

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.2: Μελέτη Αποστράγγισης

Μελέτη Εκτίμησης Επιπτώσεων στο Περιβάλλον  
από την ανέγερση Ανάπτυξης Σύνθετων  
Χρήσεων «Larnaca Tower» στην Περιοχή  
Φοινικούδες στο Δήμο Λάρνακας

**LANOMEX**

**ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ**  
**ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ**  
**ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ**  
**ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΣΚΑΦΗ**  
**ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ “LARNACA TOWER”**

**ΣΤΗ ΛΑΡΝΑΚΑ**

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ - ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ, 2024

---

***GEOINVEST LTD - ΓΕΩΠΡΕΥΝΑ***

***Applied Geology – Geotechnics – Materials Testing  
Environmental Engineering***

Viotechniki Periochi Aglantzias No.10, P.O.Box 20476, 2152 Aglantzia,  
Tel: 22 33 00 93, Fax : 22 33 01 18, E-mail : [geoinvest@cytanet.com.cy](mailto:geoinvest@cytanet.com.cy)  
Web: <http://www.geoinvest.com.cy>



*Celebrating 37 Years of Excellence in Testing  
&  
17 Years of CYS EN ISO/IEC 17025 Accreditation*



08/02/2024

X\Geotech2023\LarnacaTowerPumpingT

LANOMEX,  
Υπόψη: κ. Αγάπριου Αγαπίου,  
Λάρνακα.

Κύριοι,

**ΘΕΜΑ: ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΣΚΑΦΗ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ “LARNACA TOWER”, ΣΤΗ ΛΑΡΝΑΚΑ**

Υποβάλλουμε την έκθεση για το πιο πάνω θέμα που αναφέρεται στη μελέτη προσέγγισης για πιθανή αποστράγγιση της εκσκαφής.

Η αξιολόγηση των υφιστάμενων γεωλογικών/ γεωτεχνικών και υδρογεωλογικών πληροφοριών, έγιναν με βάση αποδεκτές πρακτικές/ προσεγγιστικές μεθόδους.

Στη διάθεση σας για τυχόν διευκρινήσεις ή επιπρόσθετες πληροφορίες επί του θέματος.

Με εκτίμηση,



**Ανδρέας Σιαθάς,**  
(Γεωλόγος - Διευθύνων Σύμβουλος)  
Αριθμός Μητρώου ΕΤΕΚ Α035735

## ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΣΚΑΦΗ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ «LARNACA TOWER» ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ «LANOMEX» ΣΤΗ ΛΑΡΝΑΚΑ

**ΣΥΝΟΨΗ:** Στο χώρο του σκοπούμενου έργου, Φ/Σχ.:41/570103 τεμ.:216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 243, 397 και 502, όπου προβλέπεται η κατασκευή πολυώροφου κτηρίου χωρίς υπόγειο στη Λάρνακα, έχει γίνει, κατ' εντολή του ιδιοκτήτη και των μελετητών, μελέτη προσέγγισης για πιθανή αποστράγγιση της εκσκαφής με βάση στοιχεία που λήφθηκαν:

- κατά την γεωτεχνική έρευνα που εκτελέστηκε το 2012 αλλά και συμπληρωματικής πιο πρόσφατα, το 2020, όπως επίσης και
- από άλλες παρόμοιες μελέτες, που έγιναν στη γύρω περιοχή από την εταιρεία GEOINVEST LTD, οι οποίες περιέλαβαν, πέραν του γεωτεχνικού μέρους, και υδρογεωλογική έρευνα με συμπερίληψη εργαστηριακών και επί τόπου δοκιμών διαπερατότητας και δοκιμαστικής άντλησης για καθορισμό των υδραυλικών παραμέτρων του υπεδάφους.

Στην όλη προσέγγιση εκτιμάται και η δυνατότητα διήθησης και επανα-εισαγωγής/επαναφοράς του αντλούμενου νερού μέσω βαθιών φρεάτων (μεγάλης διαμέτρου γεωτρήσεων) και δεξαμενών στο υπέδαφος.

Κατ' αρχάς, θα πρέπει να τονισθεί πως, σύμφωνα με τα αναθεωρημένα σχέδια, η εκσκαφή δεν θα είναι βαθιά, θα περιοριστεί στα 1.80 μέτρα κάτω από την υφιστάμενη επιφάνεια του εδάφους και επομένως δεν θα υπάρξει, υπό κανονικές συνθήκες, ανάγκη αποστράγγισης της. Με βάση τη συμπληρωματική μελέτη, που έγινε τον Μάρτη του 2020, η στάθμη του υπόγειου νερού περιορίζεται στα 1.90 – 2.00 μέτρα. Εκτιμήθηκε δε τότε, πως η στάθμη αυτή είναι η ψηλότερη πιθανή (η πλησιέστερη προς την επιφάνεια του εδάφους), λόγω της πολυομβρίας εκείνης της χρονιάς. Αναμένονται επίσης κάποιες μικρές, εποχικές αυξομειώσεις της στάθμης με τις ψηλότερες να αναμένονται προς το τέλος της άνοιξης και τις χαμηλότερες το καλοκαίρι προς το Φθινόπωρο. Για κάθε ενδεχόμενο, ετοιμάστηκε η παρούσα, για την ακραία, πιθανή ανύψωση της στάθμης σε βάθος μικρότερο των 1.80 μέτρων, πράγμα όχι και τόσο πιθανό, αν όχι απίθανο. Άλλωστε η αναθεώρηση των σχεδίων της οικοδομής έγιναν με βάση τη στατική στάθμη του υπόγειου νερού για να μην χρειαστεί αποστράγγιση.

Τα αποτελέσματα των πιο πάνω μελετών, αφού αξιολογήθηκαν από τους ειδικούς της εταιρείας μας και ειδικούς συμβούλους, δείχνουν ότι είναι πολύ ενθαρρυντικά όσον αφορά, κυρίως, την δυνατότητα επαναφοράς του αντλούμενου νερού πίσω στον υδροφορέα, αλλά και όσον αφορά τις πιθανές ποσότητες νερού που θα πρέπει να αντληθεί για ταπείνωση της στάθμης του στα απαιτούμενα επίπεδα.

Ο υδροφορέας μπορεί να θεωρηθεί σαν φρεάτιος, σε κλασικά, προσχωματικά ιζήματα, διαφόρων μεγεθών (κυρίως άμμοι, αμμοίλυες, αργιλικές Ιλύες και αμμοχάλικα), με σχετικά μικρό πάχος κορεσμού και με τη βάση του σε βάθος μέχρι τα ~11-13 μέτρα, όπου εντοπίζεται αδιαπέρατη ή πολύ χαμηλής διαπερατότητας μάργα του σχηματισμού Λευκωσίας.

Η μελέτη αυτή περιορίζεται στην προσέγγιση και στην εκτίμηση της διαδικασίας διαχείρισης της αποστράγγισης και διαχείρισης των αντλήσεων αφού η πιθανότητα ανάγκης για ταπείνωση της στάθμης είναι αν όχι απίθανη πολύ μικρή, όπως και οι πιθανές ποσότητες άντλησης. Η εκσκαφή περιορίζεται στα 1720 τ.μ. και στην απομακρυσμένη περίπτωση ανάγκης αποστράγγισης μπορεί να γίνει τμηματικά για μείωση της ποσότητας των αντλήσεων και κατ' επέκταση των ποσοτήτων του αντλούμενου νερού που θα πρέπει να τύχουν διαχείρισης.

Γενικά, στόχος είναι η διατήρηση στεγνών συνθηκών στο χώρο των εκσκαφών που μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή των πιο κάτω:

- Δημιουργία ενός μη περατού στρώματος μεταξύ 1.5 και 2.3 μέτρων για παρεμπόδιση της ανοδικής και πλευρικής ροής του νερού. Πράγμα που μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση πλαστικού σκυροδέματος ή ενέματος από σκυρόδεμα και μπεντονίτη ή/και ασβέστη. Διάφορες μέθοδοι κατασκευής τέτοιου μη περατού στρώματος παρουσιάζονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Το κυριότερο στη προκειμένη περίπτωση είναι ότι το νερό θα δεσμευτεί/εκδιωχθεί με/από το ένεμα και όταν θα γίνουν οι εκσκαφές μόνο στερεά εδάφη θα σκαφτούν και απομακρυνθούν.

#### Εναλλακτικά

- Τμηματική διενέργεια της εκσκαφής για άντληση σε ποσότητες που να είναι εύκολα διαχειρίσιμες <100 κ.μ./μέρα.
- Επαναφορά του αντλούμενου νερού στον υδροφορέα εκτός της εκσκαφής ή
- Απόρριψη του στον οχετό ομβρίων, ή
- Απομάκρυνση του με βυτιοφόρα ή
- Συνδυασμός της δεύτερης και τέταρτης περίπτωσης

Οι εκσκαφές θα φθάσουν στα ~1,8 μέτρα. Η στατική στάθμη του υπόγειου νερού είναι γύρω στα 1.9-2,0 μέτρα. Αν στο ακραίο, χειρότερο σενάριο, η στάθμη ανέλθει κατά περίπου 0.3 m (~1,65 κατά μέσο όρο ή 0.15m πάνω από τη βάση της εκσκαφής), που είναι το μέγιστο πιθανό, τότε ροές εντός της εκσκαφής, θα είναι υπό τις χειρότερες συνθήκες της τάξης των <200 κ.μ./μέρα, όπως αναφέρεται στη συνέχεια, πιο κάτω, ποσότητες που είναι εύκολα διαχειρίσιμες, εφαρμόζοντας οποιαδήποτε διαδικασία ή συνδυασμό διαδικασιών από τις προαναφερόμενες.

Οι μέθοδοι ποσοτικής ανάλυσης στις περιπτώσεις “ανοικτών” εκσκαφών είναι πάντοτε προσεγγιστικές και απλά παρέχουν τάξεις μεγέθους. Οι εκτιμήσεις έγιναν για την περίπτωση κορεσμένου εδάφους πάχους 2 μέτρων με διαπερατότητα της τάξης των 3 m/day. Από εκεί και κάτω η διαπερατότητα μειώνεται δραστικά και δεν πρόκειται να επηρεάσει τις αντλήσεις.

Κατά την διάρκεια ταπείνωσης του υδροφορέα εισροές αναμένονται κυρίως από τα πρηνή της εκσκαφής. Λαμβάνοντας υπόψη περίμετρο εκσκαφής 200 μέτρα και κορεσμένο πάχος εδάφους με υψηλή διαπερατότητα της τάξης του ενός μέτρου, με χρήση της εξίσωσης του “US Bureau of Reclamation” για διάφορα βάθη υπόγειου νερού (J. Luthin (1966) *Drainage Engineering*, John Wiley & Sons, Inc), υπολογίζεται ότι για εκσκαφή σε κορεσμένο έδαφος 0.15 μέτρα, και με Specific Retention Factor Εδάφους  $R_s = 4\%$ , η ποσότητα εισροής θα είναι της τάξης των <200  $m^3/day$ . Εάν, επομένως, η εκσκαφή γίνει σε 3 ή και 4 στάδια, οι ποσότητες που θα πρέπει να αντλούνται καθημερινά δεν θα υπερβαίνουν τα 50-70  $m^3$ .

Όπως ήδη αναφέρθηκε επανειλημμένα πιο πάνω, το πιο πιθανό είναι πως δεν θα χρειαστεί αποστράγγιση, αλλά εάν χρειαστεί, δεν θα είναι αναγκαία η κατασκευή περιμετρικού τοίχου (cutoff

wall) για να μην επιτρέψει την πλευρική ροή νερού προς την εκσκαφή, παρά το γεγονός πως παραμένει εναλλακτικά και αυτή η δυνατότητα όπως και η δυνατότητα κατασκευής μη περατού στρώματος μεταξύ 1.5 και 2.3 μέτρων για παρεμπόδιση της ανοδικής και πλευρικής ροής του νερού. Πράγμα που μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση πλαστικού σκυροδέματος ή ενέματος από σκυρόδεμα και μπεντονίτη ή/και ασβέστη, όπως ήδη αναφέρθηκε πιο πάνω.

Η άντληση μπορεί να γίνεται μέσα από επιφανειακά φρεάτια (sump wells) από βάθη μεταξύ 2-3 μέτρων. Η επαναφορά στον υδροφορέα μπορεί να γίνει με βαθιά φρέατα 12-14 μέτρων, σε συνδυασμό με δεξαμενές ή τάφρους διήθησης. Τα φρέατα γεωτρήσεις μπορεί να τοποθετηθούν περιμετρικά, εκτός της εκσκαφής, ή σε ευαίσθητα σημεία (με γειτονικά κτήρια) για να διατηρηθεί η στατική στάθμη του υπόγειου νερού στο υφιστάμενο επίπεδο, προς αποφυγή καθιζήσεων διπλανών κατασκευών. Το θέμα αυτό βέβαια δεν είναι σοβαρόν, εφ' όσον η ταπείνωση της στάθμης θα είναι μόνο μερικά εκατοστόμετρα.

Μέσα στη διαδικασία άντλησης – επαναφοράς θα πρέπει να μπει και η διαδικασία καθαρισμού του αντλούμενου νερού από τα αιωρούμενα, λεπτομερή στερεά σωματίδια για να μην κλείνουν οι πόροι του εδάφους στα σημεία επαναφοράς.

Δεν απορρίπτεται επίσης η πιθανότητα απόρριψης του νερού σε οχετούς ομβρίων, αν αυτό επιτραπεί από τους αρμοδίους και εφ' όσον αποδειχτεί πως δεν θα υπάρχουν σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Για τέτοιες ποσότητες και για το μικρό χρονικό διάστημα αποστράγγισης οι όποιες τυχόν επιπτώσεις θα είναι αμελητέες. Για το σκοπό αυτό μπορούν να γίνουν και οι απαιτούμενες χημικές αναλύσεις, αν και είναι φανερό πως το νερό δεν είναι μολυσμένο με επικίνδυνες ουσίες, πέραν των μικροβιολογικών, λόγω του συνεχούς εμπλουτισμού του με τις βροχοπτώσεις. Νερό το οποίο έτσι κι' αλλιώς προοδευτικά ωθείται προς τη θάλασσα με το συνεχή εμπλουτισμό του υδροφορέα με τις βροχοπτώσεις και απώλειες των συστημάτων ύδρευσης και αποχέτευσης.

