



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ**  
**Δ.Π.Μ.Σ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ**  
**Συμμετέχουσες Σχολές: ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Τεχνική και Οικονομική αξιολόγηση**  
**υπογειοποίησης τμήματος του ποταμού Κηφισού**  
**στην περιοχή των Αγ. Αναργύρων**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Νομικού Ιωάννα- Βασιλική**

**Επιβλέπων: Μπενάρδος Ανδρέας**

Επίκουρος Καθηγητής

**ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2017**



# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ανάγκη για εργασία και για ένα βιώσιμο μέλλον ανάγκασε πολλούς ανθρώπους να μετακινηθούν από την ύπαιθρο στα μεγάλα αστικά κέντρα. Σε αρκετές πόλεις η χωροταξική αυτή αλλαγή πραγματοποιήθηκε με τον κατάλληλο σχεδιασμό και την κατασκευή απαραίτητων υποδομών, ενώ σε άλλες πόλεις, όπως η Αθήνα η αύξηση του πληθυσμού διατάραξε τις ισορροπίες. Η ραγδαία ανοικοδόμηση, η έλλειψη πρασίνου και η ανεπάρκεια των έργων υποδομής σε συνδυασμό με τα ακραία καιρικά φαινόμενα πλήττει τις πόλεις και δημιουργεί τεράστια προβλήματα στην καθημερινότητα. Οι καταιγίδες και οι έντονες βροχοπτώσεις οδηγούν σε πλημμύρες και θέτουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές, κτίρια και έργα υποδομής.

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την υπογειοποίηση τμήματος του ποταμού Κηφισού στην περιοχή των Αγ. Αναργύρων που εκτείνεται παράλληλα με την οδό Λ. Κατσώνη. Βασικός στόχος είναι να εκτιμήσει τα πιθανά χαρακτηριστικά μίας τέτοιας πιθανής λύσης, το κόστος κατασκευής αλλά και να δείξει τη δυνατότητα ανάπλασης του επιφανειακού έργου. Είναι δεδομένο βέβαια ότι για τη πιθανή τελική μελέτη της υπογειοποίησης του τμήματος του ποταμού να χρειαστεί να συνυπολογιστούν κι άλλοι παράγοντες από ειδικούς στην υδρολογία, κάτι που δεν ήταν δυνατόν να γίνει στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

Η εργασία δομείται σε έξι κεφάλαια:

- Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή σχετικά με την ανάπτυξη των πόλεων, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη των υπόγειων κατασκευών. Επίσης αναφέρεται στην επίδραση των φυσικών καταστροφών στις πυκνοδομημένες πόλεις, οι οποίες οδηγούνται στη λήψη αντιπλημμυρικών μέτρων προστασίας. Τέλος παρατίθενται παραδείγματα υπόγειων κατασκευών που έχουν σκοπό την αντιπλημμυρική θωράκιση των πόλεων.
- Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα πλημμυρικά φαινόμενα που έχουν πλήξει το Δήμο Αγ. Αναργύρων, στις ζημιές που έχουν καταγραφεί και αναλύεται η πρόταση επείγουσων εργασιών αποκατάστασης των ζημιών του ΥΠΥΜΕΔΙ.
- Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής όσον αφορά στα γεωγραφικά, υδρογεωλογικά και γεωτεχνικά χαρακτηριστικά, καθώς και στις

κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν στην οδό Λ. Κατσώνη. Επίσης παρατίθενται οι διατομές της υπάρχουσας κοίτης.

- Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται ο σχεδιασμός του έργου, η προσομοίωση της προτεινόμενης λύσης και η ανάλυση των κατασκευαστικών φάσεων του έργου.
- Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνονται οι απαραίτητες προμετρήσεις υλικών και εργασιών για το έργο, ώστε να εκτιμηθεί το κόστος και ο χρόνος κατασκευής.
- Τέλος στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο καταγράφονται τα συμπεράσματα της αξιολόγησης της υπογειοποίησης του ποταμού Κηφισού και συγκρίνεται ο προϋπολογισμός της υπογειοποίησης του ποταμού με αυτόν των επειγουσών επεμβάσεων που έχουν δημοπρατηθεί.

Για τη σύνταξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας, επιθυμώ πρωτίστως να ευχαριστήσω θερμά για την πολύτιμη συμβολή του τον κ. Ανδρέα Μπενάρδο Επίκουρο Καθηγητή του ΕΜΠ της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων- Μεταλλουργών, που με την υπομονή και το γνωστικό του υπόβαθρο με καθοδήγησε σε όλη τη διάρκεια της συγγραφής της ώστε να προκύψει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Μιχάλη Καββαδά και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Φίλιππο Χόρτη για τις συμβουλές τους όσον αφορά τη προσομοίωση του έργου στο λογισμικό πακέτο Phase. Επίσης ευχαριστώ όλους όσους με βοήθησαν στη συλλογή στοιχείων από διάφορους φορείς του ευρύτερου δημόσιου τομέα (Δήμος Αγίων Αναργύρων, ΥΠΥΜΕΔΙ και ΙΓΜΕ), που ήταν απαραίτητα για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες στην οικογένειά μου και τους φίλους μου για την υπομονή, την κατανόηση και την υποστήριξή τους κατά το χρονικό διάστημα εκπόνησης της εργασίας.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η κατασκευή της υπογειοποίησης του ποταμού Κηφισού παράλληλα της οδού Λ. Κατσώνη στην περιοχή των Αγ. Αναργύρων. Επιπλέον περιλαμβάνει την εκτίμηση του κόστους κατασκευής και την αποτίμηση των συνολικών οφελών που θα προκύψουν από το εν λόγω έργο.

