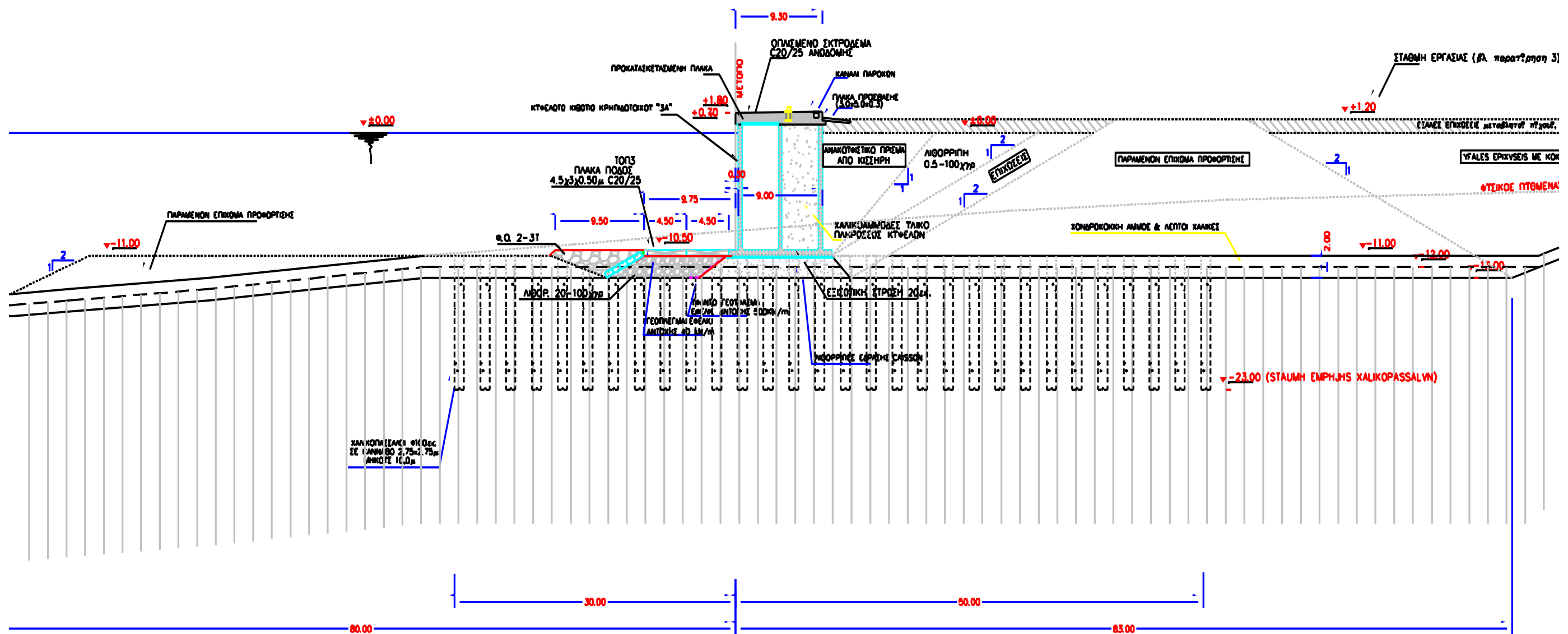
- Ακολουθεί η κατασκευή χαλικοπασσάλων Φ1.00m μήκους 10.0 m, (από την κάτω στάθμη της εξυγιαντικής αμμοχαλικώδους στρώσης και κάτω) προκειμένου να ενισχυθεί η αντοχή τον ανώτερου τμήματος του στρώματος της μαλακής αργιλοϊλύος έναντι διατμητικής αστοχίας από τα μόνιμα και κινητά φορτία του κρηπιδοτοίχου, και να συμπυκνωθεί περαιτέρω το έδαφος θεμελίωσης (πρακτικά δημιουργείται μικτού τύπου έδαφος με βελτιωμένες εδαφοτεχνικές παραμέτρους). Σημειώνεται ότι οι χαλικοπάσσαλοι κατασκευάζονται και εντός της αμμοχαλικώδους στρώσης (πραγματικό συνολικό μήκος 12 m). Οι χαλικοπάσσαλοι προβλέπονται σε κάναβο 2.75x2.75 m στην περιοχή των κρηπιδοτοίχων και σε εύρος 80 m (30m έμπροσθεν και 50m όπισθεν του μετώπου κρηπίδωσης), όπου η πιθανότητα διατμητικής αστοχίας (διέλευση κρίσιμων κύκλων θραύσεως) είναι αυξημένη.
- Το επίχωμα της Β' φάσης κατασκευάζεται μέχρι την στάθμη +3.50 m (από Μ.Σ.Θ.) και αφού έχουν αναπτυχθεί οι αναμενόμενες καθιζήσεις της Α' φάσης. Η διάρκεια παραμονής του επιχώματος είναι 12 μήνες.
- Τμηματική αφαίρεση (στην θέση κατασκευής του κρηπιδοτοίχου) του επιχώματος προφόρτισης, μέχρι ευρέσεως της άνω στάθμη της αμμοχαλικώδους εξυγιαντικής στρώσης. Μεταφορά του συγκεκριμένου υλικού στην όπισθεν περιοχή των χερσαίων χώρων για συμπλήρωση των επιχώσεων. Η εκσκαφή στην περιοχή έδρασης του κυψελωτού κιβωτίου εκτείνεται και στην αμμοχαλικώδη στρώση, που είναι η αρχική στάθμη εκσκάφης στο συγκεκριμένο σημείο του έργου. Μετά την εκσκαφή ακολουθεί η διαμόρφωση του πρίσματος εδράσεως του κιβωτίου από λιθορριπές λατομικής προέλευσης 0.5 έως 100 kg. Τα τελευταία 20 cm του πρίσματος διαμορφώνονται από σκύρα προελεύσεως λατομείου, ως εξισωτική στρώση για την κατά το δυνατό καλύτερη έδραση του κιβωτίου.
- Κατασκευή και πόντιση κυψελωτών κιβωτίων (caissons).

- Διαμόρφωση των στρώσεων θωράκισης της διατομής έναντι της διαβρωτικής δράσης των προπελών των εξυπηρετούμενων πλοίων. Η προστασία ποδός του έργου διαμορφώνεται ως εξής: εξωτερικά του πρίσματος έδρασης του κιβωτίου κατασκευάζεται δεύτερο πρίσμα που συνίσταται από λιθορριπές μεγαλύτερης διαβάθμισης και συγκεκριμένα ατομικού βάρους από 20 έως 100 kg. Οι λιθορριπές αυτές επιλέχθηκαν με κριτήριο την αποφυγή διαρροής του από τις οπές των διάτρητων πλακών που εν συνεχεία τοποθετούνται. Οι πλάκες αυτές επιλέχθηκαν με οπές έτσι ώστε να παρέχεται η δυνατότητα περιορισμού των υποπίεσεων που δημιουργούνται στην κάτω επιφάνεια τους από την διέλευση ύδατος. Η αποτόνωση των εν λόγω πιέσεων μειώνει σημαντικά το απαιτούμενο πάχος των πλακών προστασίας. Προβλέπεται η τοποθέτηση δύο πλακών του τύπου αυτού με συνολικό πλάτος της κάθε μίας 4,5 m. Επί του πρίσματος έδρασης των πλακών προβλέπεται για λόγους ασφαλείας η διάστρωση γεωπλέγματος εκ πολυπροπυλενίου εφελκυστικής αντοχής 40kN-m για την διασφάλιση περαιτέρω της μη διαρροής των λιθορριπών έδρασης από τις οπές των πλακών. Υφαντό γεωύφασμα προβλέπεται μόνο στην περιοχή επαφής μεταξύ πλακών και κυψελωτού κιβωτίου για την αποφυγή διαρροής επίσης λεπτόκοκκου υλικού από τον αρμό που δημιουργείται. Το γεωύφασμα προβλέπεται υφαντό και εφελκυστικής αντοχής 500KN/m, το οποίο «αγκυρώνεται» υπό του κυψελωτού κιβωτίου προ της εδράσεως του. Στην κεκλιμένη παρειά του πρίσματος εδράσεως των πλακών προβλέπεται η τοποθέτηση προκατασκευασμένων στρωμάτων κυβολίθων από σκυρόδεμα, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με δύο στρώσεις γεωπλεγμάτων εκ πολυπροπυλενίου (αντί οπλισμού). Τα γεωπλέγματα προβλέπονται με εφελκυστική αντοχή 20 και 40kN-m (άνω και κάτω). Στην κάτω πλευρά του στρώματος προβλέπεται η «κόλληση» μη υφαντού γεωυφάσματος βάρους 500gr/m². Η σύνδεση των στρωμάτων με τις προκατασκευασμένες διάτρητες πλάκες προβλέπεται με ναυτικά κλειδιά τα οποία συνδέουν τα αντίστοιχα δύο τεμάχια αλυσίδων που είναι εγκιβωτισμένα εντός της μάζας των πλακών και των στρωμάτων. Η απόσταση από το μέτωπο στην οποία εμφανίζεται η διάβρωση του πυθμένα είναι πολύ μεγάλη (άνω των 20 m), αλλά καθώς δεν είναι δυνατή η επέκταση της προστασίας ποδός σε τόσο μεγάλο μήκος, αποφασίσθηκε

μετά την τοποθέτηση και των στρωμάτων κυβολίθων να τοποθετηθούν επ' αυτών φυσικοί ογκόλιθοι μεγάλης διαμέτρου, οι οποίοι θα πληρώσουν το διαμορφωμένο αύλακα έμπροσθεν αυτών. Οι ογκόλιθοι προβλέπονται ατομικού βάρους 2,0 έως 3,0τον. και θα τοποθετηθούν στην αύλακα με ιδιαίτερη προσοχή έτσι ώστε να αποφευχθεί πιθανή βλάβη των στρωμάτων.

- Κατασκευή ανακουφιστικού πρίσματος από κίσηρη μέχρι την στάθμη της θάλασσας (Μ.Σ.Θ.), προκειμένου να περιορισθούν οι ωθήσεις επί των κρηπιδοτοίχων.
- Κατασκευή ανωδομής caissons και καναλιών παροχών διαμορφούμενων σύμφωνα με τα σχέδια της μελέτης και έξαλων επιχώσεων.

Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται η τυπική διατομή του κρηπιδοτόιχου και των δομών που περιγράφηκαν σε αυτήν την ενότητα.



Εικόνα 13 : Τυπική διατομή κρηπιδότοιχου.(Κλίμακα 1:250)

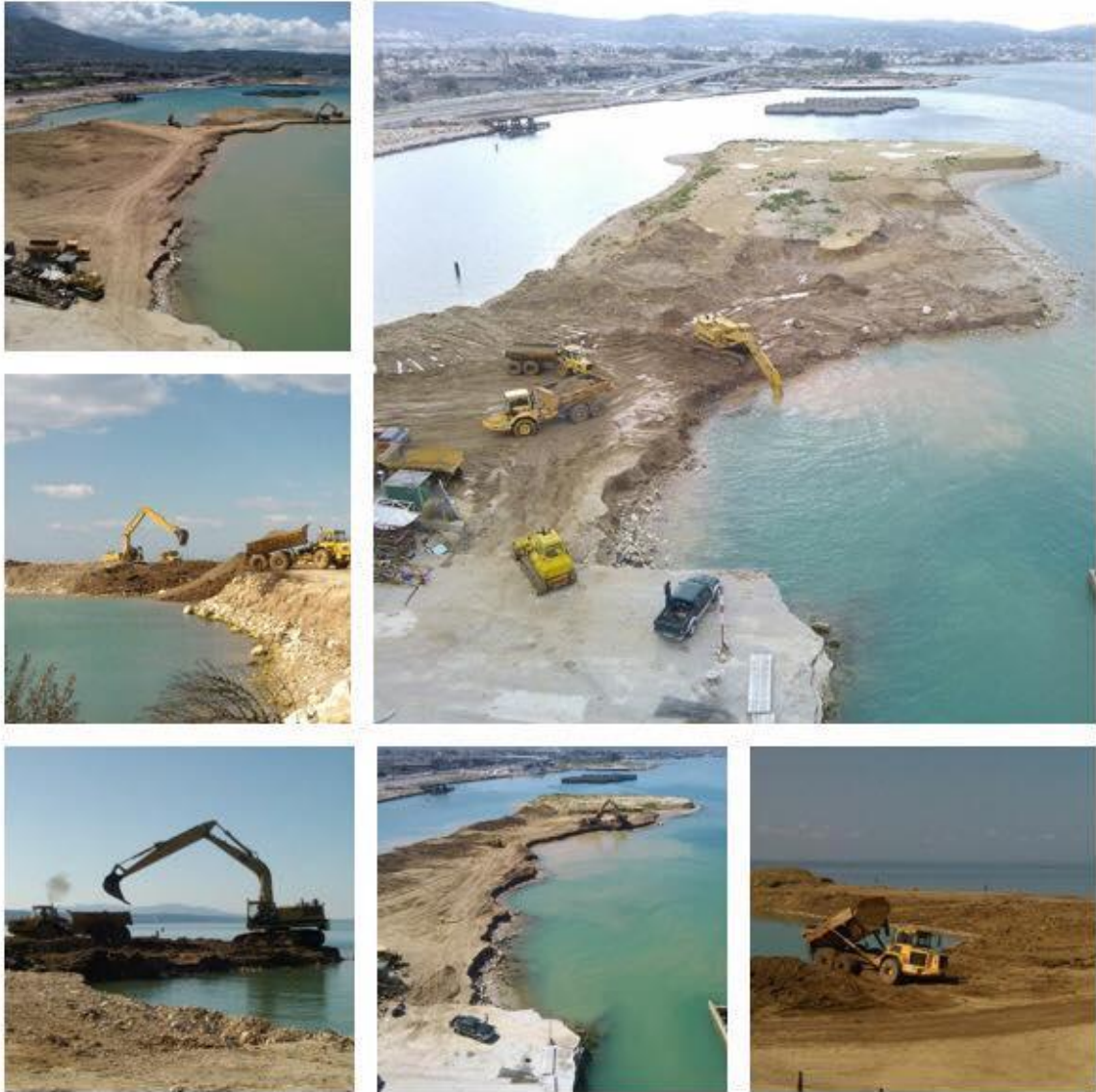


Εικόνα 14 : Εικόνες του έργου κατά την κατασκευή των φάσεων που περιγράφηκαν παραπάνω.



Εικόνα 15 : Το επίχωμα προφόρτισης σε διαφορετικά στάδια κατά την κατασκευή του.

Στην Εικόνα 16 φαίνονται οι εργασίες άρσης του επιχώματος προφόρτισης, οι οποίες βρίσκονται σε εξέλιξη.



Εικόνα 16 : Εργασίες άρσης του επιχώματος προφόρτισης.

3. ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

3.1 Χαλικοπάσσαλοι

3.1.1 Γενικά

Οι χαλικοπάσσαλοι χρησιμοποιούνται για (Μπουκοβάλας 2007):

- Ενίσχυση του εδάφους θεμελίωσης, αυξάνοντας τη μέση διατμητική αντοχή του φυσικού εδάφους και των χαλικοπασσάλων. Αυτό δικαιολογείται από την μερική αντικατάσταση του χαμηλών μηχανικών χαρακτηριστικών αρχικού εδάφους με υλικό καλύτερων χαρακτηριστικών.
- Βελτίωση του εδάφους θεμελίωσης με τοπική συμπύκνωση του εδάφους που επιτυγχάνεται κατά την τοποθέτηση των χαλικοπασσάλων, αλλά και με την επιτάχυνση της πρωτογενούς στερεοποίησης των αργιλικών εδαφών με τη δημιουργία οριζόντιας ροής νερού και μείωσης των υπερπιέσεων τους λόγω εξωτερικής φόρτισης.
- Μείωση του πρόσθετου φορτίου του φυσικού εδάφους, λόγω της συγκέντρωσης των φορτίων της κατασκευής στους χαλικοπασσάλους και της μεγαλύτερης ακαμψίας τους συγκριτικά με το αρχικό έδαφος. Έτσι, λόγω της αποφόρτισης του φυσικού εδάφους γύρω από τους χαλικοπασσάλους το έδαφος της θεμελίωσης παρουσιάζει χαμηλότερη συμπιεστότητα.

3.1.2 Πεδίο εφαρμογής χαλικοπασσάλων

Η θεμελίωση με χαλικοπασσάλους εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο σε λεπτόκοκκα εδάφη, η κοκκομετρική διαβάθμιση των οποίων είναι τέτοια ώστε μέσω της συνοχής τους να μπορούν να αποτρέψουν την πλευρική διόγκωση του εισερχόμενου χαλικιού. Παραδείγματα τέτοιων εδαφών είναι τα μαλακά μη οργανικά εδάφη (άργιλος, ιλύς) και οι λεπτόκοκκες αργιλώδεις ή ιλυώδεις άμμοι. Η χρήση της μεθόδου σε οργανικά εδάφη αποφεύγεται, γιατί η απαραίτητη συνοχή που απαιτείται για την αποτροπή την πλευρικής διόγκωσης του χαλικιού δεν υποστηρίζεται μακροπρόθεσμα (Ανδρέου, 2009).

3.1.3 Υλικά πλήρωσης χαλικοπασσάλων

Τα υλικά πλήρωσης των χαλικοπασσάλων πρέπει (Ανδρέου 2009):

- Να σχηματίζουν ένα πάσσαλο με μεγάλη γωνία εσωτερικής τριβής και πιο άκαμπτο από το περιβάλλον έδαφος. Συχνά χρησιμοποιούνται θραυστά γωνιώδη σκύρα, λόγω της μεγαλύτερης γωνίας εσωτερικής τριβής που επιτυγχάνουν συγκριτικά με τα στρογγυλεμένα.
- Να μην θρυματίζονται από τα μηχανήματα κατά τη διάρκεια της κατασκευής των χαλικοπασσάλων.
- Να έχουν υψηλή διαπερατότητα ώστε να επιτρέπουν την εύκολη αποστράγγιση.
- Να μην περιέχουν προσμίξεις όπως π.χ. λεπτόκοκκα υλικά, γαιώδεις και φυτικές προσμίξεις.



Εικόνα 17 : Το υλικό πλήρωσης των χαλικοπασσάλων και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιούνται στο έργο του Νέου Λιμένα Πατρών.

3.1.4 Βασικές παράμετροι σχεδιασμού

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μηχανική συμπεριφορά των χαλικοπασσάλων είναι:

- Η διάμετρος των χαλικοπασσάλων (d_c). Εξαρτάται από τον επιθυμητό βαθμό συμπύκνωσης, τη μέθοδο εγκατάστασης, την κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού πλήρωσης και από τη συνεκτικότητα του φυσικού εδάφους. Μάλιστα, η διάμετρος του χαλικοπασσάλου είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μικρότερη είναι η συνεκτικότητα του εδάφους. Όσο μικρότερη η μέση διάμετρος κόκκου του υλικού πλήρωσης τόσο μικρότερη η διάμετρος του χαλικοπασσάλου.
- Η μεταξύ τους αξονική απόσταση (d). Οι χαλικοπάσσαλοι τοποθετούνται συνήθως στις κορυφές εξαγωνικού, τριγωνικού ή τετραγωνικού καννάβου. Η επιφάνεια επιρροής εξαρτάται από το είδος του καννάβου.
- Η γωνία εσωτερικής τριβής του κοκκώδους υλικού του χαλικοπάσσαλου (ϕ_c). Εξαρτάται από το μέγεθος και το σχήμα των κόκκων, την τεχνική εγκατάστασης και την ενδεχόμενη εισχώρηση λεπτόκοκκου υλικού από το περιβάλλον έδαφος στο σώμα του χαλικοπασσάλου.
- Η αστράγγιστη διατμητική αντοχή του περιβάλλοντος εδάφους (c_u). Επηρεάζει τη διάμετρο και τη φέρουσα ικανότητα του χαλικοπασσάλου και τον υπολογισμό της βελτίωσης που υφίσταται το έδαφος.
- Η σχέση τάσεων – παραμορφώσεων των εδαφικών υλικών και του υλικού των χαλικοπασσάλων και ιδιαίτερα ο λόγος των μέτρων ελαστικότητας $\frac{E_c}{E_s}$ στη γραμμικώς ελαστική περιοχή.
- Ο συντελεστής συγκέντρωσης τάσεων n , ο οποίος προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και είναι ο λόγος κατανομής του κατακόρυφου φορτίου μεταξύ του χαλικοπασσάλου και του εδάφους.
- Το ανηγμένο μήκος του χαλικοπασσάλου $\frac{L}{d_c}$ το οποίο καθορίζει την πιθανή μορφή αστοχίας του.

3.1.5 Μέθοδοι κατασκευής

- «Υγρή» μέθοδος με τροφοδοσία στην αιχμή : η διάτρηση γίνεται με τη βοήθεια νερού που εκτοξεύεται από την αιχμή της δονητικής κεφαλής και

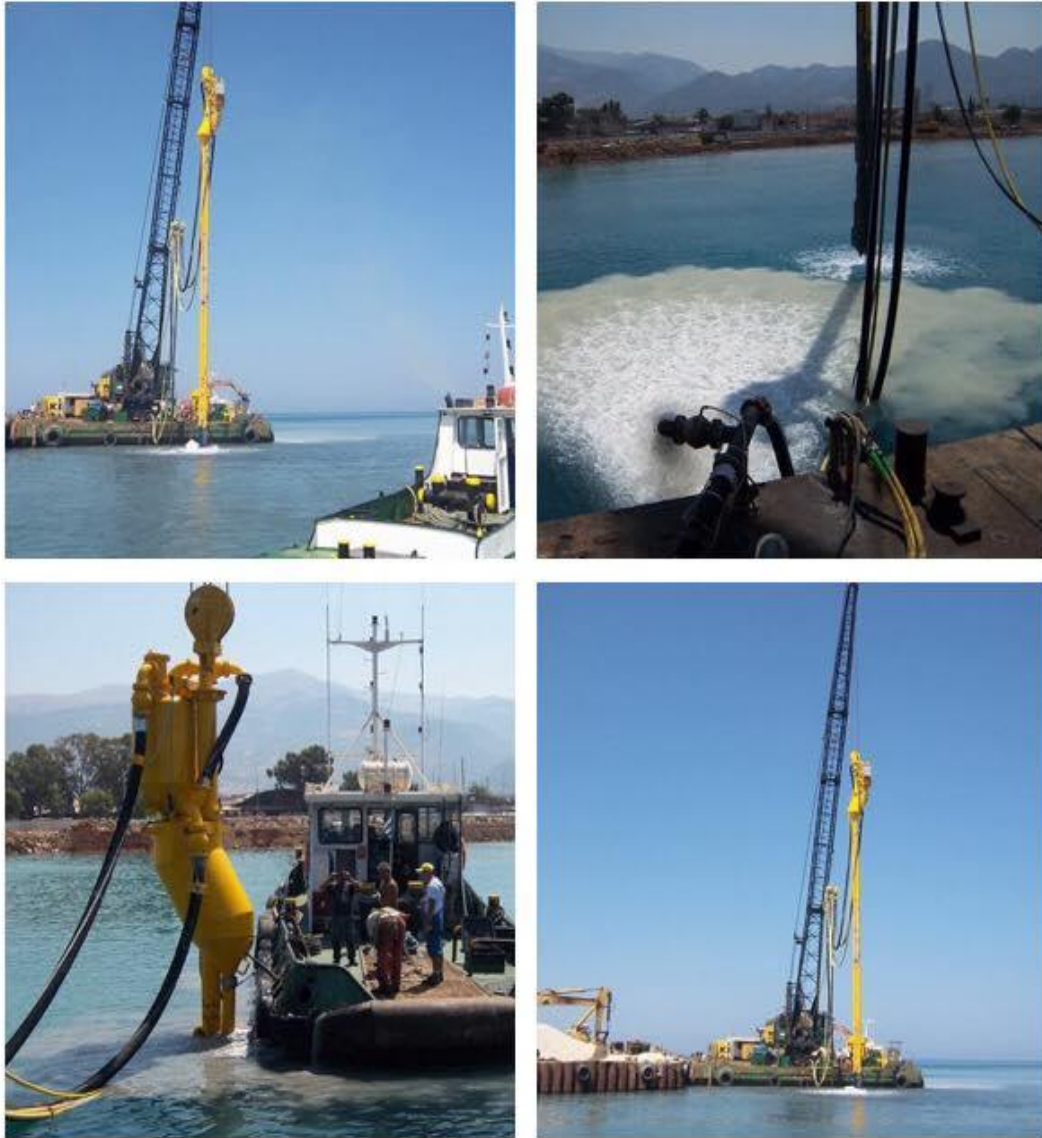
το υλικό πλήρωσης (χαλίκι) τροφοδοτείται στην αιχμή με τη βοήθεια ειδικού σωλήνα που είναι ενσωματωμένος στην δονητική στήλη.

- «Υγρή» μέθοδος με τροφοδοσία από πάνω : παρόμοια μέθοδος με την προηγούμενη μόνο που εδώ η τροφοδοσία με χαλίκι γίνεται από πάνω εκτοξεύοντας συνεχώς νερό καθ' ύψος της στήλης έτσι ώστε να διατηρείται ανοιχτός ο δακτύλιος μεταξύ του εδάφους και της στήλης.
- «Ξηρά» μέθοδος με τροφοδοσία στην αιχμή : κατασκευή χαλικοπασσάλου με τη βοήθεια της δονητικής στήλης , όπου το υλικό πλήρωσης (χαλίκι) μεταφέρεται μέσω ειδικού σωλήνα στην αιχμή με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα.
- «Ξηρά» μέθοδος με τροφοδοσία από πάνω : όμοια μέθοδος με την ξηρά μέθοδο με τροφοδοσία στην αιχμή μόνο που η τροφοδοσία με χαλίκι γίνεται από πάνω και αφού πρώτα έχει εξαχθεί από το έδαφος η δονητική στήλη. Η μέθοδος αυτή είναι δυνατόν να εφαρμοστεί μόνο εάν δεν υπάρχουν καταπτώσεις στην οπή π.χ. σε σταθερά εδάφη πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα.



Εικόνα 18 : Πλωτός γερανός κατά τη διάρκεια κατασκευής χαλικοπασσάλων.

Στην Εικόνα 19 φαίνεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των χαλικοπασσάλων στο έργο του Νέου Λιμένα Πατρών, καθώς και πολλά στιγμιότυπα από την εκτέλεση των εργασιών.



Εικόνα 19 : Εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στο έργο για την κατασκευή των χαλικοπασσάλων.

3.2 Caisson

3.2.1 Γενικά

Τα caisson είναι πλωτά κυψελωτά κιβώτια από σκυρόδεμα, τα οποία είναι κατάλληλα για υπεράκτιες κατασκευές και λιμενικά έργα, όπως για παράδειγμα οι κρηπιδότοιχοι. Τα πλωτά κυψελωτά κιβώτια (caisson) ονομάζονται πλωτά καθώς κατασκευάζονται πάνω σε μια ειδική αυτοβυθιζόμενη φορηγίδα (caissoniera). Στη συνέχεια με τη βοήθεια ενός ρυμουλκού μεταφέρονται στην τελική τους θέση, όπου βυθίζονται και οι κυψέλες τους γεμίζουν με κοκκώδες υλικό, έτσι ώστε να είναι σταθερά θεμελιωμένα στο υποθαλάσσιο στρώμα.

3.2.2 Στάδια κατασκευής

Τα βήματα που ακολουθούνται για την κατασκευή των κυψελωτών κιβωτίων (caisson) είναι τα παρακάτω :

- Έναρξη κατασκευής επί της πλωτής αυτοβυθιζόμενης φορηγίδας (caissoniera).



Εικόνα 20 : Πλωτή αυτοβυθιζόμενη φορηγίδα (caissoniera).

(www.kgrgroup.gr)

- Καθέλκυση του caisson και τοποθέτησή του παραπλεύρως της πλωτής αυτοβυθιζόμενης φορηγίδας.



Εικόνα 21 : Η διαδικασία καθέλκυσης του caisson. (www.kgrgroup.gr)

- Εν πλω συνέχιση της κατασκευής.



Εικόνα 22 : Κατασκευή του caisson εν πλω. (www.kgrgroup.gr)

- Μεταφορά του caisson με την βοήθεια ρυμουλκού και πόντιση στην τελική του θέση.



Εικόνα 23 : Το caisson κατά τη μεταφορά του με ρυμουλκό.

(www.kgrgroup.gr)

- Πλήρωση των κυψελών με κοκκώδη υλικά.



Εικόνα 24 : Οι κυψέλες του caisson. (www.kgrgroup.gr)

Στην τελική θέση των caisson πρέπει να γίνει και η κατάλληλη διαμόρφωση του εδάφους πάνω στο οποίο θα εδράζονται. Η βάση έδρασής τους έχει τραπεζοειδή διατομή και αποτελείται από στρώσης από κοκκώδη υλικά με υψηλή αντοχή.

4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

PLAXIS 2D

4.1 Γενικά

Το PLAXIS 2D είναι ένα πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων που προορίζεται για τη δισδιάστατη ανάλυση των παραμορφώσεων και της σταθερότητας που παρουσιάζει μια κατασκευή στη γεωτεχνική μηχανική. Είναι εξοπλισμένο με τα απαραίτητα χαρακτηριστικά, έτσι ώστε να μπορεί να επεξεργάζεται τις διάφορες πτυχές των γεωτεχνικών κατασκευών και των κατασκευαστικών διαδικασιών, μέσω υπολογιστικών βημάτων.