Συμπερασματικά, αναφέρεται ότι, με βάση το πιο πιθανό σενάριο, δεν θα υπάρξει ανάγκη αποστράγγισης και με βάση το πιο απίθανο σενάριο οι αναμενόμενες εισροές στη βάση της εκσκαφής είναι της τάξης των <200 κ.μ./μέρα για ολόκληρη την εκσκαφή ή πολύ λιγότερο αν η εκσκαφή γίνει τμηματικά. Παρόμοιες είναι και οι δυνατότητες διήθησης του αντλούμενου νερού μέσω δεξαμενών, όπως έχει παρατηρηθεί από αριθμό αποστραγγίσεων στη παραλιακή περιοχή της Λάρνακας. Αυτή η εμπειρία βοηθά και στην εκτίμηση της έκτασης των δεξαμενών διήθησης και επαναφοράς. Καταληκτικά, μπορεί να αναφερθεί πως, αν χρειαστεί, η αποστράγγιση των εκσκαφών με ορθό σχεδιασμό στήριξης, μόνωσης, άντλησης και επαναφοράς του αντλούμενου νερού στο υπέδαφος στο χώρο του έργου, ή διοχέτευσης στον οχετό ομβρίων ή και σε άλλο αδειοδοτημένο χώρο απόρριψης, είναι και δυνατή και διαχειρίσιμη.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |    |
|---|----|
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....   | 6  |
| Θέση – Μορφολογία .....   | 6  |
| Περιγραφή του Έργου .....   | 8  |
| 2. ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ .....  | 10 |
| 3. ΓΩΛΟΓΙΚΕΣ/ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΜΕΛΕΤΗΣ .....                            | 12 |
| Γεωλογική Γεωτεχνική Έρευνα.....  | 12 |
| 4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ .....  | 16 |
| 5. ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ .....  | 19 |
| 5.1. Εισροή νερού στην εκσκαφή κατά την διάρκεια της αποστράγγισης της .....        | 19 |
| Ενδεικτικοί Υπολογισμοί Αποστράγγισης Υπόγειου Νερού.....                           | 19 |
| 5.2. Έλεγχος/Διαχείριση Στάθμης Υπόγειου Νερού .....                                | 20 |
| 5.2.1. Σημεία, ρυθμός και χρόνος άντλησης .....                                     | 23 |
| 6. ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΚΑΤΑ ΤΩΝ ΠΙΘΑΝΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ .....               | 28 |
| 6.1. ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ .....  | 28 |
| 6.2. ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....                                   | 28 |
| 6.2.1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΥΠΕΔΑΦΟΣ .....               | 28 |
| 6.2.2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΡΕΑΤΩΝ ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΟ ΥΠΕΔΑΦΟΣ .....                          | 29 |
| 6.2.3. ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΦΡΕΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ .....                                       | 30 |
| Γενικές προδιαγραφές κατασκευών.....  | 30 |
| Γεωτρήσεις και Φρέατα άντλησης.....   | 30 |
| Δεξαμενές κατακάθισης.....  | 31 |
| Δεξαμενές επαναφόρτισης.....  | 31 |
| 7. Παρακολούθηση της Αντίδρασης Υφιστάμενων Κτιρίων (Displacements Monitoring)..... | 31 |
| Χρονοδιάγραμμα Αποπεράτωσης Εργασιών Αποστράγγισης.....                             | 32 |

## ΣΧΕΔΙΑ

|  |           |
|--|-----------|
| Σχέδιο 1. Χώρος Μελέτης .....  | 7         |
| Σχέδιο 2. Κάτοψη Ισογείου .....  | 8         |
| Σχέδιο 3. Τομή Κτηρίου.....  | 9         |
| <b>Σχέδιο 4. Μέρος Γεωτεχνικού Χάρτη της Λάρνακας (ΤΓΕ, 1993).....</b>   | <b>10</b> |
| Σχέδιο 5. Θέσεις Γεωτρήσεων και Γεωλογικών Τομών .....   | 13        |
| Σχέδιο 6. Γεωλογική Τομή 1 - 1' .....  | 14        |
| Σχέδιο 7. Γεωλογική Τομή 2 - 2' .....  | 14        |
| Σχέδιο 8. Γεωλογική Τομή 3 - 3' .....  | 15        |
| Σχέδιο 9. Γεωλογική Τομή 4 - 4' .....  | 15        |
| <b>Σχέδιο 10. Μέθοδοι αποστράγγισης ανάλογα με την τιμή διαπερατότητας του εδάφους και το βάθος της εκσκαφής .....</b>                                       | <b>21</b> |
| <b>Σχέδιο 11. Κατά προσέγγιση εύρος εφαρμογής μεθόδων αποστράγγισης.....</b>   | <b>21</b> |
| <b>Σχέδιο 12. Έλεγχος υπογείου νερού με τη χρήση αντλιών και τοίχων αποκοπής πλευρικής εισροής. Στην υπό μελέτη περιοχή ισχύει η πρώτη περίπτωση α. ....</b> | <b>22</b> |
| Σχέδιο 13. Θέσεις Γεωτρήσεων αποστάγγισης.....   | 25        |
| Σχέδιο 14. Dewatering Sketch Diagram. Οι διαστάσεις που αναγράφονται είναι ενδεικτικές και θα αναπροσαρμοστούν ανάλογα, όπως αναφέρεται στην έκθεση.....     | 34        |
| Σχέδιο 15. Detail of Excavation at the Site .....  | 35        |
| Σχέδιο 16. Detail of Settling Tank. Οι διαστάσεις θα αναπροσαρμοστούν σύμφωνα με το κείμενο.....   | 36        |
| Σχέδιο 17. Detail of Recharge Wells and Pond .....   | 37        |

## ΠΙΝΑΚΕΣ

|   |    |
|---|----|
| Πίνακας 1: Stratigraphic relationship.....  | 11 |
| Πίνακας 2: Laboratory permeability results.....   | 18 |
| Πίνακας 3: Permeability and drainage characteristics of soil (Terzaghi et al., 1996)..... | 18 |



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο χώρος ανέγερσης του έργου με τίτλο “LARNAKA TOWER» βρίσκεται στο κέντρο της Λάρνακας, στα τεμάχια με αριθμό 216 ως 224, 243, 397 και 502 ΦΥΛΛΟ/ΣΧΕΔΙΟ 41/570103, Τμήμα 4. Το έργο περιλαμβάνει ισόγειο, mezanine και 28 ορόφους. Δεν προβλέπεται υπόγειο. Οι όποιες εκσκαφές για τη κατασκευή της θεμελίωσης του κτηρίου που θα αποτελείται από έγχυτους πασσάλους με ενισχυμένο σκυρόδεμα θα περιοριστούν στα 1.80 μέτρα κάτω από την υφιστάμενη επιφάνεια του εδάφους.

Η στατική στάθμη του υπόγειου νερού σύμφωνα με έρευνα που έγινε το 2020 με εκσκαφή 2 φρεατίων βρίσκεται κατά την εαρινή περίοδο, που αναμένονται οι πιο ψηλές στάθμες, στα 1.90 – 2.00 μέτρα.

Τα αρχικά σχέδια που προέβλεπαν και υπόγειο έχουν αλλάξει προς αποφυγή βαθιών, κάτω από τη στατική στάθμη του υπόγειου νερού, εκσκαφών που προϋποθέτει και αποστράγγιση.

Με τη παρούσα επιβεβαιώνεται πως εάν, κατά τη περίοδο των εκσκαφών ισχύουν τα πιο πάνω, τότε δεν θα παραστεί ανάγκη αποστράγγισης. Σε περίπτωση όμως που, σε ένα πολύ ακραίο σενάριο, παρατηρηθεί τυχόν μεγαλύτερη από την αναμενόμενη άνοδος της στατικής στάθμης τότε θα πρέπει να ληφθούν κάποια μέτρα για ταπείνωση της όπως αναφέρεται στη συνέχεια. Οι αυξομειώσεις στη στάθμη του υπόγειου νερού στην παραλιακή ζώνη, στην ακτογραμμή, εκτιμάται από μακροχρόνιες εμπειρίες και παρατηρήσεις μας, πως δεν υπερβαίνουν το ένα μέτρο ( $\pm 0.5$  μέτρο από τη μέση στάθμη) με την πιο ψηλή στο τέλος της άνοιξης. Στην προκειμένη περίπτωση, οι μετρήσεις έγιναν στο μέσο της άνοιξης, οπότε η όποια τυχόν ανύψωση της στάθμης εκτιμάται πως δεν θα υπερβαίνει τα 30 cm, από την μέση καταμετρηθείσα στάθμη, 1.95 m, και θα ανέλθει στα 1,65 m, ή 15 cm πάνω από τη στάθμη της σκοπούμενης εκσκαφής.

Η παρούσα καταπιάνεται με τις μεθόδους εκσκαφής και διαχείρισης των ποσοτήτων νερού που θα αντλούνται για να διατηρούνται οι εκσκαφές στεγνές και να καταστεί δυνατή η κατασκευή της θεμελίωσης. Οι μέθοδοι διαχείρισης των ποσοτήτων της άντλησης, η δυνατότητα επαναφοράς/επαναφόρτισης του αντλούμενου νερού στο υπέδαφος ή άλλοι πιθανοί τρόποι διαχείρισης, βασίζονται στις διαστάσεις και το βάθος της εκσκαφής και στην εκτίμηση των υδραυλικών παραμέτρων που βασίστηκαν στα αποτελέσματα της γεωτεχνικής μελέτης, που έχει ήδη προηγηθεί, αλλά σε αποτελέσματα άλλων παρόμοιων μελετών στη γύρω περιοχή.

### Θέση – Μορφολογία

Ο χώρος μελέτης περιορίζεται στα τεμάχια 216 ως 224, 243, 397 και 502, όπως αναφέρεται πιο πάνω. Είναι γενικά επίπεδος με ελάχιστες υψομετρικές διαφορές, <060 cm. Η γεωγραφική του θέση παρουσιάζεται στο Σχέδιο 1.

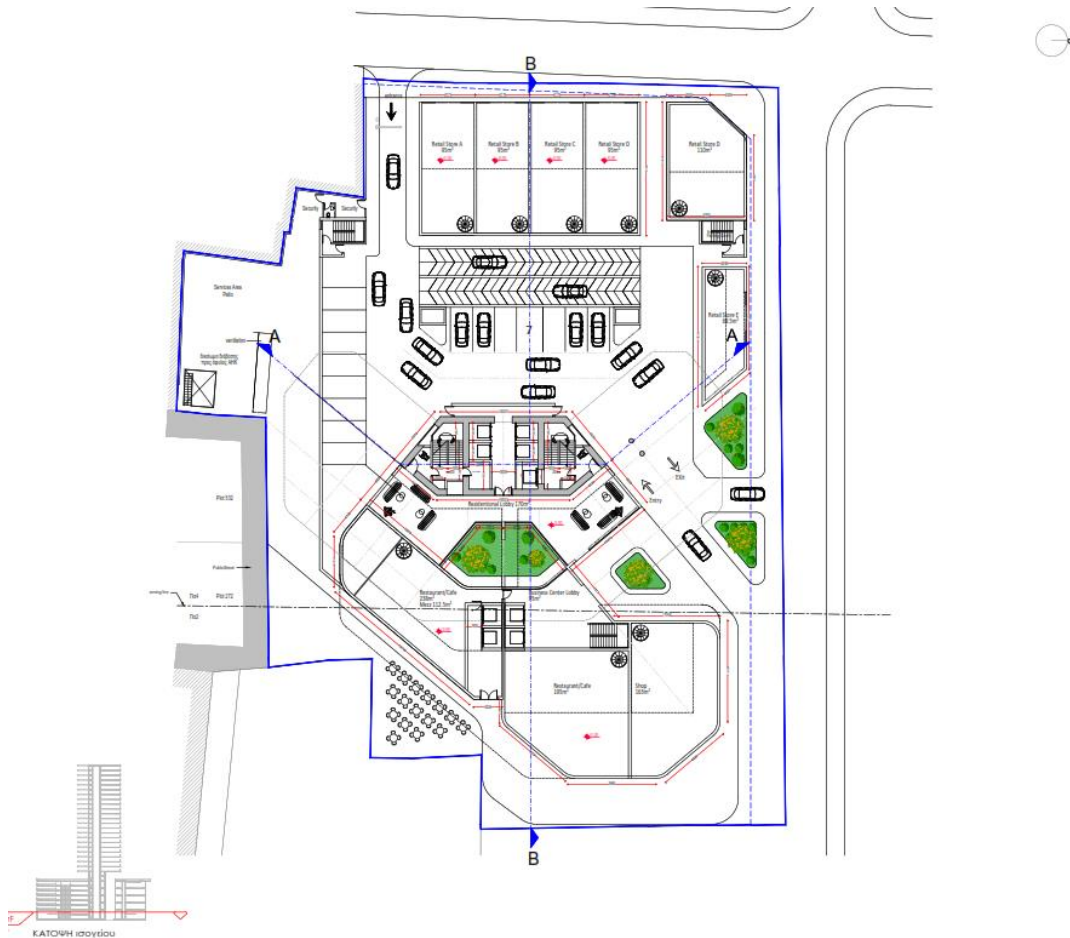


Σχέδιο 1. Χώρος Μελέτης

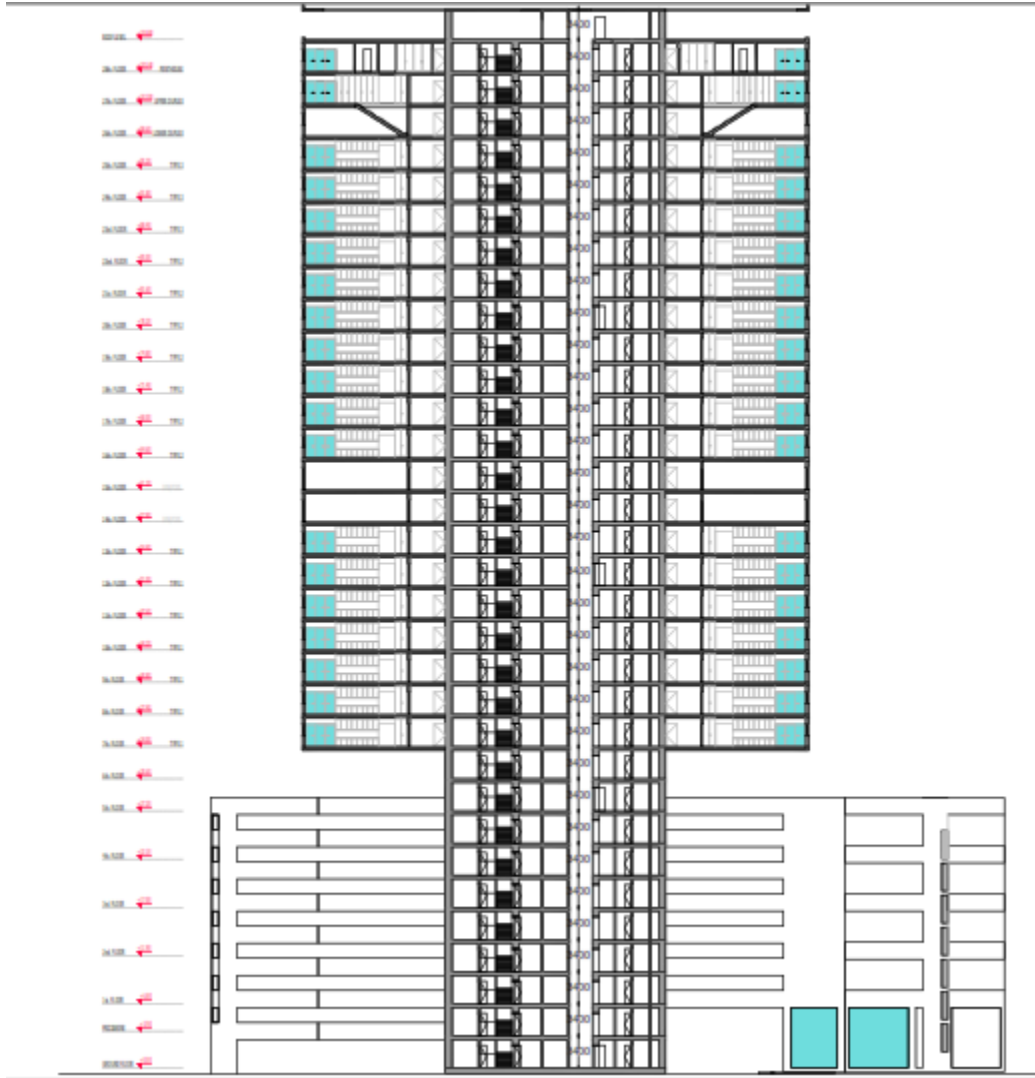
## Περιγραφή του Έργου

- Στο χώρο θα κατασκευαστούν:
- Ισόγειο, mezanine και 28 ορόφοι.
- Δεν προβλέπεται υπόγειο.
- Οι όποιες εκσκαφές για τη κατασκευή της θεμελίωσης του κτηρίου που θα αποτελείται από έγχυτους πασσάλους με ενισχυμένο σκυρόδεμα θα περιοριστούν στα 1.80 μέτρα κάτω από την υφιστάμενη επιφάνεια του εδάφους.

Χαρακτηριστικές κατόψεις και τομές παρουσιάζονται πιο κάτω.



