

ΤΟΕΒ ΦΕΡΩΝ - ΠΕΠΛΟΥ  
ΔΗΜΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ  
Π.Ε. ΕΒΡΟΥ / Δ/ΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ: ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ  
ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΕΒ ΦΕΡΩΝ-ΠΕΠΛΟΥ ΜΕ  
ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ  
ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ, ΤΟΥ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ  
ΑΥΤΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ

ΜΕΛΕΤΗ: ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ

ΣΤΑΔΙΟ: ΟΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**T-4** ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ  
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

ΑΝΑΔΟΧΟΙ: • ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ: ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
(ΜΕΔΕ) ΑΝΔΡΕΑΣ ΑΛΕΒΙΖΟΣ & ΣΙΑ Ε.Ε.  
• Η/Μ ΜΕΛΕΤΗ: ΠΑΝΤΕΛΗΣ Η. ΑΡΓΥΡΟΣ  
• ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ: ΙΩΑΝΝΗΣ Χ. ΡΟΜΠΟΛΑΣ  
• ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ: ΓΕΩΤ.ΕΡ. ΔΙΔΑΣΚΑΛΟΥ Ε.Ε.

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ

**ΙΩΑΝΝΗΣ Χ. ΡΟΜΠΟΛΑΣ**  
*Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός, MSc*  
*Διπλ. Μηχανολόγος Μηχανικός*

ΙΟΥΛΙΟΣ 2023  
Ο ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ

Ι. ΡΟΜΠΟΛΑΣ  
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧ/ΚΟΣ

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ  
ΚΑΙ  
ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ  
ΑΛΕΞ/ΠΟΛΗ ..... / ..... / 2023

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ  
ΑΛΕΞ/ΠΟΛΗ ..... / ..... / 2023

ΕΓΚΡΙΣΗ

ΑΠΟΦΑΣΗ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΓΕΝΙΚΑ.....	1
1.1	ΑΝΑΘΕΣΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	1
1.2	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ .....	1
1.3	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ .....	1
1.4	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	2
1.5	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ.....	2
2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	3
2.1	ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ.....	3
2.1.1	Υδροληψία – Θέση Αντλιοστασίου.....	3
2.1.2	Έργο Υδροληψίας και Διώρυγα Προσαγωγής.....	3
2.1.3	Αντλιοστάσιο.....	3
2.2	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ & ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	4
2.2.1	Αντλιοστάσιο.....	4
2.2.2	Προσαγωγός διώρυγα και δεξαμενή αναρρόφησης .....	6
2.2.3	Μικροπάσσαλοι .....	6
2.3	ΥΛΙΚΑ – ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΚΘΕΣΗΣ.....	6
2.4	ΕΚΣΚΑΦΗ ΦΡΕΑΤΟΣ.....	9
3	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	11
3.1	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ .....	11
3.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	11
3.3	ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ – ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ.....	11
3.4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	12
3.4.1	Παράμετροι Εδάφους.....	12
3.4.2	Μοναδιαίος Δείκτης Αντιστάσεως Εδάφους .....	12
3.4.3	Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας .....	16
3.4.4	Στάθμη και τρόπος θεμελίωσης .....	16
3.4.5	Αντιμετώπιση Άνωσης .....	17
3.5	ΠΡΟΤΑΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ.....	18
4	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ .....	19
4.1	ΦΟΡΤΙΑ .....	19
4.1.1	Μόνιμα φορτία .....	19
4.1.2	Κινητά φορτία .....	19
4.1.3	Σεισμός.....	19
4.1.4	Ωθήσεις γαιών .....	22
4.2	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ .....	22
4.3	ΕΔΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ.....	23

4.4	ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	24
4.5	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	25
4.5.1	Συνοπτική περιγραφή του λογισμικού .....	25
4.5.2	Προσομοιώματα των αναλύσεων .....	26

# 1 ΓΕΝΙΚΑ

## 1.1 ΑΝΑΘΕΣΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η μελέτη «ΟΡΙΣΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΚΥΡΙΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΤΟΥ ΤΟΕΒ ΦΕΡΩΝ – ΠΕΠΛΟΥ» ανατέθηκε από τον Αναπτυξιακό Οργανισμό Τοπικής Αυτοδιοίκησης «ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ Α.Ε.» στον Ιωάννη Χ. Ρόμπολα, Διπλ. Πολιτικό Μηχανικό MSc, μελετητή Α' Τάξης Στατικών με την από 07/07/2023 Σύμβαση με αρ. πρωτ. 29/2023.

Η Ομάδα Μελέτης αποτελείται από τους:

- Ιωάννη Ρόμπολα, Διπλ. Πολιτικό Μηχανικό, MSc, Μελετητή Α' Τάξης Στατικών
- Λεωνίδα Λατσό, Διπλ. Πολιτικό Μηχανικό, MSc, Μελετητή Α' Τάξης Στατικών
- Χρύσανθο Φαρμάκη, Διπλ. Πολιτικό Μηχανικό, MSc

## 1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Το αντικείμενο της παρούσας αποτελεί η στατική μελέτη ενός νέου αντλιοστασίου του Αρδευτικού Δικτύου του ΤΟΕΒ Φερών – Πέπλου.

## 1.3 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

Για τη σύνταξη της παρούσας μελέτης ελήφθησαν υπ' όψιν τα παρακάτω κανονιστικά κείμενα:

- ΕΛΟΤ EN 1990 - Βάσεις Σχεδιασμού Δομημάτων
- ΕΛΟΤ EN 1991 - Δράσεις επί των Κατασκευών
- ΕΛΟΤ EN 1992 - Σχεδιασμός Κατασκευών από Σκυρόδεμα
- ΕΛΟΤ EN 1993 - Σχεδιασμός Μεταλλικών Κατασκευών
- ΕΛΟΤ EN 1997 - Γεωτεχνικός Σχεδιασμός
- ΕΛΟΤ EN 1998 - Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κατασκευών
- Εθνικά προσαρτήματα των παραπάνω προτύπων
- Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΦΕΚ 1561/Β/02-06-2016) όπως τροποποιήθηκε και ισχύει
- Νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος (ΦΕΚ 1416/Β/17-07-2008) όπως τροποποιήθηκε και ισχύει
- Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΕΤΕΠ) (ΦΕΚ 2221/Β/30.07.2012)

## 1.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Για τη σύνταξη της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω βιβλιογραφία:

- Beton Kalender 1984 – Εκδόσεις Μ.Γκιούρδας
- J. Hahn, Πλάκες, Πλαίσια, Συνεχείς Δοκοί, Β' έκδοση, Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας
- Χρ. Καραγιάννης, Σχεδιασμός κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα και σεισμικές δράσεις – Σύγχρονες αντιλήψεις και ευρωκώδικες, Εκδ. Σοφία, 2019
- Θεοφάνης Γεωργόπουλος Ωπλισμένο Σκυρόδεμα σύμφωνα με τους κανονισμούς EC2 – ΕΚΩΣ, τόμος Α, Πάτρα 2015
- Θεοφάνης Γεωργόπουλος, Ωπλισμένο Σκυρόδεμα σύμφωνα με τους κανονισμούς EC2 – ΕΚΩΣ, τόμος Β, Πάτρα 2015
- Avak Ralf, Ευρωπαϊκές Κατασκευές από σκυρόδεμα, Παραδείγματα σχεδιασμού με τον EC2, 2<sup>η</sup> Έκδοση Μ. Γκιούρδας, Αθήνα 1997
- F. Leonhardt – E. Monning, Ολόσωμες Κατασκευές – 3<sup>η</sup> έκδοση Μ. Γκιούρδας, Αθήνα 2011
- Μ. Φαρδής, Μαθήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος, Μέρος Ι, ΙΙ, ΙΙΙ. Πάτρα 2004
- Γ. Πενέλης, Κ. Στυλιανίδης, Α. Κάππος, Χ. Ιγνατάκης, Κατασκευές από Οπλισμένο Σκυρόδεμα (Πανεπιστημιακές Σημειώσεις), Θεσσαλονίκη 1995
- Γ. Γκρος, Ωπλισμένο Σκυρόδεμα κατά τον Ελληνικό Κανονισμό 2000, σύγκριση με τον EC2 και το DIN1045/2001, εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2004
- Θ. Τάσιος, Θεωρία Σχεδιασμού Επισκευών και Ενισχύσεων, εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2009
- Θ. Τριανταφύλλου, Δομικά Υλικά, 5η έκδοση, Πάτρα 2002
- Χρ. Σπανός, Μ. Σπιθάκης, Κ. Τρέζος, Μέθοδοι για την επιτόπου αποτίμηση των χαρακτηριστικών των υλικών, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2007

## 1.5 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

Για τις ανάγκες της παρούσας στατικής μελέτης χρησιμοποιείται η Έκθεση Γεωτεχνικής Έρευνας με τίτλο «ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ - ΜΕΛΕΤΗ “ΟΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΥΡΙΟΥ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΟΕΒ ΦΕΡΩΝ – ΠΕΠΛΟΥ”» της εταιρίας μελετών ΓΕΩΤ.ΕΡ. ΔΙΔΑΣΚΑΛΟΥ Ε.Ε. με ημερομηνία εκπόνησης Αύγουστος 2022 και ημερομηνία αναθεώρησης Ιανουάριος 2023.

Ο γεωμετρικός σχεδιασμός του τεχνικού έργου γίνεται στα πλαίσια της Υδραυλικής Μελέτης που εκπονήθηκε σε προηγούμενο στάδιο. Επί αυτού του σχεδιασμού γίνεται η μόρφωση του φέροντος οργανισμού. Ακολούθως ο γεωμετρικός σχεδιασμός εξετάζεται στα πλαίσια της μελέτης ηλεκτρομηχανολογικών, και γίνονται οι όποιες απαραίτητες τροποποιήσεις. Ακολούθως, ολοκληρώνεται η στατική μελέτη.

## 2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

### 2.1 ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

#### 2.1.1 Υδροληψία – Θέση Αντλιοστασίου

Η Υδροληψία πρόκειται να γίνει από την κοίτη του ποταμού Έβρου. Η θέση του Α/Σ επιλέχθηκε ώστε να είναι αφενός δυνατή η ροή επαρκούς παροχής, τουλάχιστον 25.000 μ<sup>3</sup>/ω ακόμη και στις χαμηλές στάθμες του ποταμού, αφετέρου όμως να μην είναι υπερβολικά κοντά στο φρύδι ώστε να διευκυνθεί η κατασκευή του έργου. Η στάθμη τοποθέτησης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού επιλέχθηκε ελαφρώς υψηλότερη του πλησιέστερου αναχώματος, το οποίο υπερπηδά η πλημμυρική παροχή του ποταμού Έβρου.

#### 2.1.2 Έργο Υδροληψίας και Διώρυγα Προσαγωγής

Το Έργο Υδροληψίας αποτελείται από τρία τμήματα:

- **Έργο Εισόδου**, μήκους 10,00 - 12,00 μ. Είναι μία ορθογωνική κατασκευή με πτερυγότοιχους από συρματοκιβώτια επί της όχθης του ποταμού. Η είσοδος του τεχνικού Υδροληψίας θα προστατευτεί από τη διάβρωση του ποταμού με δύο διαμήκεις δοκούς – αναβαθμούς από συρματοκιβώτια. Η επιφάνεια έδρασης θα εξυγιανθεί με λιθορριπή 20 - 100 χγρ. Εξωτερικά οι πτερυγότοιχοι θα προστατευτούν με λιθορριπή 100-200 χγρ. εάν κριθεί απαραίτητο από την Επίβλεψη.

- **Ορθογωνική Διώρυγα Προσαγωγής**. Έχει εσωτερικό πλάτος 10,00 μ. και μήκος 10,00 μ. Η Υδροληψία θα γίνει μέσω ορθογωνικής διώρυγας προσαγωγής οπλισμένου Σκυροδέματος που θα διαμορφωθεί με εκσκαφή περίπου κάθετα στην όχθη του ποταμού. Η στέψη της διώρυγας τοποθετείται σε απόλυτο υψόμετρο + 3,00 μ. και το βάθος της κυμαίνεται από 4,90 έως 7,40 μ. Θα εξοπλιστεί με γαλβανισμένη σιδηρά συρόμενη εσχάρα με τετράγωνο πλέγμα διακένου 3,0 εκ. Αμέσως κατόπιν της σχάρας προβλέπονται δοκοί έμφραξης που θα επιτρέπουν την πλήρη απομόνωση της διώρυγας για επισκευές, καθαρισμό κλπ. όταν η στάθμη του ποταμού είναι χαμηλά.

- **Φρεάτιο - Δεξαμενή Αναρρόφησης**. Η Διώρυγα Προσαγωγής καταλήγει σε ανοικτό Φρεάτιο - Δεξαμενή Αναρρόφησης, τραπεζοειδούς σχήματος σε κάτοψη, στο πέρας του οποίου βρίσκεται το Αντλιοστάσιο, εξοπλισμένο με κατακόρυφες Στροβιλοφόρες Αντλίες Βαθέων Φρεάτων (τύπου πομώννας).