Με το PLAXIS 2D η γεωμετρία του μοντέλου μπορεί εύκολα να καθοριστεί. Ακόμα ανεξάρτητα στερεά μοντέλα μπορούν αυτόματα να διασταυρωθούν και να συνδεθούν. Η σταδιακή κατασκευή του μοντέλου επιτρέπει την προσομοίωση της κατασκευής και των διαδικασιών της εκσκαφής, με την ενεργοποίηση και την απενεργοποίηση αντικειμένων της δομής και του εδάφους. Ο πυρήνας υπολογισμού επιτρέπει μια ρεαλιστική προσομοίωση της συμπεριφοράς των εδαφών. Δεδομένου ότι το έδαφος είναι ένα πολυφασικό υλικό, ειδικές διαδικασίες επιτρέπουν τους υπολογισμούς των υδροστατικών και μη υδροστατικών πιέσεων των πόρων σε αυτό. Το αποτέλεσμα που προκύπτει αποτελείται από μια πλήρη ακολουθία εργαλείων οπτικοποίησης ώστε να μπορούν να ελεγχθούν οι λεπτομέρειες του δισδιάστατου μοντέλου, του υπογείου εδάφους και της κατασκευής.

Οι τυπικές εφαρμογές του PLAXIS σε έργα υποδομής περιλαμβάνουν:

- Αξιολόγηση των μετατοπίσεων του επιπέδου του δρόμου κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου.
- Ανάλυση της σταθερότητας των αναχωμάτων.
- Μετατοπίσεις του εδάφους γύρω από την εκσκαφή.
- Σταθερότητα του φράγματος κατά τη διάρκεια διαφορετικών επιπέδων νερού και πολλά άλλα.

Το PLAXIS 2D είναι ένα πρόγραμμα φιλικό προς το χρήστη, προσφέροντας ευέλικτες και ρεαλιστικές προσομοιώσεις των φάσεων κατασκευής. Ακόμα, παρέχει έναν ισχυρό και αξιόπιστο πυρήνα υπολογισμού, καθώς και λεπτομέρη και ολοκληρωμένη επεξεργασία, καθιστώντας το μια ολοκληρωμένη λύση για τον καθημερινό γεωτεχνικό σχεδιασμό και ανάλυσή.

Η ανάλυση στο PLAXIS 2D περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1^ο

- Καθορισμός του μοντέλου
- Εισαγωγή της γεωμετρίας και των δομικών στοιχείων
- Εφαρμογή οριακών συνθηκών
- Εφαρμογή των μετατοπίσεων
- Εισαγωγή των ιδιοτήτων των υλικών
- Διακριτοποίηση (Mesh generation)

Βήμα 2^ο

- Αρχικές συνθήκες ροής
- Παραγωγή της αρχικής πίεσης των πόρων νερού
- Καθορισμός αρχικών πιέσεων

Βήμα 3^ο

- Υπολογισμός

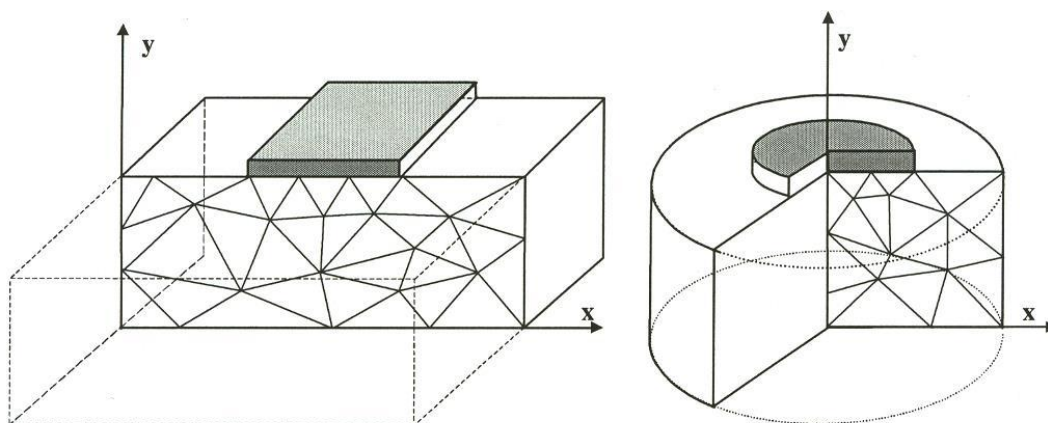
Βήμα 4^ο

- Αποτέλεσμα

4.2 Βασικές αρχές του προγράμματος PLAXIS 2D

Η προσομοίωση φυσικών προβλημάτων στον κώδικα πεπερασμένων στοιχείων PLAXIS βασίζεται στη μόρφωση είτε διδιάστατων αξονοσυμμετρικών προσομοιωμάτων (axisymmetric model) είτε διδιάστατων προσομοιωμάτων πεπερασμένων στοιχείων με επίπεδη παραμόρφωση (plane strain model) με δύο βαθμούς ελευθερίας σε κάθε κόμβο (x και y διεύθυνση). Παραδείγματα τέτοιων προσομοιωμάτων φαίνονται στην Εικόνα 25. Τα διδιάστατα αξονοσυμμετρικά προσομοιώματα χρησιμοποιούνται για κυκλικές κατασκευές με ομοιόμορφη ακτινική διατομή και φόρτιση γύρω από ένα κεντρικό άξονα, όπου η κατάσταση παραμορφώσεων και τάσεων

θεωρούνται ταυτόσημες σε κάθε ακτινική διεύθυνση. Τα διδιάστατα προσομοιώματα επίπεδης παραμόρφωσης χρησιμοποιούνται για κατασκευές με μία (περισσότερο ή λιγότερο) ομοιόμορφη διατομή και αντίστοιχη κατάσταση τάσεων και φορτίσεων για ένα συγκεκριμένο μήκος κάθετα στο επίπεδο (z διεύθυνση), όπου οι παραμορφώσεις και οι μετακινήσεις θεωρούνται μηδενικές. Παρόλα αυτά οι ορθές τάσεις και σε αυτή τη διεύθυνση λαμβάνονται πλήρως υπόψη στην ανάλυση.



Εικόνα 25 : Παραδείγματα δισδιάστατου προσομοιώματος πεπερασμένων στοιχείων με επίπεδη παραμόρφωση και δισδιάστατου αξονοσυμμετρικού προσομοιώματος.

Για τη διακριτοποίηση του χώρου είναι δυνατή η χρήση δεκαπεντάκομβων (15-nodes) ή εξάκομβων (6-nodes) τριγωνικού σχήματος πεπερασμένων στοιχείων. Τα δεκαπεντάκομβια τριγωνικού σχήματος πεπερασμένα στοιχεία παρέχουν μεγαλύτερης ακρίβειας και ποιότητας αποτελέσματα όσον αφορά την εντατική κατάσταση των εδαφικών και κατασκευαστικών προσομοιωμάτων σε φυσικά προβλήματα με ιδιαίτερες δυσκολίες, σε σύγκριση με τα εξάκομβια τριγωνικού σχήματος πεπερασμένα στοιχεία. Αυτό οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι τα πρώτα παρέχουν μια τέταρτης τάξης παρεμβολή για μετακινήσεις και αριθμητική ολοκλήρωση που εμπεριέχει 12 σημεία τάσεων (Gauss points).

Αξίζει να σημειωθεί ότι το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων που περιγράφηκε παραπάνω, είναι η δυνατότητα

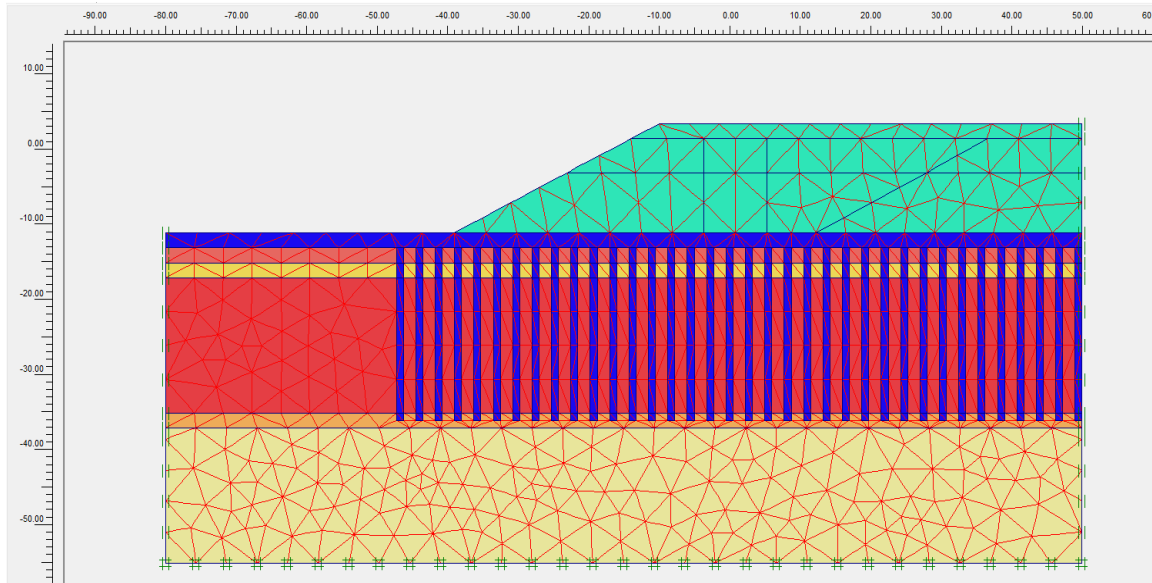
διακριτοποίησης του χώρου, δηλαδή ο διαχωρισμός του σε μικρών διαστάσεων υποχώρους (στοιχεία). Με αυτόν τον τρόπο ένα ανομοιογενές συνεχές μέσο μπορεί να μετατραπεί σε διακριτό μέσο αποτελούμενο από μικρότερα στοιχεία με διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες το καθένα, τα οποία αλληλεπιδρούν μέσω των κοινών κόμβων. Η μέθοδος εξασφαλίζει τη συνολική ισορροπία του κάθε στοιχείου, καθώς και την ισορροπία των δράσεων στους κόμβους.

4.3 Υποπρογράμματα

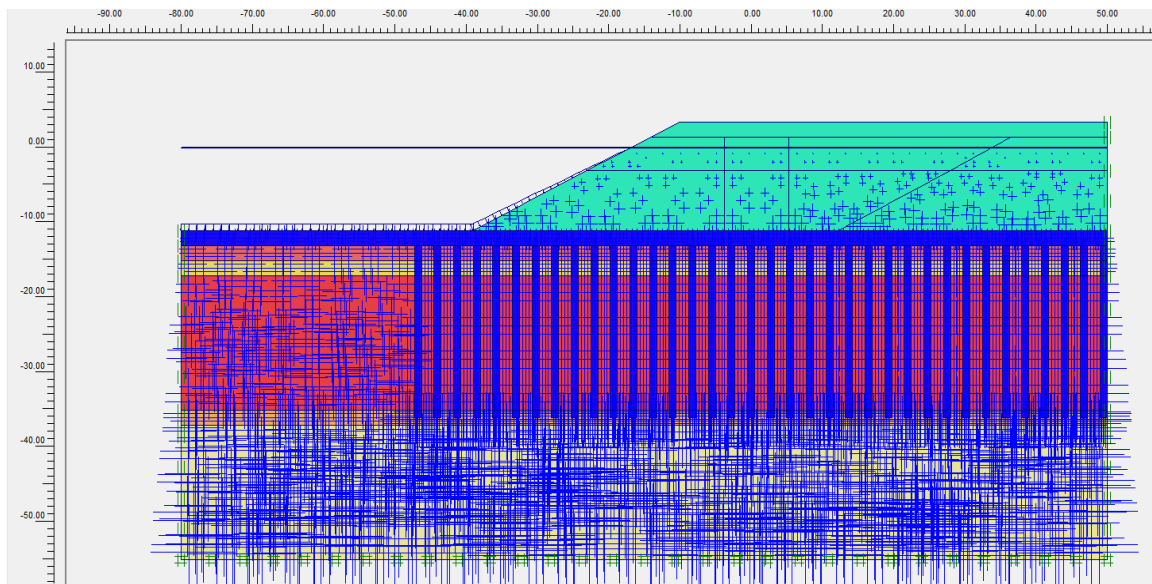
Το PLAXIS 2D χωρίζεται σε τέσσερα υποπρογράμματα. Τα υποπρογράμματα αυτά είναι τα εξής :

4.3.1 Εισαγωγή δεδομένων (input)

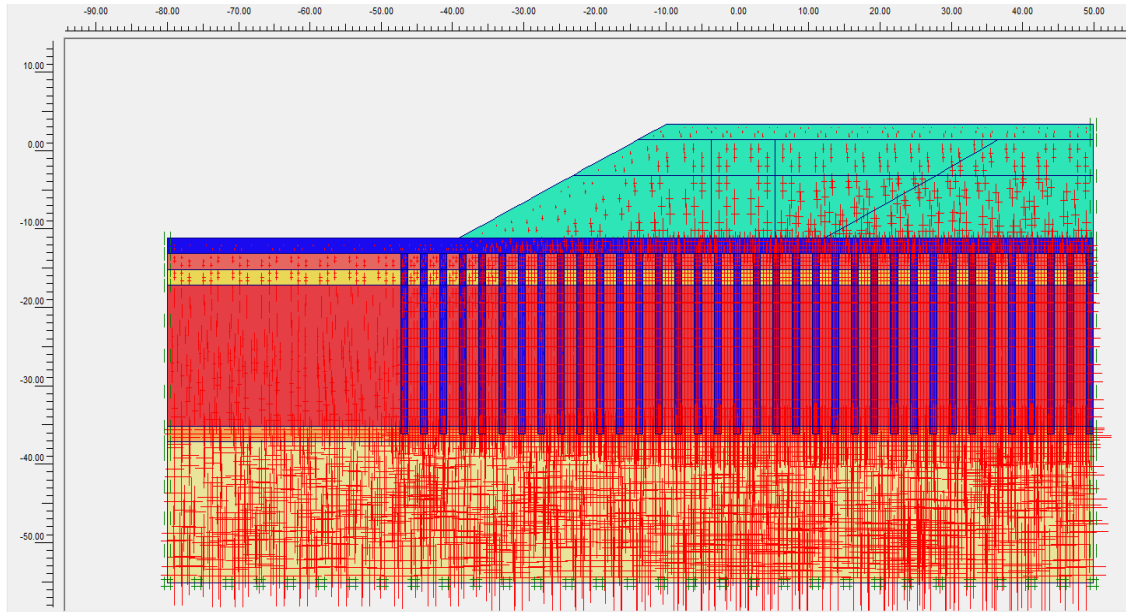
Στο υποπρόγραμμα αυτό γίνεται ο σχεδιασμός της γεωμετρίας που θα μελετηθεί και ο διαχωρισμός των εδαφικών υλικών. Στην παρούσα διπλωματική η γεωμετρία που σχεδιάστηκε στο πρόγραμμα είναι αυτή του κρηπιδοτόιχου του 3^{ου} τμήματος της Α' φάσης του Νέου Λιμένα Πατρών, εκτός της περιοχής των κρατήρων. Αφού ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός της γεωμετρίας, εισάγονται οι ιδιότητες των εδαφικών στρωμάτων. Το επόμενο βήμα είναι στην κατασκευή που έχει ήδη σχεδιαστεί και αφού έχει γίνει ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των υλικών να γίνει η δημιουργία του πλέγματος των πεπερασμένων στοιχείων (mesh generation). Αμέσως μετά την διακριτοποίηση του μοντέλου ακολουθεί ο ορισμός των αρχικών εντατικών συνθηκών (initial conditions). Ο καθορισμός των αρχικών εντατικών συνθηκών χωρίζεται σε δύο στάδια. Αυτά τα στάδια είναι ο καθορισμός των υδροστατικών τάσεων και των γεωστατικών τάσεων. Ακόμα κατά των καθορισμό των αρχικών εντατικών συνθηκών πρέπει να καθοριστεί και η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα (phreatic level). Στις εικόνες που ακολουθούν (Εικόνες 26, 27 & 28) φαίνονται οι διαδικασίες που περιγράφηκαν παραπάνω.



Εικόνα 26 : Πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων (mesh generation).



Εικόνα 27 : Πίεση πόρων νερού (pore pressure).



Εικόνα 28 : Κατανομή ενεργών τάσεων.

4.3.2 **Εκτέλεση υπολογισμών (calculations)**

Μετά την εισαγωγή των δεδομένων (input) ακολουθεί η εκτέλεση των υπολογισμών. Η ανάλυση του μοντέλου μπορεί να πραγματοποιηθεί σε επιμέρους φάσεις, δίνοντας τη δυνατότητα να ενεργοποιούνται σταδιακά τα τμήματα της κατασκευής. Κάθε φάση της οποίας οι υπολογισμοί έχουν εκτελεστεί επιτυχώς επισημαίνεται με ένα πράσινο σύμβολο (✓), ενώ όταν υπάρχει κάποιο πρόβλημα κατά την εκτέλεση των υπολογισμών η φάση επισημαίνεται με ένα κόκκινο σύμβολο (x) και παράλληλα εμφανίζεται ένα μήνυμα αναφέροντας που βρίσκεται το λάθος. Ακόμα αξίζει να σημειωθεί ότι στο στάδιο αυτό γίνεται η επιλογή σημείων της κατασκευής (select points for curves), τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια από το υποπρόγραμμα curves για την δημιουργία διαγραμμάτων που θα εξετάζουν τη συμπεριφορά του συγκεκριμένου σημείου ως προς μια συγκεκριμένη μεταβλητή, καθόλη τη διάρκεια της κατασκευής. Οι φάσεις που έχουν επιλεγεί για την ανάλυση του μοντέλου του κρηπιδοτόιχου του 3^{ου} τμήματος της Α' φάσης του Νέου Λιμένα Πατρών περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω στην ενότητα Περιγραφή της αλληλουχίας των φάσεων. Στο υποπρόγραμμα αυτό περιέχεται και η λειτουργία phi/c reduction, η οποία χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των συντελεστών ασφαλείας στα μοντέλα που εξετάστηκαν στο PLAXIS 2D.

Η μέθοδος phi/c reduction βασίζεται στη μείωση της συνοχής (c) και της εφαπτομένης της γωνίας τριβής του εδάφους ($\tan\phi$). Οι παράμετροι μειώνονται σε βήματα μέχρι το έδαφος να αστοχήσει. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί έναν συντελεστή για να συνδέσει την μείωση των παραμέτρων κατά την διάρκεια των υπολογισμών, σε οποιοδήποτε στάδιο, με τις παραμέτρους που εισάγονται στο πρόγραμμα. Η σχέση αυτή φαίνεται στην εξίσωση που ακολουθεί :

$$\sum M_{sf} = \frac{\tan \tan \phi_{input}}{\tan \tan \phi_{reduced}} = \frac{c_{input}}{c_{reduced}}$$

Όπου :

- M_{sf} είναι ο συντελεστής μείωσης
- $\tan\phi_{input}$ και c_{input} είναι οι παράμετροι του εδάφους που εισάγονται στο πρόγραμμα
- $\tan\phi_{reduced}$ και $c_{reduced}$ είναι οι παράμετροι που μειώνονται και υπολογίζονται κατά τη διάρκεια της ανάλυσης

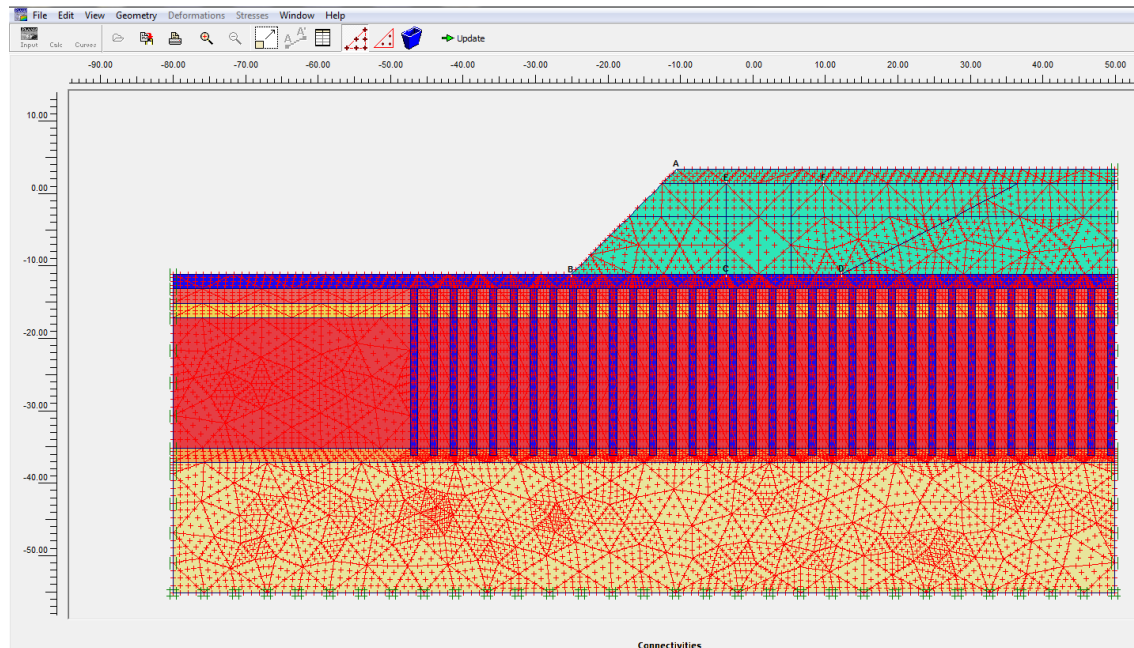
Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών τύπων των εδαφών μειώνονται στον ίδιο χρόνο. Αντιθέτως τα μηχανικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του μοντέλου, όπως για παράδειγμα οι πλάκες και τα αγκύρια, δεν επηρεάζονται από την λειτουργία phi/c reduction. Ο συνολικός πολλαπλασιαστής $\sum M_{sf}$ χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της άντοχής του εδάφους σε ένα συγκεκριμένο στάδιο της ανάλυσης. Στο στάδιο όπου το πρηνές αστοχεί υπολογίζεται ο συντελεστής ασφαλείας SF.

4.3.3 Εξαγωγή αποτελεσμάτων (output)

Μετά την ολοκλήρωση των υπολογισμών, η λειτουργία output δίνει τη δυνατότητα της παρουσίασης των αποτελεσμάτων της κάθε υπολογιστικής φάσης ξεχωριστά. Η εξαγωγή δεδομένων (Output) ενεργοποιείται με την εντολή της αντίστοιχης λειτουργίας και επιλέγοντας τη φάση που εξετάζεται κάθε φορά παρουσιάζονται τα αντίστοιχα εποπτικά διαγράμματα.

4.3.4 Παραγωγή διαγραμμάτων (curves)

Κατά την διάρκεια των προσομοιώσεων παρέχεται η δυνατότητα από το πρόγραμμα, επιλογής διαφόρων σημείων πάνω στην υπό εξέταση γεωμετρία. Σε αυτά τα σημεία με τη βοήθεια της λειτουργίας Curves μπορούν να δημιουργηθούν γραφικές παραστάσεις που θα εξετάζουν τη συμπεριφορά του συγκεκριμένου σημείου ως προς μια συγκεκριμένη μεταβλητή.



Εικόνα 29 : Παράθυρο για επιλογή σημείων για το υποπρόγραμμα curves.

4.4 Καταστατικοί νόμοι για τη συμπεριφορά του εδάφους

Το PLAXIS 2D παρέχει μια πληθώρα μοντέλων για την ανάλυση της συμπεριφοράς του εδάφους. Τα μοντέλα αυτά είναι τα παρακάτω :

- Linear Elastic
- Mohr- Coulomb
- Joined rock model
- Hardening soil model
- Hardening soil model with small – strain stiffness
- Soft soil creep model
- Soft soil model
- Modified cam – clay model

Στις αναλύσεις που έγιναν στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκε το ελαστικό – πλαστικό μοντέλο Mohr – Coulomb. Πρόκειται για ένα μοντέλο που παρέχει μια γενική προσέγγιση της συμπεριφοράς του εδάφους, καθώς γίνεται η παραδοχή ότι ακολουθείται το κριτήριο αστοχίας Mohr- Coulomb. Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται από το μοντέλο αυτό για να γίνουν οι υπολογισμοί είναι οι παρακάτω :

- Το μέτρο ελαστικότητας του Young E (kN/m^3)
- Η γωνία εσωτερικής τριβής φ ($^\circ$)
- Η συνοχή c (kN/m^2)
- Ο λόγος του Poisson ν

5. ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ PLAXIS 2D ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΑΤΡΩΝ.

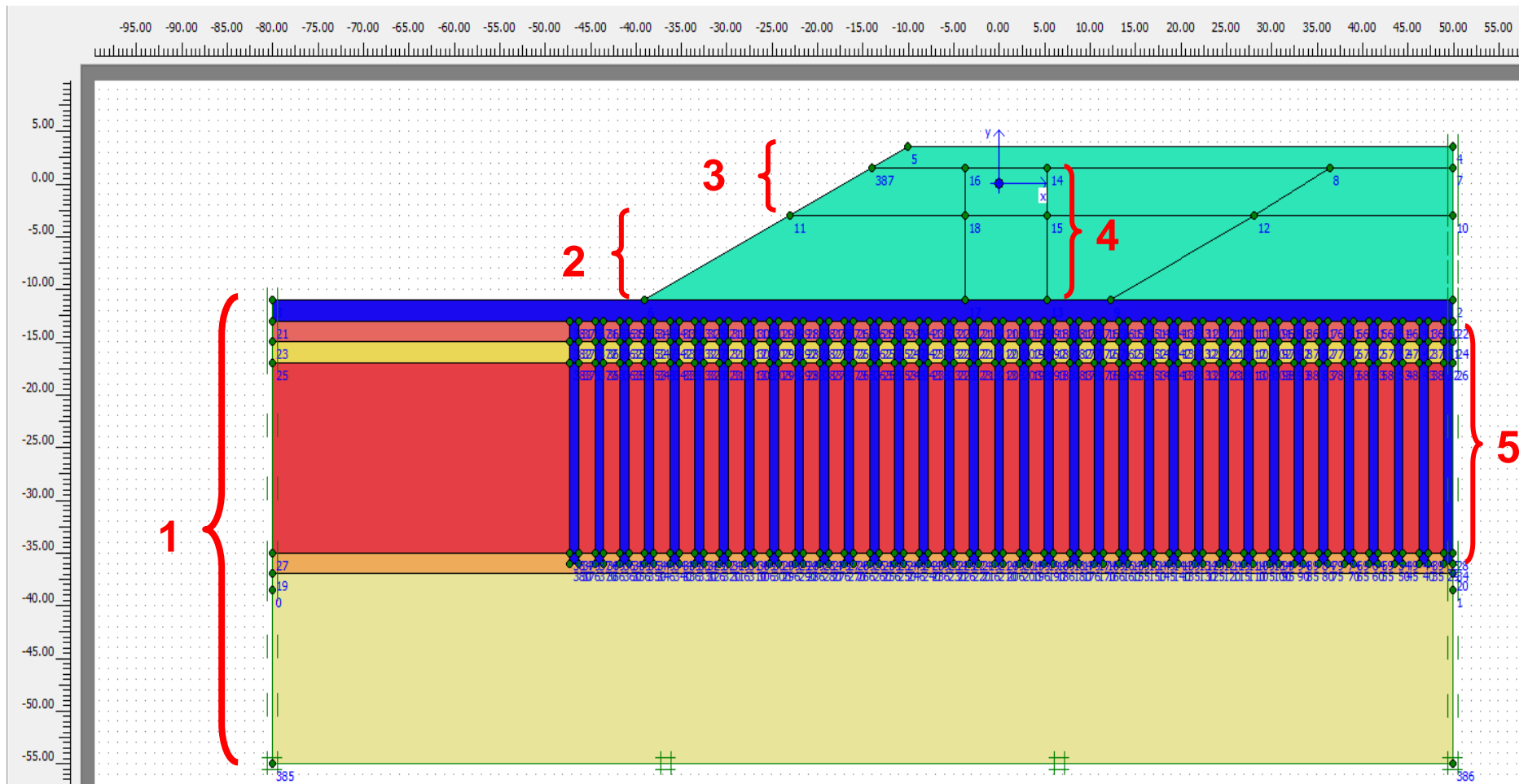
5.1 Γενικά

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε προσομοίωση της κατασκευής του κρηπιδότοιχου του 3^{ου} τμήματος της Α' φάσης του Νέου Λιμένα Πατρών στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων PLAXIS 2D.