Σχέδιο 2. Κάτοψη Ισογείου



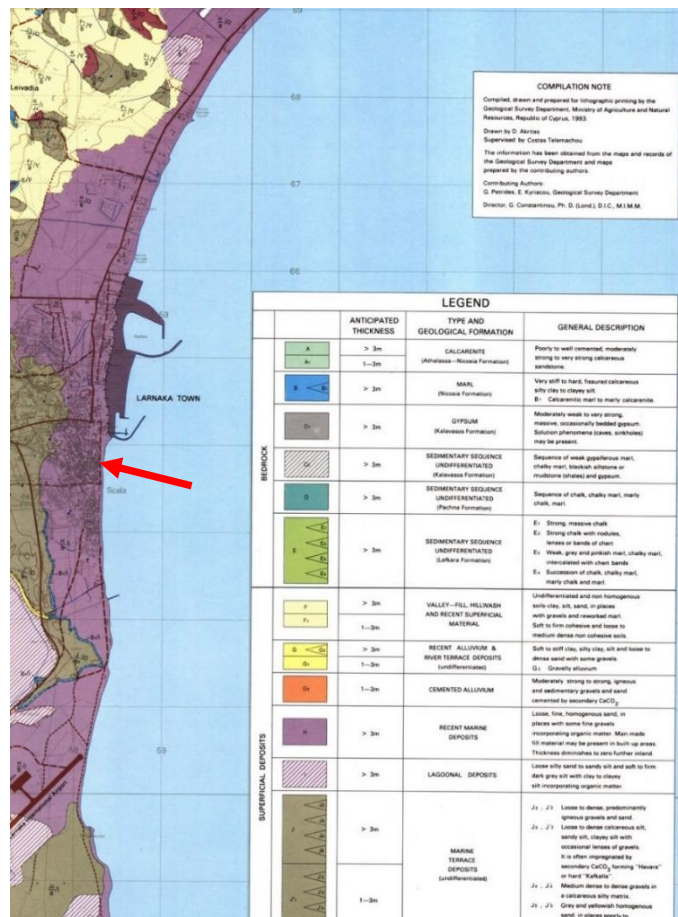
Σχέδιο 3. Τομή Κτηρίου

## 2. ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Από γεωλογικής σκοπιάς, η παραλιακή ζώνη δομείται από δύο γεωλογικούς σχηματισμούς, όπως φαίνεται πιο κάτω:

- (Α) Σύγχρονες παράκτιες/θαλάσσιες αποθέσεις σημαντικού πάχους, αποτέλεσμα της “γεωλογικής” δράσης των επιφανειακών νερών - διάβρωσης και μεταφοράς, «επεξεργασίας» από τη συνεχή δράση της θάλασσας. Εντοπίζονται κάτω από επιχωμάτωση πάχους <1 μέτρο.
- (Β) Βαθιάς θάλασσας, πελαγικά ιζήματα του γεωλογικού σχηματισμού «Λευκωσίας», που αντιπροσωπεύονται από Μάργες, αμμούχες Μάργες και κατά τόπους Ψαμμίτες Πλειοκαίνου ηλικίας.

Ο γεωλογικός συσχετισμός των πιο πάνω με τη γενικότερη γεωλογική δομή της περιοχής παρουσιάζεται στο πίνακα 1, ενώ η γεωλογία της παραλιακής ζώνης Λάρνακας και η σχέση της με τη ευρύτερη περιοχή παρουσιάζονται στο Σχέδιο 3 που ακολουθεί.



Σχέδιο 4. Μέρος Γεωτεχνικού Χάρτη της Λάρνακας (ΤΓΕ, 1993)

**Πίνακας 1: Stratigraphic relationship**

| Approximate Geological Age                        | Formal lithostratigraphic classification                                     | General description   |
|---|--|---|
| Quaternary-Recent (Pleistocene to Present!)       | Man Made Ground  | Made ground   |
|   | In situ deposits   | Superficial deposits: eluvial and colluvial deposits  |
|   | Modern Alluvium and Recent Marine Deposits                                   | Heterogeneous non-terrace, fluvial, deltaic and beach/marine deposits: sand, silt, gravel and cobbles   |
|   | Older Alluvium River Terrace Deposits, Recent, Deltaic and beach/marine dep. | Gravelly facies: terrace deposits characterized by a predominant gravel/cobble fraction<br>Sandy/silty facies: terrace or recent deposits characterized by a predominant sand and silt fraction with frequent gravel/cobble lenses<br>Deposits with surficial secondary carbonate cementation |
| Tertiary-Quaternary (Pliocene- lower Pleistocene) | Athalassa member of Nicosia Formation  | Thinly to thickly laminated sandy marl  |
|   |  | Conglomerate and cemented gravel with sand, marl matrix   |
| Tertiary (Pliocene)                               | Nicosia Formation  | Massive to thickly laminated marl and sandy marl  |
| Tertiary (Upper Miocene/ Messinian)               | Pakhna/Kalavassos Formation  | Gypsum bodies, Marl, sandy marl and chalky marl, locally gypsum bearing   |
| Tertiary (Upper Miocene)                          | Pakhna/Koronia Limestone   | Reef Limestone  |
| Middle to Upper Miocene                           | Pakhna Upper Sequence  | Limestone, Calcarenite<br>Silty Sandstone, Marls, Sandy Limestones, Chalks<br>(Shale – Limestone of Pantazis)   |
| Middle Miocene                                    | Pakhna Chalk and Marl sequence   | Chalk and Marl  |
|   | Pakhna Lower Sequence  | Massive and Cleaved Chalk   |
| Paleocene to Eocene                               | Lefkara Formation  | Upper Marl, Chalk and Marl<br>Upper Chalks<br>Chalk and Chert<br>Lower Marl   |
| Upper Campanian/ Maastrichtian                    | Moni Melange   | Olistholiths / Older blocks of quartz sandstone, siltstone, serpentinite and lavas in a bentonitic clay and silty matrix.   |

Με πράσινο οι σχηματισμοί που εντοπίζονται στο χώρο μελέτης

### 3. ΓΩΛΟΓΙΚΕΣ/ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

#### Γεωλογική Γεωτεχνική Έρευνα

Τον Φεβρουάριο-Μάρτιο του 2012 έχουν αποπερατωθεί οι σχετικές εργασίες με βάση τα ευρωπαϊκά (Eurocode 7) και αγγλικά ES BS 5930:1999, ES BS1377 πρότυπα.

Βασικός σκοπός της έρευνας ήταν η διακρίβωση:

- των γεωλογικών/ γεωτεχνικών συνθηκών του υπεδάφους,
- των υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών (στάθμη των υπόγειων υδάτων, διαπερατότητα των διαφόρων εδαφολογικών οριζόντων, συνθήκες στράγγισης της εκσκαφής),
- των μηχανικών χαρακτηριστικών των διαφόρων εδαφολογικών οριζόντων και
- των συνθηκών θεμελίωσης.

Τα πιο πάνω στοιχεία στόχο είχαν να βοηθήσουν τους μελετητές μηχανικούς του έργου να εκτιμήσουν τις συνθήκες του υπεδάφους στις ορθές τους διαστάσεις, να αξιολογηθεί η καταλληλότητα του υπεδάφους στο χώρο των κατασκευών, και να προχωρήσουν στον σχεδιασμό της θεμελίωσης τους και ταυτόχρονα να βοηθήσουν και στην περιβαλλοντική αξιολόγηση του χώρου για την ετοιμασία της ΜΕΕΠ.

Παρουσιάζεται στη συνέχεια σύνοψη των αποτελεσμάτων.

Από γεωτεχνικής άποψης ο χώρος χαρακτηρίζεται από 3 γεωτεχνικές ενότητες:

- (Α) Χονδρόκοκκα, σύγχρονα θαλάσσια ιζήματα και επιχωματώσεις.
- (Β) Λεπτόκοκκα σύγχρονα θαλάσσια ιζήματα και
- (Γ) Θαλάσσια ιζήματα του Σχηματισμού «Λευκωσίας» εποχής Πλειοκαίνου.

Η πρώτη ενότητα εντοπίζεται κάτω από τις επιχωματώσεις μέχρι το βάθος των 2.0-4.5 περίπου μέτρων και αποτελείται κυρίως από ένα μέσης πυκνότητας μίγμα υλικών διαφόρων μεγεθών, κατά το πλείστο χονδρόκοκκων εδαφών, όπου υπερτερούν τα χαλίκια (αμμούχα χαλίκια και αμμοχάλικα) εν μέρει επί τόπου και εν μέρει εισαγόμενα. Το πάχος τους εξαρτάται από την αρχική μορφολογία του εδάφους ή του βυθού της θάλασσας, αφού μέρος της φαίνεται να έχει επιχωματωθεί.

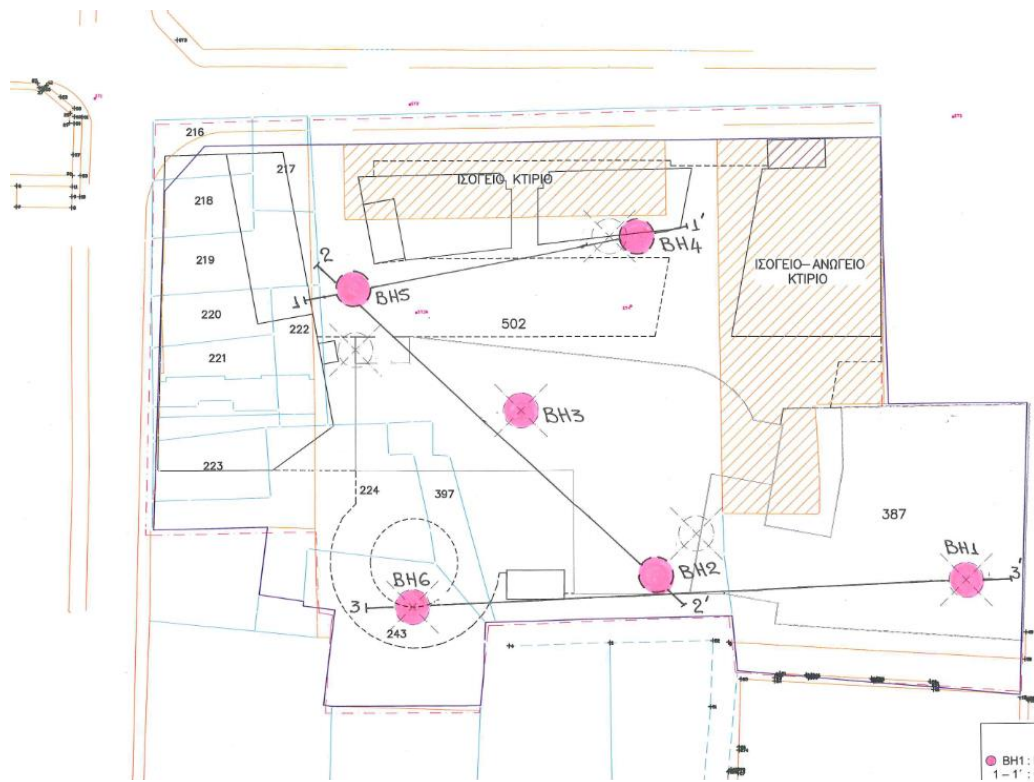
Οι σύγχρονες θαλάσσιες και γενικά παράκτιες αποθέσεις έχουν στο χώρο του έργου πάχος της τάξης των 9 μέτρων περίπου. Ως γνωστό, οι αποθέσεις αυτές λόγω της δημιουργίας τους μέσα σε ένα δυναμικό περιβάλλον (αυξομειώσεις της ροής των ποταμών/χειμάρρων, πλημμύρες, εναλλαγές στη στάθμη και των ρευμάτων της θάλασσας, κλπ) χαρακτηρίζονται από συχνές εναλλαγές των διαφόρων εδαφολογικών τύπων. Αυτές ακριβώς οι ιδιομορφίες χαρακτηρίζουν και την υπό μελέτη περιοχή. Όπως γίνεται αντιληπτό και από τις γεωλογικές τομές στα σχέδια 5-9, οι διάφορες εδαφολογικές στρώσεις έχουν εξ' ανάγκης ομαδοποιηθεί για σκοπούς παρουσίασης σε τομή και για να γίνεται εύκολα αντιληπτή η κατάσταση του υπεδάφους. Στην πραγματικότητα όμως η

κατάσταση είναι αρκετά πιο πολύπλοκη λόγω των συχνών εναλλαγών (απότομων ή/και σταδιακών) τόσο σε οριζόντια όσο και κατακόρυφη κατεύθυνση. Έχει δηλαδή αναπτυχθεί, κατά τόπους πιο έντονα και κατά τόπους λιγότερο έντονα, στρωμάτωση η οποία είναι αποτέλεσμα των αλλαγών της κοκκομετρικής διαβάθμισης, του χρώματος και λιγότερο της πυκνότητας των εδαφών. Από άποψης κοκκομετρικής διαβάθμισης κατατάσσονται στους πιο κάτω εδαφολογικούς τύπους:

- Ιλυούχες Άμμοι με μικρό ποσοστό διάσπαρτων χαλικιών. Εντοπίζονται σε βάθη μεταξύ 2,0-4,5 μέχρι 7,5-10,5
- Μείγμα άμμου, ιλύος, αργίλου και λεπτόκοκκων χαλικιών, σε διάφορα ποσοστά αλλά και οργανικών, κυρίως φυκιών εν μέρει σε αποσύνθεση. Εντοπίζονται μεταξύ 7,50-10,0 μέχρι 10,2-12,2 μέτρα.