Με αφορμή την ανάπτυξη που παρουσιάζουν τα τελευταία χρόνια τα υπόγεια έργα στην αντιπλημμυρική προστασία, κυρίως σε παγκόσμιο επίπεδο, στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εύρεση μίας μόνιμης λύσης στην αντιμετώπιση των πλημμυρικών φαινομένων που πλήττουν την ευρύτερη περιοχή των Αγ. Αναργύρων. Οι καταιγίδες και οι συχνές βροχοπτώσεις οδηγούν στην υπερχειλίση του ποταμού, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται συνεχείς καταπτώσεις στα πρανή της κοίτης, να πλημμυρίζουν κατοικίες και οδικά δίκτυα, ακόμα και να χάνονται ανθρώπινες ζωές.

Για τη διερεύνηση του έργου επεξεργάστηκαν οι υδρογεωλογικές, γεωτεχνικές και κυκλοφοριακές συνθήκες της περιοχής και κατεγράφησαν οι υφιστάμενες καταστροφές της κοίτης του ποταμού. Αξιολογώντας τα παραπάνω, προτείνεται η ενίσχυση των πρανών με πασσάλους οπλισμένου σκυροδέματος και η διεύρυνση της κοίτης με σκοπό την αύξηση της παροχετευτικής ικανότητας. Στο τμήμα αυτό δε, προβλέπεται η αστική και περιβαλλοντική ανάπλαση της οδού Λ. Κατσώνη, η οποία θα οδηγήσει σε αναβάθμιση της περιοχής.

Ο προϋπολογισμός του κόστους κατασκευής του υπόγειου έργου κατά την προμελέτη ανέρχεται στο ποσό των 27.680.000 ευρώ περίπου και ο χρόνος κατασκευής υπολογίζεται στα 3,5 χρόνια. Παρόλο το υψηλό κόστος και το χρόνο κατασκευής, τα οφέλη αναμένονται πολύ σημαντικά τόσο για τους κατοίκους της περιοχής όσο και για τους διερχόμενους από το οδικό δίκτυο της Λ. Κατσώνη και της Εθνικής Οδού ΠΑΘΕ.



## **ABSTRACT**

The objective of the dissertation is the design and the construction of undergrounding Kifisos River alongside Katsoni road at the Agion Anargiron district. It also includes an estimation of the construction cost and the assessment of the advantages coming up.

Due to the recent developments of the underground constructions of the anti-flood protection, especially at a global level, the current dissertation presents a complete solution to alleviate the flooding problems taking place at the Agion Anargiron district. Storms and frequent rainfalls create river overflows resulting in continuous landslides or slope failures, floods of private houses and main roads, and occasionally human casualties.

For the current evaluation, were processed the hydrogeological, geotechnical and traffic congestion characteristics of the area and documented the current disaster of the banks of the river. Assessing the aforementioned, it is proposed to reinforce the river slopes with reinforced concrete piles and widening the banks of the river in order to increase the conveyance ability. On the particular surface, the development of the urban physical environment of Katsoni road is expected to upgrade the local area.