Το μοντέλο που αναλύεται στο PLAXIS αποτελείται από τα εξής στοιχεία :

1. Τον πυθμένα της περιοχής του κρηπιδότοιχου, ο οποίος αποτελείται από διαφορετικά στρώματα εδαφικών υλικών, όπως αυτά περιγράφονται στην ενότητα των γεωτεχνικών ερευνών. Το πρώτο στρώμα του πυθμένα είναι μια εξυγιαντική στρώση δύο μέτρων, η οποία αποτελείται από το ίδιο υλικό με τους χαλικοπασσάλους και βοηθά στην κατασκευή τους και στην καλύτερη αποστράγγιση.
2. Το επίχωμα της Α' φάσης της προφόρτισης.
3. Το επίχωμα της Β' φάσης της προφόρτισης.
4. Το caisson στην διάταξη που παρουσιάζεται στην συγκεκριμένη διπλωματική έχει εισαχθεί ως ένα μπλοκ υλικού με συγκεκριμένο όγκο, ο οποίος υπολογίσθηκε με βάση τα δεδομένα της τομής του.
5. Τους χαλικοπασσάλους, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την εξυγίανση του πυθμένα.

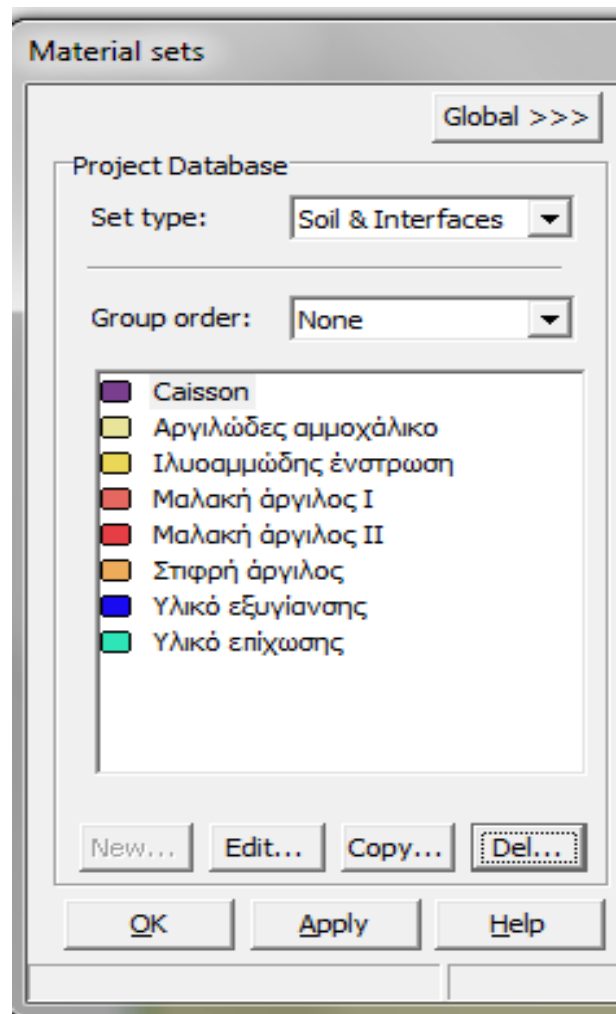
Στην Εικόνα 30 φαίνονται τα στοιχεία που περιγράφηκαν παραπάνω με το αντίστοιχη αρίθμηση. Η μέση στάθμη της θάλασσας (Μ.Σ.Θ.) βρίσκεται στα 0,00 m.



Εικόνα 30 : Η διάταξη του κρηπιδότοιχου

5.2 Μηχανικά χαρακτηριστικά

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 30, κάθε στρώμα υλικού έχει διαφορετικό χρώμα και όπως είναι λογικό έχει και διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες. Τα διαφορετικά εδαφικά υλικά του μοντέλου καθώς και οι ιδιότητες τους φαίνονται στην Εικόνα 31 και στον Πίνακα 5 που ακολουθούν.



Εικόνα 31 : Εδαφικά υλικά και τα αντίστοιχα χρώματα.

Πίνακας 5 : Ιδιότητες των εδαφικών υλικών.

	Υλικό επίχωσης	Υλικό εξυγίανσης	Μαλακή άργιλος I	Ιλυοαμμώδης ένστρωση	Μαλακή άργιλος II	Στιφρή άργιλος	Αργιλώδες αμμοχάλικο
γ_{sat} (kN/m³)	19	20	18,5	19,5	18,5	20	20
c (kPa)	0,1	0,1	30	10	37	200	35
φ (°)	32,5	35	18	28	18	20	30
E (kPa)	10000	10000	5700	19000	7500	20000	14500
k_x = k_y (m/day)	604,8	2592	0,00864	0,0864	0,00864	0,000864	8,64
v	0,3	0,3	0,35	0,3	0,35	0,3	0,3
Material model	Mohr - Coulomb	Mohr - Coulomb	Mohr - Coulomb	Mohr - Coulomb	Mohr - Coulomb	Mohr - Coulomb	Mohr - Coulomb
Material type	Drained	Drained	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained

Οι ιδιότητες των εδαφικών υλικών αλλά και η στρωματογραφία του μοντέλου προέκυψαν από τα δεδομένα της Τεχνικής Έκθεσης του έργου, καθώς και από τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών που είχαν διενεργηθεί από την ομάδα της μελέτης του έργου.

5.3 Περιγραφή της αλληλουχίας των φάσεων

Κατά την προσομοίωση της κατασκευής του κρηπιδοτόιχου του Νέου Λιμένα Πατρών στο πρόγραμμα PLAXIS 2D ακολουθήθηκαν οι φάσεις κατασκευής που περιγράφονται παρακάτω.

Αρχική φάση (Initial Phase) : κατά την φάση αυτή είναι ενεργοποιημένος μόνο ο πυθμένας με τους χαλικοπασσάλους.

1^η φάση (Phase 1) : σε αυτό το στάδιο ενεργοποιείται και η Α' φάση του επιχώματος της προφόρτισης, η οποία παραμένει για 10 ημέρες αρχικά, που είναι και το χρονικό διάστημα της κατασκευής της.

2^η φάση (Phase 2) : στη φάση αυτή παραμένει ενεργοποιημένο το επίχωμα της Α' φάσης προφόρτισης για 290 ημέρες έτσι όπως προβλέπεται για να ολοκληρωθεί το στάδιο της Α' φάσης προφόρτισης.

3^η φάση (Phase 3) : η φάση αυτή αφορά την κατασκευή του επιχώματος της προφόρτισης της Β' φάσης. Η διάρκεια της κατασκευής είναι 5 ημέρες.

4^η φάση (Phase 4) : στο στάδιο αυτό παραμένει ενεργοποιημένο το επίχωμα της Β' φάσης προφόρτισης για ακόμα 360 ημέρες. Με τη φάση αυτή ολοκληρώνεται και η προφόρτιση της Β' φάσης.

5^η φάση (Phase 5) : αυτό είναι και το τελευταίο στάδιο της κατασκευής. Σε αυτό το στάδιο γίνεται άρση μέρους της προφόρτισης και τοποθετείται το caisson.

6^η φάση (Phase 6) : στη φάση αυτή το πρόγραμμα εκτελεί υπολογισμούς για τον προσδιορισμό του συντελεστή ασφαλείας της τελικής κατασκευής έτσι όπως αυτή έχει διαμορφωθεί στην 5^η φάση.

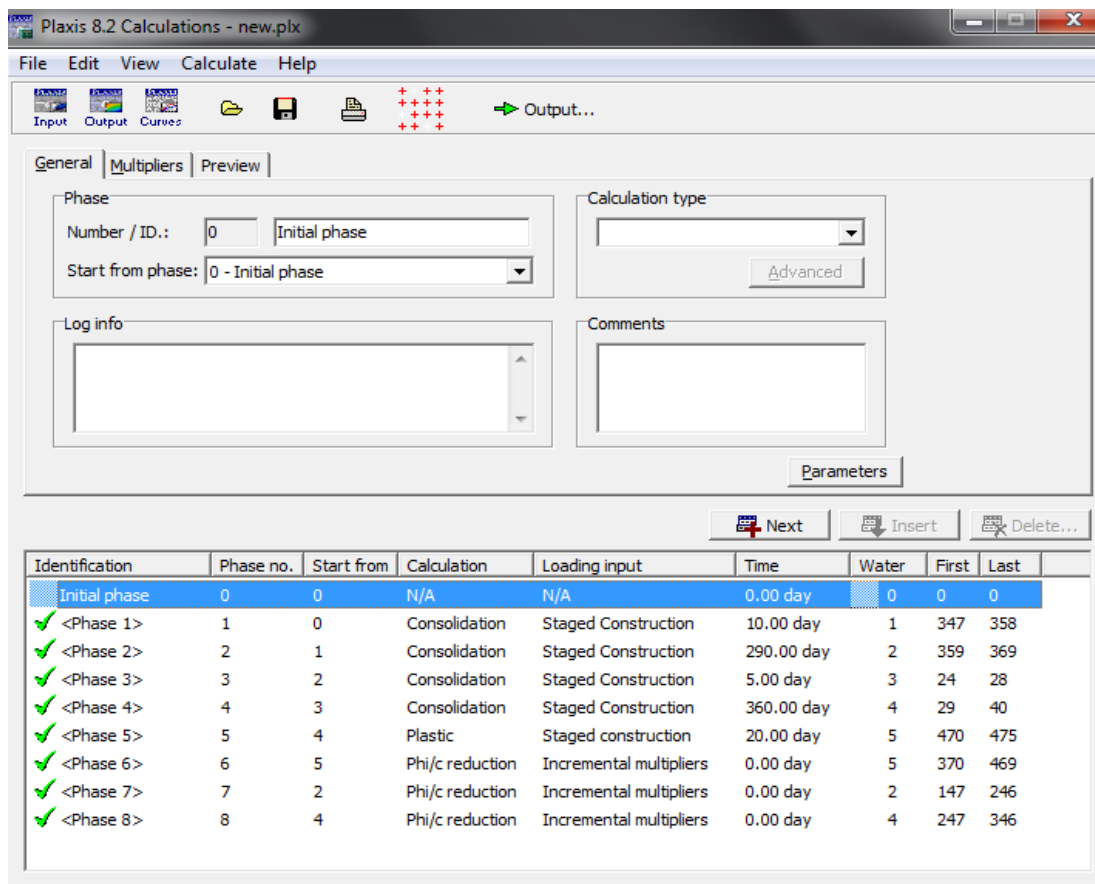
7^η φάση (Phase 7) : και αυτή η φάση χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του συντελεστή ασφαλείας αλλά για το στάδιο της κατασκευής κατά το οποίο έχει ολοκληρωθεί η Α' φάση της προφόρτισης (2^η φάση).

8^η φάση (Phase 8) : πραγματοποιείται προσδιορισμός του συντελεστή ασφαλείας, αλλά για το στάδιο της κατασκευής μέχρι και την ολοκλήρωση της Β' φάσης της προφόρτισης, δηλαδή όπως η είναι αυτή στην 4^η φάση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι για τις φάσεις 1 έως 4 ο τύπος των υπολογισμών είναι consolidation, ενώ για την επιβολή των φορτίων χρησιμοποιείται η επιλογή staged construction. Στην 5^η φάση αλλάζει μόνο ο τύπος των υπολογισμών σε plastic και η επιλογή staged construction παραμένει.

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων σε σχέση με τον συντελεστή ασφαλείας της κάθε φάσης δημιουργούνται τρεις επιπλέον φάσεις. Στις φάσεις αυτές (6-8) χρησιμοποιείται η επιλογή phi-c reduction του προγράμματος και υπολογίζεται ο συντελεστής ασφαλείας της κάθε φάσης κατασκευής (2^η φάση, 4^η φάση, 5^η φάση) με τους παράγοντες ϕ και c να μεταβάλλονται. Ακόμα για την διενέργεια των υπολογισμών αυτών πρέπει να είναι ενεργοποιημένες οι επιλογές reset displacements to zero και delete intermediate steps, ενώ στην 6^η φάση πρέπει να είναι ενεργοποιημένη και η επιλογή ignore undrained behavior.

Στην Εικόνα 32, παρουσιάζονται οι υπολογιστικές φάσεις που περιγράφηκαν παραπάνω σε ένα παράθυρο του προγράμματος, αφού έχουν ολοκληρωθεί οι υπολογισμοί σε όλες τις φάσεις.



Εικόνα 32 : Παράθυρο του προγράμματος PLAXIS 2D κατά την εκτέλεση των υπολογισμών για τις υπολογιστικές φάσεις.

5.4 Παραμετρικές αναλύσεις

Οι παραμετρικές αναλύσεις που εκτελέστηκαν αφορούν αλλαγές στο μήκος και στην πυκνότητα των χαλικοπασσάλων, καθώς και στην κλίση του επιχώματος της προφόρτισης.

5.4.1 1^η σειρά παραμετρικών αναλύσεων

Σε αυτή την σειρά παραμετρικών αναλύσεων γίνεται εκτίμηση των μεταβολών που επιφέρει η αλλαγή του μήκους των χαλικοπασσάλων, στις μετατοπίσεις που παρουσιάζουν τα επιχώματα προφόρτισης της Α' φάσης, της Β' φάσης και της τελικής φάσης της κατασκευής. Εκτελέστηκαν τρεις αναλύσεις με μήκη χαλικοπασσάλων 8 m, 15 m και 23 m αντίστοιχα. Στα γραφήματα που ακολουθούν φαίνονται οι συνολικές μετατοπίσεις που καταγράφονται μετά το τέλος κάθε φάσης, για το αντίστοιχο μήκος χαλικοπασσάλων καθώς και για το

πλήθος των ενεργοποιημένων κάθε φορά πασσάλων. Οι φάσεις του έργου που αναφέρονται είναι οι εξής :

- Α' φάση : είναι η φάση της κατασκευής κατά την οποία έχει ολοκληρωθεί η Α' φάση προφόρτισης.
- Β' φάση : αποτελεί το στάδιο της κατασκευής κατά το οποίο έχει ολοκληρωθεί και η Β' φάση προφόρτισης.
- Τελική φάση : είναι το στάδιο κατά το οποίο έχει γίνει άρση μέρους της προφόρτισης και έχει τοποθετηθεί το caisson, δηλαδή η κατασκευή βρίσκεται στην τελική της μορφή.

5.4.1.1 Παραμετρικές αναλύσεις με ενεργοποιημένο το σύνολο των χαλικοπασσάλων

Στο Διάγραμμα 1 που ακολουθεί απεικονίζονται οι συνολικές μετατοπίσεις έτσι όπως προέκυψαν από την ανάλυση που έγινε για μήκος χαλικοπασσάλων 8, 15 και 23 m αντίστοιχα, με ενεργοποιημένο το σύνολο των χαλικοπασσάλων.



Διάγραμμα 1 : Συγκεντρωτική απεικόνιση των συνολικών μετατοπίσεων μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για μήκη χαλικοπασσάλων 8, 15, 23 m και με ενεργοποιημένους όλους τους χαλικοπασσάλους.

Τα αποτελέσματα που φαίνονται στο Διάγραμμα 1 προέκυψαν από παραμετρικές αναλύσεις που έγιναν στο πρόγραμμα PLAXIS 2D και οι τιμές των συνολικών μετατοπίσεων παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

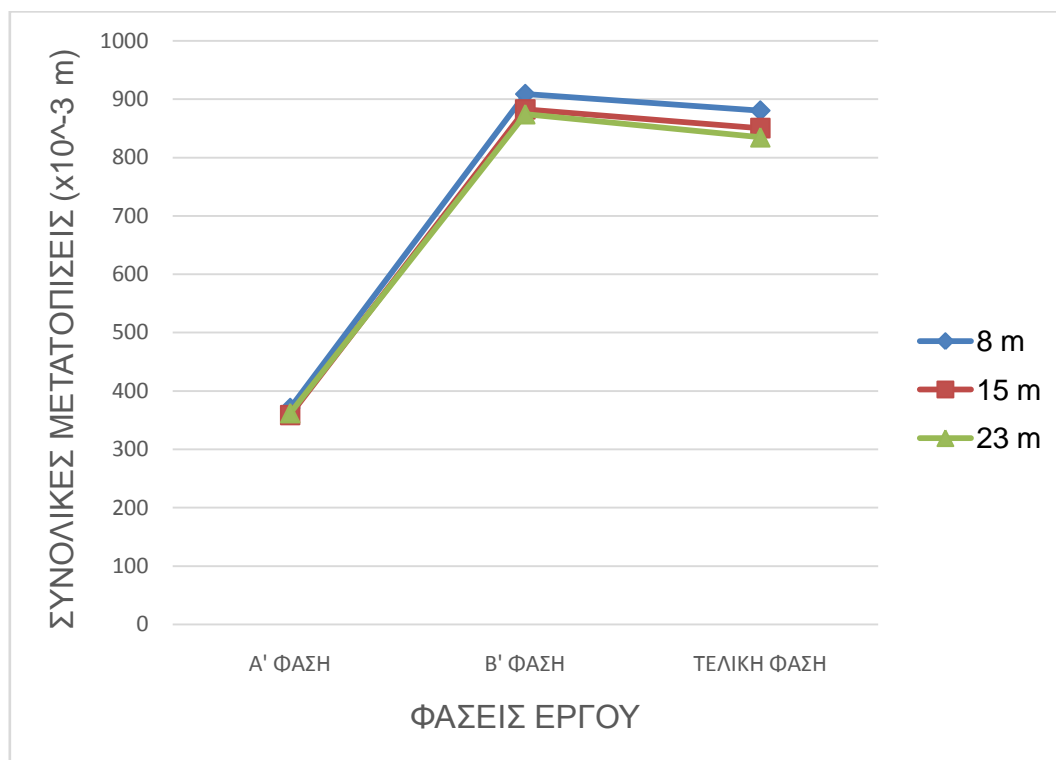
Πίνακας 6 : Συγκεντρωτική παρουσίαση των συνολικών μετατοπίσεων μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για μήκη χαλικοπασσάλων 8, 15, 23 m και με ενεργοποιημένους όλους τους χαλικοπασσάλους.

	ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ		
	8 m	15 m	23 m
ΦΑΣΕΙΣ ΕΡΓΟΥ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΙΣ (x10⁻³ m)		
Α' ΦΑΣΗ	369,38	353,98	348,82
Β' ΦΑΣΗ	898,59	863,07	846,62
ΤΕΛΙΚΗ ΦΑΣΗ	864,38	817,87	782,64

Η πρώτη ανάλυση πραγματοποιήθηκε για μήκος χαλικοπασσάλων 8 m. Στην επόμενη ανάλυση διπλασιάζεται περίπου το μήκος των χαλικοπασσάλων από 8 σε 15 m με την πυκνότητά τους να παραμένει σταθερή. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μετατοπίσεις που παρατηρούνται στην δεύτερη περίπτωση είναι ελάχιστα μικρότερες σε σχέση με αυτές που προέκυψαν για μήκος χαλικοπασσάλων 8 m και φαίνονται στο Διάγραμμα 1, παραπάνω. Στην τελευταία ανάλυση τριπλασιάστηκε σχεδόν το μήκος των χαλικοπασσάλων σε σχέση με την πρώτη ανάλυση, φτάνοντας τα 23 m και διατηρήθηκαν όλοι οι χαλικοπασσάλοι ενεργοποιημένοι. Στην περίπτωση αυτή παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των μετατοπίσεων σε σχέση με τις δύο προηγούμενες περιπτώσεις.

5.4.1.2 Παραμετρικές αναλύσεις με ενεργοποιημένο το 1/2 του συνόλου των χαλικοπασσάλων.

Στις παραμετρικές αναλύσεις τα αποτελέσματα, των οποίων φαίνονται στο διάγραμμα που ακολουθεί, χρησιμοποιήθηκαν και πάλι τρία μήκη χαλικοπασσάλων (8 m, 15 m, 23 m) με τη διαφορά όμως ότι άλλαξε η πυκνότητα των χαλικοπασσάλων, καθώς ενεργοποιήθηκαν μόνο οι μισοί.



Διάγραμμα 2 : Παρουσίαση συνολικών μετατοπίσεων μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για μήκος χαλικοπασσάλων 8, 15, 23 m και ενεργοποιημένους τους μισούς χαλικοπασσάλους.

Αναλυτικότερα τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 2, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7).

Πίνακας 7 : Συγκεντρωτική παρουσίαση των συνολικών μετατοπίσεων μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για μήκη χαλικοπασσάλων 8, 15, 23 m και με ενεργοποιημένους τους μισούς χαλικοπασσάλους.

	ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ		
	8 m	15 m	23 m
ΦΑΣΕΙΣ ΕΡΓΟΥ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΙΣ (x10 ⁻³ m)		
Α' ΦΑΣΗ	371,06	358,93	362
Β' ΦΑΣΗ	908,98	882,31	874,33
ΤΕΛΙΚΗ ΦΑΣΗ	880,68	850,24	834,76

Οι συνολικές μετατοπίσεις που παρατηρούνται είναι ελαφρώς μεγαλύτερες σε σχέση με τις αντίστοιχες που παρατηρήθηκαν στο Διάγραμμα 1, όπου ήταν ενεργοποιημένοι όλοι οι χαλικοπάσσαλοι. Ωστόσο η αύξηση αυτή των συνολικών μετατοπίσεων δεν επηρεάζει ουσιαστικά το έργο.

5.4.1.3 Παραμετρικές αναλύσεις με ενεργοποιημένο το 1/3 του συνόλου των χαλικοπασσάλων.

Στα παρακάτω διαγράμματα εμφανίζονται τα αποτελέσματα για μήκη χαλικοπασσάλων 8, 15 και 23 m, αλλά με διαφορετική πυκνότητα, με ενεργοποιημένο το 1/3 του συνόλου των χαλικοπασσάλων.



Διάγραμμα 3 : Παρουσίαση των συνολικών μετατοπίσεων μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για μήκος χαλικοπασσάλων 8, 15, 23 m και με ενεργοποιημένο το 1/3 των χαλικοπασσάλων.

Πίνακας 8 : Συγκεντρωτική παρουσίαση των συνολικών μετατοπίσεων μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για μήκη χαλικοπασσάλων 8, 15, 23 m και με ενεργοποιημένο το 1/3 των χαλικοπασσάλων.

	ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ		
	8 m	15 m	23 m
ΦΑΣΕΙΣ ΕΡΓΟΥ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΙΣ (x10 ⁻³ m)		
Α' ΦΑΣΗ	372,59	361,77	366,96
Β' ΦΑΣΗ	914,29	889,68	882,03
ΤΕΛΙΚΗ ΦΑΣΗ	886,65	861,59	848,32

Και σε αυτό το διάγραμμα (Διάγραμμα 3) φαίνεται μικρή αύξηση στις τιμές, σε σχέση με το Διάγραμμα 2, καθώς και σε σχέση με το Διάγραμμα 1. Όμως

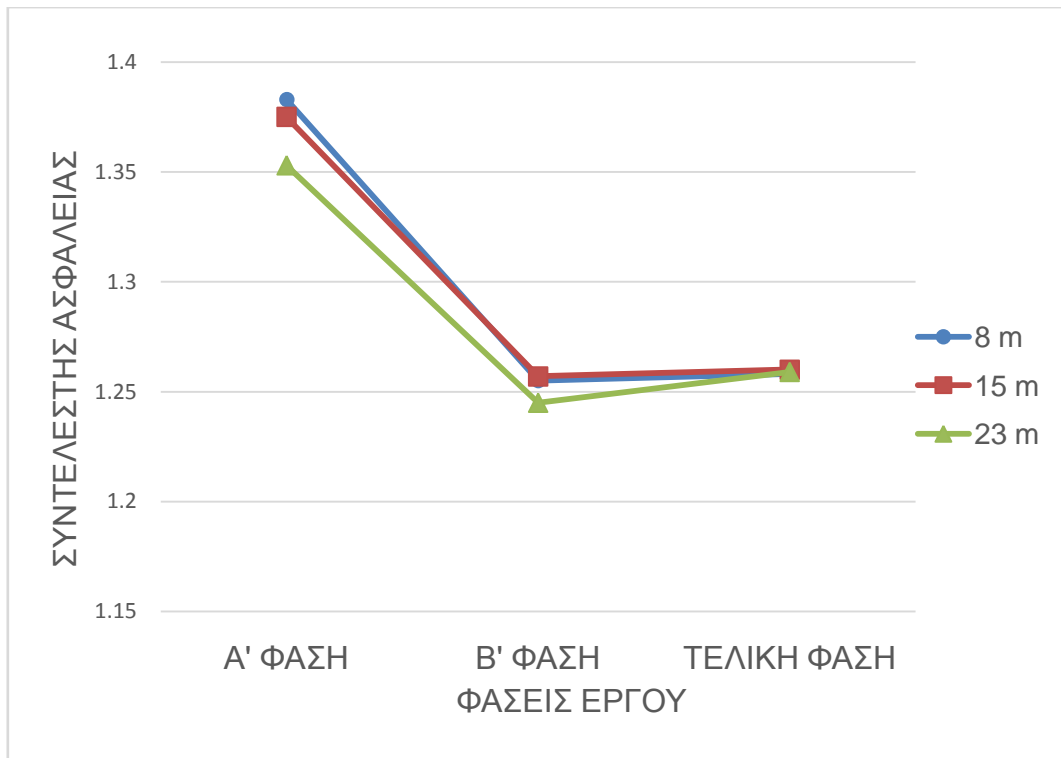
αξίζει να σημειωθεί ότι οι μεταβολές στις συνολικές μετατοπίσεις είναι μικρές και δεν επιφέρουν ουσιαστικές αλλαγές στο έργο.

5.4.2 2^η σειρά παραμετρικών αναλύσεων

Σε αυτή την σειρά παραμετρικών αναλύσεων γίνεται εκτίμηση των μεταβολών που επιφέρει η αλλαγή του μήκους και της πυκνότητας των χαλικοπασσάλων, στους συντελεστές ασφαλείας για τα επιχώματα προφόρτισης της Α' φάσης, της Β' φάσης και για την τελική φάση της κατασκευής . Εκτελέστηκαν τρεις αναλύσεις με μήκη χαλικοπασσάλων 8 m, 15 m και 23 m, με ενεργοποιημένο το σύνολο των χαλικοπασσάλων, το ½ του συνόλου και τέλος το 1/3, με την ίδια λογική με την 1^η σειρά παραμετρικών αναλύσεων.

5.4.2.1 Παραμετρικές αναλύσεις με ενεργοποιημένο το σύνολο των χαλικοπασσάλων

Στις αναλύσεις που εκτελέστηκαν με σκοπό τον υπολογισμό των συντελεστών ασφαλείας έγινε χρήση της λειτουργίας Phi/c reduction που παρέχεται από το υποπρόγραμμα calculations. Η βασική ιδέα της λειτουργίας phi/c reduction είναι ότι η αντοχή του εδάφους μειώνεται σταδιακά και σε περίπτωση αστοχίας ο αντίστοιχος συντελεστής μειωμένης αντοχής μπορεί να θεωρηθεί ως συντελεστής ασφαλείας για την αντοχή του εδάφους. Έτσι μπορεί να γίνει αντιληπτό εάν η αστοχία βασίζεται στην ιδέα ότι, όταν υπάρχει μια έστω και μικρή μείωση της αντοχής, οδηγεί σε μεγάλη μεταβολή τάσεων και σε μετατοπίσεις. Η λειτουργία αυτή έχει περιγραφεί αναλυτικότερα στην ενότητα Βασικές αρχές του προγράμματος PLAXIS 2D, παραπάνω. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τα αντίστοιχα μήκη χαλικοπασσάλων με ενεργοποιημένο το σύνολο των χαλικοπασσάλων παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 4 και στον Πίνακα 9.



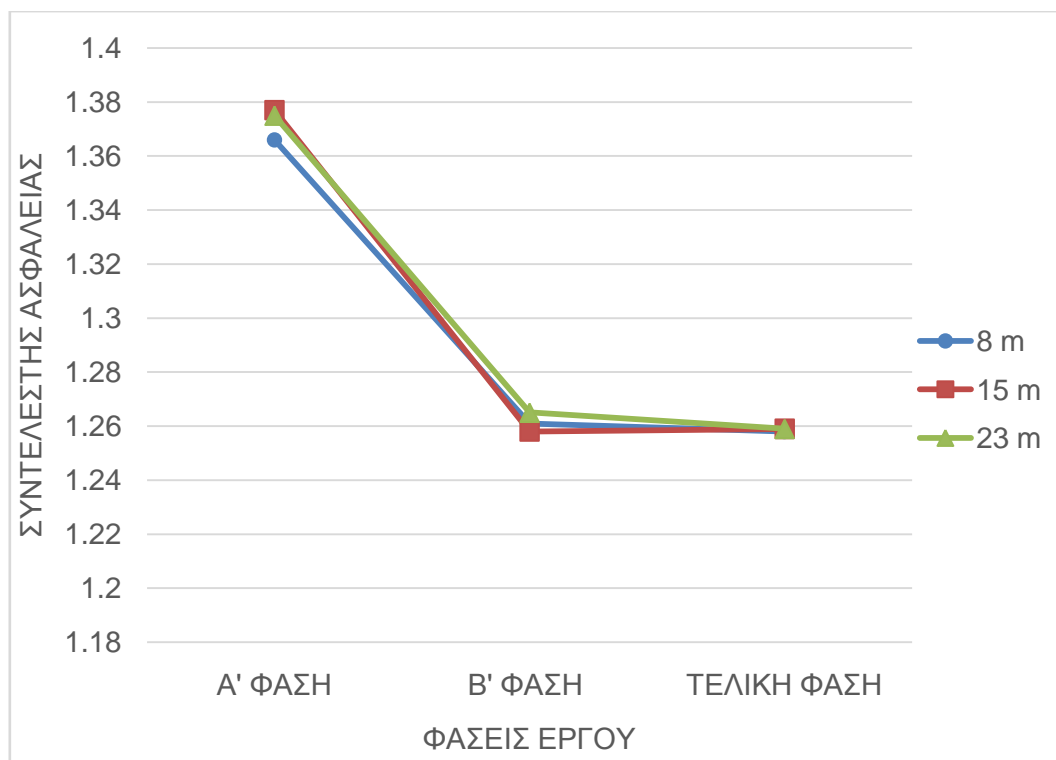
Διάγραμμα 4 : Συγκεντρική απεικόνιση των συντελεστών ασφαλείας μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για μήκη χαλικοπασσάλων 8, 15, 23 m και με ενεργοποιημένους όλους τους χαλικοπασσάλους.