#### 2.1.3 Αντλιοστάσιο

Το Αντλιοστάσιο θα είναι υπερυψωμένο σε σχέση με τη στάθμη του υφιστάμενου αναχώματος, που είναι σήμερα περίπου στα +7,80 μ., ώστε να εξασφαλίζεται το από

οποιαδήποτε πλημμυρική κατάσταση, αφού στη δυσμενέστερη περίπτωση το νερό θα υπερπηδήσει το ανάχωμα (στάθμης +7,80 μ.) και θα κατακλύσει την ευρύτερη αγροτική περιοχή Πέπλου στα Βόρεια – Βορειοδυτικά του ποταμού.

Στο πέρας της διώρυγας θα διαμορφωθεί το ανοικτό Φρεάτιο – Δεξαμενή Αναρρόφησης. Η κάτοψη του είναι τραπεζοειδής με καθαρό πλάτος από 10,00 έως 16,80 μ. Το μέγιστο βάθος του θα είναι 7,40 μ. και το πλάτος του επιτρέπει την τοποθέτηση έξι κυρίων κατακορύφων αντλιών. Μεταξύ των αντλιών διαμορφώνονται χωρίσματα (φωλιές) ώστε αφενός να ισοκατανέμεται η ποσότητα του νερού, αφετέρου να ελαχιστοποιούνται οι στροβιλισμοί.

Το δάπεδο του Αντλιοστασίου θα είναι σε στάθμη περίπου 40 εκ. ψηλότερα από την στάθμη του αναχώματος, δηλαδή σε στάθμη  $7,80 + 0,40 = +8,20$  μ. Στη στάθμη αυτή θεωρείται αδύνατη η κατάκλυσή του από τον ποταμό Έβρο αφού στη δυσμενέστερη περίπτωση η πλημμύρα θα υπερβεί το ανάχωμα και θα εκτονωθεί στην έκταση του Πέπλου. Οι εξωτερικές διαστάσεις του κτιρίου είναι 20,30 x 16,25 μ.

Το Αντλιοστάσιο στεγάζει το σύνολο του Η/Μ εξοπλισμού, δηλαδή τα αντλητικά συγκροτήματα και τους ηλεκτρικούς πίνακες. Το Αντλιοστάσιο είναι κατασκευή με φορέα οπλισμένου Σκυροδέματος με υλικό πλήρωσης μπατική τοιχοποιία.

## **2.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ & ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

### **2.2.1 Αντλιοστάσιο**

Το αντλιοστάσιο αποτελείται από πλαισιωτό φορέα από οπλισμένο σκυρόδεμα, κατηγορίας C30/37, θεμελιωμένο επί γενικής κοιτόστρωσης.

#### Στάθμη -5,20: Στάθμη θεμελίωσης

Η θεμελίωση γίνεται με γενική κοιτόστρωση πάχους 40 εκ. και ενισχύεται με δοκούς 60/80 cm στον κάνναβο των υποστυλωμάτων. Εκατέρωθεν των δοκών της κοιτόστρωσης υπάρχουν ζώνες ενισχυμένης όπλισης (κρυφοδοκοί). Το περίγραμμα της κοιτόστρωσης εξέχει 1,0 μ. του περιγράμματος των υποστυλωμάτων, για καλύτερη αγκύρωση του οπλισμού. Στην περιοχή της κάτοψης που γίνεται η άντληση, η κοιτόστρωση έχει ενιαίο πάχος 80 εκ.

#### Στάθμη -0,70: Ενδιάμεση στάθμη

Στη στάθμη -0,70 μ. υπάρχει πλέγμα δοκών, χωρίς όμως συμπαγείς πλάκες, με σκοπό τη μείωση των μηκών λυγισμού των υποστυλωμάτων και την αύξηση της δυσκαμψίας του φορέα. Κατακόρυφα τοιχεία πάχους 30 εκ. καλύπτουν το σύνολο της δυτικής πλευράς του κτιρίου και την περιοχή άντλησης, ώστε να δημιουργούνται υδραυλικά ανεξάρτητοι θάλαμοι σε κάθε θέση άντλησης, και ταυτόχρονα η δυσκαμψία των τοιχείων να κατανέμεται συμμετρικά στην κάτοψη.

#### Στάθμη +3,50: Έδραση συλλέκτη και έξοδος αγωγών

Στη στάθμη +3,50 μ. εδράζεται ο συλλέκτης (κολλεκτέρ) των καταθλιπτικών αγωγών που βρίσκονται στην έξοδο του αντλητικού συγκροτήματος. Στην είσοδο του συλλέκτη μπαίνουν 6 καταθλιπτικοί αγωγοί DN600 από ελατό χυτοσίδηρο και στην έξοδο φεύγουν δύο αγωγοί DN1200, επίσης από ελατό χυτοσίδηρο. Το σύνολο των σωληνώσεων εδράζεται σε στρώση καλά συμπυκνωμένης άμμου λατομείου. Εναλλακτικά, η έδραση των σωληνώσεων θα γίνει με μεταλλική κατασκευή, η οποία όμως θα πρέπει να εξασφαλίζει επιφάνεια έδρασης για κατανομή των φορτίων επιφάνειας τουλάχιστον 1 μ<sup>2</sup> ανά στήριξη. Οι πλάκες της στάθμης αυτής έχουν πάχος 28 εκ.

Στη δυτική πλευρά του κτιρίου υπάρχει τοιχείο πάχους 30 εκ. στο οποίο διαμορφώνονται δύο οπές για την έξοδο των αγωγών. Στην ανατολική πλευρά του κτιρίου, στη στάθμη αυτή συνεχίζουν μόνο τα τοιχεία που έχουν προσανατολισμό Α-Δ.

#### Στάθμη +8,20: Στάθμη δαπέδου χώρου Η/Μ εξοπλισμού

Στη στάθμη +8,20 βρίσκεται το δάπεδο του προσβάσιμου χώρου του αντλιοστασίου, στον οποίο βρίσκονται οι ηλεκτρικοί κινητήρες των αντλιών, χώροι χαμηλής και μέσης στάθμης, χώρος υποσταθμού ΔΕΗ και λοιποί βοηθητικοί χώροι. Στον κυρίως χώρο του αντλιοστασίου, διαμορφώνονται οπές ώστε με χρήση γερανογέφυρας να είναι δυνατή η πρόσβαση και αφαίρεση τμημάτων σωληνώσεων του συλλέκτη της υποκείμενης στάθμης.

Οι πλάκες της στάθμης αυτής έχουν γενικά πάχος 22 εκ., 28 εκ. στην είσοδο του αντλιοστασίου όπου μπορεί να σταθμεύσει φορτηγό όχημα, και 40 εκ. στην περιοχή έδρασης των ηλεκτροκινητήρων.

Στη δυτική πλευρά του κτιρίου εξέχει εξώστης πλάτους 1,50 μ. ο οποίος συναντά τη χωμάτινη ράμπα πρόσβασης.

#### Στάθμη +12,65: Στάθμη γερανογεφυρών

Στη στάθμη λειτουργίας των δύο γερανογεφυρών του αντλιοστασίου διαμορφώνονται κατάλληλα φουρούσια στα υποστυλώματα, επί των οποίων εδράζονται οι οδηγοί κάθε γερανογέφυρας. Η ακριβής διάταξη στήριξης και κίνησης της γερανογέφυρας εξαρτάται από τον εκάστοτε κατασκευαστή, και με ευθύνη του Αναδόχου θα εγκριθεί από την επιβλέπουσα Υπηρεσία.

#### Στάθμη +15,00: Οροφή αντλιοστασίου

Η στάθμη της οροφής του Αντλιοστασίου αποτελείται από συμπαγή πλάκα σκυροδέματος 17 εκ. στην οποία διαμορφώνονται 6 οπές στις θέσεις άνωθεν των ηλεκτροκινητήρων, διαμέσου των οποίων δύνανται να απομακρυνθούν οι άξονες των αντλιών, με χρήση γερανοφόρου οχήματος. Για την απορροή των όμβριων υδάτων διαμορφώνονται κατάλληλες ρύσεις. Περιμετρικά κατασκευάζεται στηθαίο ύψους 50 εκ. και η πλάκα εξέχει 60 εκ. ως πρόβολος σε κάθε πλευρά του κτιρίου.



## 2.2.2 Προσαγωγός διώρυγα και δεξαμενή αναρρόφησης

Η προσαγωγός διώρυγα και η δεξαμενή αναρρόφησης κατασκευάζονται και από σκυρόδεμα κατηγορίας C30/37 και οπλισμό B500c. Εδράζονται σε συμπαγή πλάκα πάχους 40 εκ. η οποία λειτουργεί ως κοιτόστρωση και εξέχει των κατακόρυφων τοιχείων 80 εκ. Τα κατακόρυφα τοιχεία έχουν πάχος 50 εκ. στα πρώτα 9.5 μ. ύψους τους και 30 εκ. στο υπόλοιπο ύψος. Σε ενδιάμεσες θέσεις κατασκευάζονται αντηρίδες ενίσχυσης, διατομής 1,00x0,50 μ.

## 2.2.3 Μικροπάσσαλοι

Για την αντιμετώπιση της άνωσης κατασκευάζονται συνολικά 200 μικροπάσσαλοι διαμέτρου Φ300 χλστ. και ενεργού μήκους 10 μ. μετρούμενο από τη στάθμη θεμελίωσης (Α.Υ. -5,20 μ.). Η πλάκα θεμελίωσης (γενική κοιτόστρωση) θα λειτουργεί ως κεφαλόδεσμος των μικροπασσάλων. Η διάταξη των μικροπασσάλων παρουσιάζεται σε σχετικό σχέδιο.

Οι μικροπάσσαλοι θα κατασκευαστούν από σκυρόδεμα κατηγορίας C30/37 και θα οπλιστούν με διαμήκη οπλισμό 7Φ12, διατεταγμένο κυκλικά, και ένα σπειροειδή συνδετήρα Φ10/15.

## 2.3 ΥΛΙΚΑ – ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΚΘΕΣΗΣ

Το σύνολο του φέροντος οργανισμού κατασκευάζεται από σκυρόδεμα κατηγορίας C30/37 ελάχιστης περιεκτικότητας σε τσιμέντο 330 χγρ/μ<sup>3</sup> και χάλυβα οπλισμού κατηγορίας B500c.

**Πίνακας 2-1:** Κατηγορίες έκθεσης σχετιζόμενες με τις περιβαλλοντικές συνθήκες σύμφωνα με το EN 206-1 (απόσπασμα από EN 1992-1-1, Πίνακας 4.1)

Χαρακτηρισμός Κατηγορίας	Περιγραφή περιβάλλοντος	Πληροφοριακά παραδείγματα όπου οι κατηγορίες έκθεσης θα μπορούσαν να συμβούν
<b>1. Κανένας κίνδυνος διάβρωσης ή προσβολής</b>		
X0	Για σκυρόδεμα χωρίς οπλισμό ή ενσωματωμένο μέταλλο: Όλες οι εκθέσεις, εξαιρουμένων των περιπτώσεων παγετού, απότριψης ή χημικής προσβολής Για σκυρόδεμα με οπλισμό ή ενσωματωμένο μέταλλο: πολύ ξηρό	Σκυρόδεμα στο εσωτερικό κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία του αέρα
<b>2. Διάβρωση από ενανθράκωση</b>		
XC1	Ξηρό ή μόνιμα υγρό	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με μέτρια ή υψηλή υγρασία αέρος. Σκυρόδεμα μόνιμα βυθισμένο στο νερό

XC2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος υπό μακροχρόνια επαφή με το νερό. Πληθώρα θεμελιώσεων.
XC3	Μέτρια υγρασία	Σκυρόδεμα εντός κτιρίων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρος. Εξωτερικό σκυρόδεμα προσβαλλόμενο από τη βροχή.
XC4	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος σε επαφή με το νερό, εκτός της κατηγορίας έκθεσης XC2.
<b>3. Διάβρωση από χλωριούχα</b>		
XD1	Μέτρια υγρασία	Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε αερομεταφερόμενα χλωριούχα
XD2	Υγρό, σπανίως ξηρό	Πισίνες. Στοιχεία σκυροδέματος εκτεθειμένα σε βιομηχανικά απόβλητα που περιέχουν χλωριούχα
XD3	Περιοδικά υγρό και ξηρό	Τμήματα γεφυρών εκτεθειμένα σε ψεκάσμο χλωριούχων. Πεζοδρόμια. Πλάκες χώρων στάθμευσης αυτοκινήτων.
<b>4. Διάβρωση προκαλούμενη από χλωριόντα από θαλασσινό νερό</b>		
XS1	Εκτεθειμένο σε άλατα θαλάσσης αερομεταφερόμενα αλλά χωρίς άμεση επαφή με το θαλασσινό νερό	Κατασκευές κοντά ή επί της ακτής
XS2	Μόνιμα βυθισμένο σε θαλασσινό νερό	Τμήματα λιμενικών έργων
XS3	Ζώνες παλίρροιας, παφλασμού και πισπιλίσματος	Τμήματα λιμενικών έργων

Οι κατηγορίες έκθεσης που επιλέγονται για τα επιμέρους στοιχεία είναι:

Ανωδομή (στάθμη +5,35 μ. και άνω): **XC4 & XF1**

Ανωδομή (στάθμη +5,35 μ. και κάτω): **XC1 & XC2**

Θεμελίωση (κοιτόστρωση): **XC2**

Μικροπάσσαλοι: **XC2**

Διώρυγα προσαγωγής: **XC4 & XF1**

Δυσμενέστερη κατηγορία έκθεσης είναι η **XC4**, η οποία και εφαρμόζεται στο σύνολο των δομικών μελών της κατασκευής.