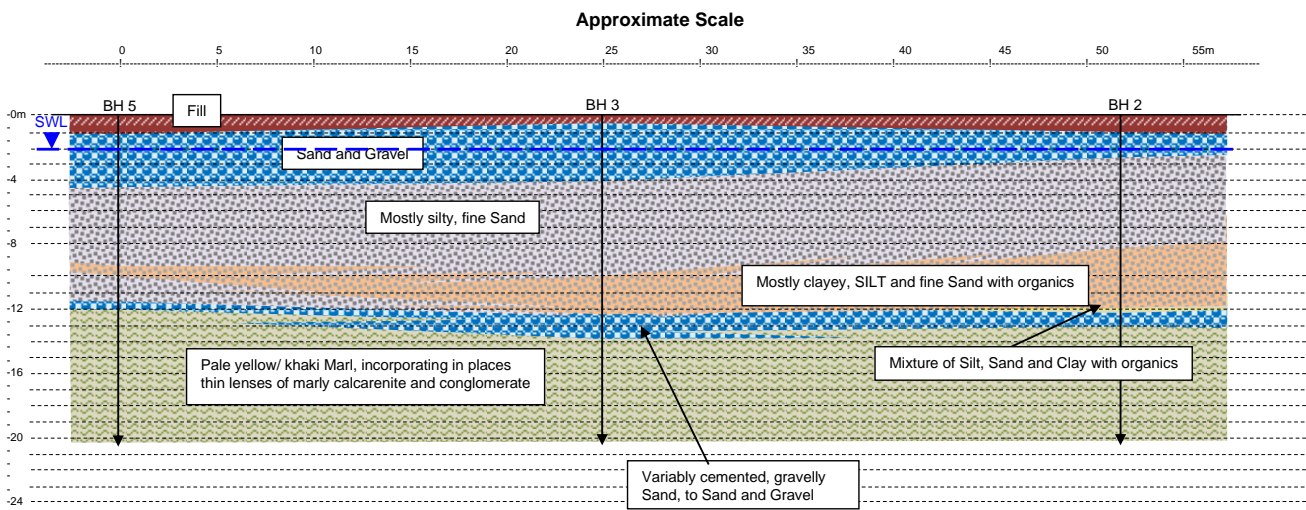
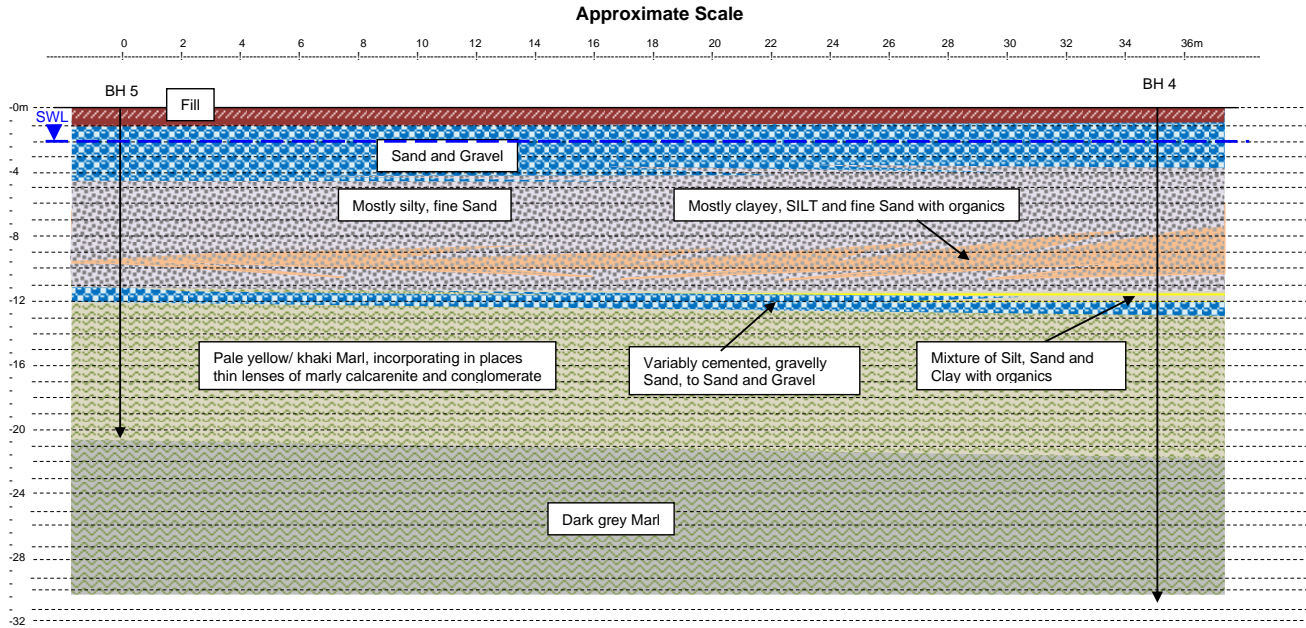
Στη συγκεκριμένη περιοχή το ανώτερο μέρος του σχηματισμού Λευκωσίας αντιπροσωπεύεται από εναλλαγές μαργών, συγκολλημένων άμμων και χαλικιών με ένα πάχος της τάξης των 9 μέτρων. Στη συνέχεια ακολουθούν οι γκρι μάργες. Η κατανομή των πιο πάνω τύπων παρουσιάζεται στις γεωλογικές τομές στα σχέδια 6 και 7.

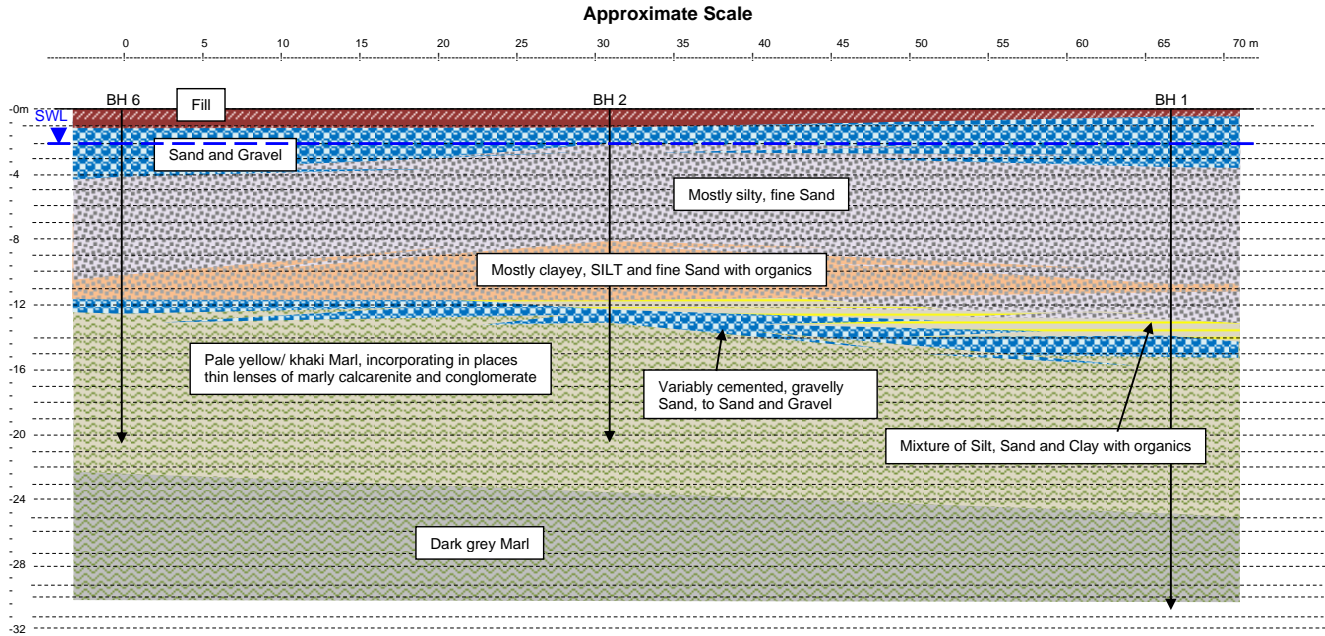
Από γεωτεχνικής άποψης, πέραν της κοκκομετρικής διαβάθμισης, παρατηρούνται μεγάλες διαφοροποιήσεις στα μηχανικά χαρακτηριστικά των πιο πάνω γεωτεχνικών ενοτήτων και συγκεκριμένα όσον αφορά τη πυκνότητα, τις πλαστικές ιδιότητες και την διαπερατότητα, αλλά και τη χημική σύσταση. Λεπτομέρειες παρουσιάζονται στη γεωτεχνική μελέτη του 2012.



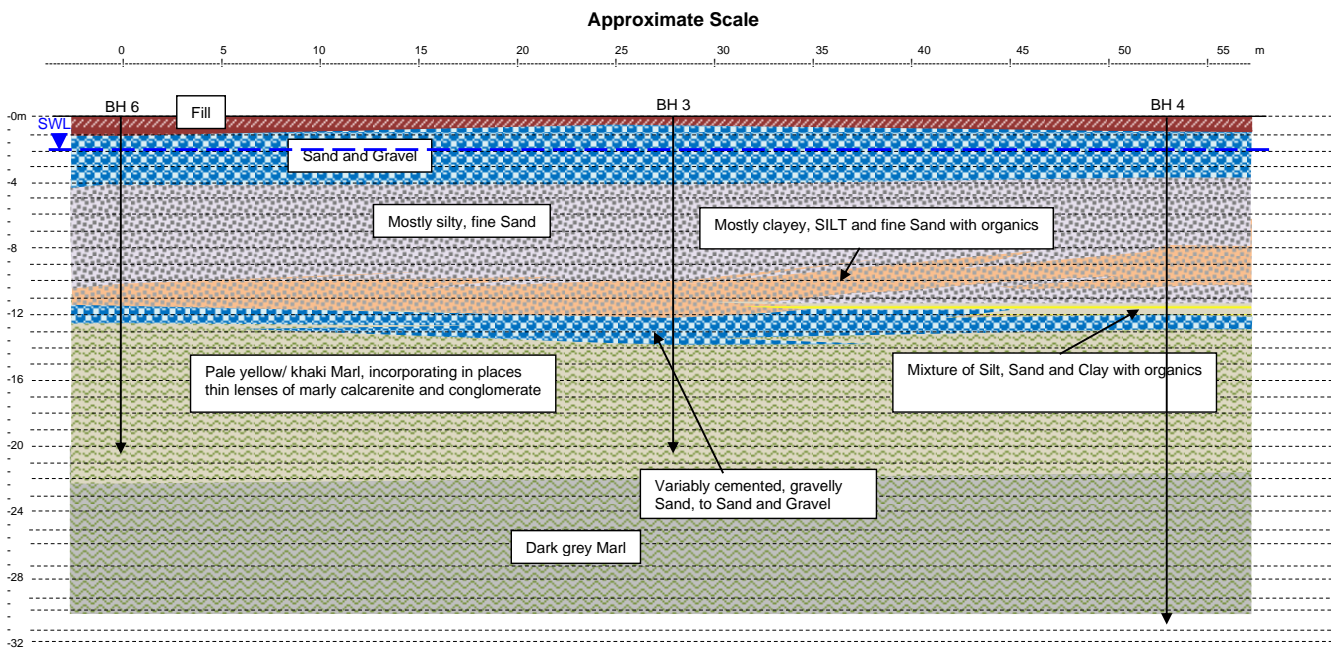
Σχέδιο 5. Θέσεις Γεωτρήσεων και Γεωλογικών Τομών







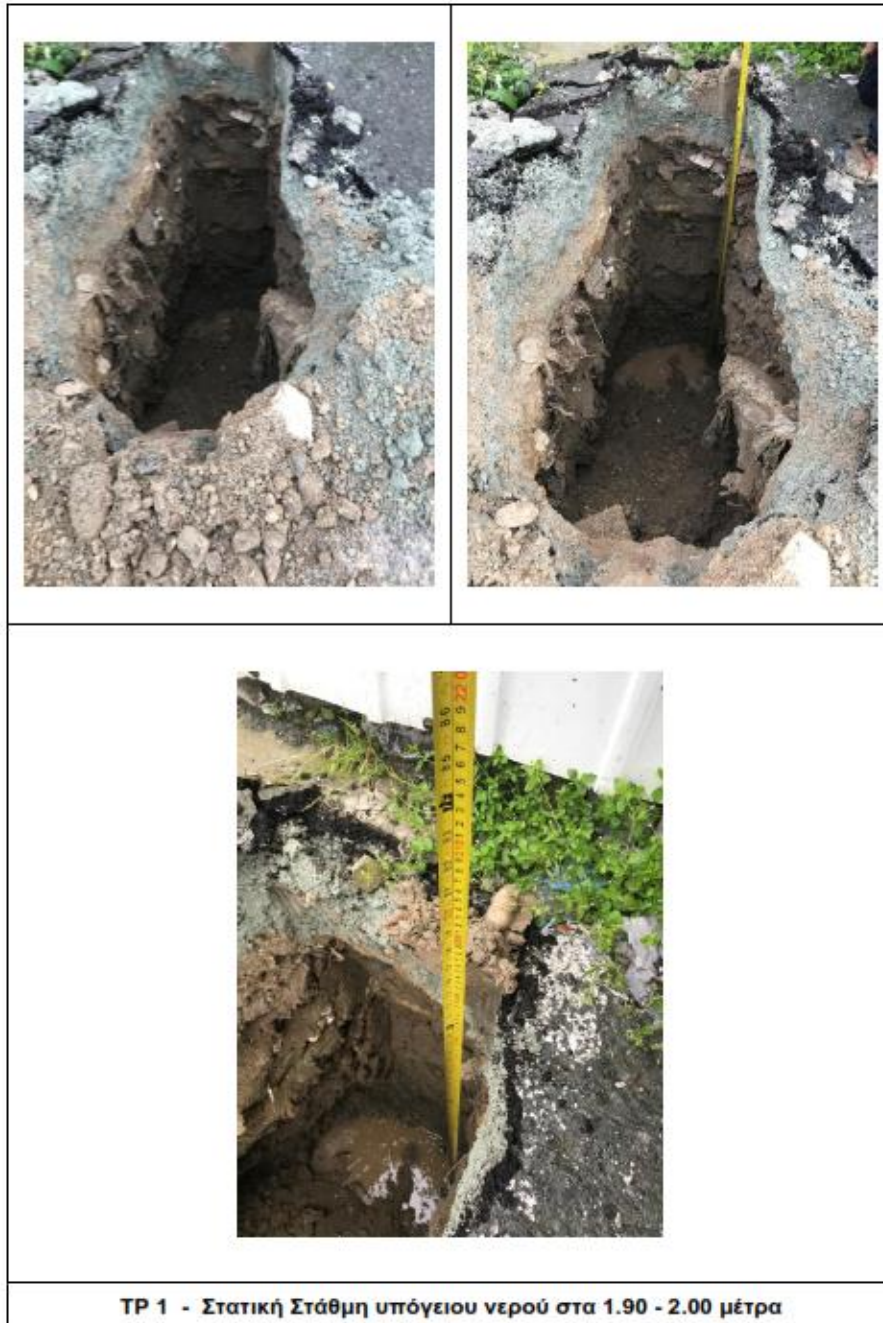
Σχέδιο 8. Γεωλογική Τομή 3 - 3'



Σχέδιο 9. Γεωλογική Τομή 4 - 4'

#### 4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Υπόγειο νερό έχει συναντηθεί σε όλες τις γεωτρήσεις σε βάθη της τάξης των 3-4 μέτρων με στατική όμως στάθμη αρκετά πιο ψηλά, λόγω των τριχοειδών φαινομένων (capillary action). Για επακριβή καθορισμό της στατικής στάθμης έχουν ανορυχθεί και φρεάτια όπου η στάθμη δεν επηρεάζεται από τη δράση των πόρων που ανεβάζουν τη στάθμη μέσα σε μικρής διαμέτρου γεωτρήσεις. Η στάθμη καταμετρήθηκε στα μέσα της άνοιξης στα 1.9-2.0 μέτρα, όπως φάνηκε από την ανόρυξη φρεατίων, φωτογραφίες των οποίων παρουσιάζονται πιο κάτω.