Πίνακας 9 : Συγκεντρική παρουσίαση των συντελεστών ασφαλείας, μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για μήκη χαλικοπασσάλων 8, 15, 23 m και με ενεργοποιημένους όλους τους χαλικοπασσάλους.

	ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ		
	8 m	15 m	23 m
ΦΑΣΕΙΣ ΕΡΓΟΥ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (SF)		
Α' ΦΑΣΗ	1,383	1,375	1,353
Β' ΦΑΣΗ	1,255	1,257	1,245
ΤΕΛΙΚΗ ΦΑΣΗ	1,258	1,26	1,259

Σε αυτήν την περίπτωση παρατηρείται μια ελάχιστη μείωση του συντελεστή ασφαλείας για τις δύο πρώτες φάσεις (Α' και Β' φάση), όσο το μήκος των χαλικοπασσάλων αυξάνεται. Ενώ στην τελική φάση υπάρχει μείωση του συντελεστή ασφαλείας για μήκος 15 m και μια αύξηση του συντελεστή για μήκος 23 m. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι οι διακυμάνσεις στους συντελεστές ασφαλείας είναι πολύ μικρές και όλες οι τιμές είναι μεγαλύτερες του 1,2, γεγονός που σημαίνει ότι σε όλες τις περιπτώσεις οι συντελεστές ασφαλείας κινούνται μέσα σε αποδεκτά πλαίσια.

5.4.2.2 Παραμετρικές αναλύσεις με ενεργοποιημένο το 1/2 του συνόλου των χαλικοπασσάλων



Διάγραμμα 5 : Συγκεντρωτική απεικόνιση των συντελεστών ασφαλείας μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για μήκη χαλικοπασσάλων 8, 15, 23 m και με ενεργοποιημένο το 1/2 των χαλικοπασσάλων.

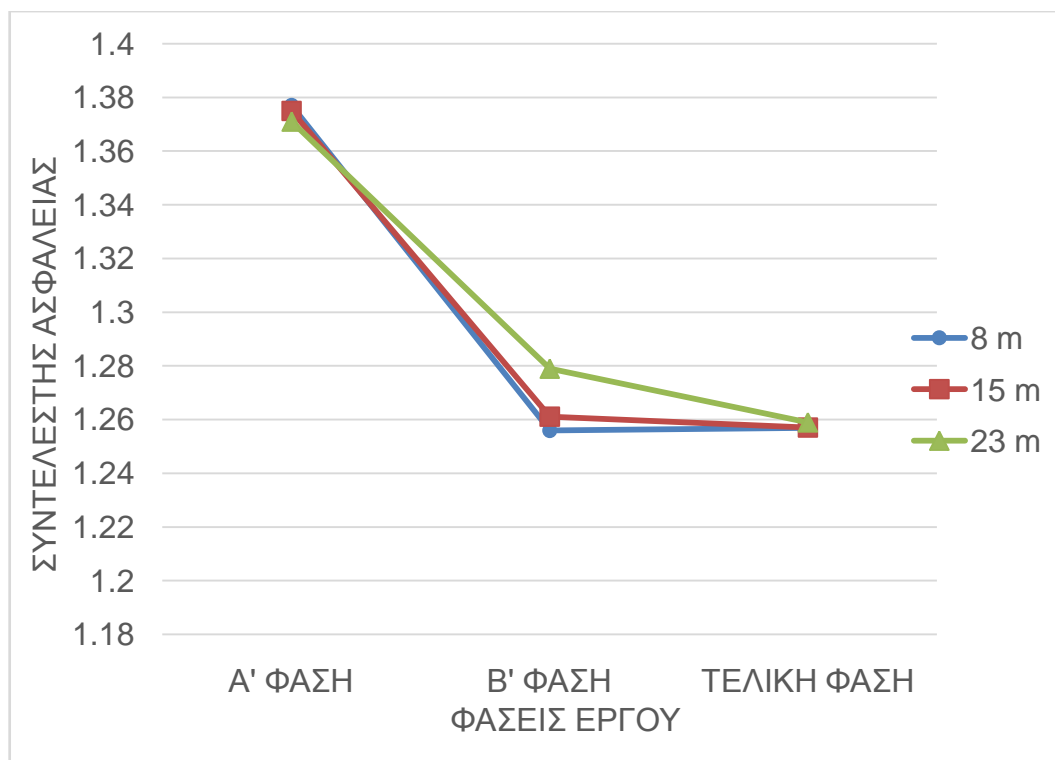
Πίνακας 10 : Συγκεντρωτική παρουσίαση των συντελεστών ασφαλείας, μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για μήκη χαλικοπασσάλων 8, 15, 23 m και με ενεργοποιημένο το 1/2 των χαλικοπασσάλων.

	ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ		
	8 m	15 m	23 m
ΦΑΣΕΙΣ ΕΡΓΟΥ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (SF)		
Α' ΦΑΣΗ	1,366	1,377	1,375
Β' ΦΑΣΗ	1,261	1,258	1,265
ΤΕΛΙΚΗ ΦΑΣΗ	1,258	1,259	1,259

Οι διακυμάνσεις του συντελεστή ασφαλείας, οι οποίες φαίνονται στον Πίνακα 10 και στο Διάγραμμα 5 είναι πολύ μικρές. Δεν υπάρχει, δηλαδή, κάποια ουσιαστική μεταβολή, καθώς σε όλες τις φάσεις οι τιμές είναι σχεδόν ίδιες. Συγκριτικά με τις τιμές που προέκυψαν από τις αναλύσεις για όλους τους χαλικοπασσάλους ενεργοποιημένους, οι τιμές στις δύο πρώτες φάσεις είναι ελαφρώς αυξημένες, ενώ στην τελική φάση οι τιμές είναι ίδιες σχεδόν.

5.4.2.3 Παραμετρικές αναλύσεις με ενεργοποιημένο το 1/3 του συνόλου των χαλικοπασσάλων

Στο Διάγραμμα 6 και στον αντίστοιχο πίνακα (Πίνακας 11) εμφανίζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν για μήκη χαλικοπασσάλων 8, 15 και 23 m, αλλά με διαφορετική πυκνότητα χαλικοπασσάλων, με ενεργοποιημένο το 1/3 του συνόλου.



Διάγραμμα 6 : Συγκεντρωτική απεικόνιση των συντελεστών ασφαλείας μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για μήκη χαλικοπασσάλων 8, 15, 23 m και με ενεργοποιημένο το 1/3 των χαλικοπασσάλων.

Πίνακας 11 : Συγκεντρωτική παρουσίαση των συντελεστών ασφαλείας, μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για μήκη χαλικοπασσάλων 8, 15, 23 m και με ενεργοποιημένο το 1/3 των χαλικοπασσάλων.

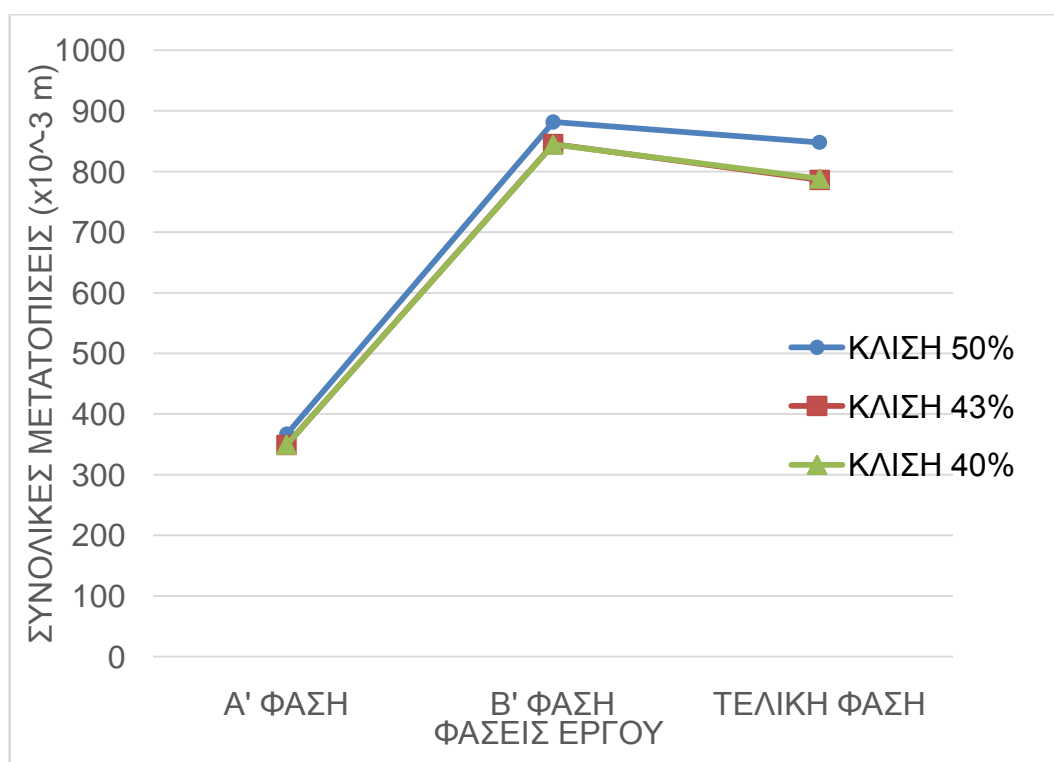
	ΜΗΚΟΣ ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΩΝ		
	8 m	15 m	23 m
ΦΑΣΕΙΣ ΕΡΓΟΥ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (SF)		
Α' ΦΑΣΗ	1,377	1,375	1,371
Β' ΦΑΣΗ	1,256	1,261	1,279
ΤΕΛΙΚΗ ΦΑΣΗ	1,257	1,257	1,259

Σε αυτήν την περίπτωση παρατηρείται μια ελάχιστη μείωση του συντελεστή ασφαλείας για την πρώτη φάση (Α' φάση), ενώ παρατηρείται αύξηση στην Β'

φάση, όσο το μήκος των χαλικοπασσάλων αυξάνεται. Ακόμα στην τελική φάση η τιμή του συντελεστή ασφαλείας παραμένει σταθερή για μήκος 15 m και παρουσιάζει μια μικρή αύξηση για μήκος 23 m. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι οι διακυμάνσεις στους συντελεστές ασφαλείας είναι πολύ μικρές τόσο σε σχέση με τα διαφορετικά μήκη των χαλικοπασσάλων, όσο και σε σχέση με την πυκνότητά τους.

5.4.3 3^η σειρά παραμετρικών αναλύσεων

Στην 3^η σειρά παραμετρικών αναλύσεων εκτελέστηκαν δοκιμές διατηρώντας σταθερό το μήκος και την πυκνότητα των χαλικοπασσάλων και μεταβάλλεται η κλίση του επιχώματος. Έτσι, εξετάζονται οι αλλαγές που προκαλούνται στον συντελεστή ασφαλείας από τις μεταβολές της κλίσης του επιχώματος προφόρτισης.



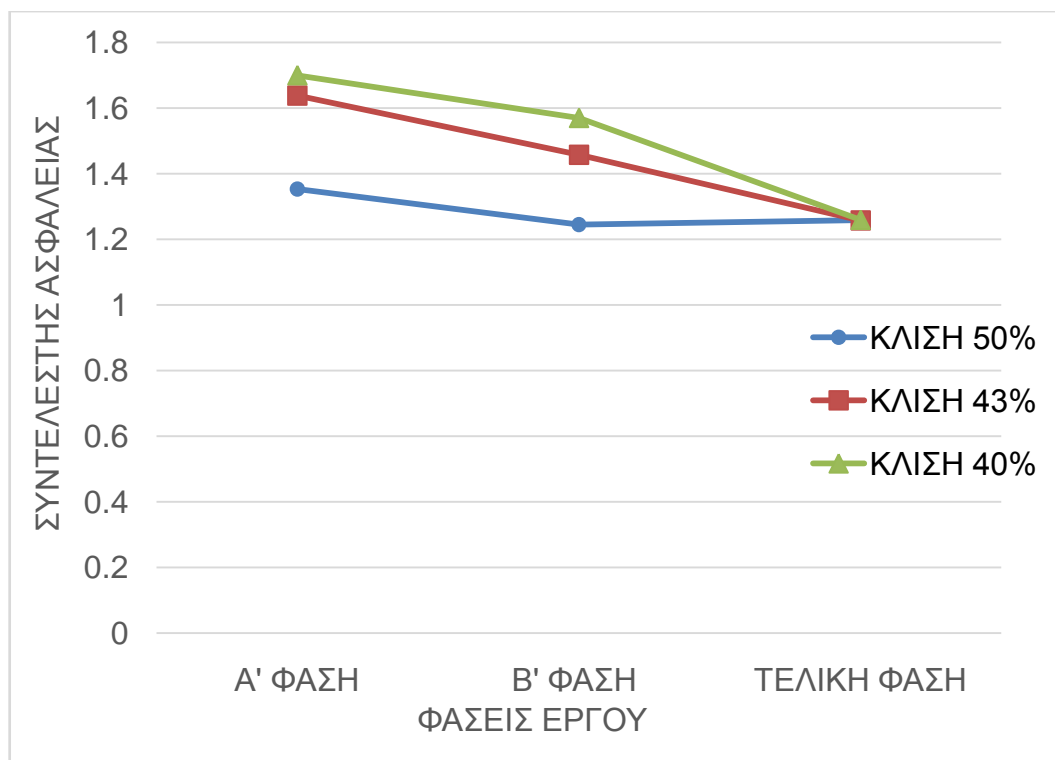
Διάγραμμα 7 : Συγκεντρωτική απεικόνιση των συνολικών μετατοπίσεων, μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για κλίση επιχώματος 40%, 43% και 50%, για μήκος χαλικοπασσάλων 23 m και ενεργοποιημένο το σύνολο τους.

Πίνακας 12 : Συγκεντρωτική παρουσίαση των συνολικών μετατοπίσεων, μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για κλίση επιχώματος 40%, 43% και 50%, για μήκος χαλικοπασσάλων 23 m και ενεργοποιημένο το σύνολο τους.

	ΚΛΙΣΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ		
	50%	43%	40%
ΦΑΣΕΙΣ ΕΡΓΟΥ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΙΣ (x10⁻³ m)		
Α' ΦΑΣΗ	366,96	349,45	349,8
Β' ΦΑΣΗ	882,03	845,47	844,71
ΤΕΛΙΚΗ ΦΑΣΗ	848,32	786,55	788,46

Όπως προκύπτει από το Διάγραμμα 7 αλλά και τον Πίνακα 12 η αλλαγή της κλίσης του επιχώματος από 43% σε 40% επηρεάζει ελάχιστα τις συνολικές μετατοπίσεις, χωρίς να έχει ουσιαστική επίπτωση στο έργο. Αντίθετα η μείωση της κλίσης του επιχώματος από 50% σε 40% επιφέρει αρκετή μείωση στις συνολικές μετατοπίσεις.

Στο Διάγραμμα 8 αλλά και στον αντίστοιχο πίνακα (Πίνακας 13) φαίνονται οι μεταβολές που επιφέρει η αλλαγή της κλίσης του επιχώματος στις τιμές των συντελεστών ασφαλείας.



Διάγραμμα 8 : Συγκεντρωτική απεικόνιση των συντελεστών ασφαλείας, μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για κλίση επιχώματος 40%, 43% και 50%, για μήκος χαλικοπασσάλων 23 m και ενεργοποιημένο το σύνολο τους.

Πίνακας 13 : Συγκεντρωτική παρουσίαση των συντελεστών ασφαλείας, μετά το τέλος κάθε φάσης του έργου, για κλίση επιχώματος 40%, 43% και 50%, για μήκος χαλικοπασσάλων 23 m και ενεργοποιημένο το σύνολο τους.

	ΚΛΙΣΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ		
	50%	43%	40%
ΦΑΣΕΙΣ ΕΡΓΟΥ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (SF)		
Α' ΦΑΣΗ	1,353	1,638	1,7
Β' ΦΑΣΗ	1,245	1,458	1,57
ΤΕΛΙΚΗ ΦΑΣΗ	1,259	1,258	1,26

Όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 8 και τον Πίνακα 13 ο συντελεστής ασφαλείας αυξάνεται σημαντικά καθώς η κλίση του επιχώματος προφορτισής

μειώνεται. Στην Α' φάση όπως και στη Β' η αύξηση του συντελεστή ασφαλείας που παρατηρείται είναι σημαντική. Ωστόσο στην τελική φάση ο συντελεστής ασφαλείας κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

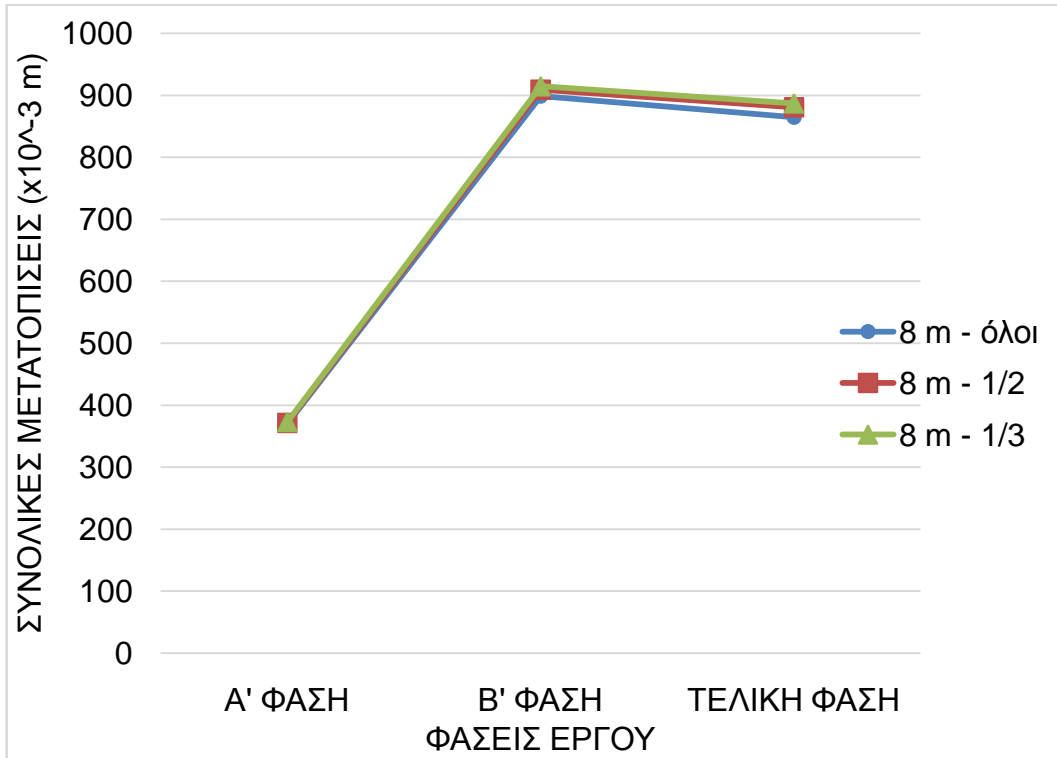
Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής, διαπιστώθηκε ότι το πρόγραμμα PLAXIS 2D, αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τον σχεδιασμό και την προσομοίωση μιας κατασκευής. Παρέχει τη δυνατότητα εκτίμησης των επιπτώσεων που επιφέρουν οι αλλαγές διαφόρων παραμέτρων στην συνολική κατασκευή, δυνατότητα απαραίτητη για τον σωστό σχεδιασμό ενός έργου.

Έπειτα από τις παραμετρικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν για τον κρηπιδότοιχο του Νέου Λιμένα Πατρών προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα :

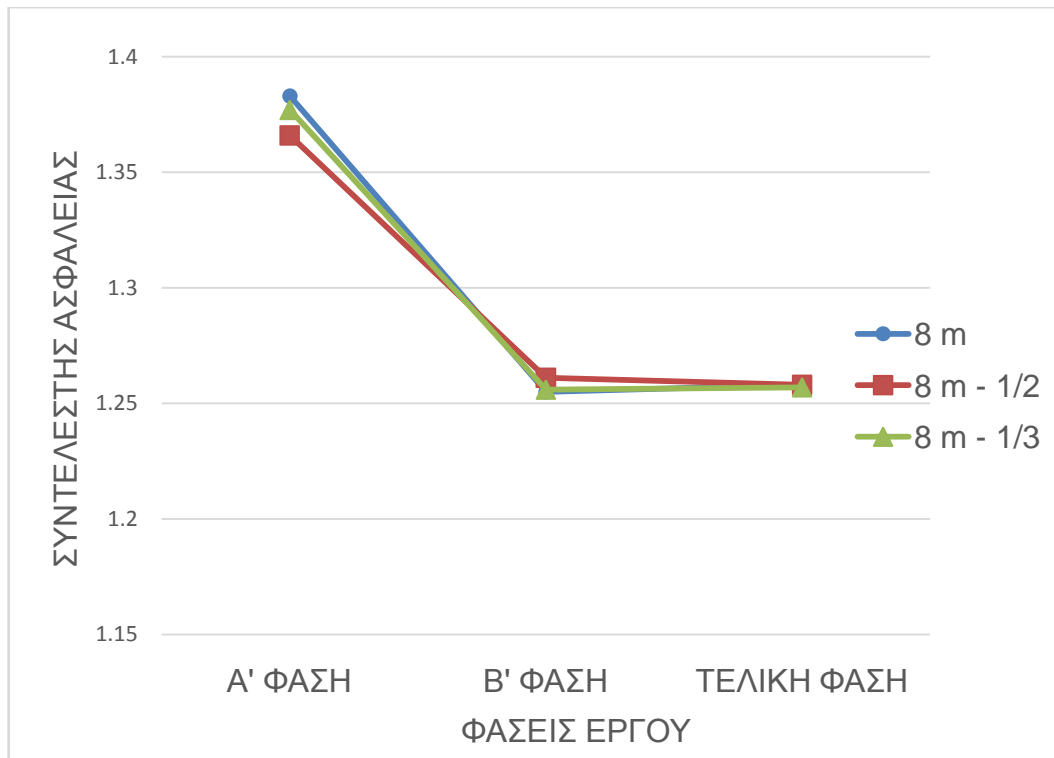
- Η αύξηση του μήκους των χαλικοπασσάλων οδηγεί σε μικρότερες συνολικές μετατοπίσεις, καθώς αυξάνεται και το βάθος του βελτιωμένου εδάφους πάνω στο οποίο εδράζεται η κατασκευή (Διάγραμμα 9, Διάγραμμα 11 και Διάγραμμα 13).
- Η αύξηση του μήκους των χαλικοπασσάλων από 15 σε 23 m προκαλεί σημαντική μείωση των μετατοπίσεων σε σχέση με την αύξηση του μήκους από 8 σε 15 m. Αυτό συμβαίνει γιατί για μήκος 23 m οι χαλικοπάσσαλοι εξυγιαίνουν έως τη στρώση της σιφρής αργίλου, η οποία έχει σαφώς καλύτερα μηχανικά χαρακτηριστικά σε σχέση με την μαλακή άργιλο.
- Η μείωση της πυκνότητας των χαλικοπασσάλων προκαλεί αύξηση στις συνολικές μετατοπίσεις. Η αύξηση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι μειώνεται η αναλογία του βελτιωμένου εδάφους, προκαλώντας μεγαλύτερες μετακινήσεις στην κατασκευή (Διάγραμμα 9, Διάγραμμα 11 και Διάγραμμα 13).
- Ο συντελεστής ασφαλείας στην τελική φάση της κατασκευής είναι σε όλες τις περιπτώσεις σχεδόν ίδιος, με πολύ μικρές μεταβολές. Οι μεταβολές αυτές δεν επηρεάζουν ουσιαστικά το έργο.
- Η μείωση της κλίσης του επιχώματος προφόρτισης, επιφέρει σημαντική μείωση στις συνολικές μετατοπίσεις της κατασκευής (Διάγραμμα 7).
- Σε όλες τις παραμετρικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν ο συντελεστής ασφαλείας κυμάνθηκε σε επίπεδα μεγαλύτερα του 1,2. Όλες οι τιμές του δηλαδή, ήταν μέσα στα αποδεκτά πλαίσια.

- Η μείωση της κλίσης του επιχώματος προφόρτισης, προκαλεί σημαντική αύξηση του συντελεστή ασφαλείας για την Α' και Β' φάση του έργου. Ωστόσο στην τελική φάση του έργου ο συντελεστής ασφαλείας για όλες τις κλίσεις ήταν περίπου ίδιος.

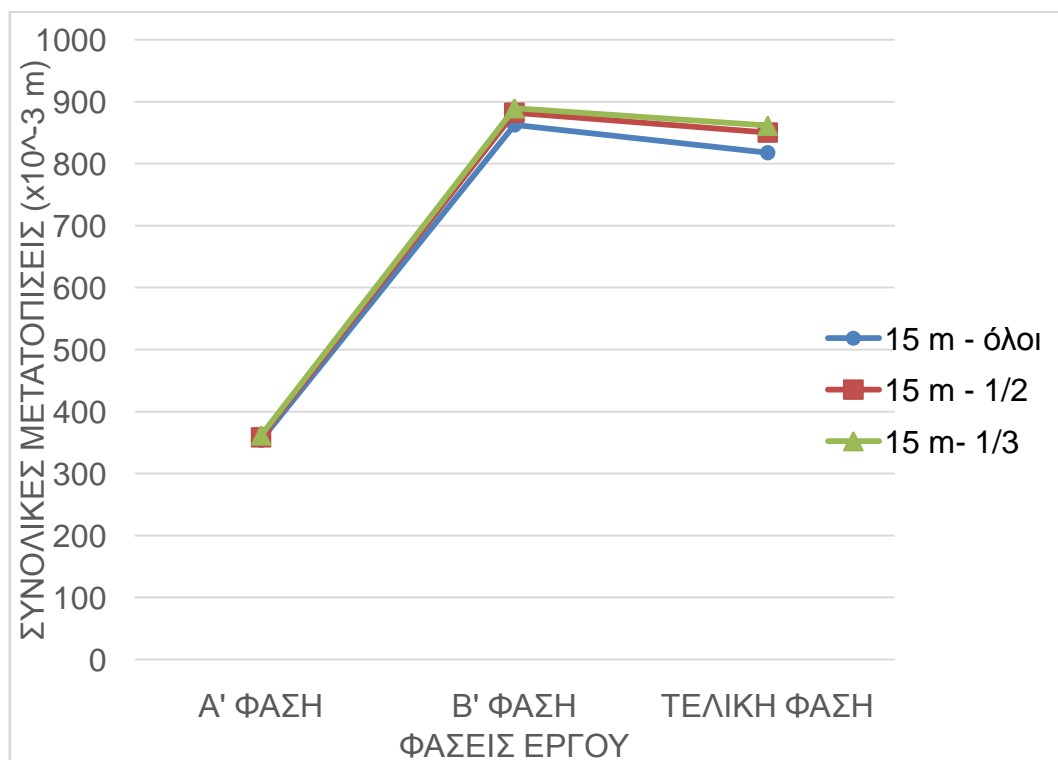
Όλα τα συμπεράσματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω τεκμηριώνονται και από τα διαγράμματα που ακολουθούν.