### **Επικάλυψη οπλισμών σκυροδέματος**

- Η επικάλυψη των οπλισμών είναι η απόσταση μεταξύ της επιφάνειας του οπλισμού εγγύτερα στην πλησιέστερη επιφάνεια του σκυροδέματος (συμπεριλαμβανομένων συνδέσμων, συνδετήρων και επιφανειακού οπλισμού, όπου απαιτείται) και της πλησιέστερης επιφάνειας σκυροδέματος.

- Η ονομαστική επικάλυψη πρέπει να καθορίζεται στα σχέδια. Ορίζεται ως η ελάχιστη επικάλυψη  $c_{min}$  συν την σχεδιαστική ανοχή για την αντιμετώπιση αποκλίσεων:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \text{ με } \Delta c_{dev} = 5mm$$

- Ελάχιστη επικάλυψη,  $c_{min}$ : Πρέπει να χρησιμοποιείται η μεγαλύτερη τιμή  $c_{min}$  που να ικανοποιεί τις απαιτήσεις τόσο για τις συνθήκες συνάφειας όσο και για τις περιβαντολλογικές.

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\}$$

όπου:

$c_{min,b}$  ελάχιστη επικάλυψη βάση απαίτησης συνάφειας =  $\Phi_{\text{ράβδου}}$

$c_{min,dur}$  ελάχιστη επικάλυψη βάση περιβαντολλογικών συνθηκών (βλ. πίνακες)

$\Delta c_{dur,\gamma}$  πρόσθετη ασφάλεια στοιχείου = 0

$\Delta c_{dur,st}$  απομείωση της ελάχ. επικάλυψης σε περίπτωση χρήσης ανοξειδωτου χάλυβα = 0

$\Delta c_{dur}$ , απομείωση της ελάχιστης επικάλυψης σε περίπτωση πρόσθετης προστασίας = 0

**Πίνακας 2-2:** Συνιστώμενη κατηγοριοποίηση κατασκευών (απόσπασμα από EN 1992-1-1, Πίνακας 4.3N)

<b>Κατηγορία Κατασκευής (ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ = S4)</b>							
<b>Κριτήριο</b>	<b>Κατηγορία έκθεσης σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1</b>						
	<b>X0</b>	<b>XC1</b>	<b>XC2/XC3</b>	<b>XC4</b>	<b>XD1</b>	<b>XD2/XS1</b>	<b>XD3/XS2/XS3</b>
Χρόνος ζωής σχεδιασμού 100 χρόνια	αύξηση κατηγορίας κατά 2	αύξηση κατηγορίας κατά 2	αύξηση κατηγορίας κατά 2	αύξηση κατηγορίας κατά 2	αύξηση κατηγορίας κατά 2	αύξηση κατηγορίας κατά 2	αύξηση κατηγορίας κατά 2
Κατηγορία αντοχής	≥ C30/37 μείωση κατηγορίας κατά 1	≥ C30/37 μείωση κατηγορίας κατά 1	≥ C35/45 μείωση κατηγορίας κατά 1	≥ C40/50 μείωση κατηγορίας κατά 1	≥ C40/50 μείωση κατηγορίας κατά 1	≥ C40/50 μείωση κατηγορίας κατά 1	≥ C45/55 μείωση κατηγορίας κατά 1
Δομικό στοιχείο με γεωμετρία πλάκας (η θέση του οπλισμού δεν επηρεάζεται από τη διαδικασία κατασκευής)	μείωση κατηγορίας κατά 1	μείωση κατηγορίας κατά 1	μείωση κατηγορίας κατά 1	μείωση κατηγορίας κατά 1	μείωση κατηγορίας κατά 1	μείωση κατηγορίας κατά 1	μείωση κατηγορίας κατά 1
Διασφάλιση ειδικού ελέγχου ποιότητας παραγωγής σκυροδέματος	μείωση κατηγορίας κατά 1	μείωση κατηγορίας κατά 1	μείωση κατηγορίας κατά 1	μείωση κατηγορίας κατά 1	μείωση κατηγορίας κατά 1	μείωση κατηγορίας κατά 1	μείωση κατηγορίας κατά 1

Οι κατηγορίες της κατασκευής που επιλέγονται για τα επιμέρους στοιχεία είναι:

Ανωδομή (στάθμη +5,35 μ. και άνω): **S6**

Ανωδομή (στάθμη +5,35 μ. και κάτω): **S6**

Θεμελίωση (κοιτόστρωση): **S6**

Μικροπάσσαλοι: **S6**

Διώρυγα προσαγωγής: **S6**

**Πίνακας 2-3:** Απαιτήσεις τιμών ελάχιστης επικάλυψης,  $c_{min,dur}$ , από άποψη ανθεκτικότητας για το χάλυβα οπλισμού σύμφωνα με το EN 10080 (απόσπασμα από EN 1992-1-1, Πίνακας 4.4N)

Περιβαλλοντική απαίτηση για την $c_{min,dur}$ (mm)							
Κατηγορία κατασκευής	Κατηγορία έκθεσης σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Επίσης, επιλέγονται οι εξής τιμές:

$c_{min,b}$  = 40mm για σκυρόδεμα χυτό επί εξομαλυντικών στρώσεων gross-beton

$c_{min,b}$  = 50mm για σκυρόδεμα χυτό απευθείας επί του εδάφους

Εν τέλει, οι τιμές που υιοθετούνται είναι:

Δομικό στοιχείο	Ελάχιστη επικάλυψη χάλυβα οπλισμού $c_{min}$ (mm)	Ονομαστική επικάλυψη χάλυβα οπλισμού $c_{nom}$ (mm)
Ανωδομή (στάθμη +5,35 μ. και άνω)	40	45
Ανωδομή (στάθμη +5,35 μ. και κάτω)	40	45
Θεμελίωση (κοιτόστρωση)	40	45
Μικροπάσσαλοι	50	55
Διώρυγα προσαγωγής	40	45

Επιλέγεται επί το δυσμενέστερο να εφαρμοστεί η δυσμενέστερη κατηγορία περιβαλλοντικής έκθεσης στο σύνολο των μελών της κατασκευής, ήτοι η κατηγορία XC4, η οποία και προβλέπει 40 χλστ. ελάχιστης επικάλυψης του χάλυβα οπλισμού. Εξαιρέση αποτελούν οι μικροπάσσαλοι, για τους οποίους θα εφαρμοστεί ελάχιστη επικάλυψη οπλισμού ίση με 50 χλστ.

## 2.4 ΕΚΣΚΑΦΗ ΦΡΕΑΤΟΣ

Η μεθοδολογία εκσκαφής και αντιστήριξης του σκάμματος είναι αυτή που περιγράφεται αναλυτικά στη Γεωτεχνική Μελέτη και έχει ως εξής:

1. Αρχικά γίνεται μια γενική εκσκαφή, με περίμετρο τουλάχιστον 5 μ. παράλληλα στη θέση τοποθέτησης των πασσαλοσανίδων. Η γενική εκσκαφή αυτή έχει βάθος 3,0 μ. και στοχεύει στη μείωση του μήκους κατά το οποίο οι πασσαλοσανίδες

λειτουργούν ως πρόβολοι. Η τελική στάθμη εδάφους μετά τη γενική εκσκαφή θα είναι στο Α.Υ. +2,30 μ.

2. Κατασκευή καννάβου μικροπασσάλων, διαμέτρου Φ300 χλστ.. καθαρού μήκους 10,0 μ. κατασκευασμένων από τη στάθμη θεμελίωσης (Α.Υ. -5,20 μ.) και βαθύτερα. Η διάταξη των μικροπασσάλων θα είναι σε ορθογωνικό κάνναβο ώστε να υπάρχουν διάδρομοι για την έμπηξη των πασσαλοσανίδων αντιστήριξης.
3. Έμπηξη πασσαλοσανίδων για την κατασκευή του τμήματος της δεξαμενής αναρρόφησης. Η ταπείνωση του πυθμένα του φρέατος του τμήματος αυτού θα γίνεται τμηματικά, προκειμένου οι πασσαλοσανίδες να αντιστηριχθούν εσωτερικά με μεταλλικές δοκούς στις ενδιάμεσες στάθμες με Α.Υ. +1,30 μ. και -1,70 μ. Οι μεταλλικές δοκοί αντιστήριξης θα απέχουν μεταξύ τους τουλάχιστον 3,00 μ. ώστε να είναι ευχερείς οι εκσκαφές. Οι δε κοντές πλευρές θα ενισχυθούν με γωνιακές αντιστηρίξεις.
4. Μετά την κατασκευή της δεξαμενής αναρρόφησης, γίνεται εξόλκευση των χρησιμοποιηθέντων πασσαλοσανίδων και στη συνέχεια γίνεται έμπηξη τους σε νέα θέση για την κατασκευή της διώρυγας προσαγωγής. Όπως και στο προηγούμενο τμήμα, έτσι και εδώ, η ταπείνωση του πυθμένα του φρέατος του τμήματος αυτού θα γίνεται τμηματικά, προκειμένου οι πασσαλοσανίδες να αντιστηριχθούν εσωτερικά με μεταλλικές δοκούς στις ενδιάμεσες στάθμες με Α.Υ. +1,30 μ. και -1,70 μ. Οι μεταλλικές δοκοί αντιστήριξης θα απέχουν μεταξύ τους τουλάχιστον 3,00 μ. ώστε να είναι ευχερείς οι εκσκαφές. Οι δε κοντές πλευρές θα ενισχυθούν με γωνιακές αντιστηρίξεις.
5. Μετά την κατασκευή και της προσαγωγού διώρυγας, γίνεται εξόλκευση των χρησιμοποιηθέντων πασσαλοσανίδων και στη συνέχεια γίνεται έμπηξη τους στη θέση κατασκευής του αντλιοστασίου. Οι πασσαλοσανίδες θα τοποθετηθούν στις 3 πλευρές του σκάμματος που δεν συνορεύουν με κάποια κατασκευή και θα αγκυρωθούν σε δύο ενδιάμεσες στάθμες (Α.Υ. +1,30 μ. και -1,70 μ.) με αγκύρια.

### 3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

#### 3.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Αντικείμενο της Γεωτεχνικής Έρευνας και Μελέτης είναι η διατύπωση πρότασης σχετικά με τη βελτίωση του εδάφους θεμελίωσης και τη μεθοδολογία υλοποίησης των απαιτούμενων εκσκαφών.

#### 3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Εκτελέστηκε πλήρης γεωτεχνική έρευνα η οποία αποτελούνταν από εργασίες πεδίου και σειρά εργαστηριακών δοκιμών.

Εκτελέστηκε μία (1) περιστροφική δειγματοληπτική γεώτρηση στη θέση του Αντλιοστασίου (συντεταγμένες 691599, 4532963) και σε βάθος 30,05 μ. από τη Στάθμη Εδάφους +5,35 μ. Παράλληλα με τις εργασίες διατρήσεως εκτελέστηκαν επί τόπου πρότυπες δοκιμές διεισδύσεως και ελήφθησαν δείγματα για την εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών.

Συμπληρωματικά εκτελέστηκαν δύο πενετρομετρήσεις πιεζοκώνου, η πρώτη στη θέση με συντεταγμένες 691565, 4532962 και βάθος 18,85 μ. και η δεύτερη στη θέση με συντεταγμένες 691596, 4532956 και βάθος 38,89 μ. Τέλος, εκτελέστηκε μία στατική πενετρομέτρηση στη θέση 691605, 4532969 και σε βάθος 35,00 μ.

#### 3.3 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ – ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ

Με βάση την τομή του εδάφους που προέκυψε από τις παραπάνω δοκιμές διακρίνονται οι ακόλουθες εδαφικές στρώσεις:

- 1<sup>η</sup> Στρώση 0,00 – 1,55 m (Α.Υ. = +5,35 ως +3,80 m): Αποτελείται από τεχνητές επιχωματώσεις καστανής ιλύος (ML) με χάλικες και φυτικά. Δεν είναι αξιόπιστη στρώση.
- 2<sup>η</sup> Στρώση 1,55 – 5,15 m (Α.Υ. = +3,80 ως +0,20 m): Αποτελείται από καστανή, σφιγρή ως σταθερή, μέσης πλαστικότητας αμμώδη άργιλο κατηγορίας CL. Εμπεριέχει 20% λεπτή άμμο και 80% ιλυώδη άργιλο.
- 3<sup>η</sup> Στρώση 5,15 – 10,55 m (Α.Υ. = +0,20 ως -5,20 m): Αποτελείται από τεφρή, πολύ μαλακή, υψηλής πλαστικότητας ελαφρώς αμμώδη άργιλο κατηγορίας CH, με οξειδία και κελύφη οστράκων. Εμπεριέχει 5% λεπτή άμμο και 95% πλαστική άργιλο.
- 4<sup>η</sup> Στρώση 10,55 – 14,35 m (Α.Υ. = -5,20 ως -9,00 m): Αποτελείται από τεφρή, πολύ χαλαρή, μη πλαστική, αμμώδη ιλύ κατηγορίας ML, με παρεμβολές ενστρώσεων μικρού πάχους τεφρής, σταθερής μέσης πλαστικότητας αργίλου. Τοπικά κελύφη οστράκων. Επί αυτής της στρώσης προβλέπεται η έδραση του έργου.