The cost of the proposed construction in the preliminary study is amounting to 27.680.000 euros approximately and the duration of the construction is estimated at 3,5 years. Although the high cost and long construction period, major advantages are expected to arise for both the residents of the Agioi Anargyroi district and the drivers crossing Katsoni road or the Greek Motorway A1.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1. ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗ – ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ....</b>   | <b>3</b>  |
| 1.1 Εισαγωγή.....   | 3         |
| 1.2 Ορισμός αστικοποίησης και υπογειοποίησης .....  | 3         |
| 1.2.1 Αστικοποίηση.....   | 3         |
| 1.2.1.1 Ορισμός .....   | 3         |
| 1.2.1.2 Θετικές και αρνητικές συνέπειες της αστικοποίησης .....                                   | 4         |
| 1.2.1.3 Η αστικοποίηση στην Ελλάδα.....   | 5         |
| 1.2.2 Υπογειοποίηση.....  | 6         |
| 1.2.2.1 Ανάπτυξη του υπόγειου χώρου .....   | 7         |
| 1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υπογειοποίησης .....  | 8         |
| 1.3.1 Πλεονεκτήματα υπόγειων χώρων .....  | 8         |
| 1.3.2 Μειονεκτήματα υπόγειων έργων.....   | 13        |
| 1.4 Φυσικές καταστροφές εντός και εκτός Ελλαδικού χώρου .....                                     | 14        |
| 1.4.1 Εισαγωγή.....   | 14        |
| 1.4.2 Πλημμύρες .....   | 16        |
| 1.4.2.1 Ορισμός .....   | 16        |
| 1.4.2.2 Αιτίες και Επιπτώσεις των πλημμυρών.....  | 17        |
| 1.5 Υπόγεια ανάπτυξη για αντιπλημμυρική προστασία .....   | 20        |
| 1.5.1 Γενική θεώρηση του ζητήματος της αντιπλημμυρικής προστασίας.....                            | 21        |
| 1.5.2 Αιτίες εφαρμογής αντιπλημμυρικών έργων και γενικές αρχές περιβαλλοντικού<br>σχεδιασμού..... | 22        |
| 1.6 Παραδείγματα από τον Ελλαδικό χώρο και από το εξωτερικό .....                                 | 24        |
| 1.6.1 Διευθέτηση και υπογειοποίηση του Ρέματος Εσχατιάς .....                                     | 24        |
| 1.6.2 Διευθέτηση και υπογειοποίηση του Ρέματος Ποδονόφτη .....                                    | 27        |
| 1.6.3 The Stormwater Management and Road Tunnel (SMART) Project of Kuala<br>Lumpur.....           | 32        |
| 1.6.4 The Metropolitan Area Outer Underground Discharge Channel in Kasukabe of<br>Japan .....     | 37        |
| 1.6.5 Thames Tideway Tunnel of London .....   | 39        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....</b>   | <b>43</b> |
| <b>2. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΖΗΜΙΩΝ<br/>ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ .....</b>    | <b>45</b> |
| 2.1 Εισαγωγή.....   | 45        |
| 2.2 Θέση έργου .....  | 46        |
| 2.3 Πλημμυρικά φαινόμενα και ζημιές που έχουν καταγραφεί στην κοίτη του ποταμού<br>Κηφισού.....   | 47        |

|                         |   |           |
|-------------------------|---|-----------|
| 2.3.1                   | Ιστορική αναδρομή των πλημμυρικών φαινομένων .....  | 47        |
| 2.3.2                   | Ιστορικό ζημιών και παλαιότερων εργασιών αποκατάστασης στην κοίτη του ποταμού Κηφισού ..... | 51        |
| 2.4                     | Πρόταση επείγουσων εργασιών αποκατάστασης των πρανών από το ΥΠΥΜΕΔΙ .....                   | 63        |
| 2.4.1                   | Γενικά.....   | 63        |
| 2.4.2                   | Αναγκαιότητα επειγουσών επεμβάσεων .....  | 64        |
| 2.4.3                   | Εργασίες αποκατάστασης σε μικρές καταπτώσεις.....   | 64        |
| 2.4.4                   | Εργασίες αποκατάστασης σε περιοχές μεγάλων καταπτώσεων .....                                | 65        |
| 2.4.4.1                 | Πρανή ανατολικής όχθης (ΠΑΘΕ).....  | 65        |
| 2.4.4.2                 | Πρανή σε παρόχθιους δρόμους .....   | 66        |
| 2.4.5                   | Προϋπολογισμός επειγουσών επεμβάσεων.....   | 66        |
| 2.5                     | Συμπεράσματα .....  | 66        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....</b> |   | <b>69</b> |
| <b>3.</b>               | <b>ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....</b>   | <b>71</b> |
| 3.1                     | Σκοπός του έργου.....   | 71        |
| 3.2                     | Τυπική διατομή υπάρχοντος τμήματος Κηφισού .....  | 71        |
| 3.3                     | Γεωλογία - Στρωματογραφία περιοχής.....   | 74        |
| 3.3.1                   | Γεωμορφολογικά στοιχεία περιοχής .....  | 74        |
| 3.3.2                   | Γενικά στρωματογραφικά στοιχεία του λεκανοπεδίου Αττικής .....                              | 75        |
| 3.3.3                   | Στρωματογραφικά στοιχεία της υπό εξέταση περιοχής .....                                     | 76        |
| 3.3.3.1                 | Τεταρτογενές .....  | 78        |
| 3.3.3.1.1               | Ολόκαινο .....  | 78        |
| 3.3.3.1.2               | Πλειστόκαινο .....  | 78        |
| 3.3.3.2                 | Νεογενές .....  | 79        |
| 3.3.3.3                 | Μαιστρίχτιο Πελαγονικής ζώνης .....   | 79        |
| 3.3.4                   | Διαχωρισμός γεωτεχνικών στρώσεων.....   | 79        |
| 3.4                     | Υδρογεωλογικές συνθήκες περιοχής .....  | 81        |
| 3.4.1                   | Υδρογεωλογία .....  | 81        |
| 3.4.2                   | Διάκριση γεωλογικών σχηματισμών.....  | 81        |
| 3.4.3                   | Τα υπόγεια νερά της λεκάνης του ποταμού Κηφισού.....  | 84        |
| 3.4.4                   | Υδρολογικό σύστημα και πιεζομετρία πέριξ του Κηφισού στην περιοχή των Αγίων Αναργύρων ..... | 84        |
| 3.4.4.1                 | Πιεζομετρία και συμπεράσματα της ανάλυσης των υδρογραφημάτων ...                            | 84        |
| 3.4.4.2                 | Δίκτυα υπόγειας ροής και υδροφόροι ορίζοντες .....  | 86        |
| 3.5                     | Επιλογή γεωτεχνικών και υδρολογικών δεδομένων .....   | 87        |
| 3.6                     | Κυκλοφοριακοί φόρτοι επί της οδού Λάμπρου Κατσώνη.....                                      | 88        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....</b>   | <b>91</b>  |
| <b>4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΟΥ .....</b>   | <b>93</b>  |
| 4.1 Εισαγωγή.....   | 93         |
| 4.2 Παραδοχές και προϋποθέσεις για την κατασκευή του έργου .....          | 94         |
| 4.2.1 Παραδοχές κατασκευής έργου .....                                    | 94         |
| 4.2.2 Παράγοντες επιρροής του σχεδιασμού .....                            | 94         |
| 4.2.3 Έργα αντιστήριξης .....   | 95         |
| 4.3 Προτεινόμενη τεχνική λύση με διάταξη πασσάλων .....                   | 96         |
| 4.3.1 Γενικά.....   | 96         |
| 4.3.2 Τελική διατομή υπόγειας κοίτης .....                                | 96         |
| 4.4 Ανάλυση σχεδιασμού με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων Phase. .... | 100        |
| 4.4.1 Δυνατότητες λειτουργίας προγράμματος.....                           | 100        |
| 4.4.2 Παραδοχές προσομοίωσης με πεπερασμένα στοιχεία .....                | 101        |
| 4.4.3 Προσομοίωση κατασκευής με πεπερασμένα στοιχεία.....                 | 102        |
| 4.4.3.1 Διατομή κοίτης τύπου Α' .....                                     | 102        |
| 4.4.3.2 Διατομή κοίτης τύπου Β' .....                                     | 108        |
| 4.5 Κατασκευή έργου.....  | 116        |
| 4.5.1 Απαραίτητες εργασίες για την κατασκευή του έργου.....               | 116        |
| 4.5.2 Μέθοδος κατασκευής.....   | 117        |
| 4.5.3 Φάσεις του έργου .....  | 122        |
| 4.6 Επιφανειακή διαμόρφωση .....  | 130        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....</b>   | <b>136</b> |
| <b>5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....</b>                      | <b>138</b> |
| 5.1 Εισαγωγή.....   | 138        |
| 5.2 Κοστολόγηση χωματουργικών, τεχνικών έργων και οδοποιίας .....         | 138        |
| 5.3 Χρονοδιάγραμμα εργασιών .....   | 144        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 .....</b>   | <b>150</b> |
| <b>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>   | <b>152</b> |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>  | <b>156</b> |
| Ελληνική βιβλιογραφία.....  | 158        |
| Ξένη βιβλιογραφία .....   | 160        |
| Διαδικτυακοί τόποι .....  | 162        |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>   | <b>166</b> |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