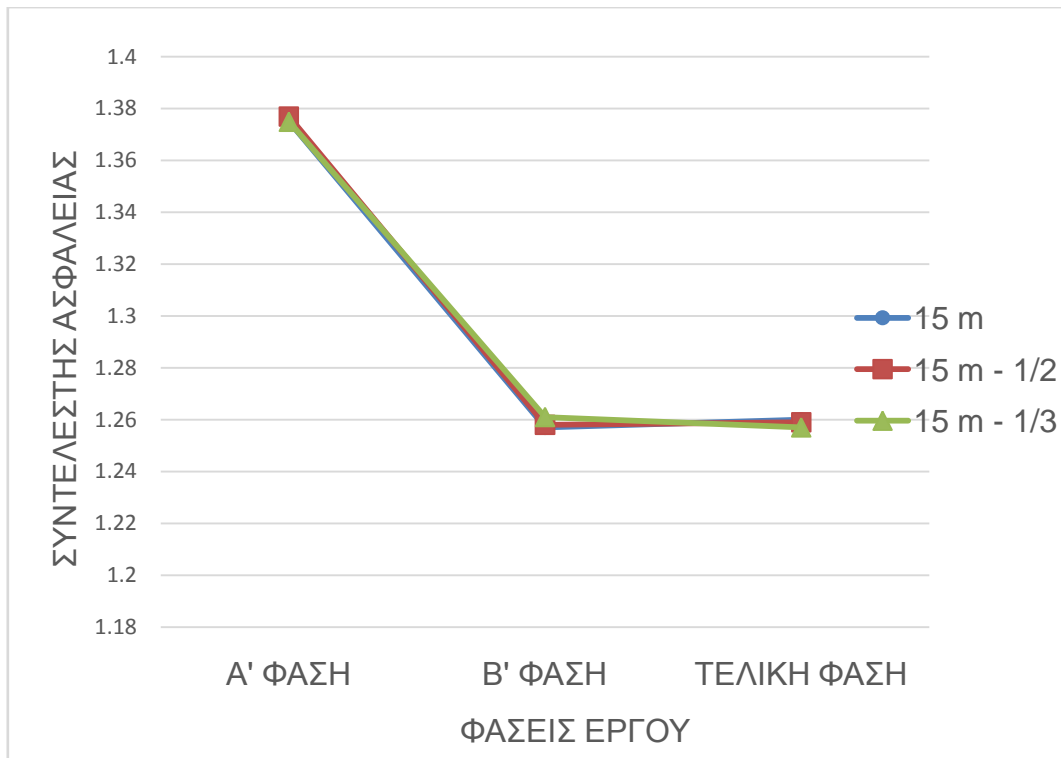
Διάγραμμα 9 : Συνολικές μετατοπίσεις για μήκος χαλικοπασσάλων 8 m και ενεργοποιημένο διαφορετικό πλήθος χαλικοπασσάλων κάθε φορά.



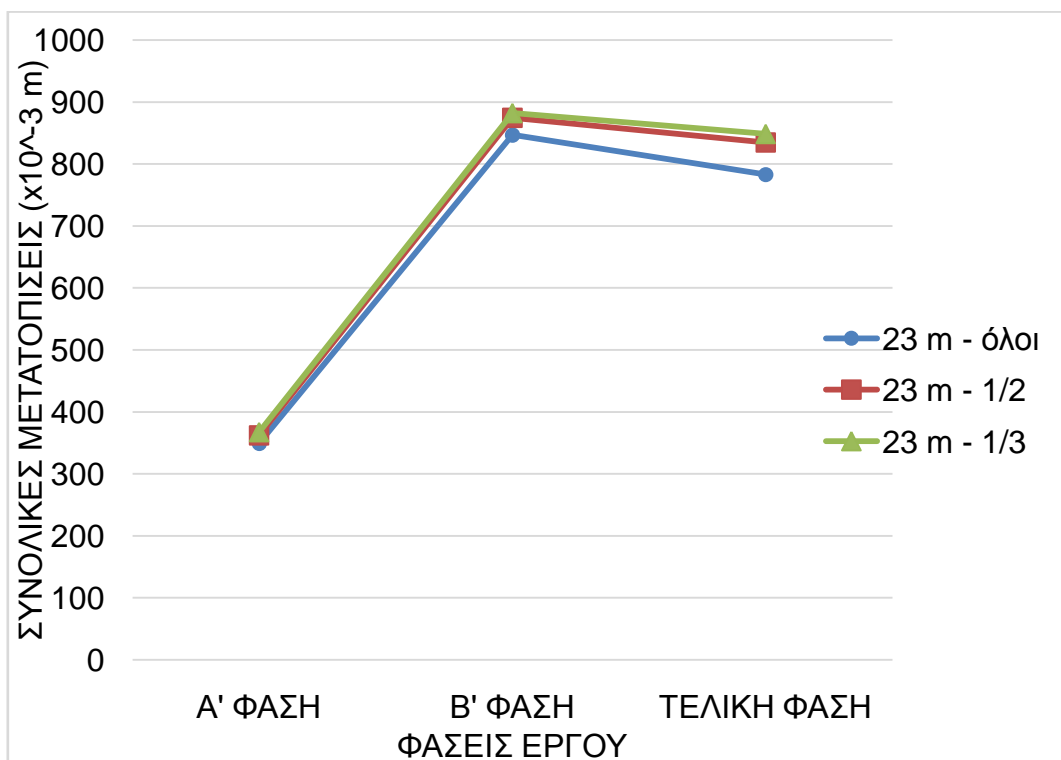
Διάγραμμα 10 : Συντελεστές ασφαλείας για μήκος χαλικοπασσάλων 8 m και ενεργοποιημένο διαφορετικό πλήθος χαλικοπασσάλων κάθε φορά.



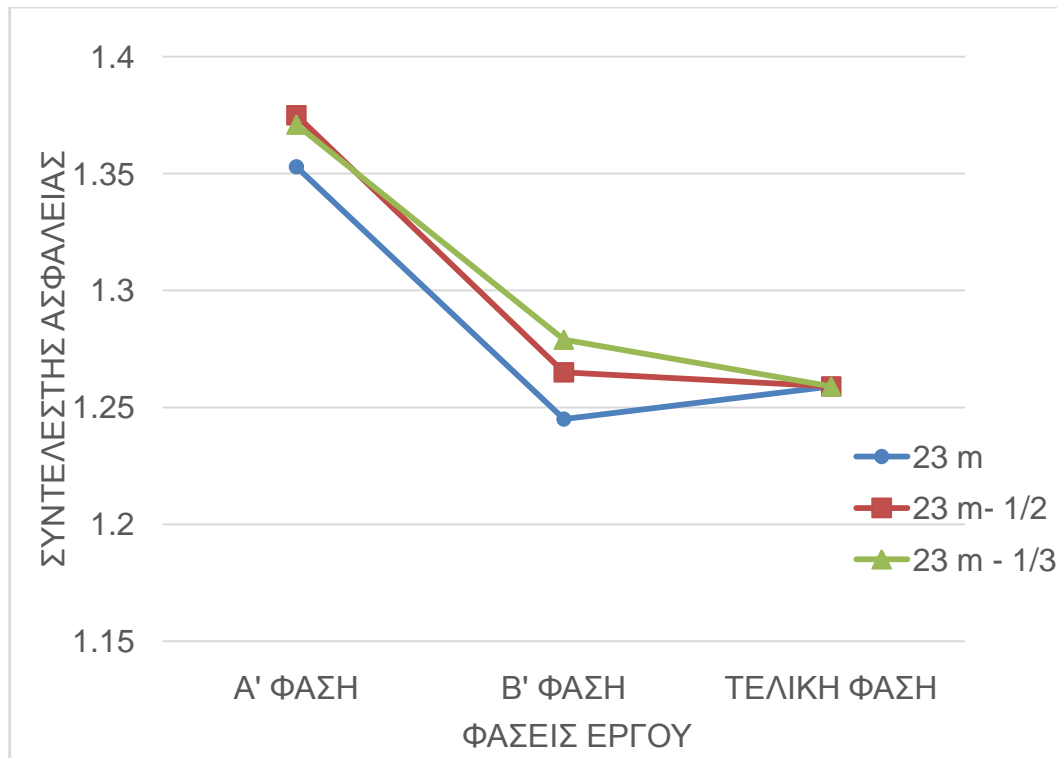
Διάγραμμα 11 : Συνολικές μετατοπίσεις για μήκος χαλικοπασσάλων 15 m και ενεργοποιημένο διαφορετικό πλήθος χαλικοπασσάλων κάθε φορά.



Διάγραμμα 12 : Συντελεστές ασφαλείας για μήκος χαλικοπασσάλων 15 m και ενεργοποιημένο διαφορετικό πλήθος χαλικοπασσάλων κάθε φορά.



Διάγραμμα 13 : Συνολικές μετατοπίσεις για μήκος χαλικοπασσάλων 23 m και ενεργοποιημένο διαφορετικό πλήθος χαλικοπασσάλων κάθε φορά.



Διάγραμμα 14 : Συντελεστές ασφαλείας για μήκος χαλικοπασσάλων 23 m και ενεργοποιημένο διαφορετικό πλήθος χαλικοπασσάλων κάθε φορά.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

KGR Group Κατασκευή Νέου Προβλήτα ΟΛΠ : Παρουσίαση Κατασκευής Caisson, 2012 <http://www.kgrgroup.gr/assets/Uploads/-CAISSON.pdf>.

Open Journal of Civil Engineering, 2012, 2, 27-32
<http://dx.doi.org/10.4236/ojce.2012.21005> Published Online March 2012
(<http://www.SciRP.org/journal/ojce>) Slope Stability Evaluations by Limit Equilibrium and Finite Element Methods Applied to a Railway in the Moroccan Rif

Tutorial Plaxis 2D Professional - VERSION 8.2

Ανδρέου, Π. (2009), “Προσομοίωση της συμπεριφοράς εδαφών βελτιωμένων με χαλικοπασσάλους”. Διδακτορική Διατριβή στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Τομέας Γεωτεχνικής.

Ανρέου Π., Παπαδόπουλος Β., 2006, Προσομοίωση της Συμπεριφοράς Εδαφών Βελτιωμένων με Χαλικοπασσάλους, 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής & Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, ΤΕΕ, Ξάνθη

Ιστότοπος www.aktor.gr

Ιστότοπος www.patrasport.gr

Ιστότοπος www.plaxis.nl

Λουπασάκης Κ., 2013-2014, Σημειώσεις διαλέξεων μαθήματος «Τεχνική Γεωλογία Ι», (<http://www.legah.metal.ntua.gr/>)

Μπουκοβάλας Γ., 2007, ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΣΕ ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ, Έκδοση Ε.Μ.Π.

Παπαθεωδόρου Γ., Επιχειρησιακή ωκεανογραφία : Υποθαλάσσια (βενθικά) παρατηρητήρια στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο. Πατραϊκός κόλπος – Χάρτης του ρήγματος της Αγίας Τριάδος (1997), (www.geology.upatras.gr/files/shmioseis/12607E/OPER_OCEAN_2.pdf)

Τζάμπογλου Π., 2013, Παραμετρική ανάλυση βαθείας εκσκαφής με φρεατοπασσάλους και προεντεταμένες αγκυρώσεις. Το παράδειγμα του σταθμού Αγ. Παρασκευής στο μετρό Αθήνας.

ΤΡΙΤΩΝ Σύμβουλοι Μηχ/κοί, Ε.Π.Ε., ΒΕΤΑΠΛΑΝ Α.Ε.Μ, DENCO Σύμβουλοι Μηχ/κοί, ΑΔΚ Σύμβουλοι Μηχ/κοί Α.Ε., ΝΙΚΟΣ ΜΗΛΙΩΝΗΣ, ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ ΚΟΚΟΡΟΜΥΤΗΣ, 2012, ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ Οριστική Μελέτη Λιμενικών Έργων 3ου Τμήματος Λιμένα Πατρών.

ΤΡΙΤΩΝ Σύμβουλοι Μηχ/κοί, Ε.Π.Ε., ΒΕΤΑΠΛΑΝ Α.Ε.Μ, DENCO Σύμβουλοι Μηχ/κοί, ΑΔΚ Σύμβουλοι Μηχ/κοί Α.Ε., ΝΙΚΟΣ ΜΗΛΙΩΝΗΣ, ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ ΚΟΚΟΡΟΜΥΤΗΣ, 2012, ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ Οριστική Μελέτη Λιμενικών Έργων 3ου Τμήματος Λιμένα Πατρών, Τεύχος Υπολογισμών : Υποτεύχος 6 : Οριστική Μελέτη Θεμελίωσης Λιμενικών Έργων.

ΤΡΙΤΩΝ Σύμβουλοι Μηχ/κοί, Ε.Π.Ε., ΒΕΤΑΠΛΑΝ Α.Ε.Μ, DENCO Σύμβουλοι Μηχ/κοί, ΑΔΚ Σύμβουλοι Μηχ/κοί Α.Ε., ΝΙΚΟΣ ΜΗΛΙΩΝΗΣ, ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ ΚΟΚΟΡΟΜΥΤΗΣ, 2007, ΕΚΘΕΣΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ (Β1 ΦΑΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ).

ΤΡΙΤΩΝ Σύμβουλοι Μηχ/κοί, Ε.Π.Ε., ΒΕΤΑΠΛΑΝ Α.Ε.Μ, DENCO Σύμβουλοι Μηχ/κοί, ΑΔΚ Σύμβουλοι Μηχ/κοί Α.Ε., ΝΙΚΟΣ ΜΗΛΙΩΝΗΣ, ΑΝΔΡΙΑΝΟΣ ΚΟΚΟΡΟΜΥΤΗΣ, 2007, ΕΚΘΕΣΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ (Β2 ΦΑΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ).

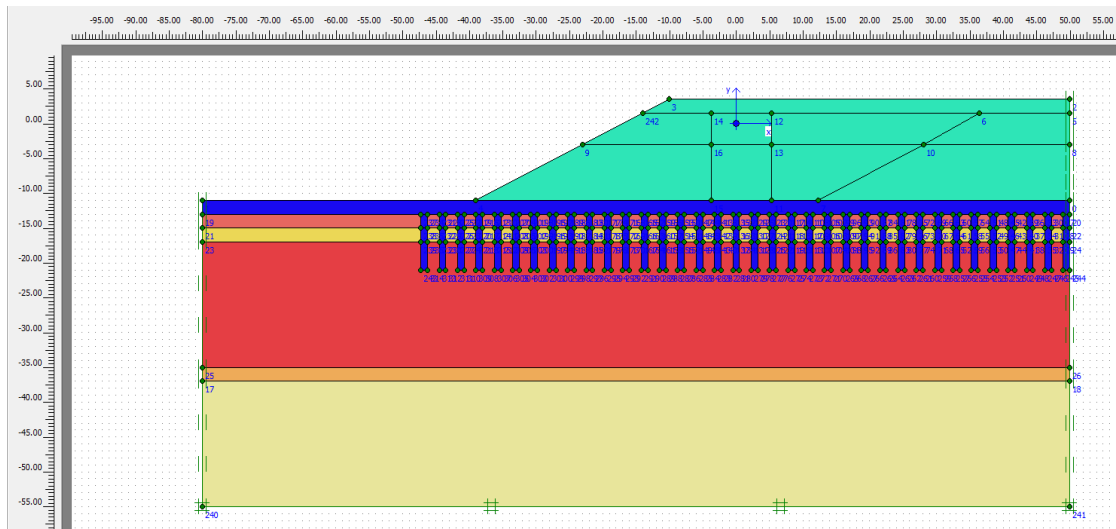
Χρηστάρας Β., 2005, Συνοπτική περιγραφή των συνηθέστερων εργαστηριακών δοκιμών Βραχομηχανικής – Εδαφομηχανικής (http://www.geo.auth.gr/883_lab/Soil-Rcok%20Test%20Brief.pdf)

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

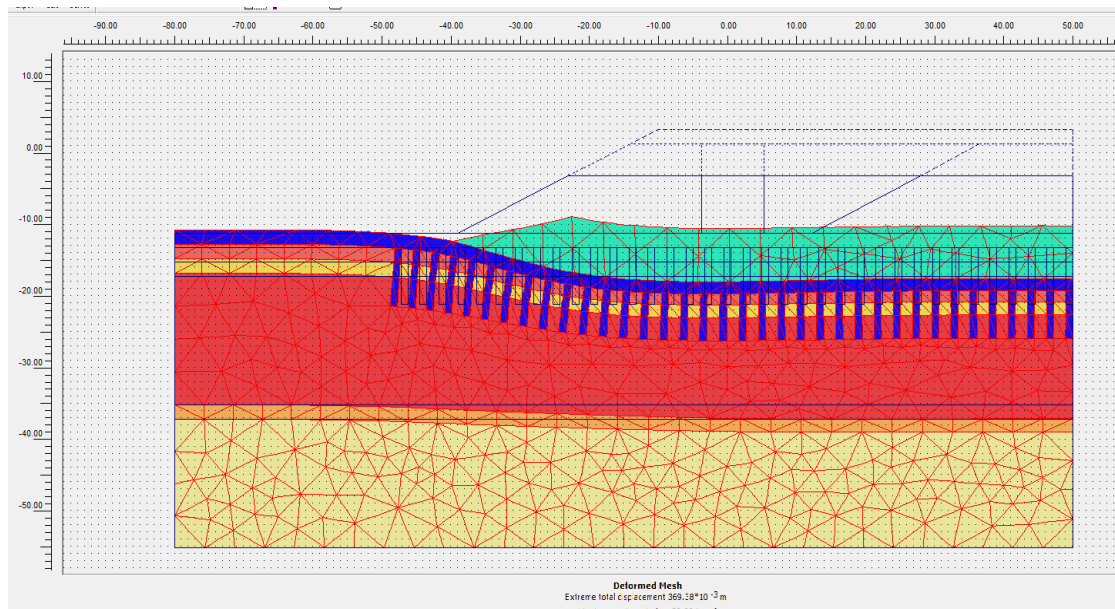
8.1 1^η ΣΕΙΡΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

8.1.1 Παραμετρικές αναλύσεις με ενεργοποιημένο το σύνολο των χαλικοπασσάλων

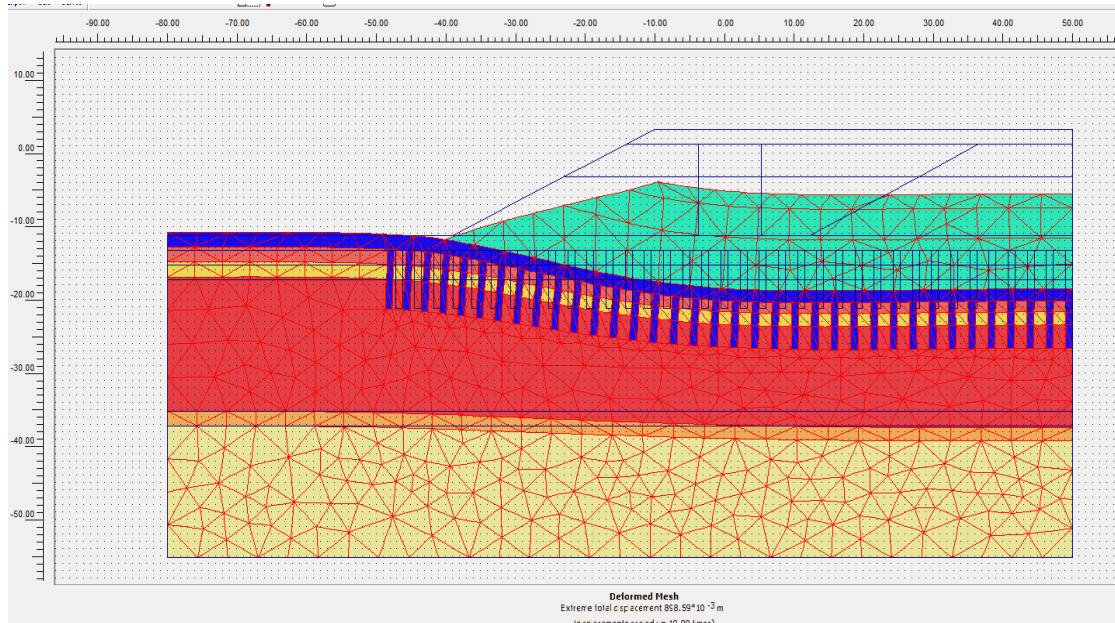
8.1.1.1 Μήκος χαλικοπασσάλων 8 m



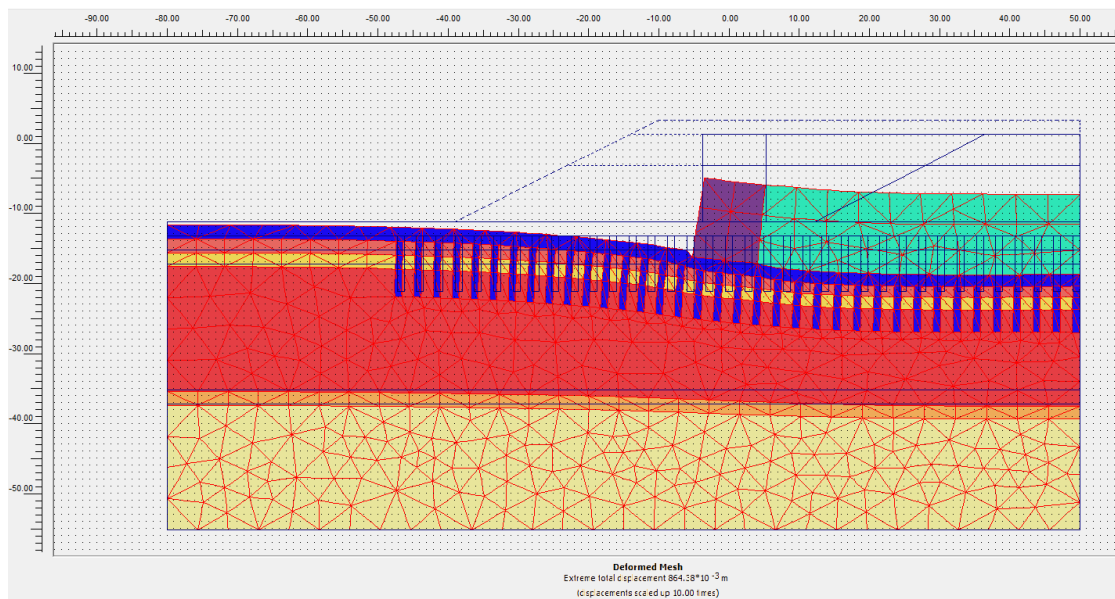
Αρχική γεωμετρία.



Συνολικές μετατοπίσεις στην Α' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

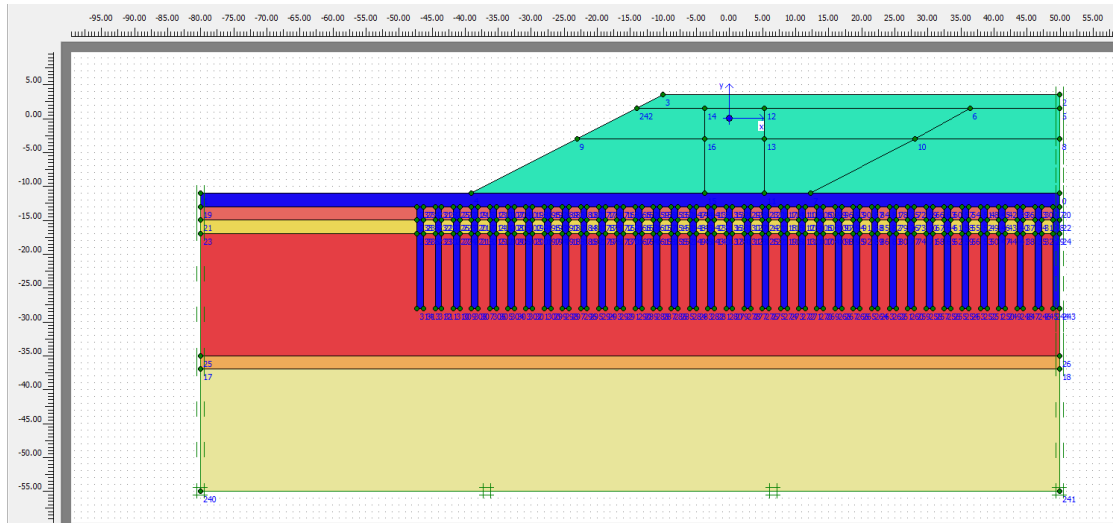


Συνολικές μετατοπίσεις στην Β' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

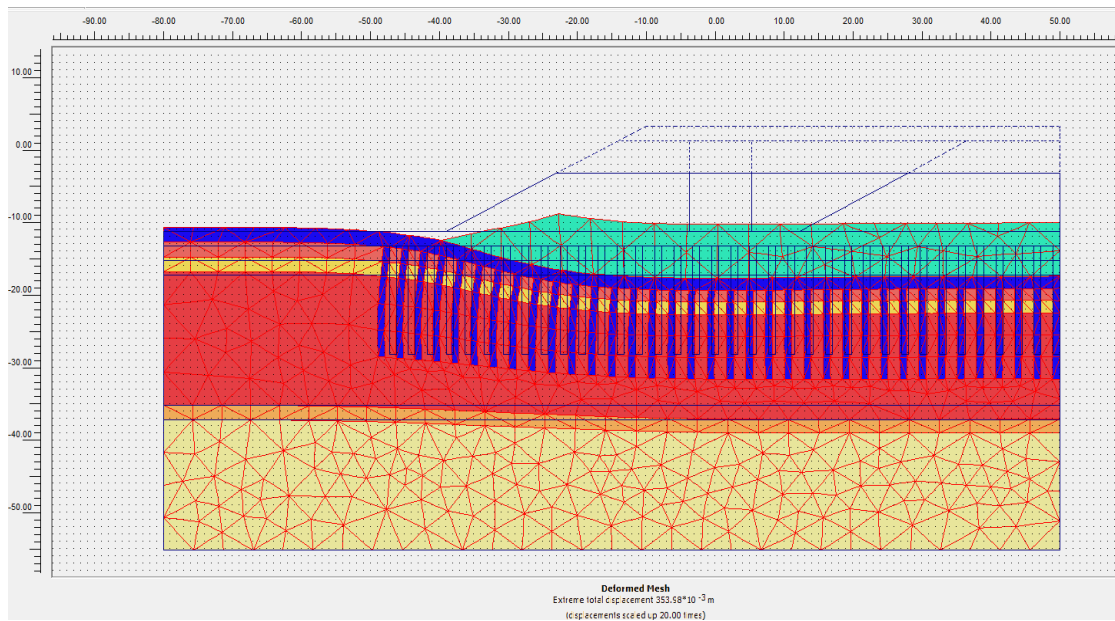


Συνολικές μετατοπίσεις στην τελική φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

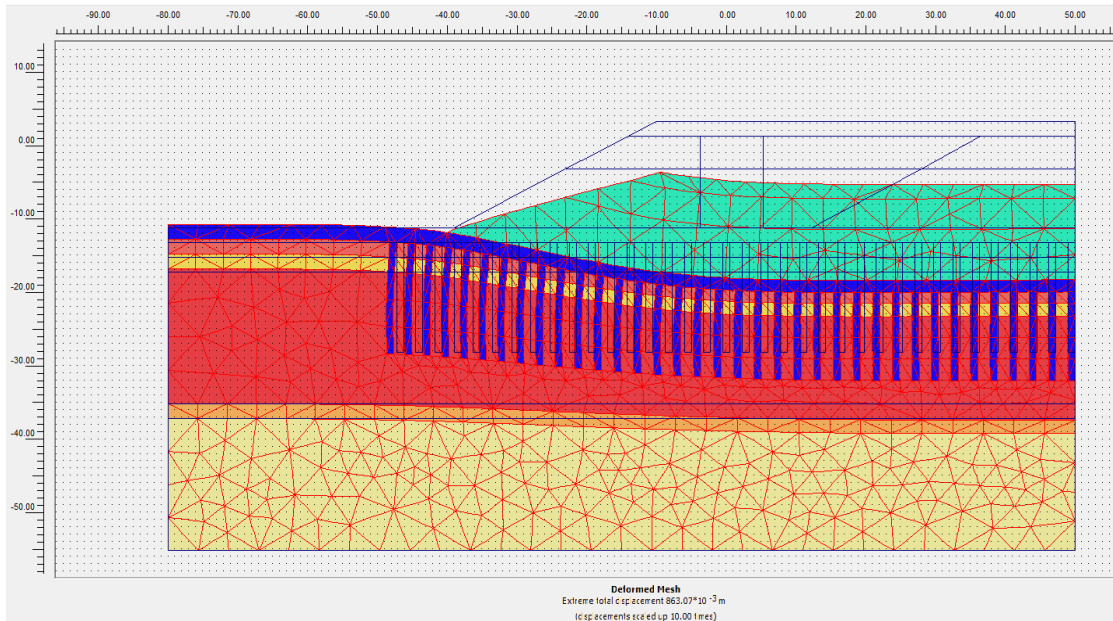
8.1.1.2 Μήκος χαλικοπασσάλων 15 m



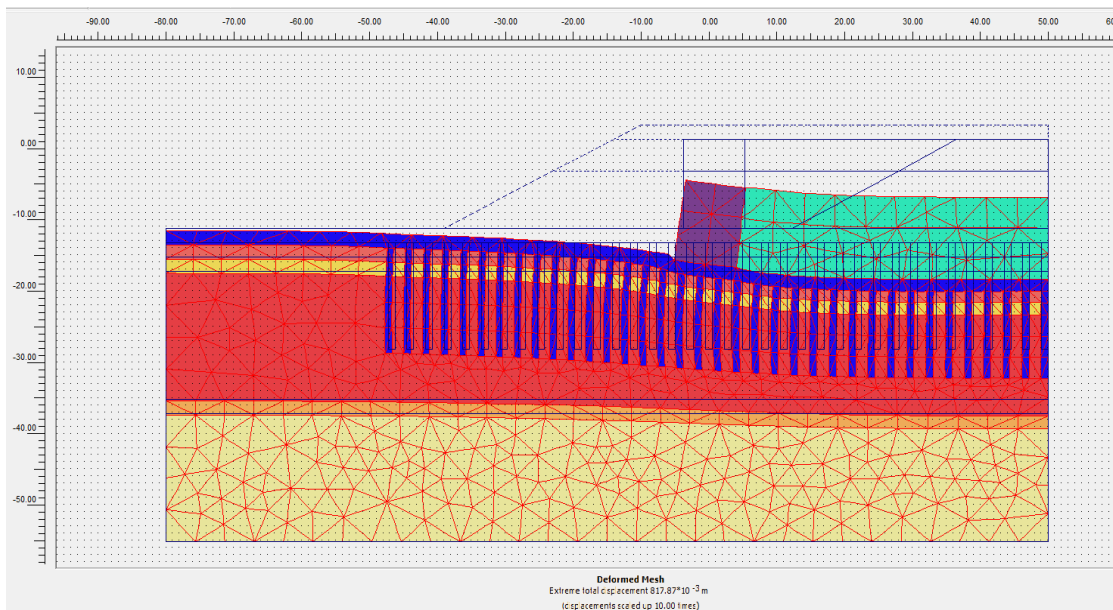
Αρχική γεωμετρία.