- 5<sup>η</sup> Στρώση 14,35 – 20,85 m (Α.Υ. = -9,00 ως -15,50 m): Αποτελείται από τεφρή, πολύ μαλακή, υψηλής πλαστικότητας ελάχιστα αμμώδη άργιλο κατηγορίας CH, με κελύφη οστράκων. Εμπεριέχει 3% λεπτή άμμο και 97% πλαστική άργιλο.
- 6<sup>η</sup> Στρώση 20,85 – 30,05 m (πέρας ερευνών) (Α.Υ. = -15,50 ως -24,70 m): Αποτελείται από τεφρή, συνεκτική, υψηλής πλαστικότητας ελάχιστα αμμώδη άργιλο κατηγορίας CH, με κελύφη οστράκων. Εμπεριέχει 3% λεπτή άμμο και 97% πλαστική άργιλο.

Μετά το πέρας των εργασιών διάτρησης και συγκεκριμένα στις 08/09/2022 μετρήθηκε η στάθμη του Υδροφόρου Ορίζοντα στη θέση της Γεωτρήσεως (το απόλυτο υψόμετρο της οποίας ήταν +5,30 m) σε βάθος 4,50 m από την επιφάνεια του φυσικού εδάφους, δηλαδή στο Α.Υ. = +0,80 m.

### 3.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ


#### 3.4.1 Παράμετροι Εδάφους

Για την 4<sup>η</sup> Στρώση, σε βάθος από την επιφάνεια του εδάφους 10,55 - 14,35 m (Α.Υ. = -5,20 ως -9,00 m), η οποία αποτελεί την στρώση έδρασης του Αντλιοστασίου, τα αποτελέσματα των δοκιμών σύμφωνα με τις Πενетроμετρήσεις Πιεζοκώννου είναι:

- Αποτελείται από τεφρή, πολύ χαλαρή, μη πλαστική, αμμώδη ΙΛΥ κατηγορίας ML, με παρεμβολές ενστρώσεων μικρού πάχους τεφρής, σταθερής μέσης πλαστικότητας ΑΡΓΙΛΟΥ. Τοπικά κελύφη οστράκων. Εμπεριέχει 40% λεπτή άμμο και 60% ιλύ.
- Οι κρούσεις των πρότυπων δοκιμών διεισδύσεως ήταν  $NSPT = 17$ .
- Η γωνία εσωτερικής τριβής εκτιμάται ίση με  $\varphi=25^\circ$ .
- Το μέτρο συμπίεστότητας αμμωδών υλικών εκτιμάται ίσο με  $E_s=15 MPa$ .
- Η αστράγγιστη συνοχή εκτιμάται σε  $c_u=80 kPa$ .

#### 3.4.2 Μοναδιαίος Δείκτης Αντιστάσεως Εδάφους


Ο Μοναδιαίος Δείκτης Αντιστάσεως Εδάφους ορίζεται ως ο λόγος της επί στοιχείου ασκούμενης πίεσεως,  $p$ , προς την αντίστοιχη καθίζηση  $s$ , ήτοι  $K_s = p/s$ . Η ιδεατή πίεση,  $p$ , χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την παράσταση της αντιδράσεως του εδάφους (ελατηριακή σταθερά) κι όχι για την πραγματική πίεση επαφής του θεμελίου. Κατά παραδοχή θεωρείται ότι είναι ανεξάρτητος της ασκούμενης πίεσεως και ότι έχει σταθερή τιμή  $s'$  όλη την επιφάνεια του θεμελίου. Στην πραγματικότητα η τιμή του  $K_s$  μειώνεται (δηλαδή αυξάνεται η καθίζηση) όταν αυξάνεται το πλάτος, ή το μήκος του θεμελίου ή και το βάθος θεμελιώσεως. Συνεπώς, η τιμή του  $K_s$  λαμβάνεται προσεγγιστικά από πίνακες (Beton Kalender), και για «ημιστερεή άργιλο» της στρώσεως εδράσεως της θεμελίωσης, επιλέγεται η τιμή  $K_s = 20 MN/m^3$ .

Βάθη (Α.Υ.) (m)	Περιγραφή – Παράμετροι
0,00 (+5,35)	ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΣΕΙΣ καστανής ΙΛΥΟΣ (ML) με χάλικες και φυτικά. Δεν είναι αξιόπιστη στρώση.
1,55 (+3,80)	Καστανή, σπιφρή ως σταθερή, μέσης πλαστικότητας αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ. CL $W_L=32\%$ $W_p=18\%$ P.I.=14% $\omega=27\%$
4,50 (+0,80)	 N <sub>SP</sub> T=8                      Gr=0%                      S=20%                      MI-CI=80% $\gamma_m=18,0\text{kN/m}^3$ $e_0=0,90$ $\phi'=27^\circ$ $c_u=50\text{ kPa}$ $E_s=5,0\text{MPa}$ $C_c=0,22$
5,15 (+0,20)	Τεφρή, πολύ μαλακή, υψηλής πλαστικότητας ελαφρώς αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ με οξειδία και κελύφη οστράκων. CH $W_L=60\%$ $W_p=20\%$ P.I.=40% $\omega=40\%$ N <sub>SP</sub> T=3                      Gr=0%                      S=5%                      CI=95% $\gamma_m=18,0\text{kN/m}^3$ $e_0=1,14$ $\phi'=22^\circ$ $c_u=20\text{ kPa}$ $E_s=2,0\text{MPa}$ $C_c=0,24$
Στάθμη Θεμελ. (Σ.Θ.) 10,55 (-5,20)	Τεφρή, πολύ χαλαρή, μη πλαστική, αμμώδης ΙΛΥΣ με παρεμβολές ενστρώσεων μικρού πάχους τεφρής, σταθερής μέσης πλαστικότητας ΑΡΓΙΛΟΥ. Τοπικά κελύφη οστράκων. ML                      N.P. $\omega=40\%$ N <sub>SP</sub> T=2                      Gr=0%                      S=40%                      MI=60% $\gamma_m=17,0\text{kN/m}^3$ $\phi'=27^\circ$ $c_u=c'=0$ $E_s=4,0\text{MPa}$
14,35 (-9,00)	Τεφρή, πολύ μαλακή, υψηλής πλαστικότητας ελάχιστα αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ με κελύφη οστράκων. CH $W_L=78\%$ $W_p=24\%$ P.I.=54% $\omega=64\%$ N <sub>SP</sub> T=4                      Gr=0%                      S=3%                      CI=97% $\gamma_m=16,0\text{kN/m}^3$ $e_0=1,70$ $\phi'=20^\circ$ $c_u=20\text{ kPa}$ $E_s=2,0\text{MPa}$ $C_c=0,64$
20,85 (-15,50)	Τεφρή, συνεκτική, υψηλής πλαστικότητας ελάχιστα αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ με κελύφη οστράκων. CH $W_L=86\%$ $W_p=25\%$ P.I.=61% $\omega=66\%$ N <sub>SP</sub> T=10                      Gr=0%                      S=3%                      CI=97% $\gamma_m=16,0\text{kN/m}^3$ $e_0=1,83$ $\phi'=17^\circ$ $c_u=50\text{ kPa}$ $E_s=5,0\text{MPa}$
30,05 (-24,70)	Πέρασ Ερευνών

**Υπόμνημα:**  
 $W_L$  = όριο υδαρότητας σε %                       $\phi'$  = ενεργός γωνία τριβής σε °  
 $W_p$  = όριο πλαστικότητας σε %                       $c'$  = ενεργός συνοχή σε kPa  
P.I. = δείκτης πλαστικότητας σε %                       $c_u$  = αστράγγιστη συνοχή σε kPa  
 $\omega$  = φυσική υγρασία σε %                       $E_s$  = μέτρο συμπίεσιμότητας σε MPa  
N<sub>SP</sub>T = κρούσεις προτύπων δοκ. Διεισδύσεως                       $e_0$  = αρχικός δείκτης πόρων  
 $\gamma_m$  = υγρό φαινόμενο βάρος σε KN/m<sup>3</sup>                       $C_c$  = συντελεστής στερεοποίησης


**Σχήμα 3.1:** Τομή και Παράμετροι Εδάφους σύμφωνα με τη Δειγματοληπτική Γεώτρηση



Βάθη (Α.Υ.) (m)	Περιγραφή – Παράμετροι
0,00 (+5,35)	Μέσης πυκνότητας Ιλυώδης ΑΜΜΟΣ – Αμμώδης ΙΛΥΣ της ομάδας SM - ML κατηγορίας "C" με τα εξής χαρακτηριστικά:  $q_c=7,50 \text{ MPa}$ $N_{60}=20$ $N_{SPT}=25$ $\gamma_m=19,0 \text{ kN/m}^3$ $c_u=c'=0$ $\phi'=40^\circ$ $D_r=67\%$ $E_s=100,0 \text{ MPa}$ $V_{s,30}=180 \text{ m/sec}$ $k = 10^{-5} \text{ m/s}$
4,00 (+1,35)	Συνεκτική ΑΡΓΙΛΟΣ της ομάδας CL κατηγορίας "D" με τα εξής χαρακτηριστικά:
 4,50 (+0,80)	$q_c=0,80 \text{ MPa}$ $N_{60}=5$ $N_{SPT}=6$ $\gamma_m=17,0 \text{ kN/m}^3$ $c_u=45 \text{ kPa}$ $\phi'=25^\circ$ $E_s=4,0 \text{ MPa}$ $V_{s,30}=140 \text{ m/sec}$ $k = 10^{-9} \text{ m/s}$ $OCR=2,0$
10,0 (-4,65)	Μέσης πυκνότητας ΑΜΜΟΪΛΥΣ της ομάδας SM - ML κατηγορίας "C" με τα εξής χαρακτηριστικά:
Στάθμη Θεμελ. (Σ.Θ.) 10,55 (-5,20)	$q_c=4,50 \text{ MPa}$ $N_{60}=14$ $N_{SPT}=17$ $\gamma_m=18,0 \text{ kN/m}^3$ $c_u= 80 \text{ kPa}$ $\phi'=25^\circ$ $E_s=15,0 \text{ MPa}$ $V_{s,30}=190 \text{ m/sec}$ $k = 10^{-6} \text{ m/s}$ $OCR=2,0$
12,00 (-6,65)	Συνεκτική ΑΡΓΙΛΟΣ της ομάδας CL κατηγορίας "D" με τα εξής χαρακτηριστικά:
	$q_c=1,00 \text{ MPa}$ $N_{60}=8$ $N_{SPT}=10$ $\gamma_m= 17,0 \text{ kN/m}^3$ $c_u=50 \text{ kPa}$ $\phi'= 25^\circ$ $E_s= 3,0 \text{ MPa}$ $V_{s,30}=160 \text{ m/sec}$ $k = 10^{-9} \text{ m/s}$ $OCR=1,2$
35,0 (-29,65)	Πέρασ Ερευνών

Υπόμνημα:  
 $q_c$  = αντίσταση αιχμής στατ. πεντρομέτρου σε MPa  
 $N_{60}$  = τιμή διεισδύσεως, σε ακέραιο αριθμό  
 $N_{SPT}$  = κρούσεις προτύπων δοκ. Διεισδύσεως  
 $\gamma_m$  = υγρό φαινόμενο βάρος σε KN/m<sup>3</sup>  
 $\phi'$  = ενεργός γωνία τριβής σε °  
 $c_u$  = αστράγγιστη συνοχή σε kPa  
 $E_s$  = μέτρο συμπίεστότητας σε MP  
 $c'$  = ενεργός συνοχή σε kPa  
 $D_r$  = σχετική πυκνότητα %  
 $K$  = συντελεστής διαπερατότητας σε m/sec  
 $V_{s,30}$  = ταχύτης σεισμικών κυμάτων σε m/sec  
 $OCR$  = βαθμός υπερστερεοποίησης

Σχήμα 3.2: Τομή και Παράμετροι Εδάφους σύμφωνα με τις Πενετρομετρήσεις Πιεζοκώνου

Βάθη (Α.Υ.) (m)	Περιγραφή – Παράμετροι
0,00 (+5,35)	Μέσης πυκνότητας Ιλυώδης ΑΜΜΟΣ – Αμμώδης ΙΛΥΣ της ομάδας SM - ML κατηγορίας "C" με τα εξής χαρακτηριστικά:  $q_c=7,50 \text{ MPa}$ $N_{60}=20$ $N_{SPT}=25$ $\gamma_m=19,0 \text{ kN/m}^3$ $c_u=c'=0$ $\varphi'=40^\circ$ $D_r=67\%$ $E_s=100,0 \text{ MPa}$ $V_{s,30}=180 \text{ m/sec}$ $k = 10^{-5} \text{ m/s}$
4,00 (+1,35)	Συνεκτική ΑΡΓΙΛΟΣ της ομάδας CL κατηγορίας "D" με τα εξής χαρακτηριστικά:
 4,50 (+0,80)	$q_c=0,80 \text{ MPa}$ $N_{60}=5$ $N_{SPT}=6$ $\gamma_m=17,0 \text{ kN/m}^3$ $c_u=45 \text{ kPa}$ $\varphi'=25^\circ$ $E_s=4,0 \text{ MPa}$ $V_{s,30}=140 \text{ m/sec}$ $k = 10^{-9} \text{ m/s}$ $OCR=2,0$
10,0 (-4,65)	Μέσης πυκνότητας ΑΜΜΟΪΛΥΣ της ομάδας SM - ML κατηγορίας "C" με τα εξής χαρακτηριστικά:
Στάθμη Θεμελ. (Σ.Θ.) 10,55 (-5,20)	$q_c=4,50 \text{ MPa}$ $N_{60}=14$ $N_{SPT}=17$ $\gamma_m=18,0 \text{ kN/m}^3$ $c_u= 80 \text{ kPa}$ $\varphi'=25^\circ$ $E_s=15,0 \text{ MPa}$ $V_{s,30}=190 \text{ m/sec}$ $k = 10^{-6} \text{ m/s}$ $OCR=2,0$
12,00 (-6,65)	Συνεκτική ΑΡΓΙΛΟΣ της ομάδας CL κατηγορίας "D" με τα εξής χαρακτηριστικά:
	$q_c=1,00 \text{ MPa}$ $N_{60}=8$ $N_{SPT}=10$ $\gamma_m= 17,0 \text{ kN/m}^3$ $c_u=50 \text{ kPa}$ $\varphi'= 25^\circ$ $E_s= 3,0 \text{ MPa}$ $V_{s,30}=160 \text{ m/sec}$ $k = 10^{-9} \text{ m/s}$ $OCR=1,2$
35,0 (-29,65)	Πέρας Ερευνών