|  |    |
|--|----|
| Εικόνα 1.1: Υπόγειος χώρος στάθμευσης, κεντρικής πλατείας των Ιωαννίνων. ....  | 8  |
| Εικόνα 1.2: Υπόγειο ξενοδοχείο στη Ν. Αυστραλία. ....  | 9  |
| Εικόνα 1.3: Μετρό Ρωσίας, στάση Novokuznetskaya. ....  | 9  |
| Εικόνα 1.4: Υπόγειος χώρος Αποθήκευσης Επικίνδυνων Αποβλήτων στο Λαύριο. ....  | 10 |
| Εικόνα 1.5: Σήραγγα Maijishan στην περιοχή Baoji Maijishan Tianshui της Κίνας. ....                                    | 11 |
| Εικόνα 1.6: Επιφανειακή ανάπλαση αυτοκινητόδρομου Madrid Calle 30 στη Μαδρίτη. ..                                      | 12 |
| Εικόνα 1.7: Παγκόσμιος στατιστικός πίνακας ανθρώπινων επιπτώσεων λόγω φυσικών καταστροφών. ....                        | 19 |
| Εικόνα 1.8: Περιοχές κάλυψης και τμήμα διευθέτησης Ρέματος Εσχατιάς. ....  | 25 |
| Εικόνα 1.9: Κατασκευή δίδυμου κλειστού ορθογωνικού οχετού στο Ρέμα Εσχατιάς. ....                                      | 26 |
| Εικόνα 1.10: Μία άποψη της αστικής ανάπλασης της διευθετημένης κοίτης του Ρέματος Εσχατιάς. ....                       | 27 |
| Εικόνα 1.11: Το Ρέμα του Ποδονίφτη και η συμβολή του με τον Κηφισό. ....   | 28 |
| Εικόνα 1.12 α & β: Κατασκευή σήραγγας εκτροπής Ποδονίφτη. ....   | 29 |
| Εικόνα 1.13: Διατομή αγωγού Β1, κατασκευή με μέθοδο pipe jacking. ....   | 31 |
| Εικόνα 1.14: Τρισδιάστατη άποψη της υπόγειας σήραγγας του «The SMART Project». ..                                      | 33 |
| Εικόνα 1.15: Η συμβολή των ποταμών και το κρίσιμο τμήμα του SMART Project. ....  | 34 |
| Εικόνα 1.16: Τα τρία τμήματα της διατομής της σήραγγας εκτροπής. ....  | 35 |
| Εικόνα 1.17: Πανοραμική φωτογραφία των σιλό του «The G-Cans Project». ....   | 38 |
| Εικόνα 1.18: Εσωτερική άποψη της υπόγειας δεξαμενής και των πυλώνων, The Temple. 38                                    |    |
| Εικόνα 1.19: Σχηματική απεικόνιση της κατασκευής του «The Metropolitan Area Outer Underground Discharge Channel». .... | 39 |
| Εικόνα 1.20: Απεικόνιση της βασικής ιδέας και λειτουργίας του «Thames Tideway Tunnel». ....                            | 40 |
| Εικόνα 1.21: Φρεάτιο σε θέση κατασκευής και τοποθέτηση TBM. ....   | 42 |
| Εικόνα 2.1: Καταστροφές οδικών δικτύων στο Δήμο Αγ. Αναργύρων, 22/10/2015. ....  | 49 |
| Εικόνα 2.2: Καταστροφές οχημάτων στο Δήμο Αγ. Αναργύρων, 22/10/2015. ....  | 50 |
| Εικόνα 2.3: Εισροή υδάτων και καταστροφή υπόγειων σπιτιών στο Δήμο Αγ. Αναργύρων, 29/03/2015. ....                     | 50 |
| Εικόνα 2.4: Τοπικές αποκαταστάσεις πρανών με έγχυτο σκυρόδεμα. ....  | 51 |
| Εικόνα 2.5: Μετατόπιση εδαφικού υλικού και τελικά θραύση της υπερκείμενης κοιτόστρωσης. ....                           | 52 |
| Εικόνα 2.6: Δημιουργία εγκοίλου και αποκόλληση λιθένδυτης επένδυσης. ....  | 53 |
| Εικόνα 2.7: Καταστροφή λιθένδυσης λόγω εκρίζωσης φυτών. ....   | 54 |
| Εικόνα 2.8: Αποκόλληση λιθένδυσης στο εσωτερικό της αλλαγής διεύθυνσης. ....   | 55 |
| Εικόνα 2.9: Πανοραμική άποψη της καταστροφής του ανατολικού πρανού στο εσωτερικό της αλλαγής διεύθυνσης. ....          | 56 |
| Εικόνα 2.10: Καταστροφή δυτικής όχθης, αποξήλωση πεζοδρομίων, στηθαίων ασφαλείας και φρεατίων. ....                    | 57 |