Συνολικές μετατοπίσεις στην Α' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

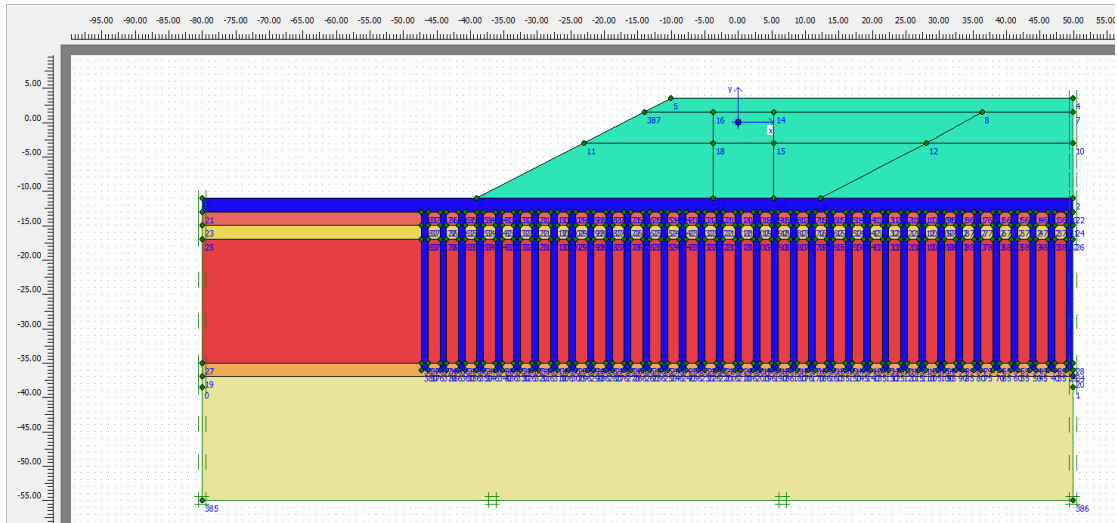


Συνολικές μετατοπίσεις στην Β' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

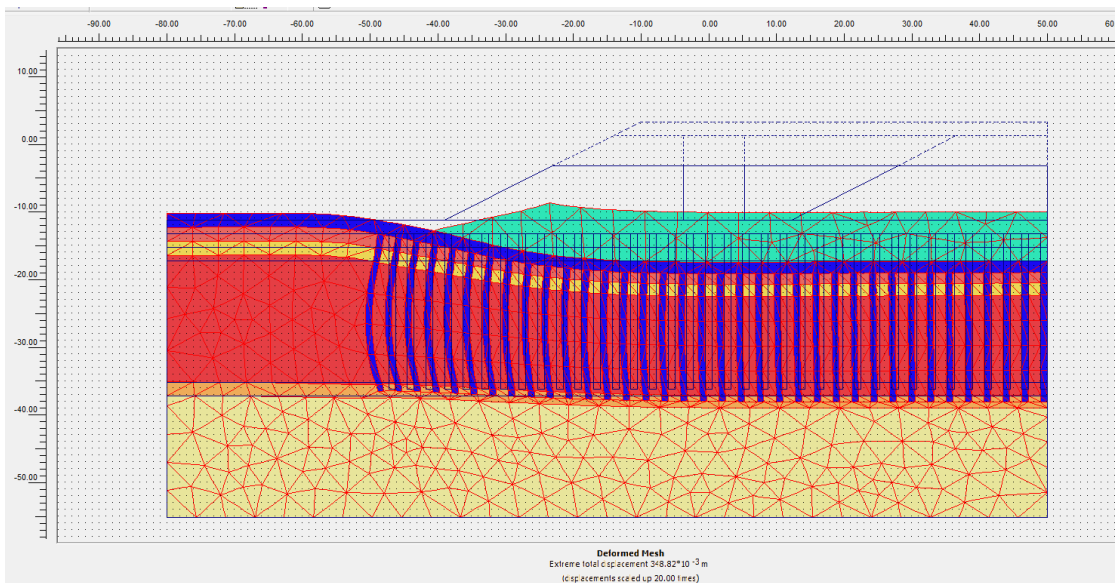


Συνολικές μετατοπίσεις στην τελική φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

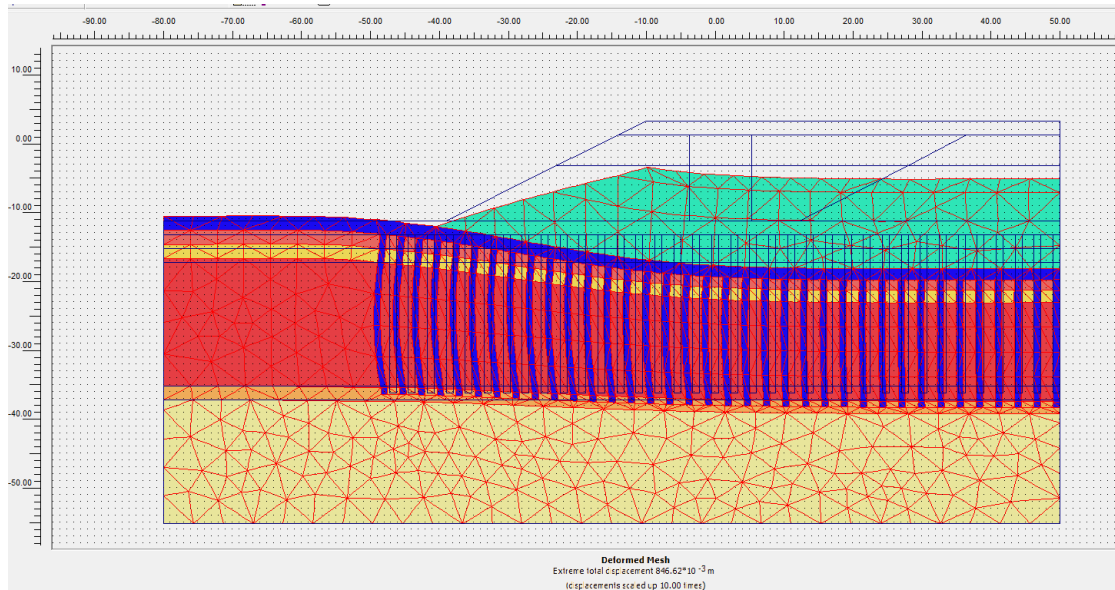
8.1.1.3 Μήκος χαλικοπασσάλων 23 m



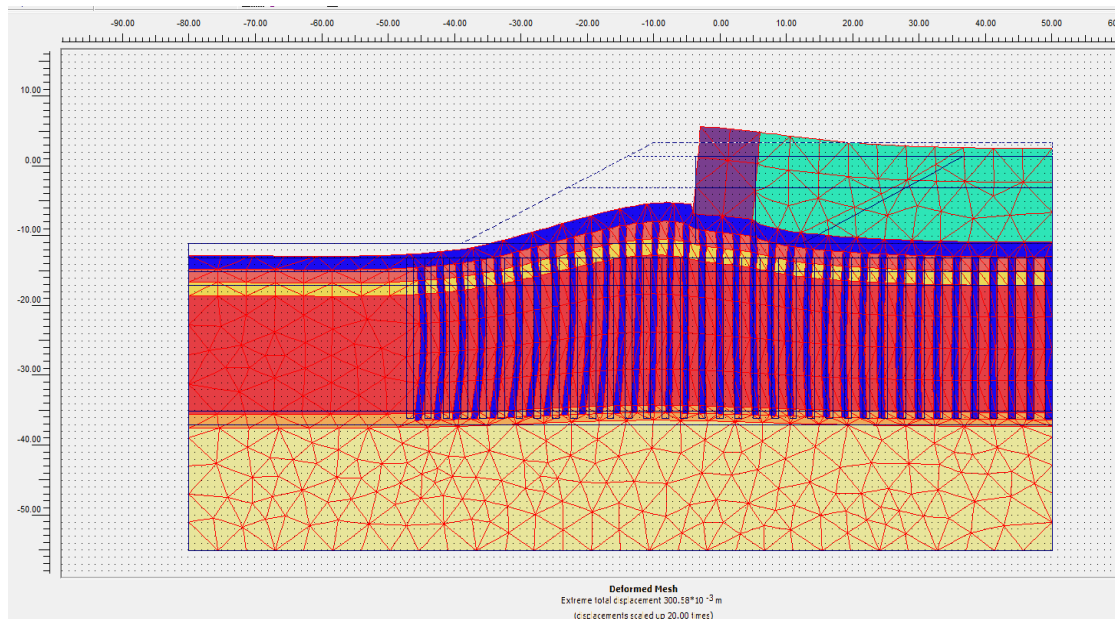
Αρχική γεωμετρία.



Συνολικές μετατοπίσεις στην Α' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).



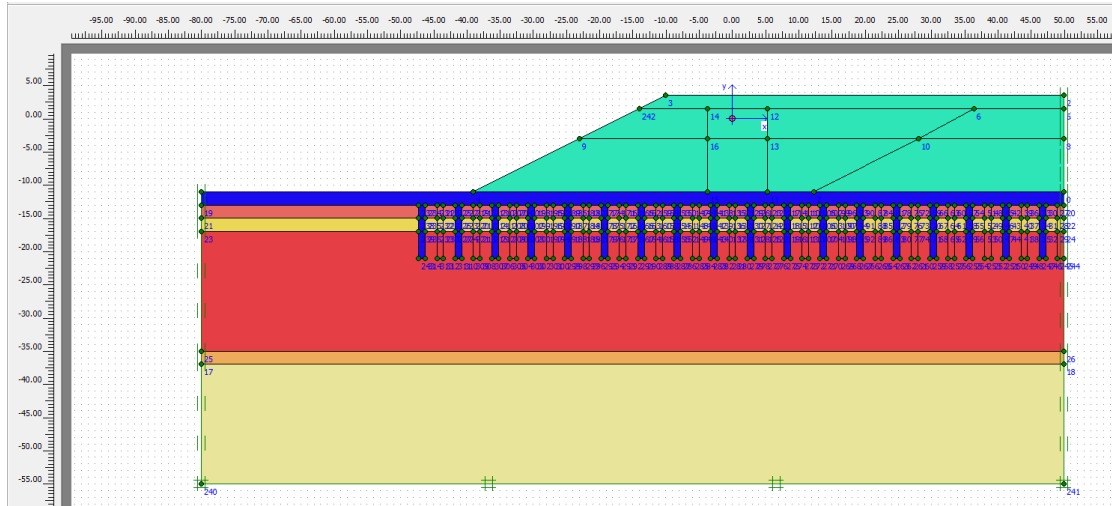
Συνολικές μετατοπίσεις στην Β' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).



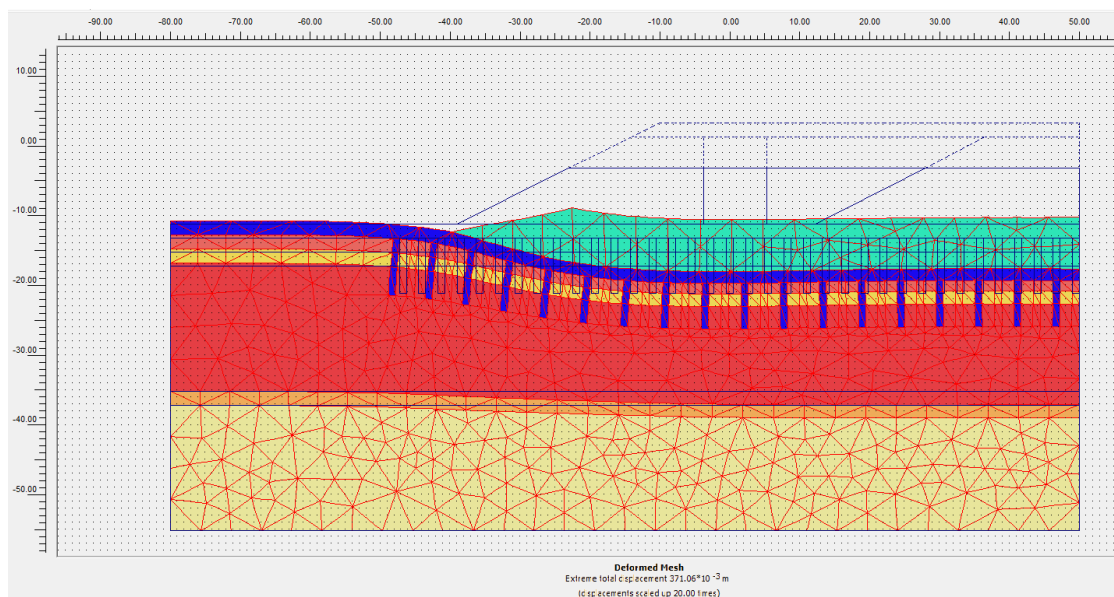
Συνολικές μετατοπίσεις στην τελική φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

8.1.2 Παραμετρικές αναλύσεις με ενεργοποιημένο το 1/2 του συνόλου των χαλικοπασσάλων

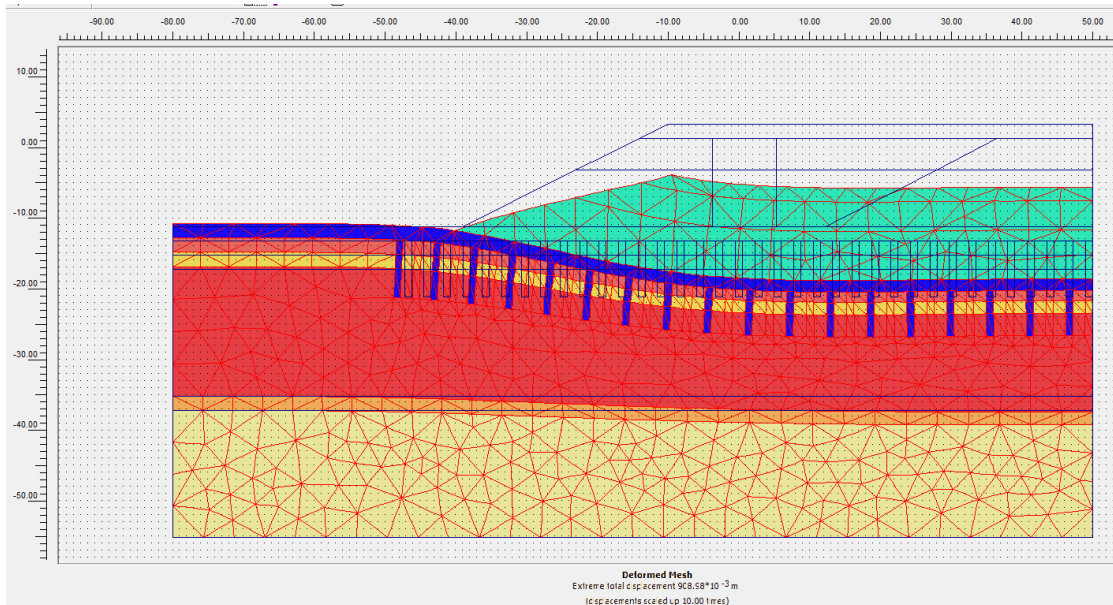
8.1.2.1 Μήκος χαλικοπασσάλων 8 m



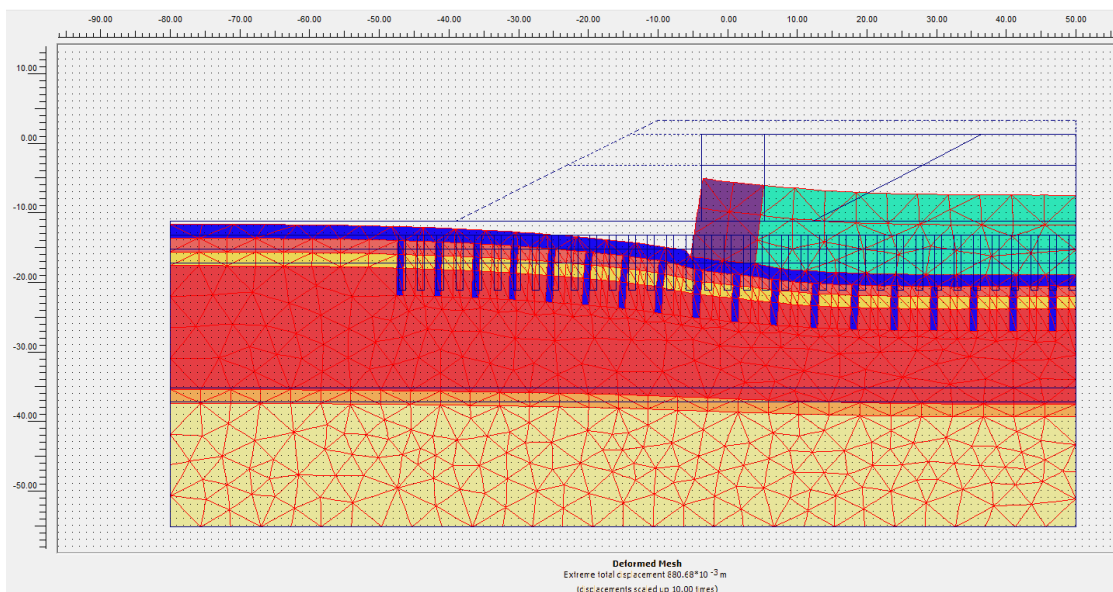
Αρχική γεωμετρία.



Συνολικές μετατοπίσεις στην Α' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

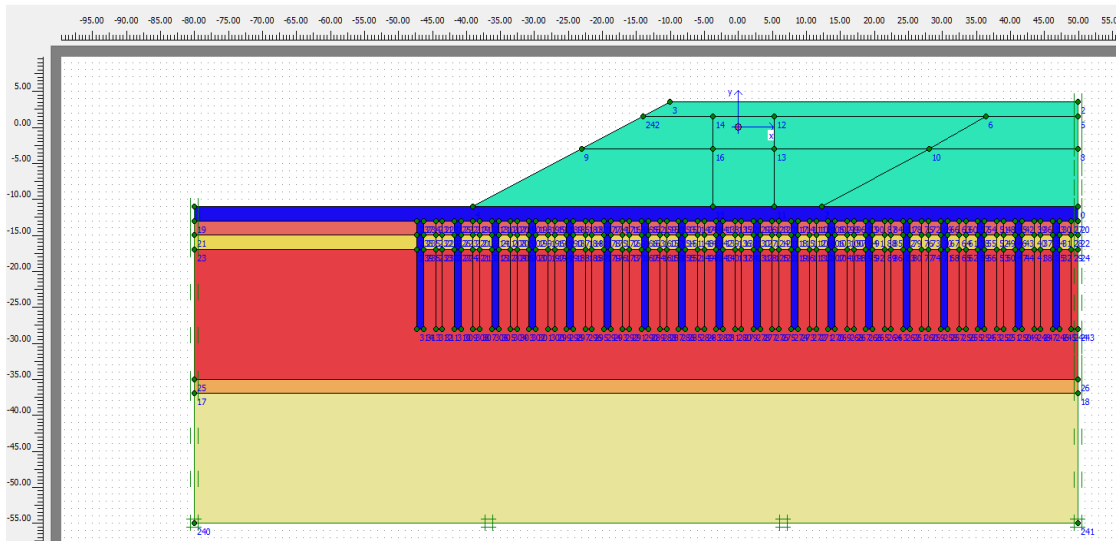


Συνολικές μετατοπίσεις στην Β' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

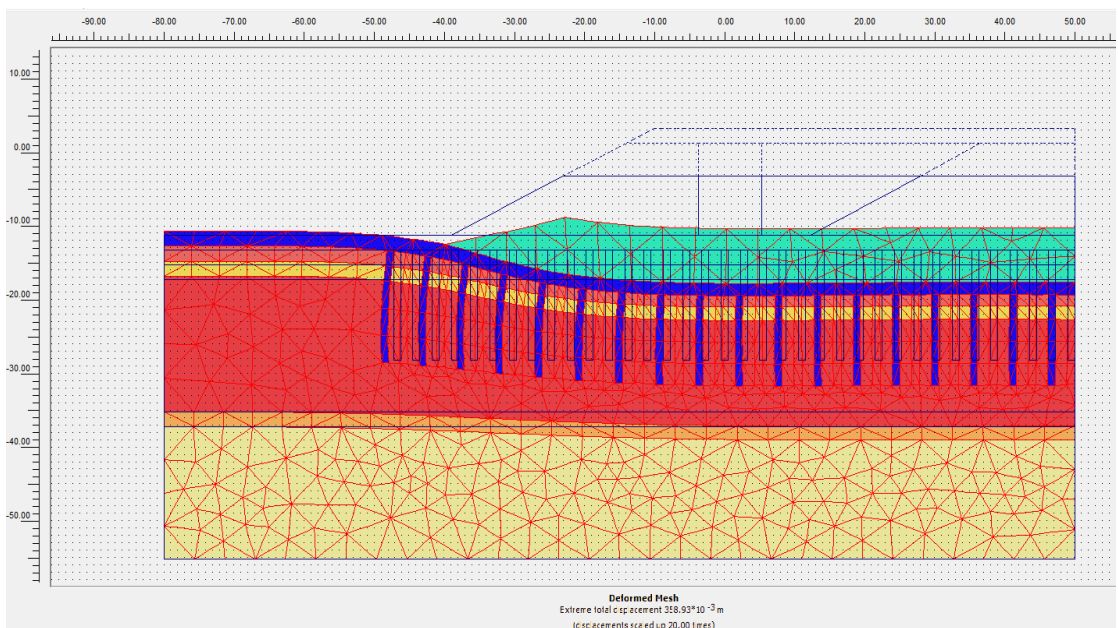


Συνολικές μετατοπίσεις στην τελική φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

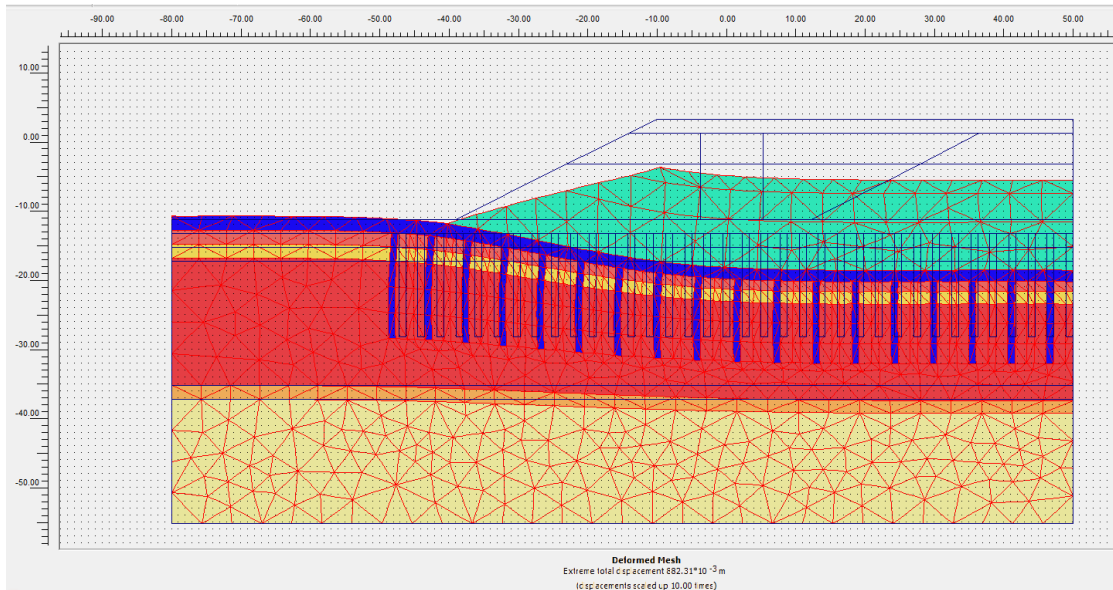
8.1.2.2 Μήκος χαλικοπασσάλων 15 m



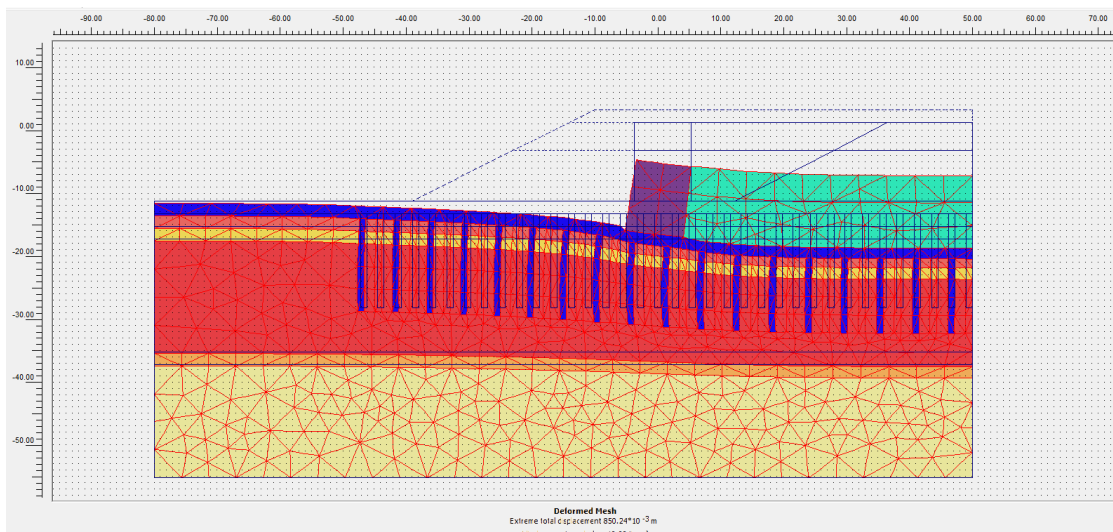
Αρχική γεωμετρία.