**Υπόμνημα:**  
 $q_c$  = αντίσταση αιχμής στατ. πενετρομέτρου σε MPa  
 $N_{60}$  = τιμή διεισδύσεως, σε ακέραιο αριθμό  
 $N_{SPT}$  = κρούσεις προτύπων δοκ. Διεισδύσεως  
 $\gamma_m$  = υγρό φαινόμενο βάρος σε KN/m<sup>3</sup>  
 $\varphi'$  = ενεργός γωνία τριβής σε °  
 $c_u$  = αστράγγιστη συνοχή σε kPa  
 $E_s$  = μέτρο συμπίεστικότητας σε MP  
 $c'$  = ενεργός συνοχή σε kPa  
 $D_r$  = σχετική πυκνότητα %  
 $K$  = συντελεστής διαπερατότητας σε m/sec  
 $V_{s,30}$  = ταχύτης σεισμικών κυμάτων σε m/sec  
 $OCR$  = βαθμός υπερστερεοποίησης

Σχήμα 3.3: Τομή και Παράμετροι Εδάφους σύμφωνα με τη Στατική Πενετρομέτρηση

### 3.4.3 Υπολογισμός Φέρουσας Ικανότητας

Ελέγχθηκε η Οριακή κατάσταση αστοχίας και υπολογίστηκε η φέρουσα ικανότητα του εδάφους,  $R(F_k, X_k)$ , στη στάθμη όπου εδράζεται η θεμελίωση, με ταυτόχρονη παρουσία κατακορύφου φορτίου,  $P$ , και οριζοντίου,  $V$ :

$$R(F_k, X_k) = 2.927,92 \text{ kPa}$$

Η φέρουσα ικανότητα σχεδιασμού,  $R_{vd}$ , υπολογίζεται για τις διάφορες διατομές θεμελίων με συντελεστή ασφαλείας  $\gamma_R=1,40$ , άρα:

$$R_{vd} = \frac{1}{\gamma_R} R(F_k, X_k) = \frac{2.927,92}{1,40} \approx 2.090 \text{ kPa}$$

Η τιμή της  $R_{vd}$  είναι ιδιαίτερα υψηλή, όπως συμβαίνει γενικά στα κοκκώδη εδάφη όπου ο κίνδυνος διατμητικής θραύσης είναι μικρός.

Προκειμένου να γίνει ο έλεγχος έναντι υπερβάσεως της φέρουσας ικανότητας σύμφωνα με την σχέση  $V_d < R_{vd}$ , τα φορτία της ανωδομής ( $V_d$ ) πρέπει να υπολογιστούν κατά τον Ευρωκώδικα, τα μεν μόνιμα με συντελεστή ασφάλειας 1,35, τα δε κινητά με συντελεστή 1,50.

Για τη μέση τιμή 1,40 των ως άνω συντελεστών ως «επιτρεπόμενη τάση» για την διατμητική αντοχή του εδάφους, και μόνο, θα μπορούσε να ληφθεί η  $2.090 / 1,40 \approx 1.500$  kPa, ιδιαίτερα υψηλή τιμή.

Λόγω της θεμελιώσεως με πλάκα γενικής κοιτόστρωσης σε μεγάλο βάθος, δεν υφίσταται κίνδυνος διατμητικής θραύσεως του εδάφους για τα μικρού μεγέθους φορτία της Ανωδομής.

### 3.4.4 Στάθμη και τρόπος θεμελίωσης

Το Α.Υ. του Φυσικού Εδάφους είναι το Α.Υ. = +5,35 m. Η θεμελίωση προβλέπεται στη στάθμη Α.Υ. = -5,20 m, δηλαδή σε βάθος  $5,35 + 5,20 = 10,55$  m.

Συνιστάται θεμελίωση με πλάκα γενικής κοιτόστρωσης για λειτουργικούς λόγους. Η επιπόνηση, καλούμενη  $\sigma_{στ}$ , του υπεδάφους στην περίπτωση θεμελίωσης με πλάκα γενικής κοιτόστρωσης, ισούται με το σύνολο των φορτίων της ανωδομής δια την επιφάνεια της κοιτόστρωσης.

Η ανωτέρω επιπόνηση,  $\sigma_{στ}$ , με την οποία γίνεται και ο στατικός υπολογισμός της κοιτόστρωσης είναι ανεξάρτητη του βάθους θεμελιώσεως και της ύπαρξης ή μη υπογείων υδάτων.

Η επίδραση της άνωσης αναιρείται καθώς, αφενός μειώνει το βάρος του κτιρίου, αφετέρου ασκεί υδροστατική πίεση επί της πλάκας ίση με την προκαλούμενη ανακούφιση.

Κατά τον υπολογισμό της γενικής κοιτόστρωσης, η πίεση  $\sigma_{στ}$  και όχι η  $\sigma_{επ}$  του εδάφους, ασκείται εκ των κάτω προς τα άνω.

Εφόσον  $\sigma_{επ} > \sigma_{στ}$ , ο τρόπος θεμελιώσεως κρίνεται αποδεκτός.

Το ίδιο βάρος της πλάκας της γενικής κοιτόστρωσης ως εδραζόμενης άμεσα επί του εδάφους μπορεί να αγνοηθεί. Η επιτυχής συμπεριφορά της θεμελίωσης με πλάκα γενικής κοιτόστρωσης εξαρτάται από την επί της κάτοψης ομοιόμορφη πίεση εκ των φορτίων της ανωδομής.

Απαιτείται ίσος οπλισμός άνω και κάτω της πλάκας γενικής κοιτόστρωσης και μάλιστα αυξημένης έναντι αυτού που προκύπτει θεωρητικώς, λόγω ασάφειας συμπεριφοράς εδάφους – κατασκευής.

Εκτός του υπολογισμού των τάσεων, του πάχους και του οπλισμού της γενικής κοιτόστρωσης, πρέπει να ελεγχθεί και η παραμόρφωση αυτής, δηλαδή η ανεκτή καμπυλότητα.

Στο παρόν έργο εφόσον η γενική κοιτόστρωση εδρασθεί – ενοποιηθεί με τους προτεινόμενους μικροπασσάλους, η όλη κατασκευή καθίσταται ασφαλέστερη.

### 3.4.5 Αντιμετώπιση Άνωσης

Η στάθμη του υπογείου ύδατος βρίσκεται στο Α.Υ. = + 0,80 m. Για θεμελίωση του έργου στη στάθμη Α.Υ. = - 5,20 m προκύπτει πίεση άνωσης:

$$P_{\alpha\nu} = (0,80 + 5,20)m \cdot 10kN/m^3 = 60 kPa$$

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της Γεωτεχνικής Μελέτης, το επιτρεπόμενο φορτίο ανασύρσεως του μικροπασσάλου είναι  $P_{\epsilon\lambda\kappa.} = 155 kN = 15,5 tn$ .

Υπολογίστηκε θεωρητική δύναμη άνωσης, υποθέτοντας το σύνολο της κατασκευής ως ένα κλειστό υδατοστεγές κενό κιβώτιο, συνολικής κάτοψης  $530 \mu^2$ . Στην περίπτωση αυτή η δύναμη άνωσης θα είναι  $530 \mu^2 \times 6,00 m = 3.180 tn$ . Επομένως, θεωρητικά, απαιτούνται συνολικά  $3.180 / 15,5 \approx 200$  πάσσαλοι.

Όμως, το κτίριο σε επιφάνεια  $12,40 \times 20,30 = 250 \mu^2$  επιχώνεται μέχρι τη στάθμη +3,50, οπότε δεν επηρεάζεται από τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα. Επίσης σε άνοδο της στάθμης λόγω πλημμύρας, το τμήμα πάνω από τη στάθμη +3,50 είναι ανοικτό, οπότε θα πλημμυρίσει.

Πρόβλημα δυνάμεων άνωσης αναμένεται στην προσαγωγό διώρυγα, εάν απομονωθεί (με τις δοκούς εμφράξεως έως τη στάθμη +0,80 μ.) και εκκενωθεί για οιονδήποτε λόγο.

Στην περίπτωση αυτή η δύναμη άνωσης στην προσαγωγό διώρυγα θα είναι:  $120 \mu^2 \times 6,00 \mu. = 720 tn$ . και προκύπτει η απαίτηση  $720 / 15,5 \approx 40$  μικροπασσάλων, χωρίς να υπολογίζεται το ίδιο βάρος της κατασκευής.

Τελικά, προτείνεται η κατασκευή μικροπασσάλων διαμέτρου  $\Phi 300$  mm, εκάστου ενεργού μήκους 10,0 m, κατασκευασμένων από της στάθμης θεμελίωσης (Α.Υ. = -5,20 m) και βαθύτερα.

Συγκεκριμένα:

- Για την προσαγωγό διώρυγα, σαράντα πέντε (45) μικροπάσσαλοι, ομοιόμορφα κατανεμημένοι στην περιοχή κατάντη των δοκών εμφραξης, επιφάνειας  $120 \mu^2$ .
- Για το Αντλιοστάσιο, Εβδομήντα πέντε (75) συνολικά μικροπάσσαλοι σε κανάβο περίπου  $2,30 \times 2,80$  στις θέσεις των περιμετρικών και εσωτερικών δοκών (κανάβου) της θεμελίωσης, σύμφωνα με το σχετικό σχέδιο.

Σύνολο μικροπασσάλων: 120 τεμ.  $\Phi 300$  mm και μήκους 10 μ.

Η πλάκα γενικής κοιτόστρωσης θα εδρασθεί – ενοποιηθεί με τους μικροπασσάλους, ως κεφαλόδεσμος αυτών.

Έτσι, εκτός από την αντιμετώπιση της άνωσης σε μέρος της κατασκευής αναμένεται σημαντικά η βελτίωση της αντοχής του εδάφους και των συνθηκών θεμελίωσης.

### **3.5 ΠΡΟΤΑΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ**

Για τη μείωση του βάθους εκσκαφής συνιστάται η ταπείνωση του ευρύτερου χώρου κατά 3,0m, ήτοι μέχρι του Α.Υ.=+2,30m, ώστε να προκύψει τελική εκσκαφή βάθους  $H = 2,30 + 5,20 = 7,50$  m.

Σύμφωνα με τις οδηγίες της Γεωτεχνικής Μελέτης, για την προσωρινή αντιστήριξη των πρानών εκσκαφής κρίνεται απαραίτητη η χρήση πασσαλοσανίδων. Προτείνεται χρήση πασσαλοσανίδων μήκους  $L = 12,0$  m, με αγκυρώσεις σε δύο στάθμες, σε Α.Υ. +1,30 μ. και -1,70 μ. Εναλλακτικά, η κατασκευή μπορεί να υλοποιηθεί σε τρεις φάσεις, ώστε μόνο ένα τμήμα των πασσαλοσανίδων να χρειάζεται αγκύρωση, με τις υπόλοιπες να είναι πακτωμένες και αντιστηριζόμενες εσωτερικά με σιδηροδοκούς.

## 4 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

### 4.1 ΦΟΡΤΙΑ

#### 4.1.1 Μόνιμα φορτία

Πίνακας 4-1: Μόνιμα φορτία

Τύπος φορτίου	Τιμή
Ίδιο βάρος στοιχείων οπλισμένου σκ/τος	25 kN/m <sup>3</sup>
Ίδιο βάρος νερού	10 kN/m <sup>3</sup>
Ίδιο βάρος εδάφους	18 kN/m <sup>3</sup>

Το ίδιο βάρος του νερού και του εδάφους λαμβάνονται, μέσω κατάλληλων συνδυασμών φορτίσεων, ως δυσμενείς και ευμενείς δράσεις, δρώντας είτε ως αμοιβαίως αποκλειόμενα, είτε ταυτόχρονα.

Το βάρος του μηχανολογικού εξοπλισμού (αντλίες και Μ/Σ) ελήφθησαν από τη βιβλιογραφία, ενώ το βάρος των σωληνώσεων, θεωρούμενες πλήρεις ύδατος, υπολογίστηκαν αναλυτικά. Στη στάθμη που βρίσκεται η έξοδος του αντλιοστασίου (+3,50 μ.) λαμβάνεται επίσης υπ' όψιν στρώση έδρασης σωλήνων με άμμο, πάχους 0,50 μ.