|   |     |
|---|-----|
| Εικόνα 2.11: Καταστροφή ανατολικού πρανούς στη συμβολή της εξόδου ΠΑΘΕ προς τη Λ. Κατσώνη.....  | 58  |
| Εικόνα 2.12: Ολοκλήρωση της εφαρμογής φρεατοπασσάλων για ενίσχυση του ανατολικού πρανούς στη συμβολή της εξόδου ΠΑΘΕ προς τη Λ. Κατσώνη. .... | 58  |
| Εικόνα 2.13: Υποσκαφή της θεμελίωσης της πεζογέφυρας που ενώνει τις οδούς Φλαβιανών και Λάμπρου Κατσώνη. ....                                 | 59  |
| Εικόνα 3.1: Ανατολικό πρανές επενδυμένο με λίθους καθ' όλο το ύψος του. ....  | 73  |
| Εικόνα 3.2: Ανατολικό πρανές επενδυμένο με λίθους έως ένα συγκεκριμένο ύψος. ....   | 73  |
| Εικόνα 4.1: Εισαγωγή ορίων προσομοιώματος διατομής τύπου Α', Stage 1. ....  | 102 |
| Εικόνα 4.2: Εκσκαφή για τη δημιουργία της υπάρχουσας κοίτης τύπου Α', Stage 2.....  | 102 |
| Εικόνα 4.3: Τοποθέτηση πασσάλων διαμέτρου 80 cm στο ανατολικό πρανές, Stage 3...  | 103 |
| Εικόνα 4.4: Τοποθέτηση πασσάλων διαμέτρου 80 cm στο δυτικό πρανές, Stage 4. ....  | 103 |
| Εικόνα 4.5: Τελικό στάδιο προσομοιώματος της κοίτης της διατομής τύπου Α', Stage 5 .<br>.....   | 103 |
| Εικόνα 4.6: Αποτελέσματα οριζόντιων μετακινήσεων (σε m) της διατομής τύπου Α', Stage 5. ....  | 104 |
| Εικόνα 4.7: Αποτελέσματα κατακόρυφων μετακινήσεων (σε m) της διατομής τύπου Α', Stage 5. ....   | 104 |
| Εικόνα 4.8: Αποτελέσματα πλαστικοποίησης εδάφους (σε %) της διατομής τύπου Α', Stage 5. ....  | 104 |
| Εικόνα 4.9: Αποτελέσματα αξονικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων της διατομής τύπου Α' . ....  | 105 |
| Εικόνα 4.10: Αποτελέσματα καμπτικών ροπών (σε kNm) επί των πασσάλων της διατομής τύπου Α' . ....  | 105 |
| Εικόνα 4.11: Αποτελέσματα διατμητικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων της διατομής τύπου Α'.....  | 105 |
| Εικόνα 4.12: Τελικό στάδιο διατομής τύπου Α' με τοποθέτηση μίας σειράς αγκυρίων. .  | 106 |
| Εικόνα 4.13: Αποτελέσματα οριζόντιων μετακινήσεων (σε m) της διατομής τύπου Α' μετά τη τοποθέτηση αγκυρίων, Stage 5. ....                     | 106 |
| Εικόνα 4.14: Αποτελέσματα κατακόρυφων μετακινήσεων (σε m) λόγω αφαίρεσης εδαφικού υλικού, Stage 2. ....                                       | 106 |
| Εικόνα 4.15: Αποτελέσματα κατακόρυφων μετακινήσεων (σε m) της διατομής τύπου Α' μετά τη τοποθέτηση αγκυρίων, Stage 5. ....                    | 107 |
| Εικόνα 4.16: Αποτελέσματα πλαστικοποίησης εδάφους (σε %)μετά την τοποθέτηση των αγκυρίων, Stage 5. ....                                       | 107 |
| Εικόνα 4.17: Αποτελέσματα αξονικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων, μετά την τοποθέτηση αγκυρίων, Stage 5.....                              | 107 |
| Εικόνα 4.18: Αποτελέσματα καμπτικών ροπών (σε kNm) επί των πασσάλων, μετά την τοποθέτηση αγκυρίων, Stage 5.....                               | 108 |
| Εικόνα 4.19: Αποτελέσματα διατμητικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων, μετά την τοποθέτηση αγκυρίων, Stage 5.....                           | 108 |
| Εικόνα 4.20: Εισαγωγή ορίων προσομοιώματος διατομής τύπου Β', Stage 1.....  | 109 |
| Εικόνα 4.21: Εκσκαφή για τη δημιουργία της υπάρχουσας κοίτης τύπου Β', Stage 2.....   | 109 |