TP 2 - Στατική Στάθμη υπόγειου νερού στα 1,90 μέτρα

Έχουν γίνει εργαστηριακές δοκιμές διαπερατότητας με τη μέθοδο Falling Head. Τα αποτελέσματα έχουν ως ακολούθως:

**Πίνακας 2: Laboratory permeability results**

| Τύπος Εδάφους       | Permeability Value (cm/s)                 | Unit |
|---------------------|---|------|
| Αμμοχάλικα          | $3,50 \times 10^{-3}$ cm/s or 3,02 m/day  | A    |
| Λεπτόκοκκες Αμμοι   | $5,20 \times 10^{-4}$ cm/s or 0.45 m/day  | B    |
| Αργιλικές Αμμοιλύες | $1.5 \times 10^{-4}$ cm/s or 0.12 m/day   | B    |
| Μάργα               | $2.4 \times 10^{-6}$ cm/s or 0.0021 m/day | G    |

**Πίνακας 3: Permeability and drainage characteristics of soil (Terzaghi et al., 1996)**

| cm/s       | 10 <sup>0</sup> | 10 <sup>-1</sup>                            | 10 <sup>-2</sup> | 10 <sup>-3</sup> | 10 <sup>-4</sup>   | 10 <sup>-5</sup>   | 10 <sup>-6</sup> | 10 <sup>-7</sup>  | 10 <sup>-8</sup>       | 10 <sup>-9</sup> | 10 <sup>-10</sup> |
|------------|-----------------|---|------------------|------------------|--|--|------------------|---|------------------------|------------------|-------------------|
|            |                 | Sand+Gravel                                 |                  | Sa               | Si+Sa  | Clay + Silt  |                  | Marl  |                        |                  |                   |
| Drainage   | Good            |   |                  |                  |  |  | Poor             |   | Practically Impervious |                  |                   |
| Soil types | Clean Gravel    | Clean sands, clean sand and gravel mixtures |                  |                  |  | Very fine sands, organic and inorganic silts, mixtures of sand silt and clay, glacial till, stratified clay deposits etc |                  | "Impervious" soils, e.g. homogenous clays below zone of weathering. |                        |                  |                   |
|            |                 |   |                  |                  | "Impervious" soils modified by effects of vegetation and weathering. |  |                  |   |                        |                  |                   |

Με βάση τα πιο πάνω θα μπορούσε να εξαχθεί το συμπέρασμα πως οι ενότητες A και B έχουν καλή διαπερατότητα, μερικών cm ως μέτρων την ημέρα, και η Γ χαμηλή. Το νερό, την εποχή που έγινε η έρευνα, δεν ήταν κακής ποιότητας, αν και με σχετικά ψηλά ποσοστά θειούχων αλάτων, όπως φαίνεται στο πίνακα πιο κάτω.

| BH | EC mS/cm | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>3</sub> | pH  |
|----|----------|-----------------|-----------------|-----|
| 1  | 2,9      | 601             | 1260            | 7.6 |
| 5  | 2,7      | 570             | 1150            | 7.5 |

Λόγω του μικρού βάθους εκσκαφής κάτω από την στατική στάθμη του υπόγειου νερού, στην μικρή πιθανότητα περίπτωση ανάγκης αποστράγγισης, δεν θεωρήθηκε απαραίτητη από τους μελετητές η διενέργεια δοκιμαστικής άντλησης για επακριβέστερο καθορισμό των υδραυλικών παραμέτρων του υδροφορέα, ο οποίος θα επηρεαστεί μόνο στο ανώτερο, λιγότερο από μισό μέτρο. Άλλωστε υπάρχουν αρκετά στοιχεία από άλλες παρόμοιες μελέτες σε εντελώς παρόμοιες υδρογεωλογικές συνθήκες στην ευρύτερη παραλιακή περιοχή της Λάρνακας, αλλά ούτε και υπάρχουν στο παρόν στάδιο οι συνθήκες για διεξαγωγή τέτοιας μελέτης στο χώρο. Θα μπορούσε όμως να γίνει στα αρχικά στάδια κατασκευής πριν αρχίσει η εκσκαφή, αν κριθεί απαραίτητο από τους μελετητές και τον εργολάβο.

## 5. ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

Για την αποστράγγιση της εκσκαφής επιμετρούνται διάφορες παράμετροι, όπως

- η πλευρική μόνωση και σταθεροποίηση της εκσκαφής,
- η εισροή υπόγειου νερού στην εκσκαφή από τη βάση της,
- η επιλογή της μεθόδου αποστράγγισης,
- ο υπολογισμός των ποσοτήτων άντλησης,
- ο αριθμός των σημείων και ο ρυθμός άντλησης και επαναφοράς του νερού στον υδροφόρα,
- οι όποιες τυχόν περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

### 5.1. Εισροή νερού στην εκσκαφή κατά την διάρκεια της αποστράγγισης της

Θα υπάρξει σύμφωνα με τα σχέδια μια γενική εκσκαφή μέχρι το βάθος των 1.80 μέτρων, λίγο πιο πάνω δηλαδή, από τη στατική στάθμη του υπόγειου νερού όπως αυτή καταμετρήθηκε με την εκσκαφή φρεατίων. Στην προκειμένη περίπτωση οι συνθήκες είναι ευνοϊκές λόγω της παρουσίας πυκνών αμμοχάλικων στο χώρο που αντέχουν στις όποιες πιέσεις θα δεχθούν από τη διακίνηση μηχανημάτων και προσωπικού.

Τα πιο κάτω αναφέρονται σε περίπτωση που η στάθμη ανέβει πιο ψηλά από το τελικό δάπεδο της εκσκαφής.

### Ενδεικτικοί Υπολογισμοί Αποστράγγισης Υπόγειου Νερού

Οι υπολογισμοί αποστράγγισης του υπογείου νερού από το έδαφος μπορούν να γίνουν είτε με τη χρήση ειδικών λογισμικών είτε με τις κλασσικές μεθόδους.

Για κάθε περίπτωση λαμβάνονται υπόψη οι πιο κάτω παράμετροι:

- Οι διαστάσεις της εκσκαφής. Στην προκειμένη περίπτωση λαμβάνεται μια έκταση της τάξης των 1720 m<sup>2</sup> και ύψος ταπείνωσης της στάθμης 0,45 μέτρα (για να κατέβει στα ~2.10 μ).
- Η διαπερατότητα των στρωμάτων (λαμβάνονται υπόψη τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής μελέτης όπως αναφέρονται πιο πάνω).
- Το βάθος της στάθμης του υπογείου νερού υπολογίζεται στα 1,65 μέτρα σε εξαιρετικά ακραίο σενάριο. Η πραγματική στάθμη μετρήθηκε στα 1.9-2.0 m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.
- Το επιθυμητό βάθος ταπείνωσης της στάθμης του υπογείου νερού (0,3 m κάτω από το επίπεδο της εκσκαφής).
- Πιθανή χρήση περιμετρικού τοίχου ή με άλλο τρόπο για εξουδετέρωση της πλευρικής εισροής νερού στην εκσκαφή
- Ο ρυθμός εισροής νερού από τη βάση της εκσκαφής (γίνεται παραδοχή για 0.3m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/day, σύμφωνα με τα αποτελέσματα μελέτης που έγινε σε παρόμοιες γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες σε διπλανή περιοχή και για πιο ακραίο σενάριο 1m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/day) με ποσότητες που μπορεί να κυμανθούν μεταξύ 516 - 1720 m<sup>3</sup>/day.

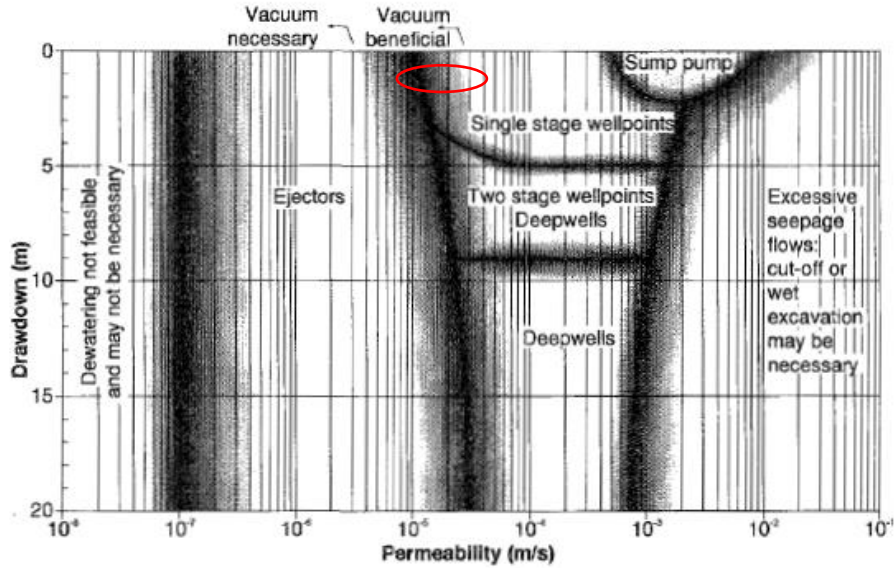
- Στην προκειμένη περίπτωση όμως, λόγω του πολύ μικρού βάθους εκσκαφής, η εισροή στην εκσκαφή θα γίνεται κυρίως πλευρικά. Λαμβάνοντας υπόψη περίμετρο εκσκαφής 200 μέτρα και κορεσμένο πάχος εδάφους με ψηλή διαπερατότητα της τάξης του ενός μέτρου, με χρήση της εξίσωσης του “US Bureau of Reclamation” για διάφορα βάθη υπόγειου νερού (J. Luthin (1966) Drainage Engineering, John Wiley & Sons, Inc), υπολογίζεται ότι για εκσκαφή 0,15 μέτρων κάτω από την ακραία στάθμη του υπόγειου νερού, και με Specific Retention Factor Εδάφους  $R_s = 4\%$ , η ποσότητα εισροής να είναι της τάξης των **<200 m<sup>3</sup>/day**. **Αν πραγματοποιηθεί σε 3-4 στάδια οι ποσότητες άντλησης θα περιοριστούν στα 60 – 70 m<sup>3</sup>/day.**
- Οι μέθοδοι ποσοτικής ανάλυσης στις περιπτώσεις “ανοικτών” εκσκαφών είναι πάντοτε προσεγγιστικές και απλά παρέχουν τάξεις μεγέθους. Οι εκτιμήσεις έγιναν για την περίπτωση κορεσμένου εδάφους πάχους ενός μέτρου με διαπερατότητα της τάξης των 3 m/day.

## 5.2. Έλεγχος/Διαχείριση Στάθμης Υπόγειου Νερού

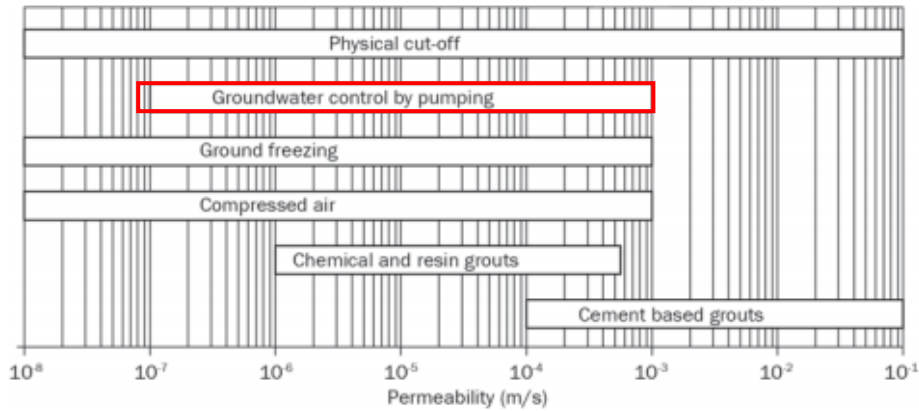
Διάφορες τεχνικές ελέγχου και διαχείρισης της στάθμης του υπογείου νερού παρουσιάζονται στην τεχνική έκθεση CIRIA 515 (Ground Water Control, Design and Practice). Η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής διαχείρισης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως:

- Λιθολογία/Στρωματογραφία
- Διαπερατότητα εδαφών
- Βάθος και διαστάσεις εκσκαφής
- Το απαιτούμενο βάθος ταπείνωσης της στάθμης του υπογείου νερού
- Η διαχείριση του νερού που έχει εξαχθεί.

Η προτεινόμενη μέθοδος ελέγχου και διαχείρισης του υπογείου νερού μπορεί να αποφασισθεί βάσει των πιο κάτω εικόνων από την τεχνική έκθεση CIRIA 515.

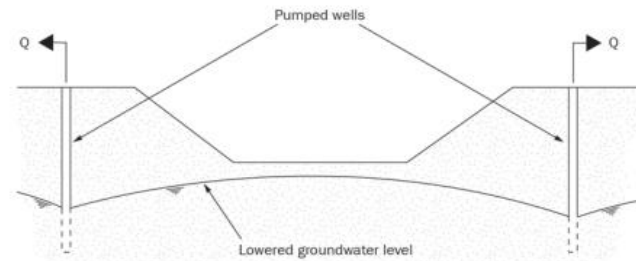


Σχέδιο 10. Μέθοδοι αποστράγγισης ανάλογα με την τιμή διαπερατότητας του εδάφους και το βάθος της εκσκαφής

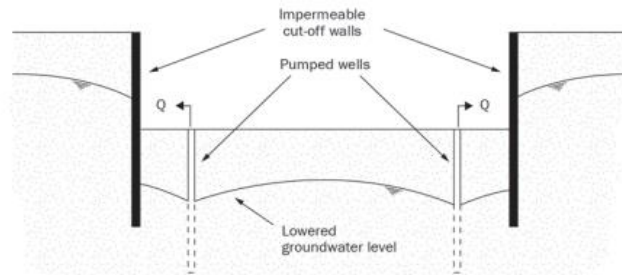


Σχέδιο 11. Κατά προσέγγιση εύρος εφαρμογής μεθόδων αποστράγγισης

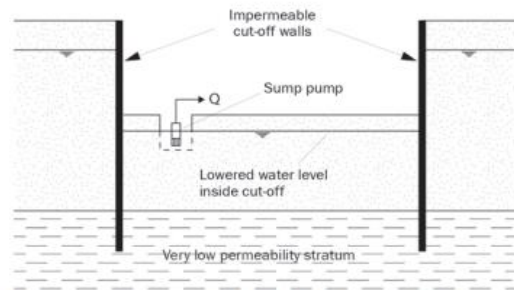




a) Excavation with battered slopes and external wells



b) Excavation with a retaining wall and wells to prevent water ingress through the base



c) Excavation completely protected by a physical cut-off wall (retaining walls toeing into an impermeable stratum)

*Σχέδιο 12. Έλεγχος υπογείου νερού με τη χρήση αντλιών και τοίχων αποκοπής πλευρικής εισροής. Στην υπό μελέτη περιοχή ισχύει η πρώτη περίπτωση α.*

### Μερικές από τις πιθανές λύσεις είναι

- Δημιουργία ενός μη περατού στρώματος πάχους μισού περίπου μέτρου κάτω από την στατική στάθμη του νερού, ή 30 cm κάτω από το τελικό επίπεδο της εκσκαφής για παρεμπόδιση της ανοδικής και πλευρικής ροής του νερού. Πράγμα που μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση πλαστικού σκυροδέματος ή ενέματος από σκυρόδεμα και μπεντονίτη ή/και ασβέστη, ή μόνο από σκυρόδεμα ή άλλα μέσα. Διάφορες μέθοδοι κατασκευής τέτοιου μη περατού στρώματος παρουσιάζονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Το κυριότερο στη προκειμένη περίπτωση είναι ότι το νερό θα δεσμευτεί/εκδιωχθεί με/από το ένεμα και όταν θα γίνουν οι εκσκαφές μόνο στερεά εδάφη θα σκαφτούν και απομακρυνθούν. Αυτή τη τεχνική προτείνεται για εφαρμογή στην προκειμένη περίπτωση.
- Οι εκσκαφές θα γίνονται σταδιακά με ταυτόχρονη στήριξη των τοίχων της εκσκαφής με τα ενδεικνυόμενα μέσα.

Εναλλακτικά μπορεί να γίνεται αποστράγγιση χωρίς την λήψη των πιο πάνω μέτρων, αλλά θα πρέπει να αντλούνται κάποιες ποσότητες υπόγειου νερού, που μπορεί να ανέλθουν στα 50-70 κ.μ. ανά μέρα εάν οι εκσκαφές γίνονται τμηματικά (3-4 τμήματα). Κατά την διάρκεια ταπείνωσης του υδροφορέα εισροές αναμένονται κυρίως από τα πρηνή της εκσκαφής με ποσότητες <200 κ.μ. ανά μέρα, όπως αναφέρεται πιο πάνω. Οι μέθοδοι ποσοτικής ανάλυσης στις περιπτώσεις “ανοικτών” εκσκαφών είναι πάντοτε προσεγγιστικές και απλά παρέχουν τάξεις μεγέθους. Οι εκτιμήσεις έγιναν για την περίπτωση κορεσμένου εδάφους πάχους ενός μέτρου με διαπερατότητα της τάξης των 3 m/day.