#### 4.1.2 Κινητά φορτία

Η πλάκα της στάθμης +8,20 μ. υπολογίστηκε για κινητό φορτίο ίσο με 5 kN/m<sup>2</sup>. Στο τμήμα της κάτοψης που χαρακτηρίζεται ως «είσοδος αντλιοστασίου», υπάρχει η δυνατότητα να μπει φορτηγό αυτοκίνητο ώστε να φορτωθεί επί αυτού μηχανολογικός εξοπλισμός με χρήση της γερανογέφυρας. Το τμήμα αυτό της πλάκας μελετάται με επιπλέον φορτίο οχήματος (μικρό) 40 τόνων.

Η πλάκα της οροφής του αντλιοστασίου (στάθμη +15,00 μ.) και η πλάκα της στάθμης των σωλήνων (+3,50 μ.) υπολογίστηκαν για κινητό φορτίο ίσο με 2 kN/m<sup>2</sup>.

#### 4.1.3 Σεισμός

Βάσει του ισχύοντος Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας, η περιοχή μελέτης βρίσκεται σε περιοχή της Ζώνης Ι, με σεισμική επιτάχυνση 0,16 g. Η τιμή του σεισμικού φορτίου προκύπτει βάσει φασματικής ανάλυσης.

Ως συντελεστής σπουδαιότητας της κατασκευής, λαμβάνεται η τιμή:

$$\gamma_I = 1.20$$

Ως προς την επίλυση της κατασκευής, επιλέγεται η θεώρηση ελαστικής συμπεριφοράς, καθώς το μεγαλύτερο μέρος της κατασκευής είναι βυθισμένο στο έδαφος και δέχεται πολύπλοκές υδροδυναμικές πιέσεις. Επομένως, ο συντελεστής συμπεριφοράς της κατασκευής λαμβάνει την τιμή:

$$q = 1.50$$

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της Γεωτεχνικής Μελέτης (§6. Κατηγορία Εδάφους), οι εδαφικές στρώσεις σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1 του EN 1998-1 κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

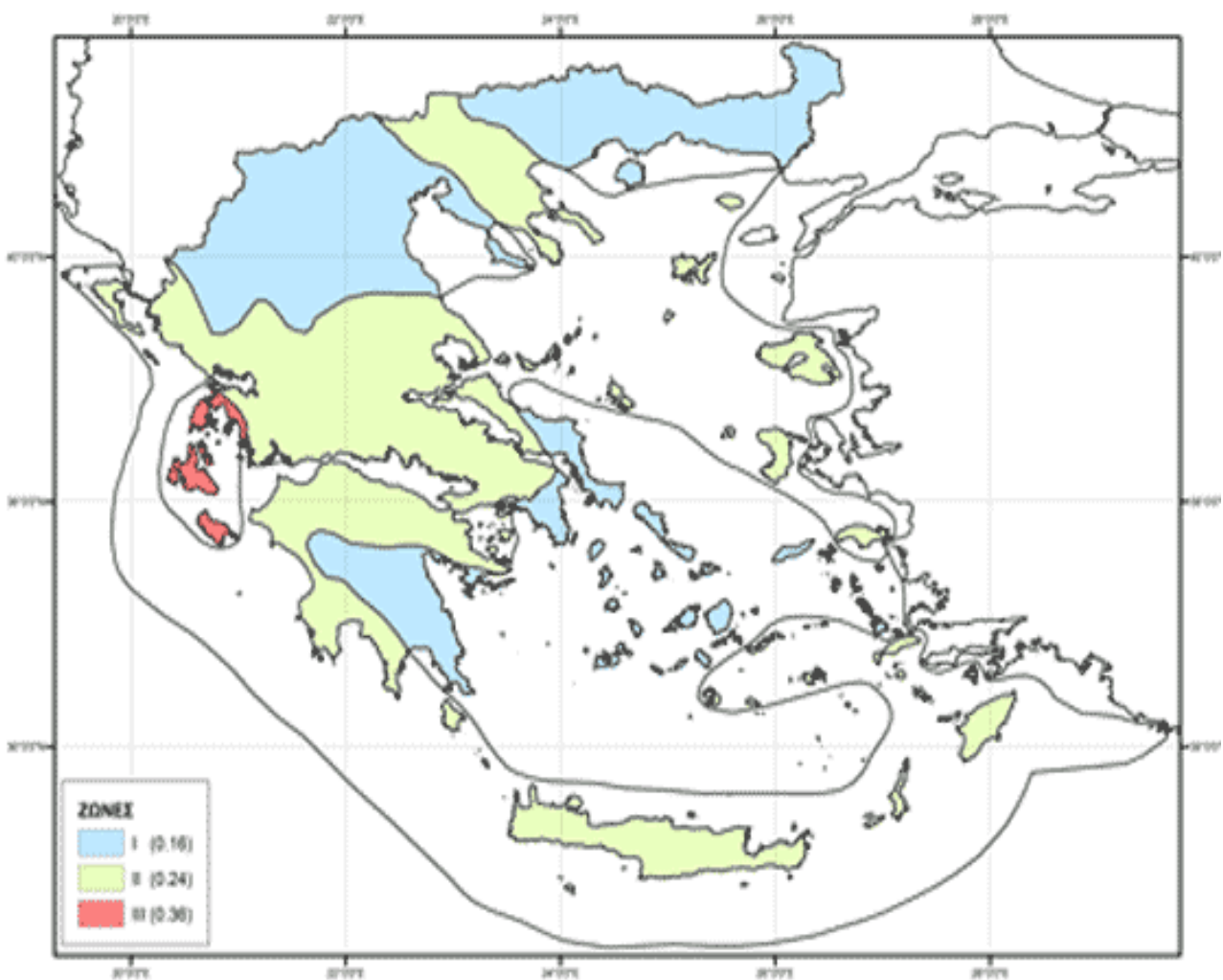
- Από 0,00 έως 4,00 μ.  $V_{s,30} = 180$  m/sec Κατηγορία C
- Από 4,00 έως 10,00 μ.  $V_{s,30} = 140$  m/sec Κατηγορία D
- Από 10,00 έως 12,00 μ.  $V_{s,30} = 190$  m/sec Κατηγορία C
- Από 12,00 έως 35,00 μ.  $V_{s,30} = 160$  m/sec Κατηγορία D

Η στάθμη θεμελίωσης βρίσκεται σε βάθος 10,55 μ., δηλαδή σε εδαφική στρώση Κατηγορίας C. Ωστόσο, το υπολειπόμενο πάχος της στρώσης αυτής είναι περί το 1,50 μ. και θεωρείται μη επαρκές, ώστε να μην επηρεαστεί η εδαφική στρώση αυτή από την υποκείμενη της στρώση. Επομένως, υπέρ της ασφάλειας, λαμβάνεται ως κατηγορία του εδάφους στη στάθμη θεμελίωσης η Κατηγορία D.

Πίνακας 4-2: Κατηγορία Εδάφους (Πίνακας 3.1 του EN 1998-1)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ		
		$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (κρούσεις/30cm)	$c_u$ (kPa)
<b>A</b>	Βράχος ή άλλος βραχώδης γεωλογικός σχηματισμός, που περιλαμβάνει το πολύ 5 m ασθενέστερου επιφανειακού υλικού	> 800	-	-
<b>B</b>	Αποθέσεις πολύ πυκνής άμμου, χαλίκων ή πολύ σκληρής αργίλου, πάχους τουλάχιστον αρκετών δεκάδων μέτρων, που χαρακτηρίζονται από βαθμιαία βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων με το βάθος	360 – 800	> 50	> 250
<b>C</b>	Βαθιές αποθέσεις πυκνής ή μετρίως πυκνής άμμου, χαλίκων ή σκληρής αργίλου πάχους από δεκάδες έως πολλές εκατοντάδες μέτρων	180 – 360	15 – 50	70 – 250
<b>D</b>	Αποθέσεις χαλαρών έως μετρίως χαλαρών μη συνεκτικών υλικών (με ή χωρίς κάποια μαλακά στρώματα συνεκτικών υλικών) ή κυρίως μαλακά έως μετρίως σκληρά συνεκτικά υλικά	< 180	< 15	< 70
<b>E</b>	Εδαφική τομή που αποτελείται από ένα			

	επιφανειακό στρώμα ιλύος με τιμές $v_s$ κατηγορίας C ή D και πάχος που ποικίλλει μεταξύ περίπου 5 m και 20 m, με υπόστρωμα από πιο σκληρό υλικό με $v_s > 800$ m/s			
<b>S<sub>1</sub></b>	Αποθέσεις που αποτελούνται, ή που περιέχουν ένα στρώμα πάχους τουλάχιστον 10 m μαλακών αργίλων/ ιλών με υψηλό δείκτη πλαστικότητας ( $PI > 40$ ) & υψηλή περιεκτικότητα σε νερό	< 100 ενδεικτικά	-	10 - 20
<b>S<sub>2</sub></b>	Στρώματα ρευστοποιήσιμων εδαφών, ευαίσθητων αργίλων, ή οποιαδήποτε άλλη εδαφική τομή που δεν περιλαμβάνεται στους τύπους A – E ή S <sub>1</sub>			

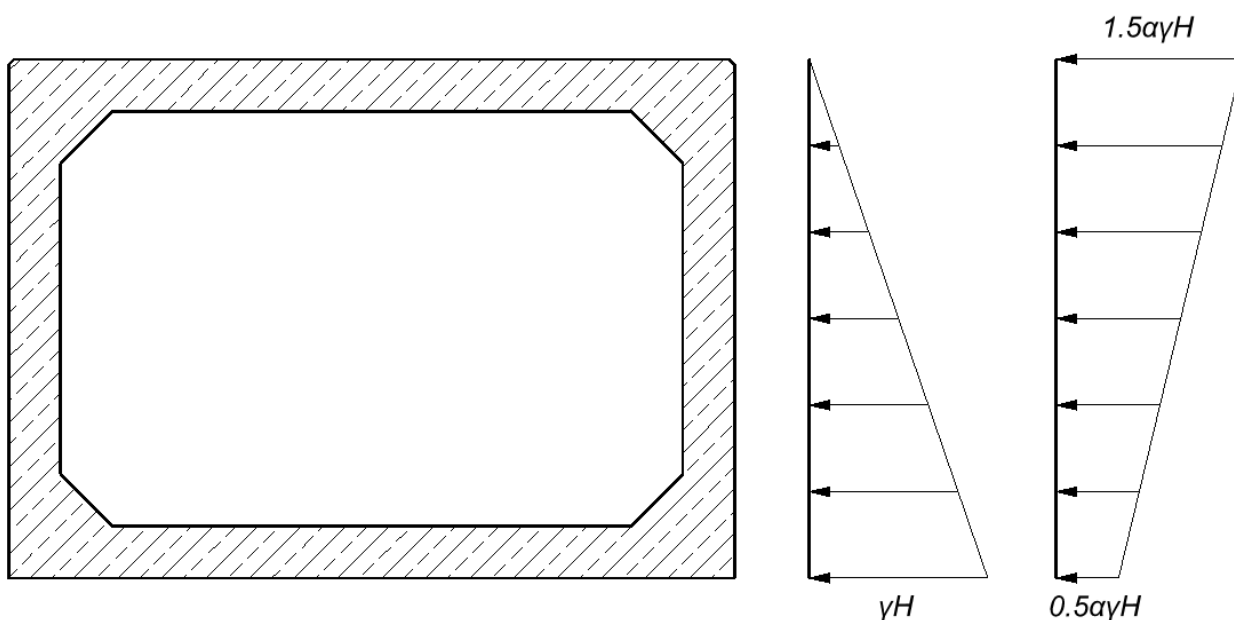


**Σχήμα 4.1:** Χάρτης Σεισμικής Επικινδυνότητας



#### 4.1.4 Ωθήσεις γαιών

Τα κατακόρυφα τοιχεία του ορθογωνικού οχετού λειτουργούν φορτίζονται από ωθήσεις γαιών, το μέγεθος των οποίων εκτιμάται σύμφωνα με τη θεώρηση ακλόνητου τοίχου, όπως περιγράφεται στην §5.3.β του ΕΑΚ2000. Σύμφωνα με τη θεώρηση αυτή, οι στατικές ωθήσεις ηρεμίας που δρουν στο τοιχείο προσαυξάνονται κατά τη διάρκεια σεισμού από γραμμικό διάγραμμα πρόσθετων οριζόντιων πιέσεων, με μέγιστη τιμή στην επιφάνεια του εδάφους ίση προς  $1.5\alpha\gamma H$  και ελάχιστη τιμή το κατώτατο σημείο του τοιχείου ίση προς  $0.5\alpha\gamma H$ .



Σχήμα 4.2: Ωθήσεις ηρεμίας και προσαύξηση τους λόγω σεισμού

#### 4.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ

Για κάθε κρίσιμη περίπτωση φόρτισης, οι τιμές σχεδιασμού των αποτελεσμάτων των δράσεων ( $E_d$ ) προσδιορίζονται συνδυάζοντας τις τιμές των δράσεων που θεωρείται ότι θα δρουν ταυτόχρονα.