Συνολικές μετατοπίσεις στην Α' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

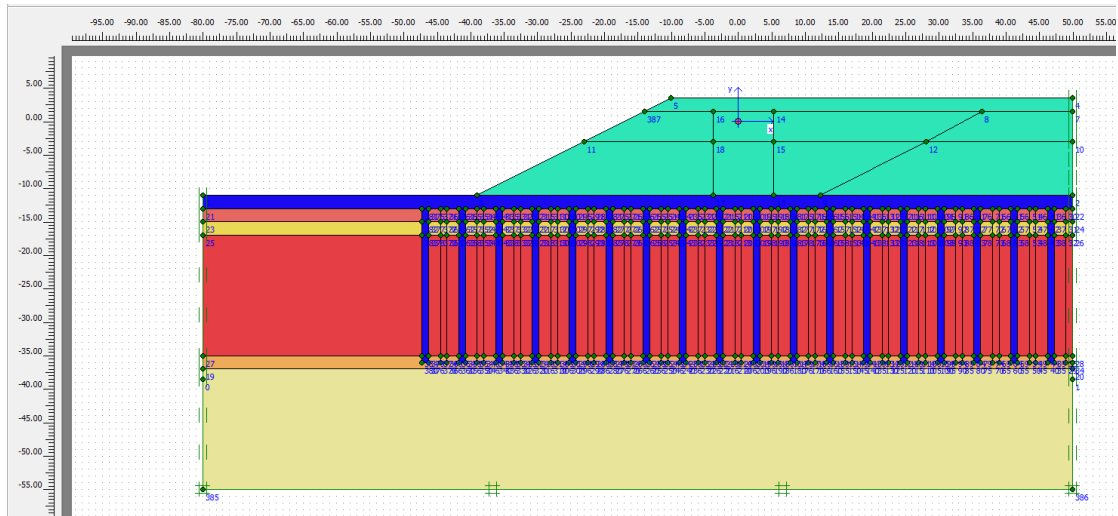


Συνολικές μετατοπίσεις στην Β' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

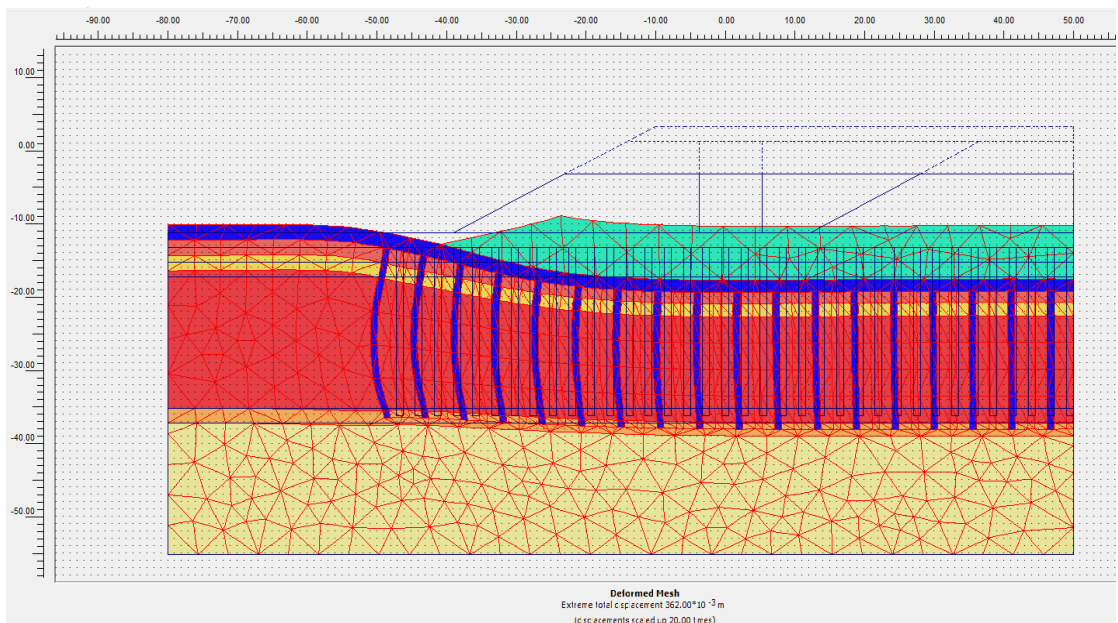


Συνολικές μετατοπίσεις στην τελική φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

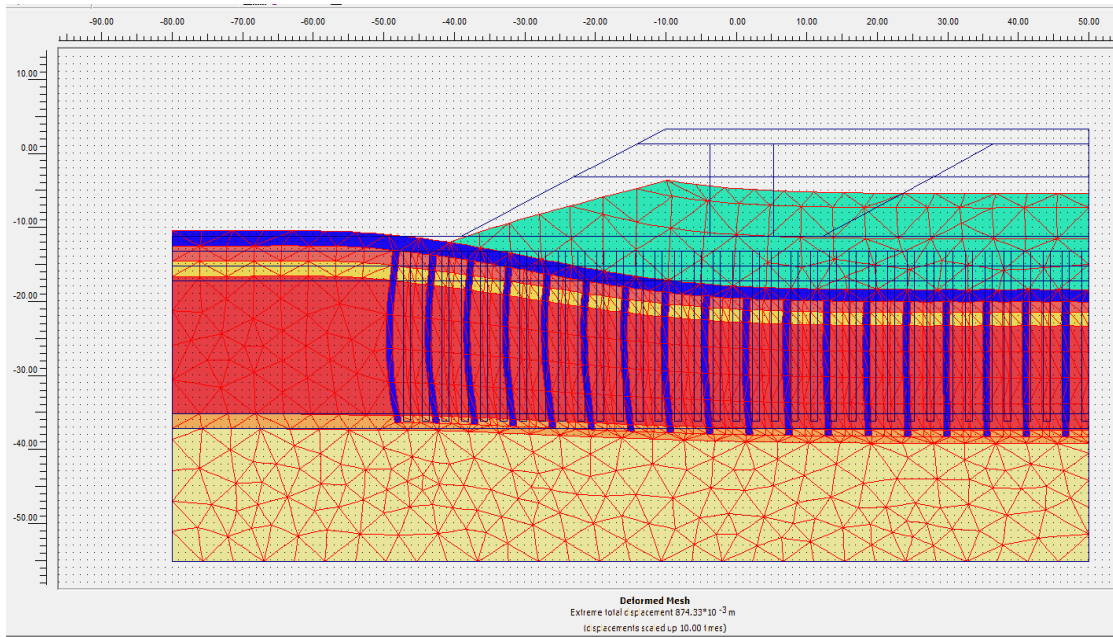
8.1.2.3 Μήκος χαλικοπασσάλων 23 m



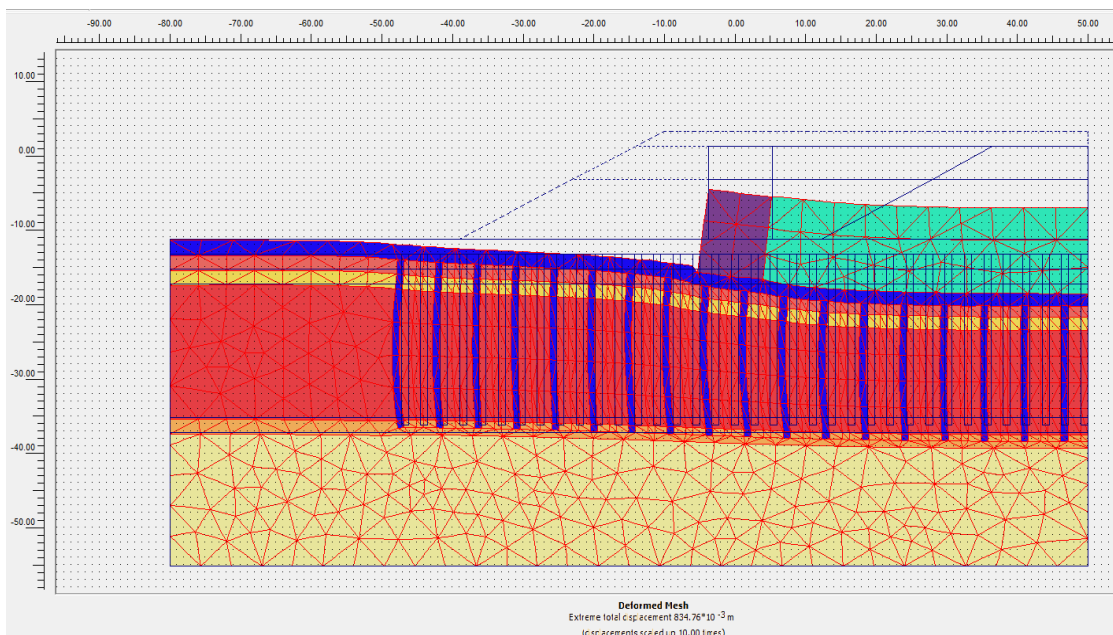
Αρχική γεωμετρία.



Συνολικές μετατοπίσεις στην Α' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).



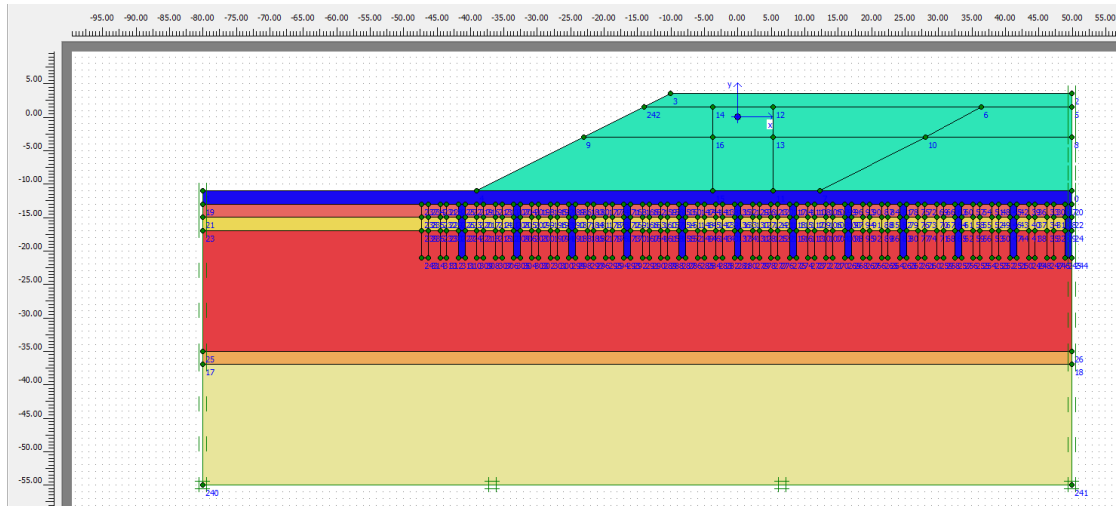
Συνολικές μετατοπίσεις στην Β' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).



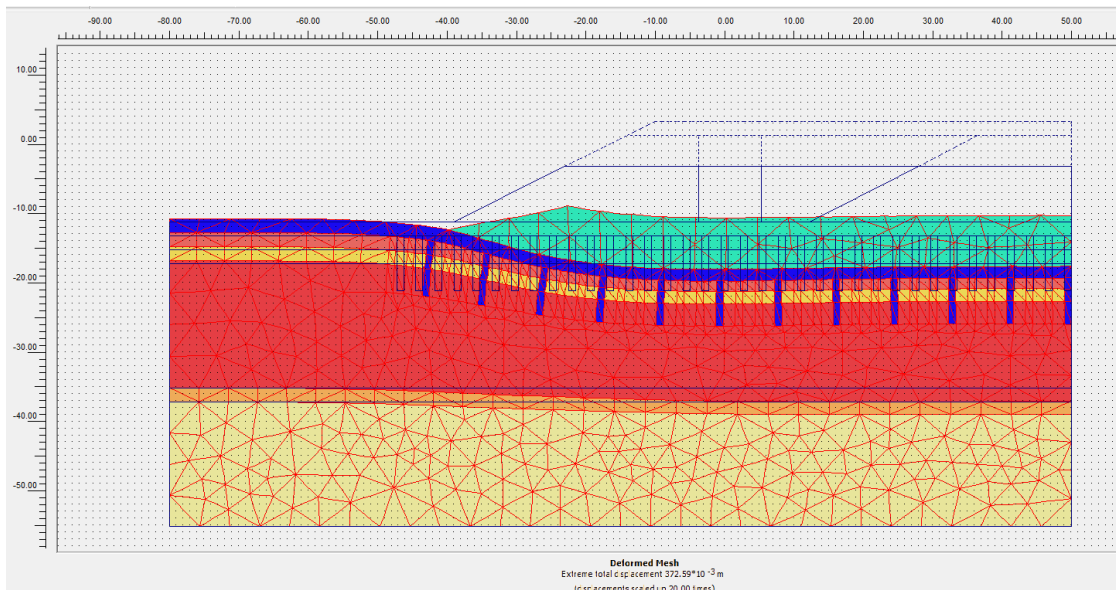
Συνολικές μετατοπίσεις στην τελική φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

8.1.3 Παραμετρικές αναλύσεις με ενεργοποιημένο το 1/3 του συνόλου των χαλικοπασσάλων

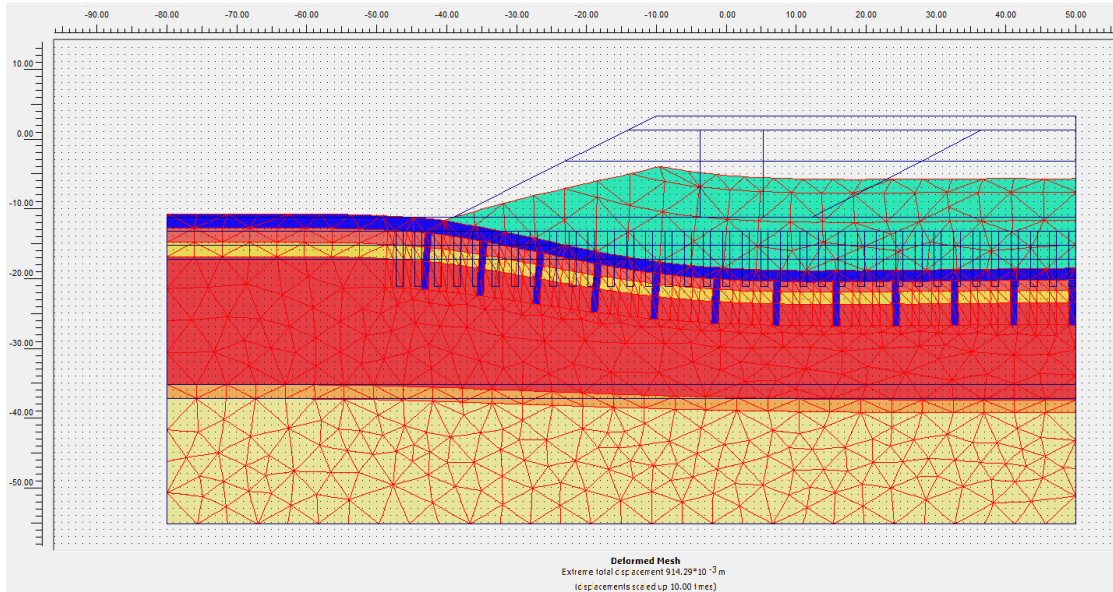
8.1.3.1 Μήκος χαλικοπασσάλων 8 m



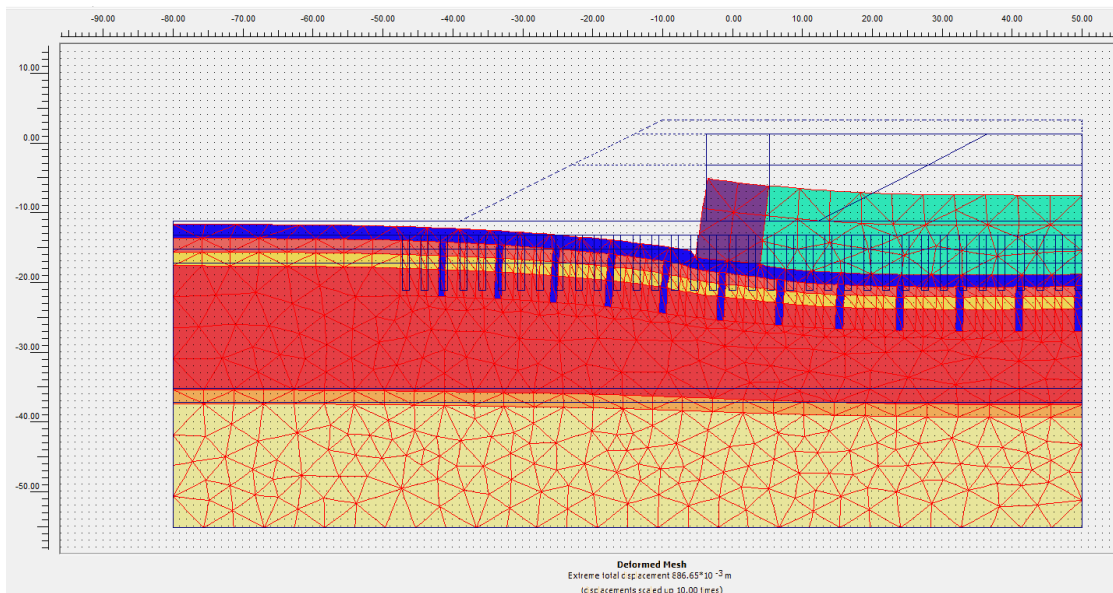
Αρχική γεωμετρία.



Συνολικές μετατοπίσεις στην Α' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

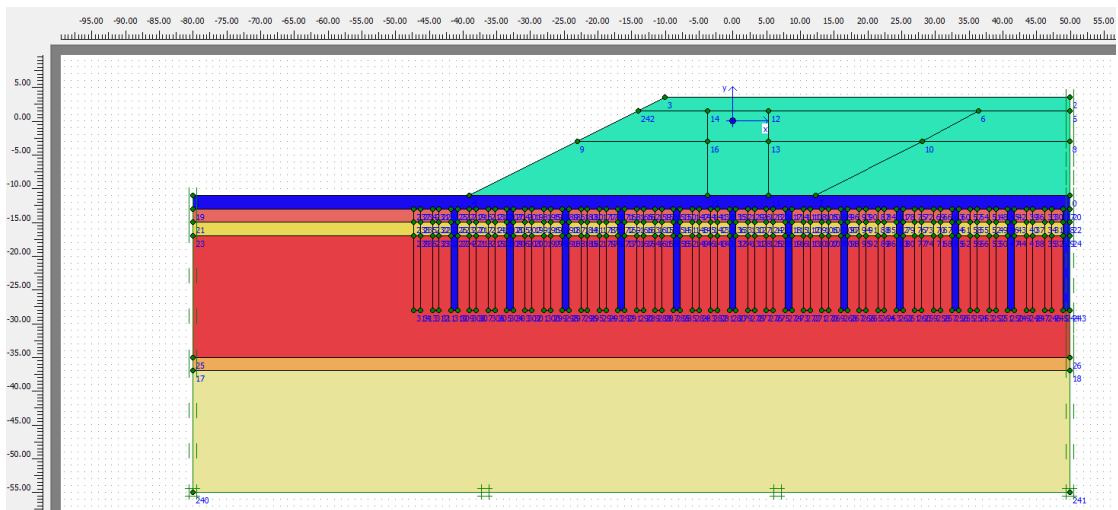


Συνολικές μετατοπίσεις στην Β' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

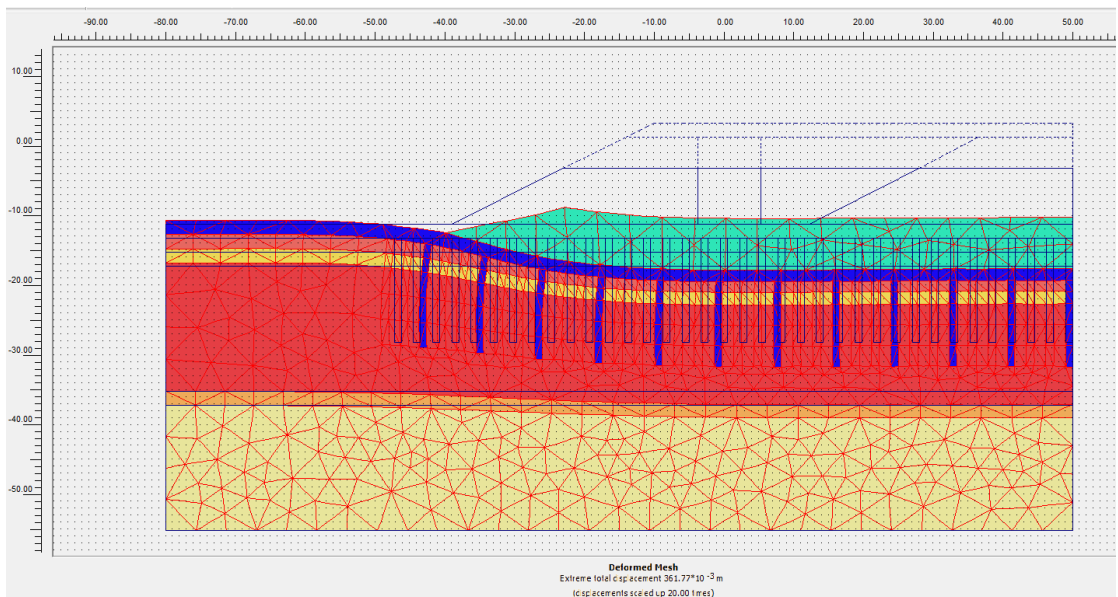


Συνολικές μετατοπίσεις στην τελική φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

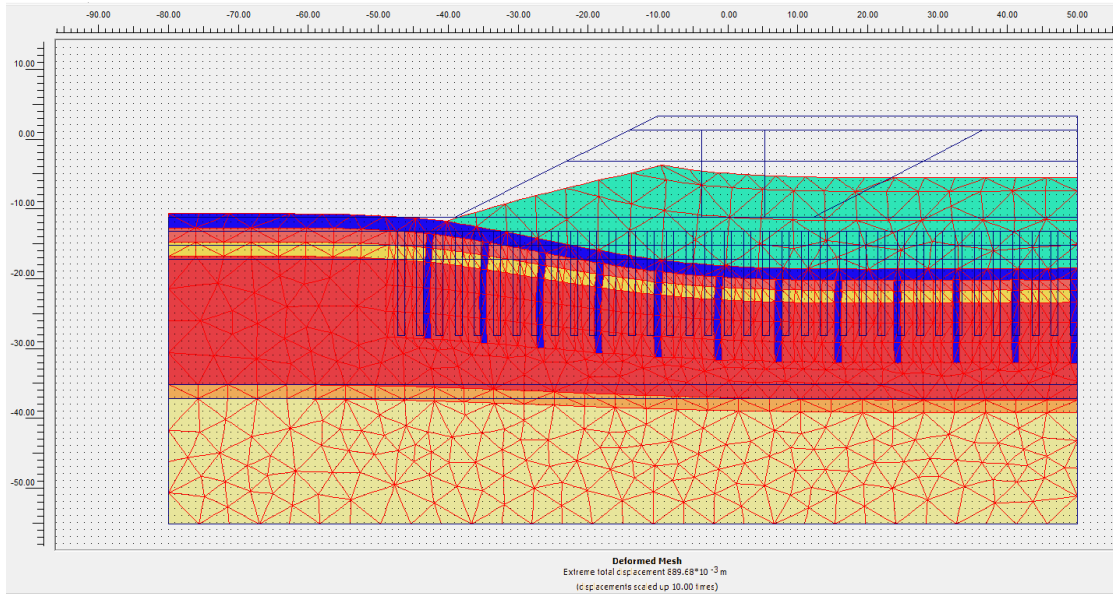
8.1.1.1 Μήκος χαλικοπασσάλων 15 m



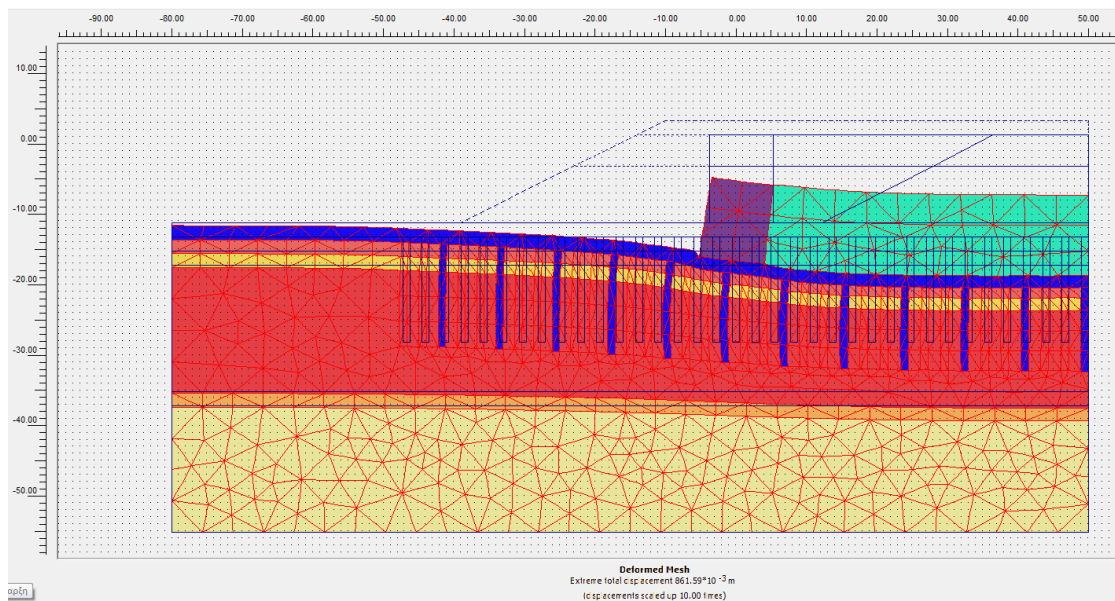
Αρχική γεωμετρία.



Συνολικές μετατοπίσεις στην Α' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

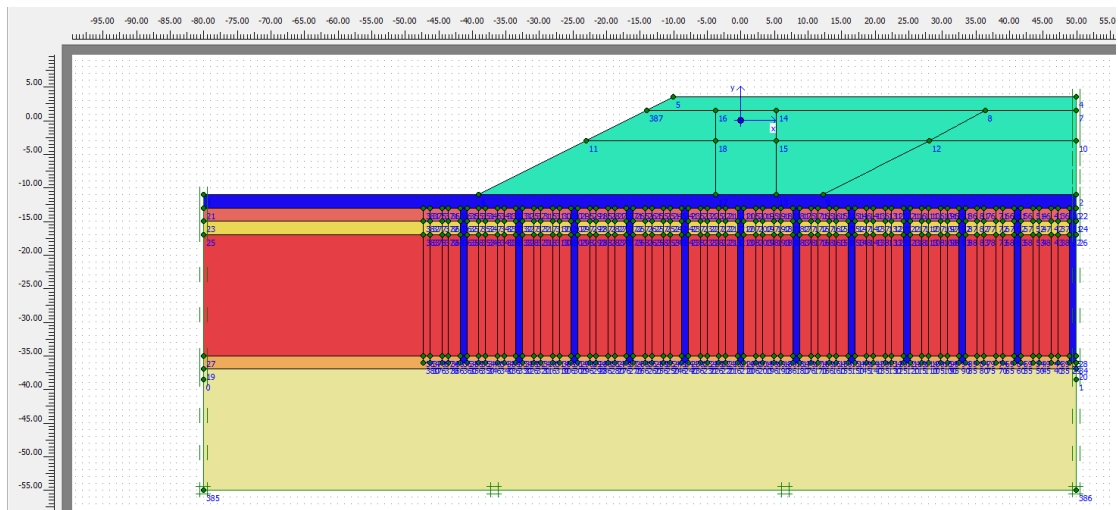


Συνολικές μετατοπίσεις στην Β' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

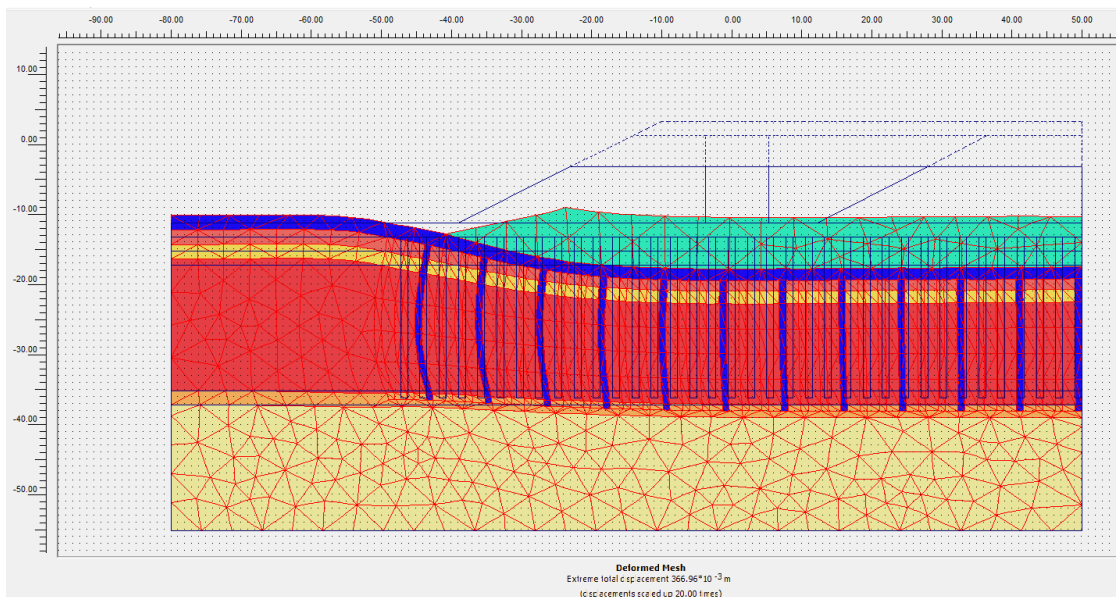


Συνολικές μετατοπίσεις στην τελική φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

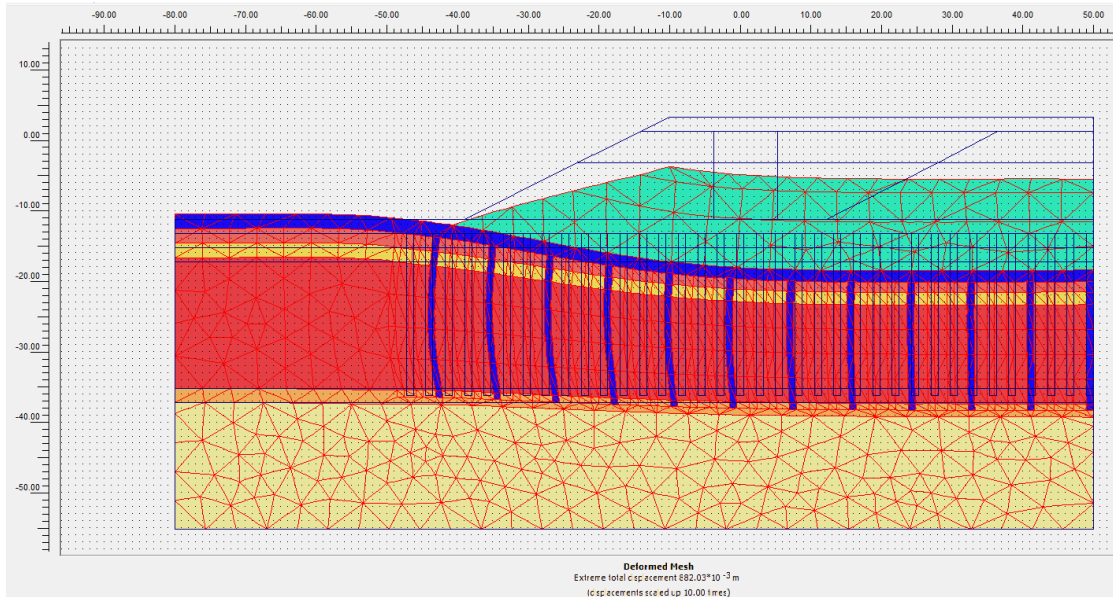
8.1.1.2 Μήκος χαλικοπασσάλων 23 m



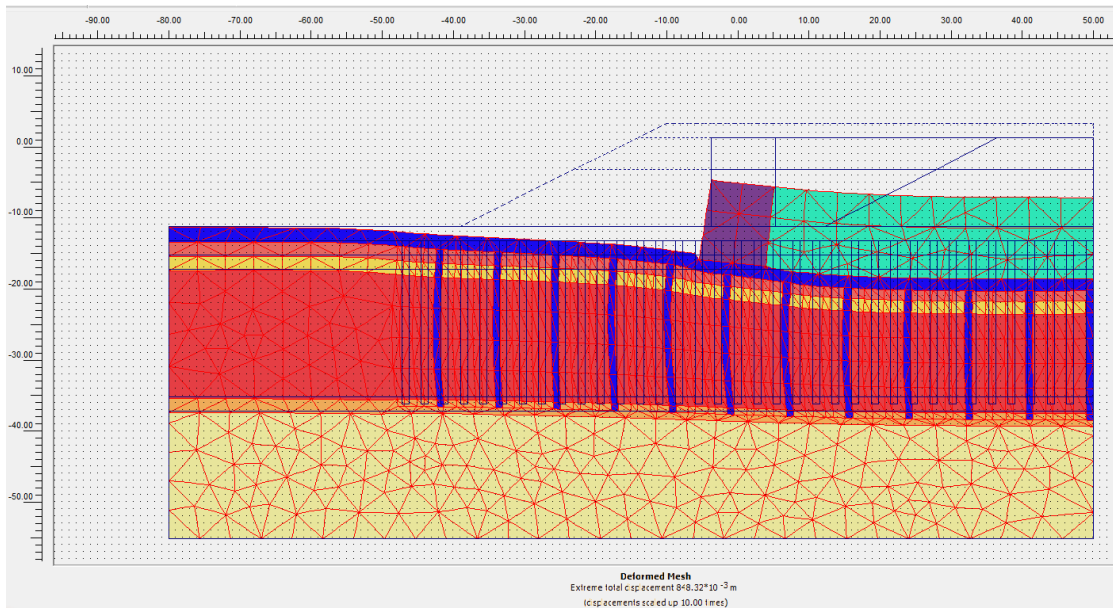
Αρχική γεωμετρία.