- Στην περίπτωση αυτή, η καταλληλότερη μέθοδος για έλεγχο εισροών εντός των εκσκαφών, είναι η εγκατάσταση συστήματος πηγαδιών άντλησης όπως αναφέρεται στο επόμενο κεφάλαιο.
- Για ελαχιστοποίηση τυχόν κατάρρευσης των τοίχων της εκσκαφής κάτω από την στάθμη του νερού, πρέπει να δοθεί η δυνατότητα κατασκευής κεκλιμένων πρηνών με ασφαλή κλίση τουλάχιστο 1:3 (1V:3H). Σε περίπτωση κατακόρυφης εκσκαφής θα πρέπει να ληφθούν άμεσα μέτρα στήριξης της είτε με πασσαλοσανίδες ή με εκτινασσόμενο σκυρόδεμα είτε με άλλα μέσα κατά την κρίση του εργολάβου. Η εφαρμογή τέτοιων μέτρων δεν θα είναι δύσκολη αφού η όποια τυχόν εκσκαφή κάτω από την στάθμη του νερού δεν θα ξεπερνά τα 15-25 cm. Το σύστημα αποστράγγισης θα είναι έτσι σε θέση να ελαχιστοποιεί όλες τις υδροστατικές πιέσεις σε ολόκληρο το ύψος των πρηνών εκσκαφής.
- Μπορεί επίσης να αναφερθεί και η κατασκευή περιμετρικού τοίχου (cutoff wall) βάθους 2-3 μέτρων κάτω από το επίπεδο της εκσκαφής, ο οποίος θα εξουδετερώσει την πλευρική εισροή του υπογείου νερού από τη μια και θα στηρίζει ταυτόχρονα και τα εδάφη για να μην καταρρεύσουν από την άλλη. Για στήριξη των πρηνών της εκσκαφής, για αποτελεσματικό έλεγχο και τελική αποφυγή της πλευρικής εισροής νερού στην εκσκαφή, η πιο αξιόπιστη λύση είναι η κατασκευή πασσαλότοιχου με αλληλοτεμνόμενους πασσάλους ή η κατασκευή χαλύβδινου διαφραγματικού τοίχου, που θα εκτείνεται 2-3 περίπου μέτρα κάτω από το επίπεδο άντλησης, το οποίο με τη σειρά του θα πρέπει να είναι 0,5-1,0 μέτρο κάτω από το τελικό δάπεδο της εκσκαφής. Στην προκειμένη όμως περίπτωση η λύση αυτή φαίνεται μάλλον απομακρυσμένη λόγω του πολύ μικρού βάθους εκσκαφής κάτω από την στάθμη του νερού, αλλά και του πολύ μεγάλου κόστους σε σχέση με την ωφελιμότητα του.

### 5.2.1. Σημεία, ρυθμός και χρόνος άντλησης

Λαμβάνοντας υπόψη όλους τους πιο πάνω παράγοντες, η καταλληλότερη μέθοδος για έλεγχο εισροών εντός των εκσκαφών στην προκειμένη περίπτωση, είναι η εγκατάσταση συστήματος φρεάτων άντλησης (~10 No sump wells) περιμετρικά της προτεινόμενης

εκσκαφής και σε αποστάσεις μεταξύ τους περίπου 15 μέτρα, όπως υποδεικνύεται στο Σχεδιάγραμμα 10. Ο αριθμός τους μπορεί να μειωθεί σημαντικά (4 Νο) εάν συνδεθούν μεταξύ τους με τάφρους, connector drains. Τα φρέατα άντλησης θα εγκατασταθούν μετά την αποπεράτωση της εκσκαφής μέχρι τη στάθμη του υπόγειου νερού. Θα μπορούσαν να γίνουν και πριν και να ακολουθήσει η εκσκαφή μέχρι το απαιτούμενο βάθος αφού θα έχει προηγηθεί η ταπείνωση της στάθμης, αλλά θα γίνονται έτσι αντλήσεις για μεγαλύτερο διάστημα.

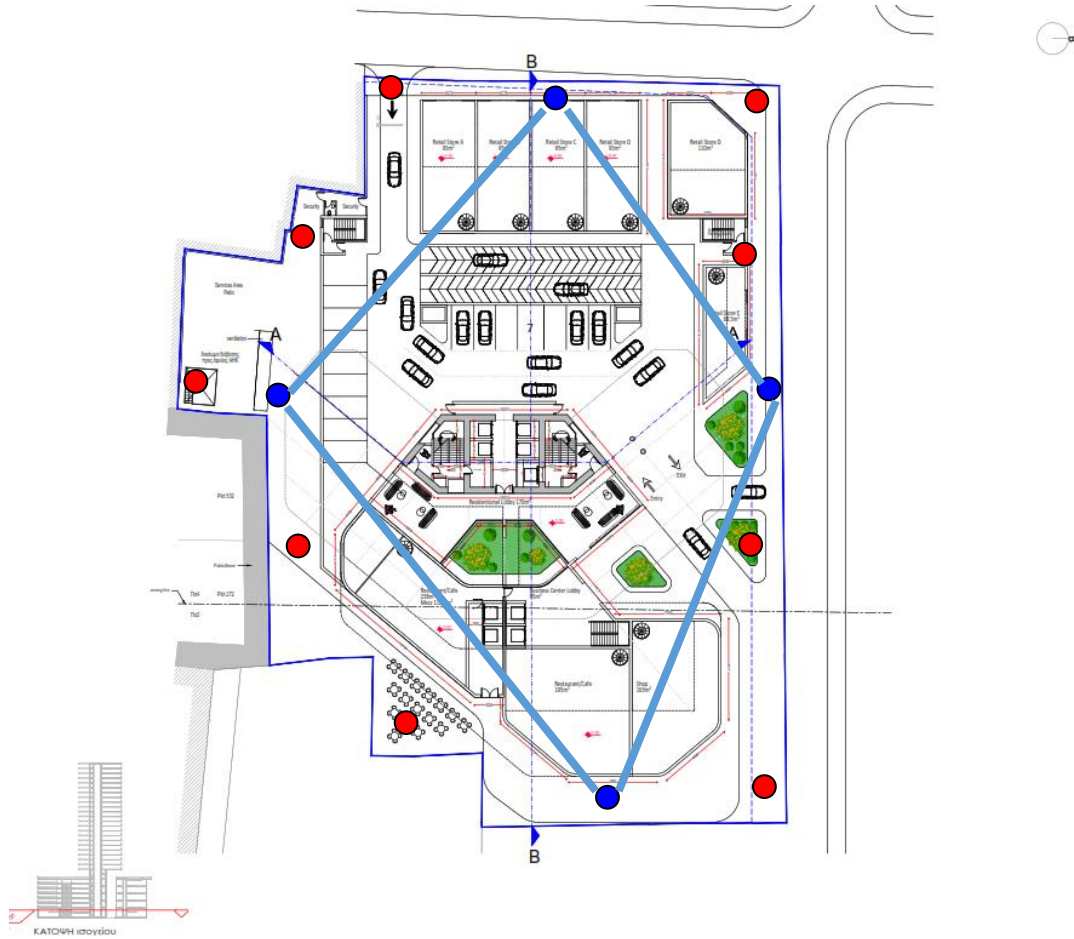
Η άντληση θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη ροή στην εκσκαφή για να γίνει δυνατή η ταπείνωση της στάθμης. Ανάλογα με τη ποσότητα άντλησης θα είναι και ο χρόνος που θα απαιτηθεί για επίτευξη του στόχου μείωσης της στάθμης στο απαιτούμενο βάθος. Επίσης, ανάλογα με το ρυθμό άντλησης από κάθε πηγάδι, θα είναι και ο αριθμός τους. Ο αριθμός των σημείων άντλησης, εκτός από τα πιο πάνω, εξαρτάται και από τη διαπερατότητα των εδαφών στα οποία επιχειρείται η ταπείνωση της στάθμης. Όσο πιο μικρή είναι η διαπερατότητα τόσο περισσότερα σημεία χρειάζονται για να επιτευχθεί ο στόχος, λόγω της αργής αντίδρασης του υδροφόρου στην αναπλήρωση του κώνου στη στάθμη του υπόγειου νερού που δημιουργείται λόγω της άντλησης. Αντίθετα στα ψηλής διαπερατότητας εδάφη χρειάζονται λιγότερα σημεία αλλά με μεγαλύτερες ποσότητες άντλησης.

Έχουν γίνει διάφοροι συνδυασμοί των πιο πάνω. Στη παρούσα παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός συνδυασμός, με την υπόθεση ότι ισχύει η πιο ψηλή, πιθανή μέση διαπερατότητα (χειρότερη, ακραία περίπτωση) που καταλήγει στα πιο κάτω αποτελέσματα.

Η χρήση φρεάτων θεωρείται μια πολύ καλή μέθοδος και εφαρμόζεται σε μικρού βάθους εκσκαφές με πολύ μικρή ταπείνωση της στάθμης (shallow dewatering). Έχουν πολύ πιο χαμηλό κόστος και τοποθετούνται σε φρέατα, που συνήθως συνδέονται μεταξύ τους με τάφρους.

Οι πιθανές θέσεις των σημείων άντλησης παρουσιάζεται στο σχέδιο στην επόμενη σελίδα. Τα χαρακτηριστικά των φρεάτων άντλησης είναι γενικά γνωστά. Σε συντομία παρουσιάζονται στη συνέχεια. Στην έκταση των 1720 m<sup>2</sup> θα χρειαστεί να χρησιμοποιηθούν 10 φρέατα από τα οποία θα πρέπει να αντλούνται από ολόκληρη την εκσκαφή 20 m<sup>3</sup>/φρεάτιο/μέρα στο πρώτο σενάριο και ~50 m<sup>3</sup>/ φρεάτιο/μέρα στο δεύτερο. Οι ποσότητες αυτές θα μειωθούν σημαντικά κατά 3-4 φορές αν η εκσκαφή γίνει τμηματικά.

Στοιχεία για τα φρέατα άντλησης παρουσιάζονται στη συνέχεια.



Σχέδιο 13. Θέσεις Γεωτρήσεων αποστάγγισης

Με **κόκκινο** οι Πιθανές Θέσεις Φρεάτων Αντλησης  
Με **μπλε** οι Πιθανές Θέσεις Φρεάτων Αντλησης συνδεδεμένων μεταξύ τους με Τάφρο

## Sump Wells

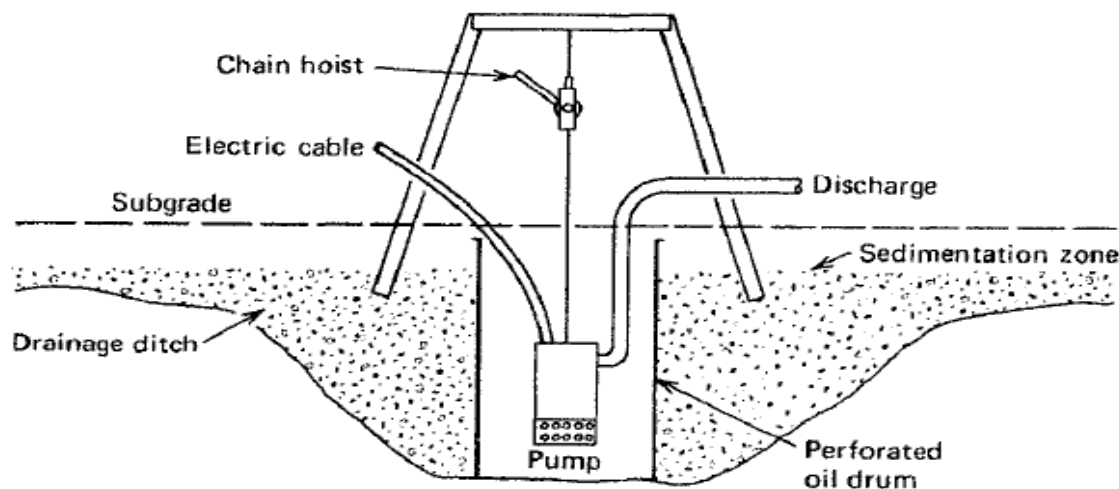
The sump pumping method allows the groundwater to seep into the excavation, where it is collected in sumps (special pits within the working area) and pumped away by robust solids-handling pumps. This method is applicable to relatively shallow excavations (shallow dewatering), especially when anticipated drawdown required is limited and, pumps may be installed in pits, trenches (French drain) or a combination of the two.

The advantage of using sump wells is their relatively low cost, as it involves the cost of excavating sumps only. Disadvantages are the relatively increased amount of silt content in the pumped water, if not adequate measures are taken to protect the sump well with specially designed gravel filters, and implementation of mitigation measures, such as devices to treat the discharge (settling tanks, mechanical filters), to reduce or avoid adverse discharge of suspended solids or contaminants.

The requirements for a sump are:

- Depth: the sump should be deep enough to drain the excavation and drainage network, allowing for the pump intake level and some accumulation of sediment
- Size: the sump should be substantially larger than the size of the pump to allow space for sediment and cleaning
- Filter: the sump should be perforated or slotted, typically with a hole size or slot of 10-15 mm, and it should be surrounded with coarse gravel (20 – 40 mm)
- Access: good access is required to allow removal of the pumps for maintenance and cleaning of the sumps, to remove any accumulation of sediment.

When excavating, it is often necessary to form temporary sumps, to control ground water levels so that a main sump can be constructed for longer term use. It is important that the pump is protected by being placed in a perforated pipe and lining the trench with a geotextile filter membrane before placing the gravel surround to form the drainage ditch.



**Εικόνα 4.3** - Typical Sump with Perforated Drum (CIRIA 515)

It is often necessary to form temporary sumps to control groundwater as excavation is progressed. For prolonged pumping, the sump should be prepared by simply installing a short pipe section with a free draining coarse gravel base, or a ring of sheet piles around the sump area to cover the full depth of the sump and installing a perforated steel pipe or mesh cage inside the sump area then surrounding the pipe/cage with graded filter material (the sheet piling could then be withdrawn).

It is important that, if possible, the suction hose is installed midway into the sump and ensure that the suction hose is not placed at the base of the sump as pumping may unnecessarily mobilize in situ fines. To avoid or minimize potential sediment mobilization, over excavate the low point of the sump and fill sump with poorly graded fill (oversize material) to raise suction inlet from the base of the sump excavation. This will aid in maintaining a constant flow of water from the sump and avoid pump cavitation.

If sediment quantity exceeds environmental thresholds, hoses should be connected to the sediment tank and/or mechanical filters.

It is standard practice to adjust the design of the de-watering system to suit the equipment available and techniques preferable to the contractor, so its final nature can be adjusted accordingly after re-evaluation of all factors considered.

## 6. ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΚΑΤΑ ΤΩΝ ΠΙΘΑΝΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

### 6.1. ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ

Η αποστράγγιση του χώρου μέσω άντλησης, εξαγωγής και απόρριψης του υπογείου νερού σε υδάτινα σώματα π.χ. θάλασσα, ρυάκια, οχετούς ομβρίων, κλπ., χρειάζεται την εξασφάλιση ειδικής άδειας από τις Αρχές. Τόσο ο υπεύθυνος μηχανικός του έργου όσο και ο εργολάβος θα πρέπει να κατανοήσουν υπό ποιες συνθήκες καλύπτονται από την έγκριση τέτοιου είδους εργασίες και να ετοιμάσουν αναλυτικά τις απαραίτητες δηλώσεις για τις μεθόδους που θα ακολουθηθούν καθώς και το συνοδευόμενο σύστημα διασφάλισης της ποιότητας των εργασιών.

### 6.2. ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η διαχείριση του αντλούμενου νερού μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους.

- με την επαναφόρτιση στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω γεωτρήσεων ή φρεάτων στο κατάλληλο βάθος ή/και δεξαμενών.
- Με την απομάκρυνση και απόρριψη σε άλλο, αδειοδοτημένο χώρο με τη χρήση βυτιοφόρων.
- Με την απόρριψη σε οχετό ομβρίων.
- Με την απόρριψη στη θάλασσα στο απαιτούμενο βάθος και στην απαιτούμενη απόσταση, αφού/αν δοθεί άδεια από τις Αρχές και εφ' όσον γίνουν τα πιο κάτω.