Κάθε συνδυασμός δράσεων θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- μία κυρίαρχη μεταβλητή δράση, ή
- μία τυχηματική δράση

Οι συνδυασμοί των δράσεων που θα λαμβάνονται υπόψη για Οριακές Καταστάσεις Αστοχίας είναι οι θεμελιώδεις συνδυασμοί για:

1. Μόνιμες και παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού
2. Τυχηματικές καταστάσεις σχεδιασμού

3. Σεισμικές καταστάσεις σχεδιασμού, που μπορεί να εκφρασθεί ως:

$$\Sigma G_{k,j} + P + A_{Ed} + \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Οι συνδυασμοί των δράσεων που θα λαμβάνονται υπόψη στις συναφείς καταστάσεις σχεδιασμού θα πρέπει να είναι κατάλληλοι για τις απαιτήσεις λειτουργικότητας και τα κριτήρια επιτελεσματικότητας που ελέγχονται.

Οι συνδυασμοί των δράσεων για Οριακές Καταστάσεις Λειτουργικότητας ορίζονται συμβολικά από τις ακόλουθες σχέσεις:

α) Χαρακτηριστικός συνδυασμός, ο οποίος χρησιμοποιείται για μη-αναστρέψιμες οριακές καταστάσεις, μπορεί να εκφρασθεί ως:

$$\Sigma G_{k,j} + P + Q_{k,i} + \Sigma \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

β) Συχνός συνδυασμός, ο οποίος χρησιμοποιείται για αναστρέψιμες οριακές καταστάσεις, μπορεί να εκφρασθεί ως:

$$\Sigma G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

γ) Οιονεί μόνιμος συνδυασμός, ο οποίος χρησιμοποιείται για μακροχρόνιες επιδράσεις, μπορεί να εκφρασθεί ως:

$$\Sigma G_{k,j} + P + \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

όπου:

$E_d$	Τιμή σχεδιασμού αποτελέσματος δράσεων
$E$	Αποτέλεσμα δράσεων / εντατικά ή παραμορφωσιακά μεγέθη
$G_{k,j}$	Χαρακτηριστική τιμή μιας μόνιμης δράσης $j$
$P$	Αντιπροσωπευτική δράση μιας δύναμης προέντασης
$Q_{k,1}$	Χαρακτηριστική τιμή της κύριας μεταβλητής δράσης
$Q_{k,j}$	Χαρακτηριστική τιμή της συνοδευτικής μεταβλητής δράσης
$A_{ed}$	Σεισμική δράση σχεδιασμού

### 4.3 ΕΔΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της γεωτεχνικής μελέτης, η φέρουσα ικανότητα σχεδιασμού,  $R_{vd}$ , υπολογίστηκε για διάφορες διατομές θεμελίων με συντελεστή ασφάλειας  $\gamma_R=1,40$  ίση με:

$$R_{vd} = \frac{1}{\gamma_R} R(F_k, X_k) = \frac{1}{1,4} \cdot 2927,92 \cong 2090 \text{ kPa}$$

Η τιμή της  $R_{vd}$  είναι ιδιαίτερα υψηλή, όπως συμβαίνει γενικά στα κοκκώδη εδάφη όπου ο κίνδυνος διατμητικής θραύσης είναι μικρός. Λόγω της θεμελιώσεως με πλάκα γενικής κοιτόστρωσης σε μεγάλο βάθος, δεν υφίσταται κίνδυνος διατμητικής θραύσεως του εδάφους για τα μικρού μεγέθους φορτία της Ανωδομής.

Επίσης, λόγω της αφαίρεσης γαιών πάχους 10,00 m, ήτοι πιέσεων  $10 \times 18 = 180$  kPa και δεδομένου ότι η ασκούμενη πίεση από την Ανωδομή είναι αισθητά μικρότερη δεν αναμένονται πρακτικώς καθιζήσεις.

Ο Μοναδιαίος Δείκτης Αντιστάσεως Εδάφους,  $K_s$ , ορίζεται ως ο λόγος της επί στοιχείου ασκούμενης πίεσεως,  $p$ , προς την αντίστοιχη καθίζηση,  $s$ . Η ιδεατή πίεση,  $p$ , χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την παράσταση της αντιδράσεως του εδάφους (ελατηριακή σταθερά) κι όχι για την πραγματική πίεση επαφής του θεμελίου. Κατά παραδοχή θεωρείται ότι είναι ανεξάρτητος της ασκούμενης πίεσεως και ότι έχει σταθερή τιμή  $s'$  όλη την επιφάνεια του θεμελίου. Η τιμή του  $K_s$  λαμβάνεται προσεγγιστικά από πίνακες, όπως ο πίνακας 2.5 του Beton Kalender. Με βάση αυτόν, και για «ημιστερεή άργιλο» της στρώσης έδρασης της θεμελίωσης, επιλέγεται η τιμή:

$$K_s = 20 \text{ MN/m}^3$$

#### 4.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η μέθοδος ανάλυσης και διαστασιολόγησης επιλέγεται σύμφωνα με το EN1998-1:2004 παράγραφος 4.3.3.2 «Μέθοδος ανάλυσης οριζόντιας φόρτισης».

Η Γραμμική Ελαστική Ανάλυση γίνεται με την άμεση μέθοδο Δυσκαμψίας (Θεώρηση μικρών μετατοπίσεων). Για κάθε μέλος υπολογίζεται το τοπικό μητρώο δυσκαμψίας του και τελικά συντίθεται το Γενικό Μητρώο Ακαμψίας του χωρικού μοντέλου. Στη γενική περίπτωση υπάρχουν έξι βαθμοί ελευθερίας (3 μετατοπίσεις και τρεις περιστροφές) ανά κόμβο. Στη συνέχεια σχηματίζονται οι εξισώσεις ισορροπίας που προκύπτουν από την ισότητα του πολλαπλασιασμού του Γενικού Μητρώου Ακαμψίας του χωρικού μοντέλου επί το μητρώο στήλη (διάνυσμα) των αγνώστων μετατοπίσεων των κόμβων με το μητρώο στήλη (διάνυσμα) των φορτίων κόμβων. Ακολουθεί η μετωπική μέθοδος επίλυσης (frontal solver) των πιο πάνω εξισώσεων ισορροπίας καταλήγοντας στον υπολογισμό των έξι εντατικών μεγεθών στα άκρα κάθε μέλους βάσει της ακαμψίας τους και των βαθμών ελευθερίας των κόμβων του.

Η Δυναμική Ανάλυση αρχίζει με την επίλυση πρώτα του προβλήματος των ιδιοτιμών για τον υπολογισμό των Ιδιομορφών και Ιδιοπεριόδων του χωρικού μοντέλου με την μέθοδο "SUBSPACE ITERATION". Τα πιο πάνω αποτελέσματα των Ιδιοτιμών – Ιδιοδιανυσμάτων χρησιμοποιούνται σαν δεδομένα στη Φασματική μέθοδο Ανάλυσης, τα αποτελέσματα της οποίας είναι οι ιδιομορφικές αποκρίσεις του χωρικού μοντέλου. Τέλος, τα απροσήμαστα εντατικά μεγέθη προκύπτουν από την επαλληλία των ιδιομορφικών τιμών με την μέθοδο της Πλήρους Τετραγωνικής Επαλληλίας (C.Q.C).

Το λογισμικό υπολογίζει αυτόματα τις μάζες (μεταφορικές και στροφικές) σε κάθε κόμβο του χωρικού μοντέλου από τον συνδυασμό  $G+\psi^2*Q$ , όπου G οι αντιπροσωπευτικές τιμές των μονίμων φορτίων, Q οι αντιπροσωπευτικές τιμές των μεταβλητών φορτίων και  $\psi^2$  μειωτικός συντελεστής.

## 4.5 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

### 4.5.1 Συνοπτική περιγραφή του λογισμικού

Για την προσομοίωση του φέροντα οργανισμού χρησιμοποιείται το λογισμικό ScadaPro, έκδοση 22. Πραγματοποιήθηκε ελαστική στατική ανάλυση με καθολικό δείκτη συμπεριφοράς,  $q=1.50$ .

Το λογισμικό ScadaPro 2022 διαθέτει λειτουργική υπομονάδα (module) για την εφαρμογή στατικής και δυναμικής ανάλυσης και σχεδιασμού στοιχείων και κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες. Η μοντελοποίηση γίνεται με ένα συνδυασμό γραμμικών και επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων στο χώρο, δημιουργώντας ένα τρισδιάστατο χωρικό μοντέλο της υπό μελέτη κατασκευής. Μέσω του συνδυασμού των επιφανειακών πεπερασμένων με γραμμικά και της ταυτόχρονης ταύτισης κόμβων ραβδωτών και επιφανειακών στοιχείων, υπάρχει η δυνατότητα της περαιτέρω προσομοίωσης λειτουργικών στοιχείων του δομήματος, όπως η λειτουργία δοκών οπλισμένου σκυροδέματος σε συνδυασμό με προσομοίωση επιφανειακού στοιχείου πλάκας ή τοιχείου στο χώρο, με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία τύπου plate. Η παραγωγή των επιφανειακών πεπερασμένων γίνεται με τη βοήθεια γεννήτριας 3D πεπερασμένων επιφανειακών στοιχείων στο χώρο, με δυνατότητα προσομοίωσης επιφανειών οποιασδήποτε γεωμετρίας και σχήματος με οπές και σημεία συγκέντρωσης τάσεων (πυκνώσεις πλέγματος στοιχείων).

Η προσομοίωση του δομήματος και η ανάλυση του με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων εμφανίζει υψηλό βαθμό αξιοπιστίας αποτελεσμάτων, και η επιλογή διατομής και όπλισης γίνεται βάση των τάσεων που αναπτύσσονται στα πεπερασμένα στοιχεία.

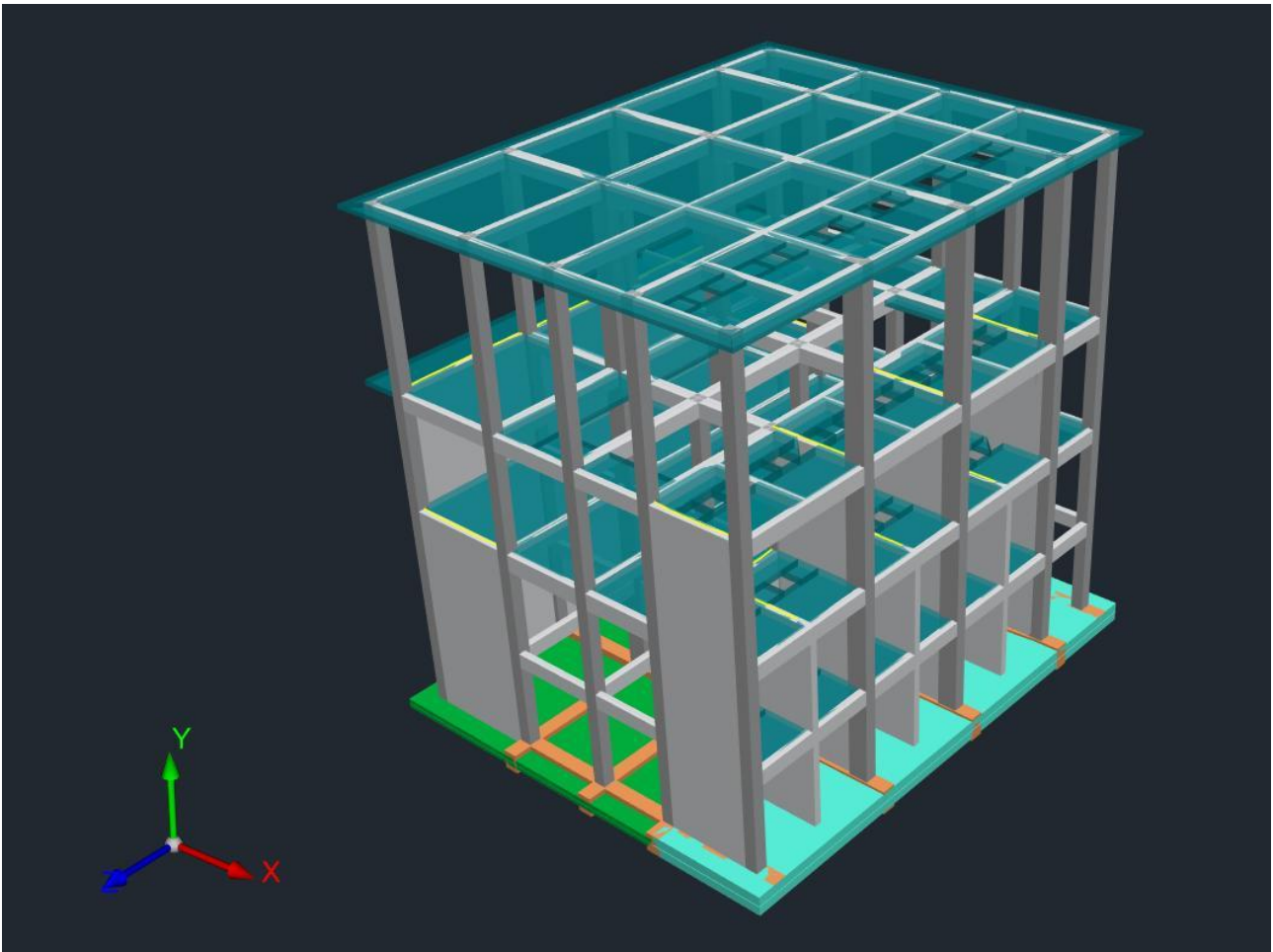
Η μεθοδολογία ανάλυσης που προτείνεται για το συγκεκριμένο λογισμικό και κατασκευή είναι η γραμμική δυναμική φασματική μέθοδος.