Συνολικές μετατοπίσεις στην Α' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).



Συνολικές μετατοπίσεις στην Β' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

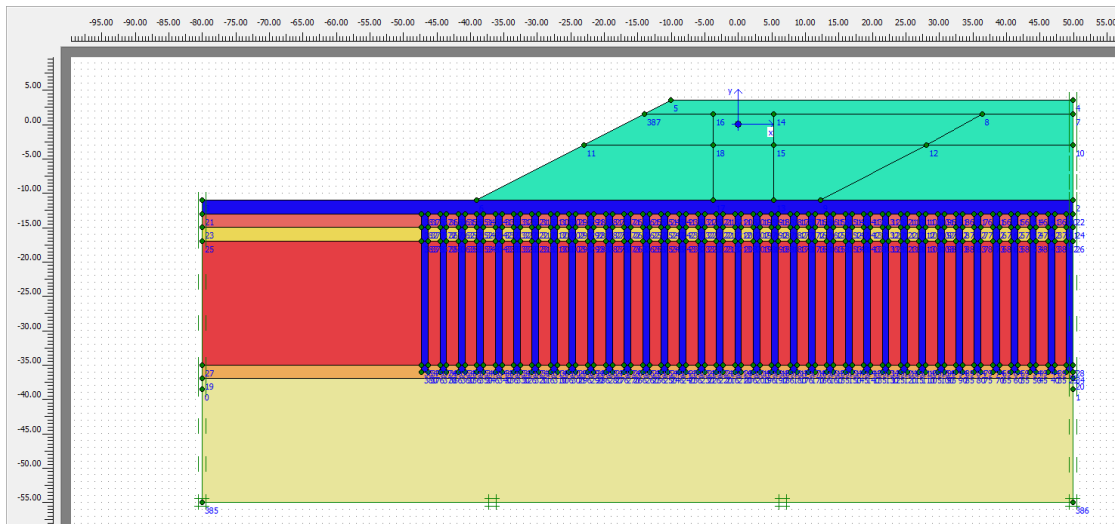


Συνολικές μετατοπίσεις στην τελική φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

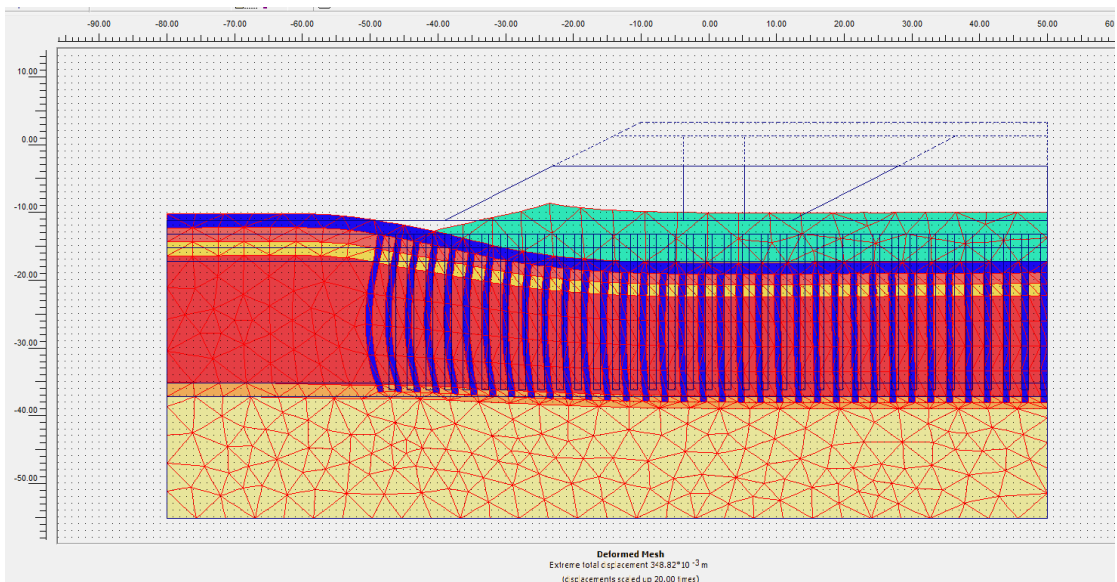
8.2 3^η ΣΕΙΡΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Στις παραμετρικές αναλύσεις που ακολουθούν το μήκος των χαλικοπασσάλων είναι 23 m.

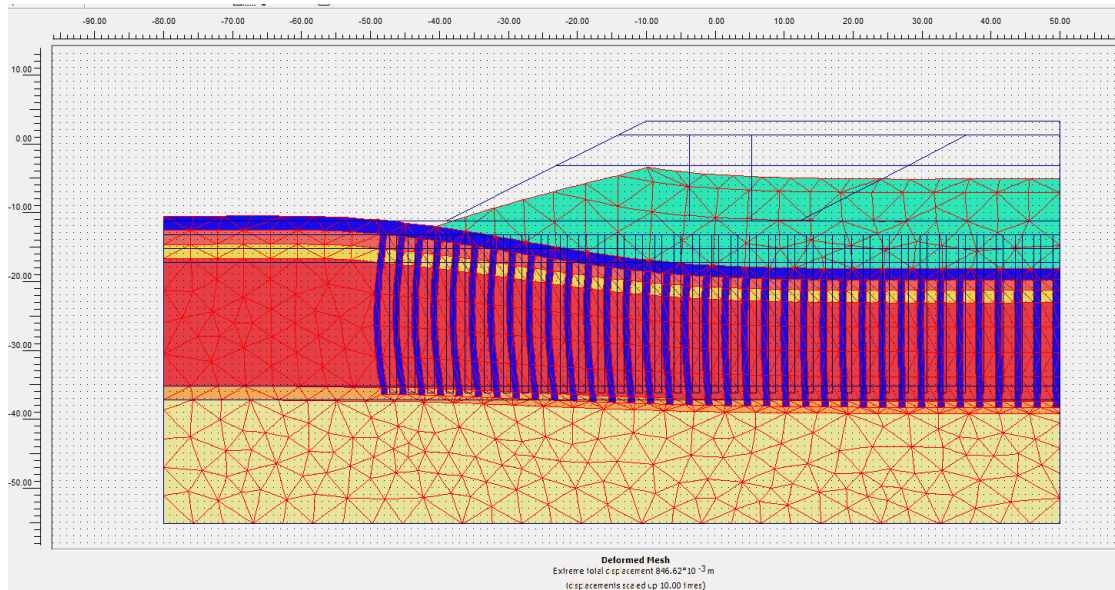
8.2.1 Κλίση 50%



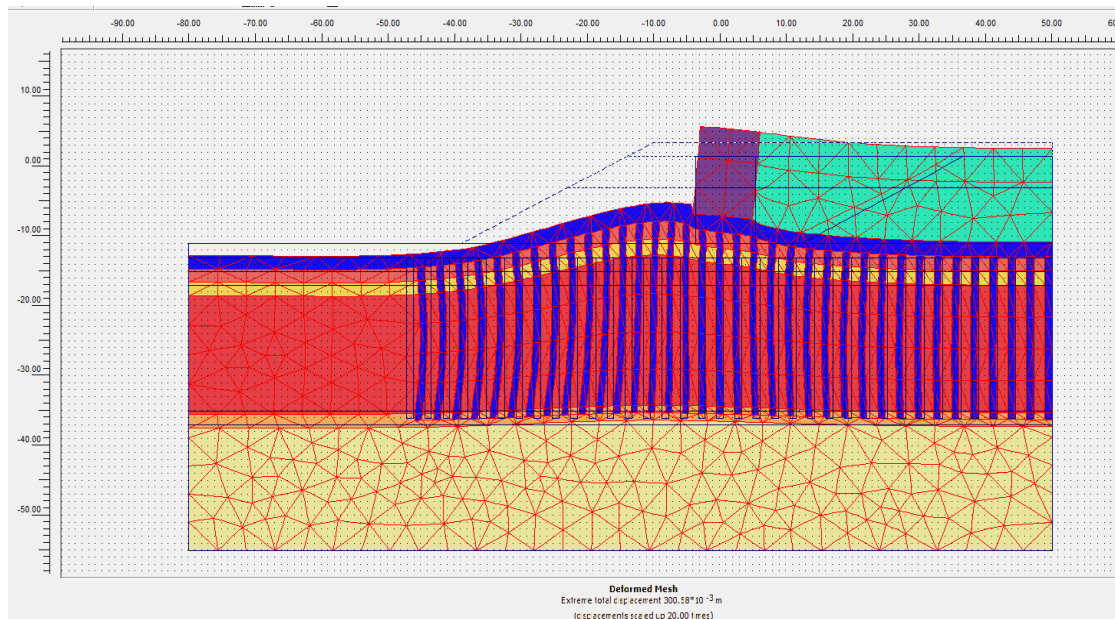
Αρχική γεωμετρία.



Συνολικές μετατοπίσεις στην Α' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

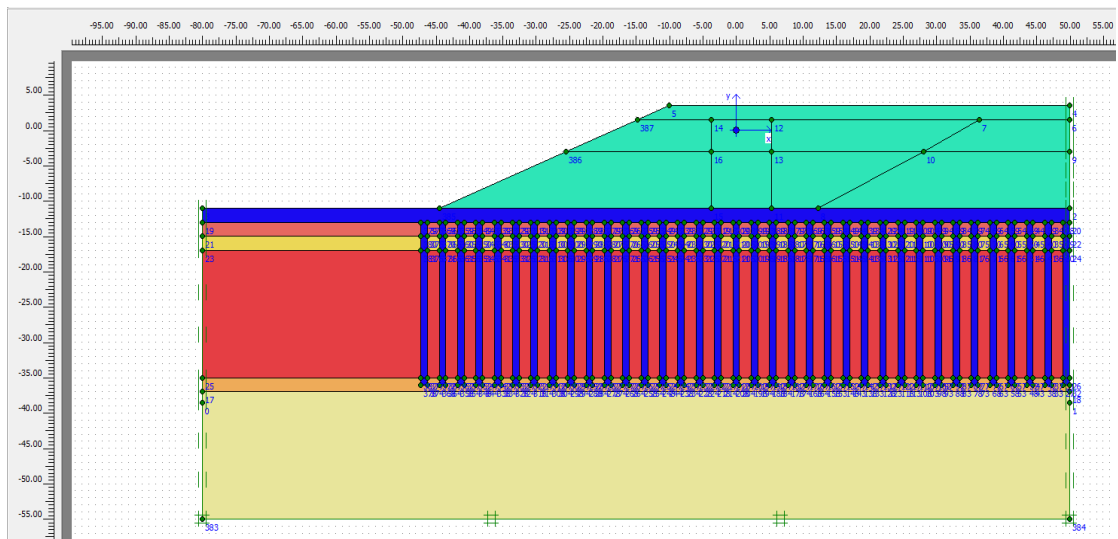


Συνολικές μετατοπίσεις στην Β' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

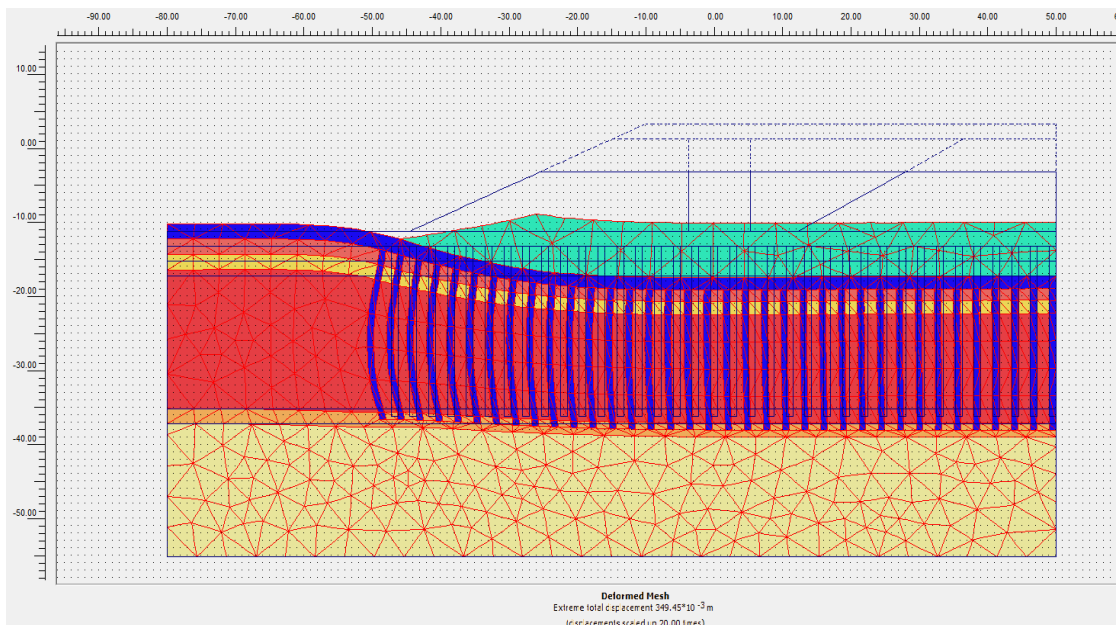


Συνολικές μετατοπίσεις στην τελική φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

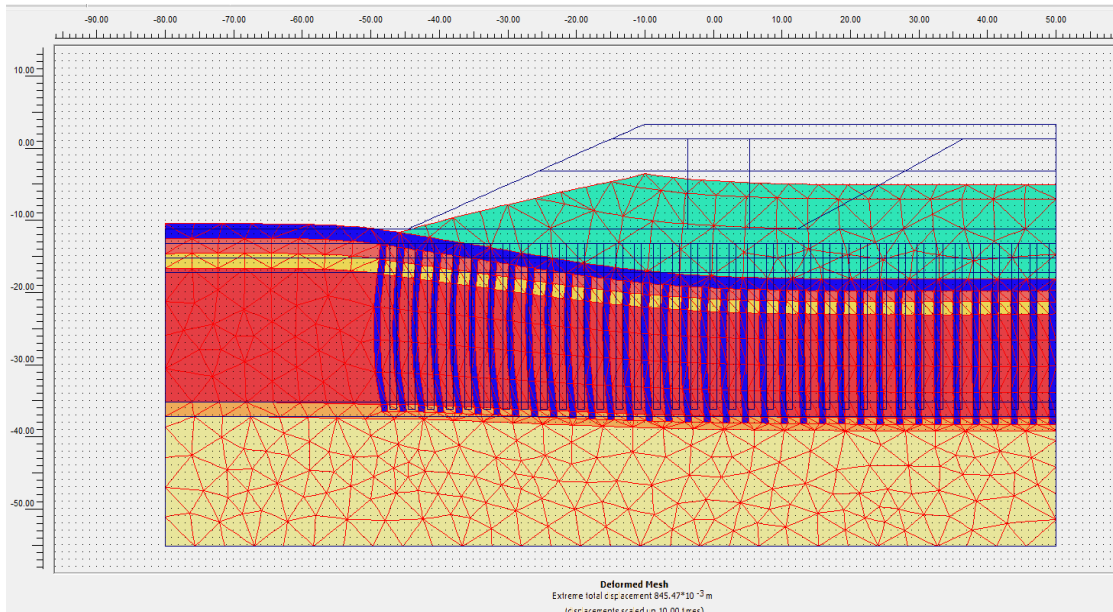
8.2.2 Κλίση 43%



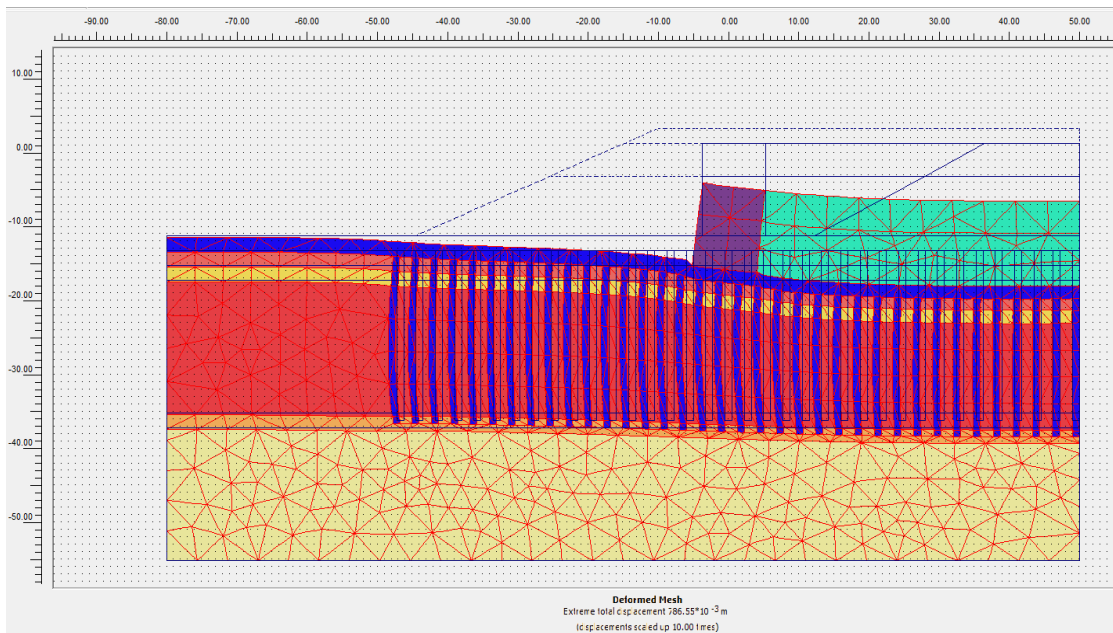
Αρχική γεωμετρία.



Συνολικές μετατοπίσεις στην Α' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

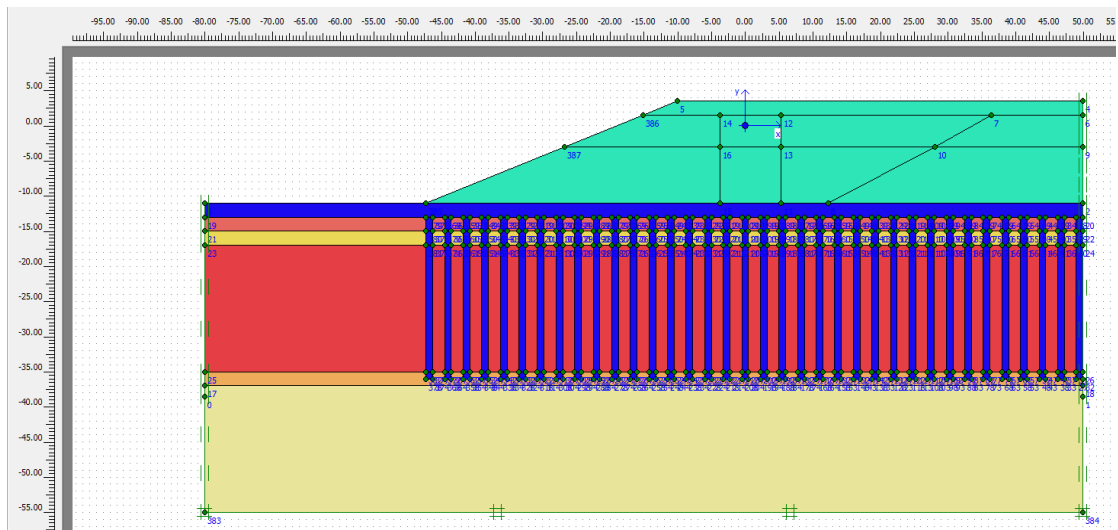


Συνολικές μετατοπίσεις στην Β' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

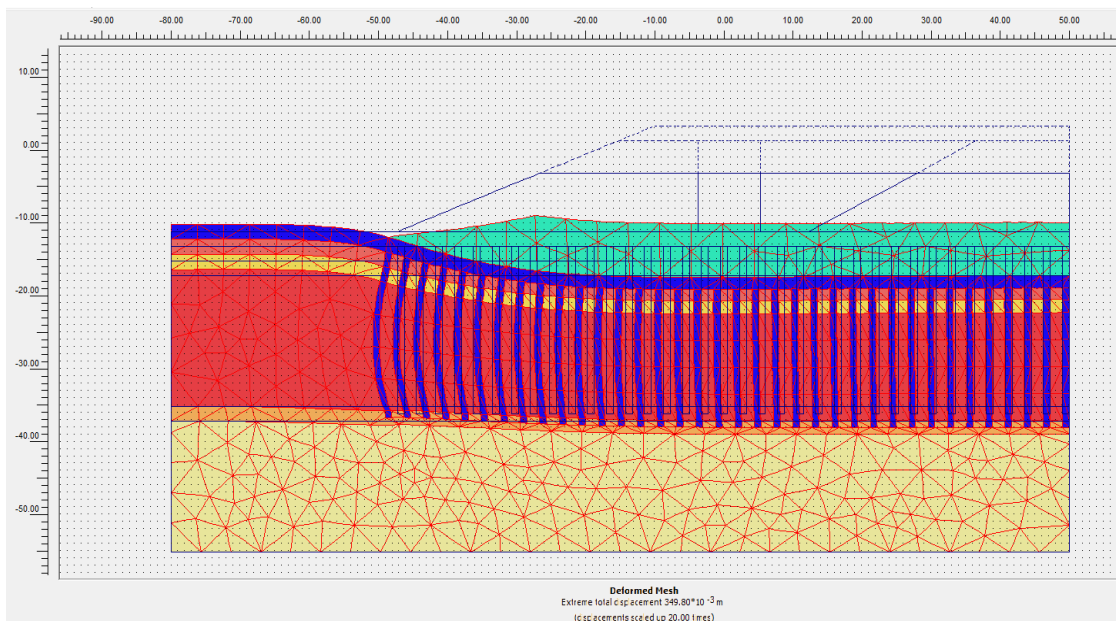


Συνολικές μετατοπίσεις στην τελική φάση του έργου (σε μεγέθυνση).

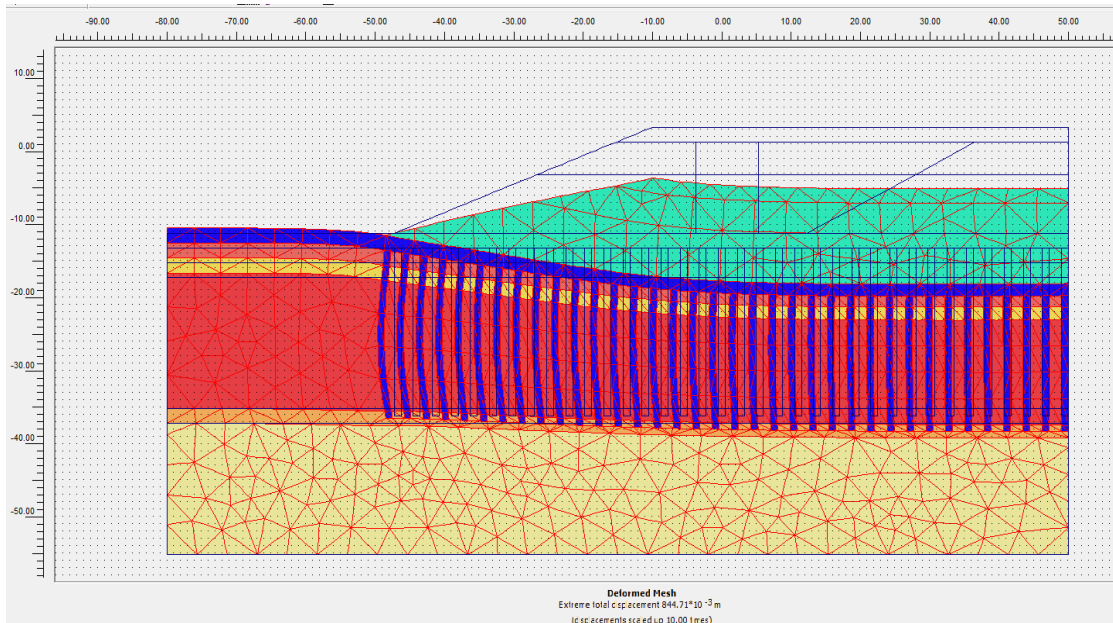
8.2.3 Κλίση 40%



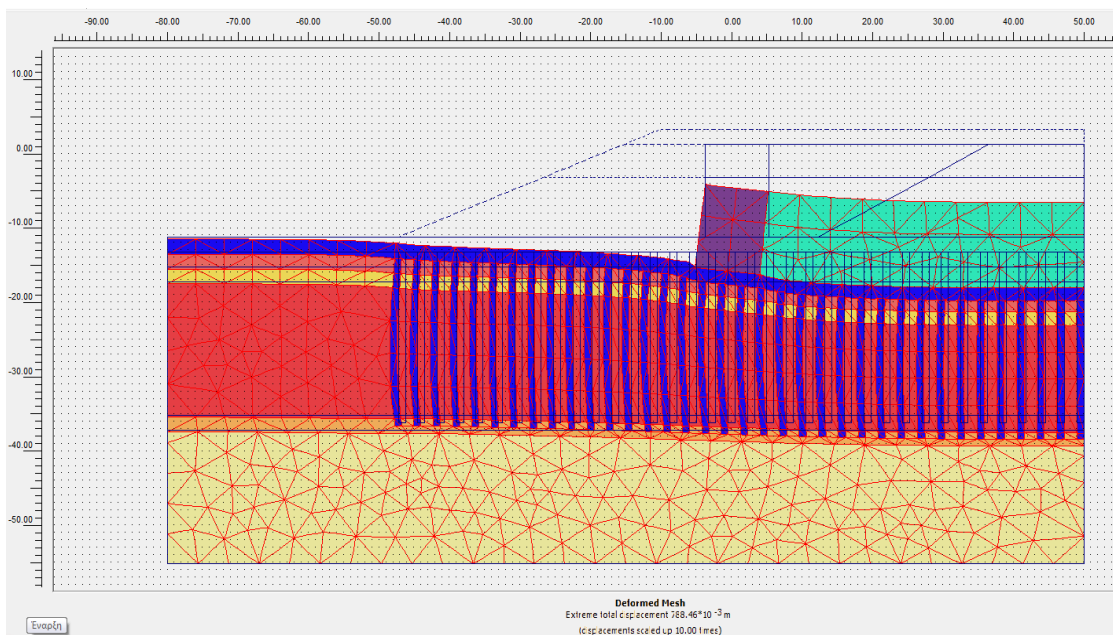
Αρχική γεωμετρία.



Συνολικές μετατοπίσεις στην Α' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).



Συνολικές μετατοπίσεις στην Β' φάση του έργου (σε μεγέθυνση).



Συνολικές μετατοπίσεις στην τελική φάση του έργου (σε μεγέθυνση).