Στις τελευταίες 3 περιπτώσεις θα πρέπει να εξεταστούν:

- Οι πιθανές συνέπειες που θα προκαλέσει η απόρριψη τέτοιας ποσότητας και ποιότητας νερού στον συγκεκριμένο χώρο.
- Η δυνατότητα του περιβάλλοντος χώρου όπου θα γίνει η απόρριψη να δεχθεί τέτοιες ποσότητες νερού.

Η πρώτη λύση στη προκειμένη περίπτωση φαίνεται να είναι η πιο ευνοϊκή και αν παραστεί ανάγκη να συνδυαστεί με τη δεύτερη. Οι αντλούμενες ποσότητες μπορεί να διοχετευτούν πίσω στον υδροφορέα σε μικρή απόσταση από τα σημεία άντλησης. Με αυτό τον τρόπο δεν επηρεάζεται σημαντικά η στάθμη του υπόγειου νερού και δεν προκαλεί προβλήματα στις γειτονικές οικοδομές και δεν απαιτούνται χρονοβόρες διαδικασίες για έγκριση από τις Αρχές.

#### 6.2.1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΥΠΕΔΑΦΟΣ

Λαμβάνοντας υπόψη τα πιο πάνω και με βάση τα στοιχεία στο χέρι, ως ιδανική λύση, στο στάδιο αυτό, φαίνεται να είναι η επαναφόρτιση του αντλούμενου νερού στον υδροφορέα μέσω 14 μέτρων βάθους γεωτρήσεων, διαμέτρου τουλάχιστον 80 cm, με περιτυλιγμένη με φίλτρο για μείωση της απορρόφησης αιωρούμενων στερεών σωματιδίων διάτρητη (1-2 mm άνοιγμα) σωλήνωση διαμέτρου 300 mm και κάλυψη του χώρου γύρω από αυτή με χαλικόφιλτρο.

Μια επί πλέον σημαντική παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η πιθανότητα της σταδιακής μείωσης του όγκου των πόρων στο υπέδαφος γύρω από τις γεωτρήσεις επανεισαγωγής του νερού με τα λεπτομερή στερεά σωματίδια που θα μεταφέρονται με το νερό. Ο ορθός σχεδιασμός των γεωτρήσεων/φρεάτων διοχέτευσης του νερού στο υπέδαφος μαζί με τη προσθήκη δεξαμενών καθίζησης των λεπτομερών στερεών σωματιδίων θα βοηθήσουν στην πιο αποτελεσματική επανεισαγωγή του νερού στον υδροφορέα αποφεύγοντας το σταδιακό μπλοκάρισμα των πόρων του υπεδάφους. Για την αποφυγή αυτού του φαινομένου, θα πρέπει να γίνει ο απαραίτητος σχεδιασμός και των φρεάτων επανεισαγωγής αλλά και των δεξαμενών καθίζησης των λεπτομερών στερεών σωματιδίων, όπως αναφέρεται πιο πάνω. Θα πρέπει το αντλούμενο νερό πρώτα να περάσει από επεξεργασία ώστε τα λεπτόκοκκα ιζήματα να κατακαθίσουν στη δεξαμενή συλλογής πριν επανεισαχθεί στον υδροφόρο ορίζοντα. Τα μέτρα αρχίζουν από το σωστό σχεδιασμό των φρεάτων άντλησης και επανα-εισαγωγής (χρήση ειδικά σχεδιασμένων φίλτρων) με ενδιάμεσο στάδιο τις δεξαμενές καθίζησης. Σε αυτή την περίπτωση τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια που θα παραμείνουν στο νερό πρέπει να είναι της τάξης των  $<80\text{g/m}^3$ . Η χωρητικότητα των δεξαμενών απόρριψης και επεξεργασίας εξαρτάται από τις ποσότητες του αντλούμενου νερού ανά μέρα, που θα εξαρτάται από το μέγεθος του κάθε τμήματος των εκσκαφών. Στην περίπτωση τμηματικής εκσκαφής θα απαιτούνται 2 βαθιά φρέατα και 2 δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 100 κ.μ. η κάθε μια (δεξαμενή +πηγάδι), όπως φαίνεται στο σχετικό σχέδιο 11. Η διάταξη τους στο χώρο θα πρέπει να καθορισθεί κατά το κατασκευαστικό στάδιο από τον εργολάβο.

### 6.2.2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΡΕΑΤΩΝ ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΟ ΥΠΕΔΑΦΟΣ

Με βάση διάφορες εμπειρίες στη παραλιακή περιοχή Λάρνακας, φαίνεται πως η δυνατότητα επαναφοράς του νερού στον υδροφορέα είναι ικανοποιητική, ιδιαίτερα αν συνδυασθούν φρέατα και δεξαμενές. Η δυνατότητα αυτή αυξάνεται σημαντικά λόγω του γεγονότος πως στο συγκεκριμένο εργοτάξιο το ανώτερο μέρος του υδροφορέα, κορεσμένου πάχους ενός μέτρου, καταλαμβάνεται από πολύ ψηλής διαπερατότητας χαλίκια.

Ο αριθμός, το βάθος, η διάμετρος των φρεάτων και οι διαστάσεις των δεξαμενών εξαρτώνται από τις αντλούμενες ποσότητες. Για σκοπούς ασφαλείας της διαδικασίας, συνήθως κατασκευάζονται φρέατα και δεξαμενές με διπλάσια χωρητικότητα και δυνατότητα διήθησης από τη ποσότητα άντλησης. Εμπειρικά, ένα φρεάτιο επαναφοράς ικανοποιεί δύο φρέατα άντλησης και ταυτόχρονα θα πρέπει να υπάρχουν ακόμα 2-3 τουλάχιστο για περίπτωση ανάγκης. Στην προκειμένη περίπτωση θα μπορούσαν να αντικατασταθούν με βυτιοφόρα που θα είναι άμεσα στη διάθεση του εργολάβου. Αν υπάρχει θέμα με τυχόν καθιζήσεις γύρω από την εκσκαφή, που μπορεί να προκύψουν από το ξέπλυμα των λεπτομερών υλικών από το υπέδαφος, τα σημεία επαναφοράς μπορεί να τοποθετηθούν περιμετρικά της εκσκαφής για διατήρηση της στάθμης του νερού περίπου στα υφιστάμενα επίπεδα γύρω από αυτή. Στην υπό μελέτη περίπτωση βέβαια τέτοιο θέμα δεν τίθεται λόγω της πολύ μικρής ταπείνωσης της στάθμης του νερού.



### 6.2.3. ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΦΡΕΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ

Στην προκειμένη περίπτωση ο συνδυασμός φρεάτων με δεξαμενές διήθησης φαίνεται πως θα είναι πολύ αποτελεσματικός και πρακτικός. Μέσω των δεξαμενών αυτών θα διηθείται σταδιακά προς τον υδροφορέα. Θα είναι δε ιδιαίτερα αποτελεσματική διαδικασία αφού στα πρώτα μερικά μέτρα ο χώρος καλύπτεται από πολύ ψηλής διαπερατότητας χαλίκια. Σε περιοχές με ψηλά ποσοστά άμμου έχει καταμετρηθεί πως περίπου  $1\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$  μπορεί να διοχετευτεί στο υπέδαφος μέσω των αμμούχων στρωμάτων. Στη προκειμένη περίπτωση αναμένονται ακόμα μεγαλύτερες ποσότητες αφού τα χαλίκια έχουν πολύ πιο ψηλή διαπερατότητα.

Με βάση τα πιο πάνω δεδομένα φαίνεται πως με τον αριθμό φρεάτων/γεωτρήσεων των πιο πάνω διαστάσεων θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η αποστράγγιση της εκσκαφής ακόμα και υπό το χειρότερο σενάριο. Τονίζεται όμως πως στους υπολογισμούς έχουν χρησιμοποιηθεί και εμπειρικές παράμετροι αλλά και άλλα θεωρητικά κριτήρια και επομένως, τα πιο πάνω αποτελέσματα θα πρέπει να επιβεβαιωθούν ή/και να αναθεωρηθούν κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης της αποστράγγισης. Τα δεδομένα της μελέτης αυτής θα πρέπει να θεωρηθούν σαν η βάση για την έναρξη των εργασιών. Από εκεί και πέρα η πράξη θα δείξει και τη συνέχεια. Είναι πλέον θέμα του εργολάβου που θα αναλάβει την κατασκευή και αποστράγγιση της εκσκαφής να προχωρήσει με βάση τα πρώτα δεδομένα που θα ληφθούν από τις πραγματικές συνθήκες αποστράγγισης να αναβαθμίσει/αναθεωρήσει, αν χρειαστεί, τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής. Η αναθεώρηση ή όχι του αριθμού των φρεάτων άντλησης και των φρεάτων διοχέτευσης των αντλούμενων νερών στο υπέδαφος θα διαφανεί στα πρώτα στάδια της αποστράγγισης. Αυτό που είναι σίγουρο, είναι πως οι δυνατότητες διοχέτευσης των νερών στο υπέδαφος είναι πολύ μεγάλες, κατά πάσα πιθανότητα πολύ μεγαλύτερες από ότι αναφέρεται πιο πάνω, και ότι με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται και η διοχέτευση των νερών απ' ευθείας στη θάλασσα με τις πιθανές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον. Επομένως, οι διαδικασίες άντλησης και αποστράγγισης της εκσκαφής, όσο και η διαχείριση των νερών είναι διεργασίες διαχειρίσιμες.

## Γενικές προδιαγραφές κατασκευών

### Γεωτρήσεις και Φρέατα άντλησης

- Μπορεί να γίνουν με γεωτρύπανο τύπου auger ή/και με εκσκαφέα και να τοποθετηθεί διάτρητη πλαστική σωλήνα διαμέτρου 300 mm γύρω από την οποία να τοποθετηθεί χαλικόφιλτρο.
- Μέσα από τη διάτρητη σωλήνα θα αντλείται το νερό με αντλία περιτυλιγμένη με το κατάλληλο φίλτρο για μείωση της απορρόφησης λεπτομερών υλικών.
- Η δυναμικότητα της αντλίας μπορεί να είναι μέχρι  $10\text{ m}^3/\text{h}$ .

## Δεξαμενές κατακάθισης

- Οι δεξαμενές θα είναι διαχωρισμένες σε τρία διαμερίσματα με το πρώτο να υπερχειλίζει στο δεύτερο και το δεύτερο στο τρίτο. Οι διαστάσεις των διαμερισμάτων μπορεί να είναι της τάξης των L:5m, W:4m, H:2.0m συνολικού όγκου 120 m<sup>3</sup> ή κάτι παρόμοιο.
- Αν θεωρηθεί απαραίτητο μπορεί να χρησιμοποιηθούν και πολύ μικρές ποσότητες ειδικού flocculant που βοηθά στη γρήγορη καθίζηση των αιωρούμενων στερεών.
- Μέσω σωλήνας περιτυλιγμένης με ειδικό φίλτρο από το τρίτο διαμέρισμα της δεξαμενής το νερό θα διοχετεύεται στα φρέατα και στις δεξαμενές επαναφόρτισης. Οι δεξαμενές μπορεί να είναι χωμάτινες, πλαστικές ή μεταλλικές.

## Δεξαμενές επαναφόρτισης

- Οι δεξαμενές επαναφόρτισης μπορεί να είναι της τάξης των 10\*5\*1.8m ώστε να είναι ικανές να απορροφήσουν τις ημερήσιες ποσότητες άντλησης. Θα έχουν βάθος 2 περίπου μέτρα, μέχρι τη στάθμη του υπόγειου νερού, με ένα μέτρο ανάχωμα γύρω από αυτές.
- Δύο μεγάλης διαμέτρου (100 cm) φρέατα βάθους 14 περίπου μέτρων θωρακισμένα με θώρακες από σκυρόδεμα μπορεί να τοποθετηθούν στα άκρα της κάθε δεξαμενής.

Μπορεί να κατασκευαστούν δύο δεξαμενές καθίζησης και δύο δεξαμενές επαναφόρτισης για να λειτουργούν εναλλάξ ώστε να γίνεται και η απαραίτητη συντήρηση των αντλιών ή και απομάκρυνσης της λάσπης.

Η διαδικασία άντλησης και διαχείρισης των αντλούμενων ποσοτήτων νερού περιγράφεται στις εικόνες που ακολουθούν, όπου φαίνεται η διάταξη των κατασκευών με τις απαραίτητες πληροφορίες και διευκρινήσεις.

## 7. Παρακολούθηση της Αντίδρασης Υφιστάμενων Κτιρίων (Displacements Monitoring)

Τα πιο κάτω αναφέρονται, αν και δεν πρόκειται να προκύψει τέτοιο θέμα, απλά για σκοπούς πληρότητας της έκθεσης. Παρά το ότι δεν είναι απαραίτητα παρουσιάζονται στη συνέχεια τα πιο κάτω μέτρα για την παρακολούθηση κτιρίων κατά την διάρκεια της εκσκαφής και σχετικής αποστράγγισης.

(i) Παρακολούθηση πριν την έναρξη (Pre-construction Monitoring) και μετά την συμπλήρωση κατασκευαστικών εργασιών (Post-construction monitoring).

- Μια προκαταρκτική επισκόπηση θα χρησιμοποιηθεί για να τεκμηριώσει τις υφιστάμενες συνθήκες παρακείμενων υφιστάμενων κτιρίων. Η επισκόπηση μπορεί να περιλαμβάνει χειρόγραφα σχέδια με περιγραφές, φωτογραφίες ή/και video εσωτερικών και εξωτερικών χώρων.

- ii. Ο Μηχανικός του Έργου θα καθορίσει τον καταλληλότερο χρόνο για την διενέργεια της μετα-κατασκευή επισκόπησης, λαμβάνοντας υπόψη την αναμενόμενη διάρκεια και είδος, των διάφορων κατασκευαστικών δραστηριοτήτων. Η προκαταρκτική επισκόπηση θα πρέπει να αποτελέσει την βάση για την μετα-κατασκευή επισκόπησης.

#### (ii) Παρακολούθηση της συμπεριφοράς των υφιστάμενων κτιρίων της περιοχής

Ο Γεωτεχνικός Μηχανικός θα πρέπει να καθορίσει το σύστημα και συχνότητα παρακολούθησης λαμβάνοντας υπόψη το είδος των υφιστάμενων παρακείμενων κατασκευών, τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής, το προτεινόμενο σύστημα προσωρινής αντιστήριξης, αποστράγγισης και εκσκαφής. Επίσης θα πρέπει να καθοριστούν αποδεκτά όρια και να προ-αποφασιστούν πιθανά διορθωτικά μέτρα.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι, στην περιοχή που γειτνιάζει στο ΠΕ, με την εξαίρεση του Ξενοδοχείου, γενικά υπάρχουν μόνο μικρά κτίρια (κατοικίες) και μεσολαβούν δρόμοι, η παρακολούθηση πιθανών μετακινήσεων θα μπορεί να γίνεται με την εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης με monitoring settlement markers, τα οποία θα εγκατασταθούν σε στρατηγικά σημεία που θα επιλεγούν.

Μετρήσεις (κάθετες/καθιζήσεις και οριζόντιες μετακινήσεις) δύνανται να γίνουν με την χρήση Total Station, το οποίο δύνανται να παίρνει με ακρίβεια γωνιακές μετρήσεις από μεγάλη απόσταση, και την δημιουργία 3D positioning records των monitoring markers.

Για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του διαφραγματικού τοίχου προτείνεται η εγκατάσταση κλεισιόμετρου (inclinometer), για καταγραφή πιθανών οριζόντιων μετακινήσεων.

Για παρακολούθηση της στάθμης του υπογείου νερού, εντός και εκτός της εκσκαφής, θα πρέπει να γίνει εγκατάσταση stand pipe piezometers.