#### 4.5.2 Προσομοιώματα των αναλύσεων

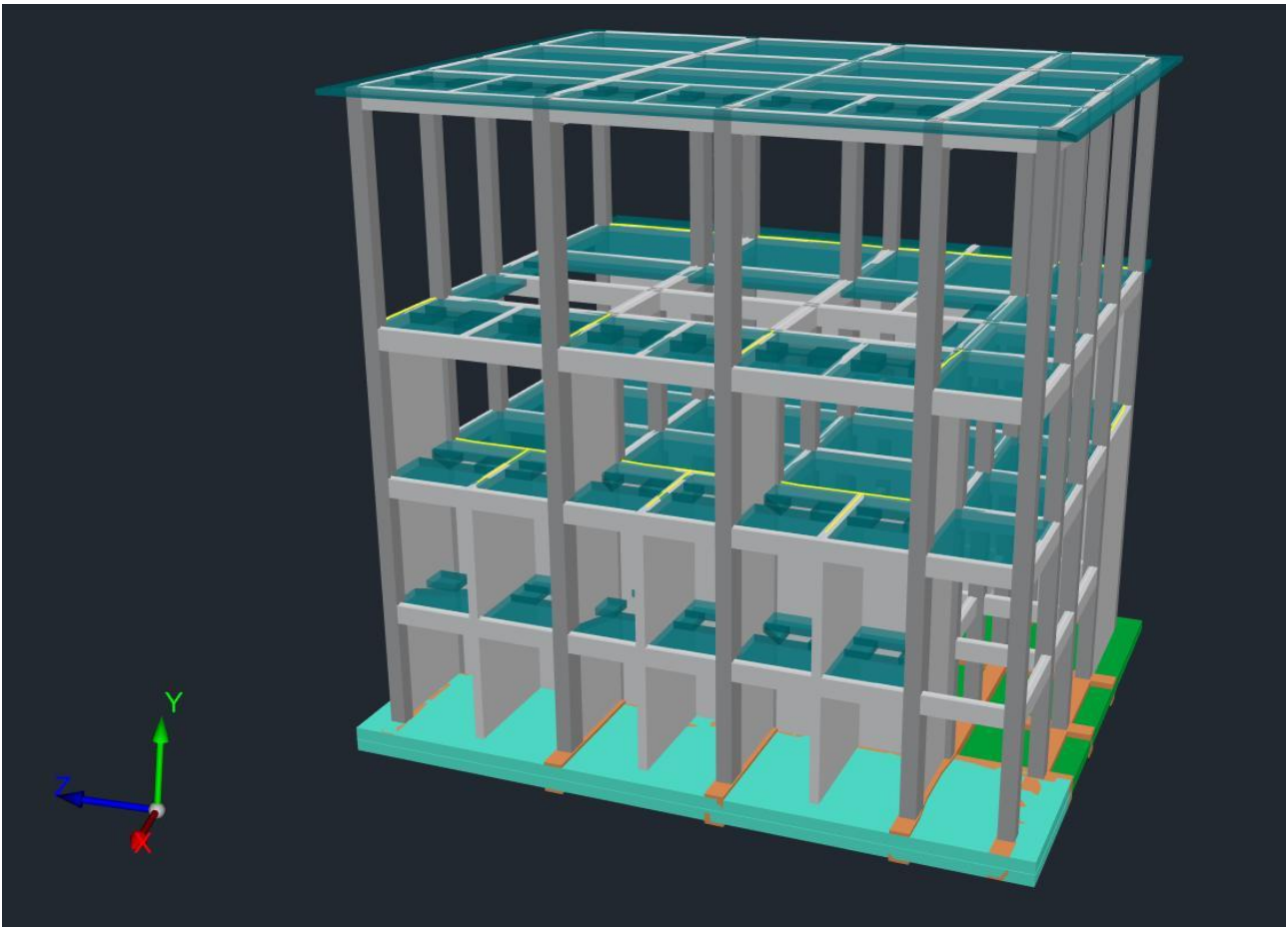
Σύμφωνα με την μεθοδολογία ανάλυσης που ακολουθήθηκε υλοποιήθηκαν τα εξής προσομοιώματα:

1. Κύριο προσομοίωμα, στο οποίο το σύνολο της ανωδομής αποτελείται από γραμμικά στοιχεία δοκών και στύλων και η θεμελίωση (κοιτόστρωση) από επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία τύπου πλάκας.
2. Δευτερεύον προσομοίωμα, στο οποίο οι πλάκες των ενδιάμεσων σταθμών προσομοιώνονται και αυτές με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία.

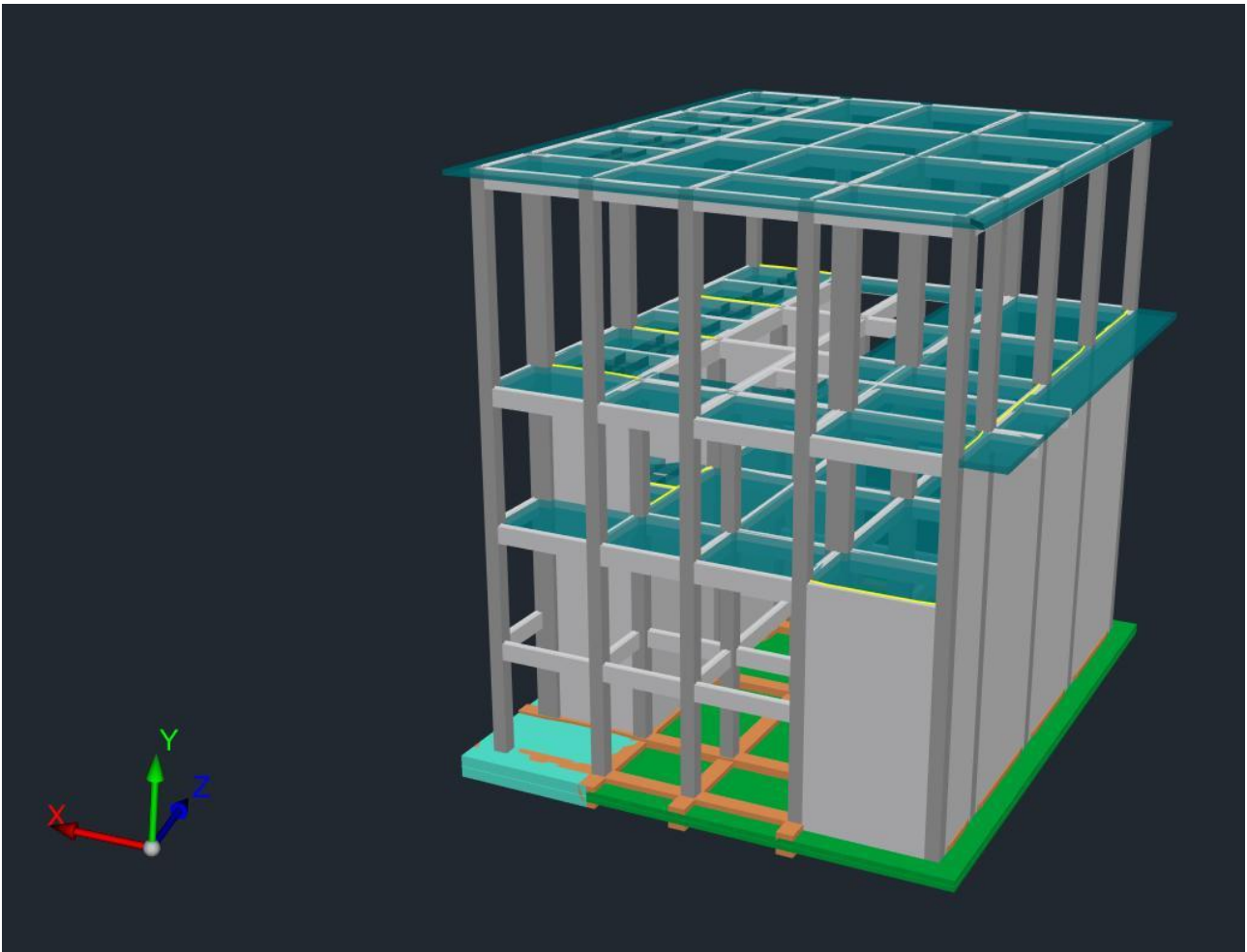
Η όπλιση του φέροντα οργανισμού της κατασκευής γίνεται με βάση το πρώτο προσομοίωμα. Το δεύτερο χρησιμοποιείται για ακριβέστερη προσομοίωση των θέσεων συγκεντρωμένων φορτίσεων και των ανοιγμάτων των πλακών, και με βάση αυτό προκύπτουν οι διάφορες κατασκευαστικές λεπτομέρειες στις περιοχές μεγάλων εντάσεων.



**Εικόνα 4.1:** Φυσικό μοντέλο αντλιοστασίου

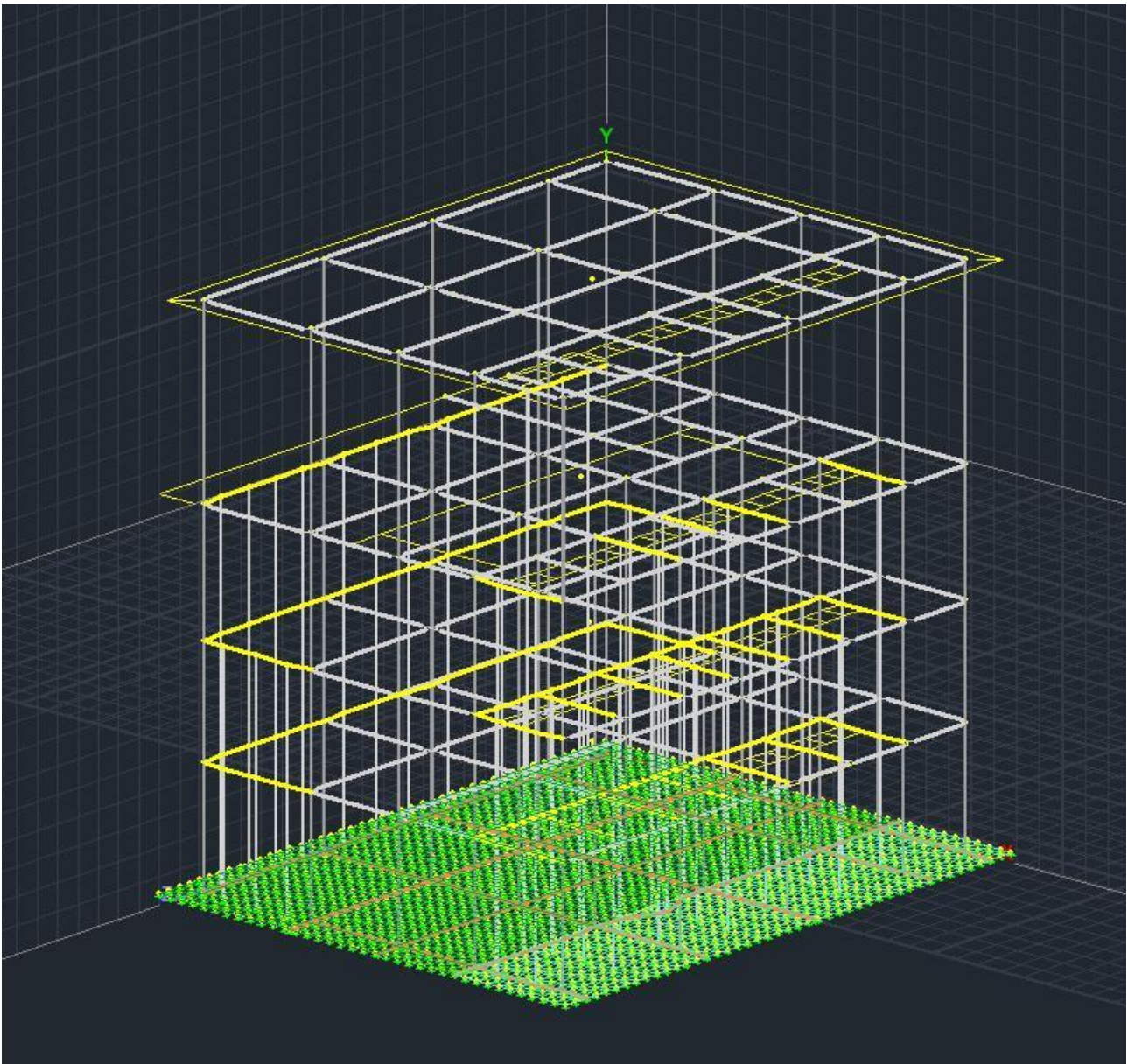


**Εικόνα 4.2:** Φυσικό μοντέλο αντλιοστασίου



**Εικόνα 4.3:** Φυσικό μοντέλο αντλιοστασίου





**Εικόνα 4.4:** Μαθηματικό μοντέλο αντλιοστασίου