|   |     |
|---|-----|
| Εικόνα 4.22: Τοποθέτηση πασσάλων διαμέτρου 100 cm στο ανατολικό πρανές της διατομής τύπου Β', Stage 3. ....   | 110 |
| Εικόνα 4.23: Τοποθέτηση πασσάλων διαμέτρου 80 cm στο δυτικό πρανές της διατομής τύπου Β', Stage 4. ....   | 110 |
| Εικόνα 4.24: Σταδιακή εκσκαφή ανατολικού πρανούς και τοποθέτηση πρώτης σειράς αγκυρίων στη διατομή τύπου Β', Stage 5. ....                            | 110 |
| Εικόνα 4.25: Τελική εκσκαφή και τοποθέτηση δεύτερης σειράς αγκυρίων στη διατομή τύπου Β', Stage 6. ....   | 110 |
| Εικόνα 4.26: Αποτελέσματα οριζόντιων μετακινήσεων (σε m) κατά το τελικό στάδιο εκσκαφής της διατομής τύπου Β'. ....                                   | 111 |
| Εικόνα 4.27: Αποτελέσματα κατακόρυφων μετακινήσεων (σε m) κατά το πρώτο στάδιο εκσκαφής της διατομής τύπου Β'. ....                                   | 111 |
| Εικόνα 4.28: Αποτελέσματα κατακόρυφων μετακινήσεων (σε m) κατά το τελικό στάδιο εκσκαφής της διατομής τύπου Β'. ....                                  | 112 |
| Εικόνα 4.29: Αποτελέσματα πλαστικοποίησης εδάφους (σε %) κατά το πρώτο στάδιο εκσκαφής της διατομής τύπου Β'. ....                                    | 112 |
| Εικόνα 4.30: Αποτελέσματα πλαστικοποίησης εδάφους (σε %) κατά το τελικό στάδιο εκσκαφής της διατομής τύπου Β'. ....                                   | 112 |
| Εικόνα 4.31: Αποτελέσματα αξονικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων, μετά τη τοποθέτηση αγκυρίων στο ανατολικό πρανές της διατομής τύπου Β'. ....    | 112 |
| Εικόνα 4.32: Αποτελέσματα καμπτικών ροπών (σε kNm) επί των πασσάλων, μετά τη τοποθέτηση αγκυρίων στο ανατολικό πρανές της διατομής τύπου Β'. ....     | 113 |
| Εικόνα 4.33: Αποτελέσματα διατμητικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων, μετά τη τοποθέτηση αγκυρίων στο ανατολικό πρανές της διατομής τύπου Β'. .... | 113 |
| Εικόνα 4.34: Τελικό στάδιο διατομής τύπου Β' με τοποθέτηση αγκυρίων και στα δύο πρανή, Stage 6. ....  | 114 |
| Εικόνα 4.35: Αποτελέσματα οριζόντιων μετακινήσεων (σε m), μετά την τοποθέτηση των αγκυρίων και στα δύο πρανή της διατομής τύπου Β'. ....              | 114 |
| Εικόνα 4.36: Αποτελέσματα κατακόρυφων μετακινήσεων (σε m), μετά την τοποθέτηση των αγκυρίων και στα δύο πρανή της διατομής τύπου Β'. ....             | 115 |
| Εικόνα 4.37: Αποτελέσματα πλαστικοποίησης εδάφους (σε %), μετά την τοποθέτηση των αγκυρίων και στα δύο πρανή της διατομής τύπου Β'. ....              | 115 |
| Εικόνα 4.38: Αποτελέσματα αξονικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων, μετά την τοποθέτηση αγκυρίων και στα δύο πρανή της διατομής τύπου Β'. ....      | 115 |
| Εικόνα 4.39: Αποτελέσματα καμπτικών ροπών (σε kNm) επί των πασσάλων, μετά την τοποθέτηση αγκυρίων και στα δύο πρανή της διατομής τύπου Β'. ....       | 115 |
| Εικόνα 4.40: Αποτελέσματα διατμητικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων, μετά την τοποθέτηση αγκυρίων και στα δύο πρανή της διατομής τύπου Β'. ....   | 116 |
| Εικόνα 4.41: Διάνοιξη οπών με διατρητικό μηχάνημα. ....   | 118 |
| Εικόνα 4.42: Διάτρηση οπής με χρήση μεταλλικού σωλήνα προστασίας πλευρικών τοιχωμάτων. ....   | 118 |
| Εικόνα 4.43: Τοποθέτηση κλωβού οπλισμού εντός της οπής. ....  | 119 |
| Εικόνα 4.44: Τα βήματα κατασκευής των πασσάλων. ....  | 119 |