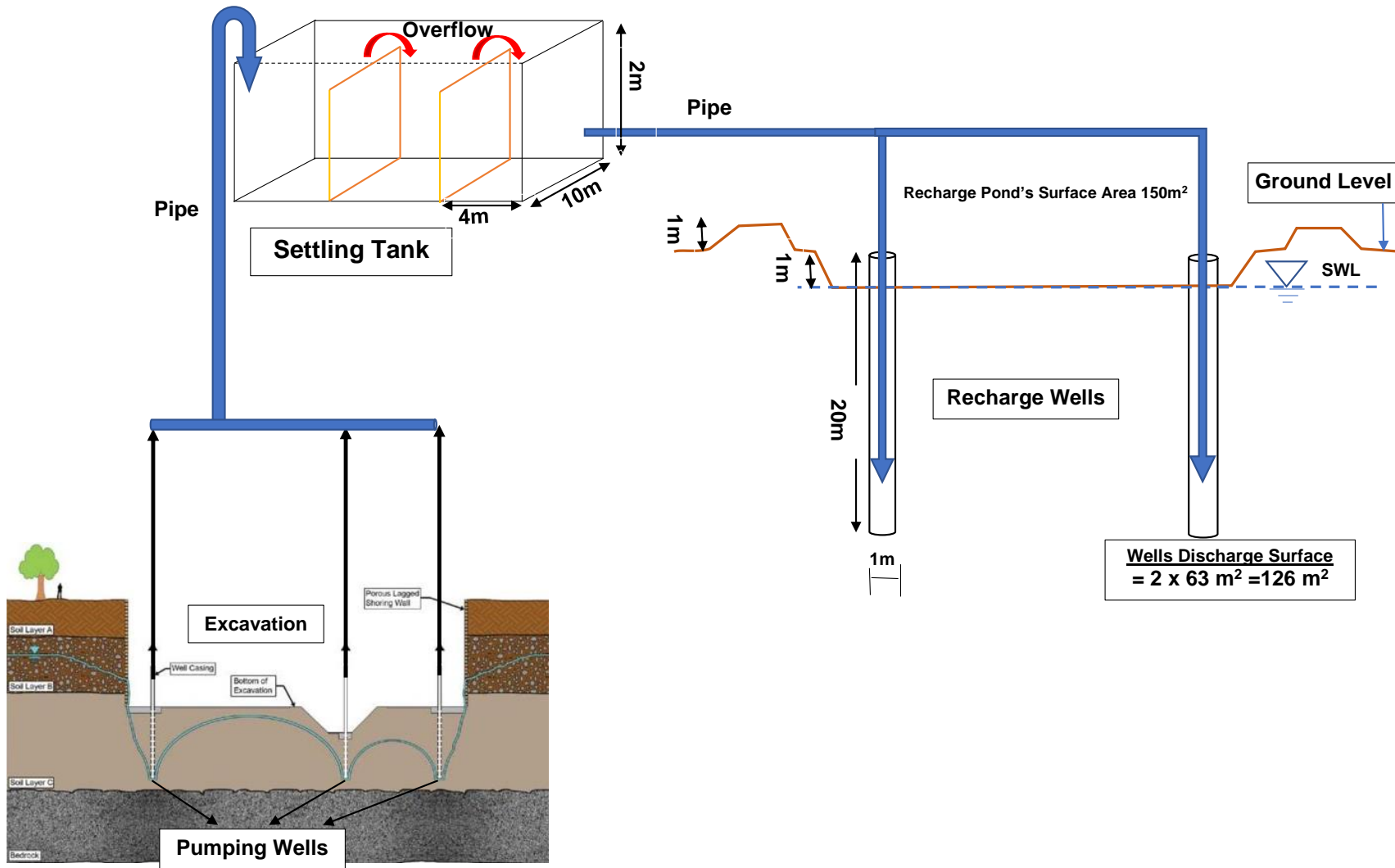
#### Χρονοδιάγραμμα Αποπεράτωσης Εργασιών Αποστράγγισης

- Εκσκαφή και λειτουργία των φρεάτων άντλησης σε συνδυασμό με δεξαμενή και πηγάδια επαναφοράς. Η διάταξη των φρεάτων και το μέγεθος των δεξαμενών μπορεί να αποφασισθεί κατά τη διάρκεια των εκσκαφών, αναλόγως των αναγκών, κυρίως όμως αναλόγως του μεγέθους των τμημάτων των εκσκαφών.
- Άντληση του νερού μέσα από τα φρέατα και διοχέτευση του νερού σε δεξαμενή/ές για κατακάλιση των αιωρούμενων στερεών. Τονίζεται πως γύρω από τις δεξαμενές θα πρέπει, για λόγους ασφαλείας, να κατασκευαστεί ανάχωμα ύψους τουλάχιστο ένα μέτρο.
- Τα φρέατα επαναφοράς βάθους 14 μέτρων, θα τοποθετηθούν και στις 4 πλευρές του χώρου για διατήρηση της στάθμης του νερού στα υφιστάμενα επίπεδα για εξουδετέρωση των όποιων πιθανών καθιζήσεων περιμετρικά των εκσκαφών.
- Σταδιακή εκσκαφή μέχρι τη στάθμη του υπόγειου νερού.
- Εκσκαφή των τάφρων που θα συνδέουν τα φρεάτια άντλησης.

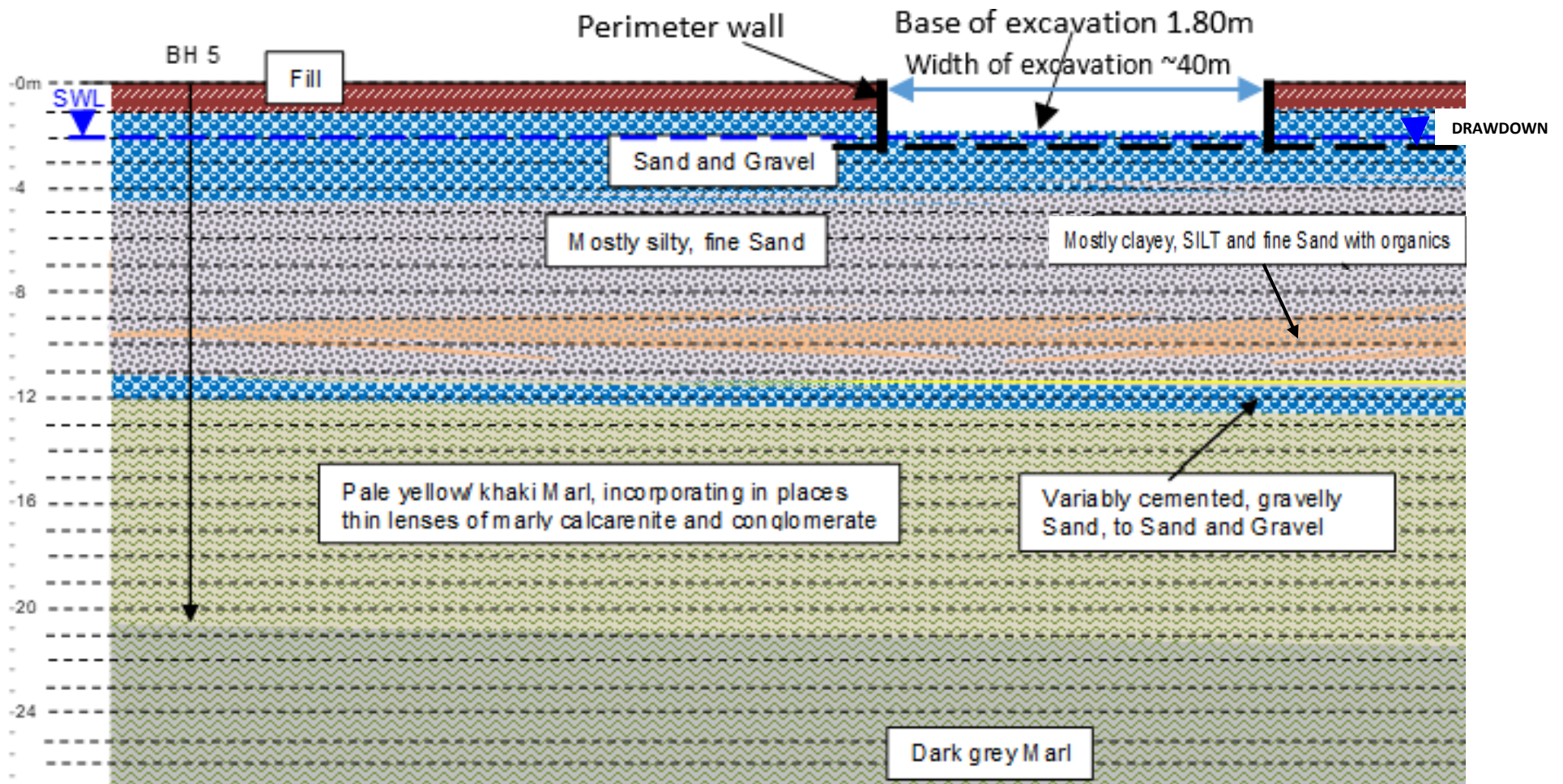
Το χρονοδιάγραμμα εκσκαφής θα εξαρτηθεί από την μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί για την διενέργεια των εκσκαφών, και επίσης, σε σημαντικό βαθμό στους πόρους που θα διαθέσει ο Εργολάβος του Έργου για την κατασκευή την αποστράγγιση.

**Εκτιμάται πως η διάρκεια των εκσκαφών και η αποστράγγιση της δεν θα διαρκέσει πολύ λόγω του μικρού βάθους και της μικρής ταπείνωσης της στάθμης. Υπό κανονικές συνθήκες δεν πρέπει να ξεπεράσει τον ένα μήνα σε διάρκεια.**

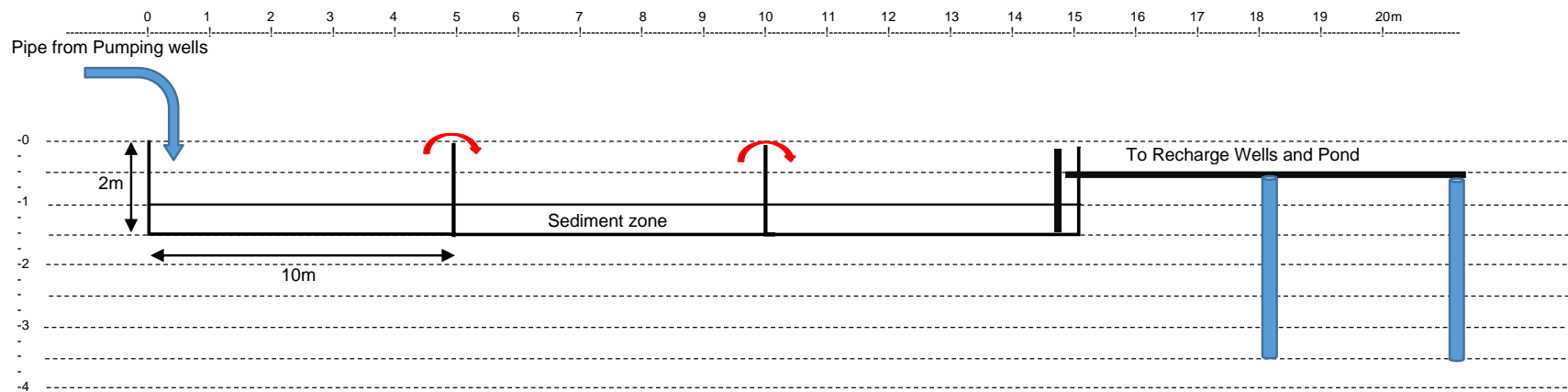
**Σε περίπτωση χρήσης ειδικού ενέματος για μόνωση της βάσης και των πλευρών της εκσκαφής όλα τα προαναφερόμενα που αφορούν την αποστράγγιση δεν θα χρειαστούν.**



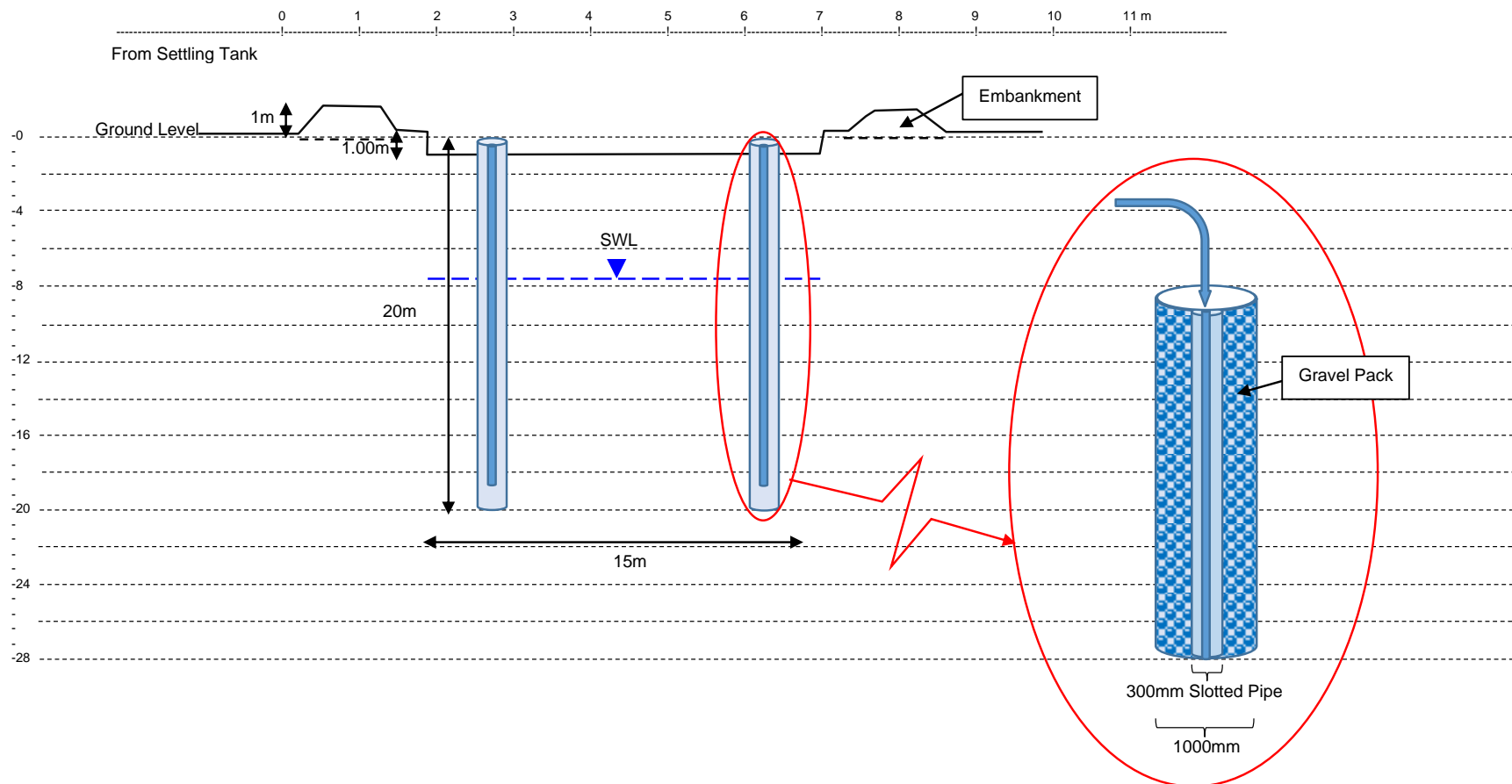
Σχέδιο 14. Dewatering Sketch Diagram. Οι διαστάσεις που αναγράφονται είναι ενδεικτικές και θα αναπροσαρμοστούν ανάλογα, όπως αναφέρεται στην έκθεση.



Σχέδιο 15. Detail of Excavation at the Site



Σχέδιο 16. Detail of Settling Tank. Οι διαστάσεις θα αναπροσαρμοστούν σύμφωνα με το κείμενο



Σχέδιο 17. Detail of Recharge Wells and Pond