Εικόνα 4.45: Γενικό σχέδιο πεζοδρομίου για μεγιστοποίηση περατών επιφανειών. .... 134

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

|   |     |
|---|-----|
| Σχήμα 1.1: Αριθμός αιφνίδιων καταστροφών 1900-2014.....   | 15  |
| Σχήμα 1.2: Συνολικός αριθμός νεκρών και πληγέντων από καταστροφές την περίοδο 1990-2013.....  | 15  |
| Σχήμα 1.3: Συνολικός αριθμός πληγέντων από καταστροφές το χρονικό διάστημα 1900-2014.....   | 16  |
| Σχήμα 1.4: Χαρακτηριστική διατομή κύριων αγωγών Ρέματος Ποδονίφτη.....  | 30  |
| Σχήμα 1.5: Διατομή σήραγγας εκτροπής του Ρέματος Ποδονίφτη.....   | 31  |
| Σχήμα 1.6: Απεικόνιση της διαδρομής του «Thames Tideway Tunnel».....  | 41  |
| Σχήμα 1.7: Ένωση κύριας σήραγγας με τους επιμέρους αγωγούς του «Thames Tideway Tunnel».....   | 41  |
| Σχήμα 2.1: Θέση έργου στο χάρτη της ευρύτερης περιοχής του Λεκανοπεδίου.....  | 46  |
| Σχήμα 2.2: Χάρτης της υπό εξέταση περιοχής.....   | 47  |
| Σχήμα 2.3: Οριζοντιογραφία οδού Λ. Κατσώνη (Τμήμα Α'). .....  | 61  |
| Σχήμα 2.4: Οριζοντιογραφία οδού Λ. Κατσώνη (Τμήμα Β')......   | 62  |
| Σχήμα 4.1: Τυπική διατομή υπάρχουσας κοίτης του ποταμού Κηφισού (τύπος Α'). .....   | 72  |
| Σχήμα 3.2: Τυπική διατομή υπάρχουσας κοίτης του ποταμού Κηφισού (τύπος Β'). .....   | 72  |
| Σχήμα 3.3: Επιμήκεις τομές του Κηφισού ποταμού και των έξι μεγαλύτερων παραποτάμων του.....   | 75  |
| Σχήμα 3.4: Τμήμα Γεωλογικού Χάρτη, Φύλλο Αθήναι- Ελευσίς, Κλίμακα 1:50000. ....   | 77  |
| Σχήμα 3.5: Απόσπασμα Υδρογεωλογικού Χάρτη της Αττικής.....  | 82  |
| Σχήμα 3.6: Διασταύρωση οδών Λ. Κατσώνη- Λευκωσίας- Βρυούλων του Δήμου Αγίων Αναργύρων.....  | 89  |
| Σχήμα 3.7: Κυκλοφοριακές κατευθύνσεις στον κόμβο Λ. Κατσώνη- Λευκωσίας- Βρυούλων.....   | 90  |
| Σχήμα 4.1: Περιοχή εξέτασης του έργου.....  | 93  |
| Σχήμα 4.2: Διατομή τελικής κοίτης του ποταμού Κηφισού, όταν το φρύδι του ανατολικού πρανούς είναι στο ίδιο ύψος με του δυτικού (τύπου Α')...... | 96  |
| Σχήμα 4.3: Διατομή τελικής κοίτης του ποταμού Κηφισού, όταν το φρύδι του ανατολικού πρανούς είναι υψηλότερα από του δυτικού (τύπου Β')......    | 97  |
| Σχήμα 4.4: Διατομή τελικής κοίτης του ποταμού Κηφισού σε περίπτωση τοπικής κατάρρευσης των πρανών, διατομή τύπο Γ'. .....                       | 98  |
| Σχήμα 4.5: Επιλογή τύπου διατομής ανά Χ. Θ. κατά μήκος της οριζοντιογραφίας του έργου.....  | 99  |
| Σχήμα 4.6: Διατομή υπάρχουσας κοίτης ποταμού Κηφισού, τύπος Α'. .....   | 122 |
| Σχήμα 4.7: Διατομή υπάρχουσας κοίτης ποταμού Κηφισού, τύπος Β'. .....   | 123 |
| Σχήμα 4.8: Διάτρηση οπών και κατασκευή πασσάλων στο «φρύδι» των πρανών, τύπος Α'. .....   | 123 |

|  |     |
|--|-----|
| Σχήμα 4.9: Διάτρηση οπών και κατασκευή πασσάλων στο «φρύδι» των πρανών, τύπος Β' .<br>.....                          | 124 |
| Σχήμα 4.10: Εκσκαφή πρανών και υποβίβαση εκσκαφής κατά 0,90 m, τύπος Α' . ....                                       | 125 |
| Σχήμα 4.11: Σταδιακή εκσκαφή ανατολικού πρανούς με τοποθέτηση αγκυρίων και τελική εκσκαφή κοίτης, τύπος Β' . ....    | 125 |
| Σχήμα 4.12: Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης και επιχωμάτωση του ανατολικού πρανούς στη διατομή τύπου Β' . ....         | 126 |
| Σχήμα 4.13: Τμηματική κατασκευή δίδυμης ορθογωνικής κοίτης στη διατομή τύπου Α' .<br>.....                           | 126 |
| Σχήμα 4.14: Τελική κατασκευή δίδυμης ορθογωνικής κοίτης, στη διατομή τύπου Α' . ...                                  | 127 |
| Σχήμα 4.15: Τελική κατασκευή δίδυμης ορθογωνικής κοίτης, στη διατομή τύπου Β' . ...                                  | 127 |
| Σχήμα 4.16: Κατασκευή πλάκας επικάλυψης και επίστρωση υπόβασης και τελικής στρώσης πυθμένα, διατομής τύπου Α' . .... | 128 |
| Σχήμα 4.17: Κατασκευή πλάκας επικάλυψης και επίστρωση υπόβασης και τελικής στρώσης πυθμένα, διατομής τύπου Β' . .... | 128 |
| Σχήμα 4.18: Κάτοψη δίδυμης κλειστής ορθογωνικής κοίτης ποταμού Κηφισού, διατομής τύπου Α' . ....                     | 129 |
| Σχήμα 4.19: Κάτοψη δίδυμης κλειστής ορθογωνικής κοίτης ποταμού Κηφισού, διατομής τύπου Β' . ....                     | 129 |
| Σχήμα 5.20: Περίπτωση Α' της επιφανειακής ανάπλασης της οδού Λ. Κατσώνη. ....  | 132 |
| Σχήμα 4.21: Περίπτωση Β' της επιφανειακής ανάπλασης της οδού Λ. Κατσώνη. ....  | 133 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

|  |     |
|--|-----|
| Πίνακας 1: Καταγραφή ζημιών, θανόντων και πληγέντων από καταστροφικές πλημμύρες και καταιγίδες στην Ελλάδα. .... | 20  |
| Πίνακας 2: Γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού των εδαφικών στρώσεων. ....   | 88  |
| Πίνακας 3: Κυκλοφοριακοί φόρτοι επί του κόμβου Λ. Κατσώνη- Λευκωσίας- Βρυούλων.<br>.....                         | 90  |
| Πίνακας 4: Εκτίμηση προϋπολογισμού του υπόγειου τμήματος του έργου. ....   | 140 |
| Πίνακας 5: Εκτίμηση προϋπολογισμού του επιφανειακού τμήματος του έργου. ....                                     | 142 |
| Πίνακας 6: Συνολική εκτίμηση του προϋπολογισμού του υπόγειου τμήματος της κατασκευής. ....                       | 143 |
| Πίνακας 7: Συνολική εκτίμηση του προϋπολογισμού του επιφανειακού τμήματος της κατασκευής. ....                   | 143 |
| Πίνακας 8: Χρονοδιάγραμμα εργασιών για μήκος 300 m, κατασκευή διατομής τύπου Α' .<br>.....                       | 146 |
| Πίνακας 9: Χρονοδιάγραμμα εργασιών για μήκος 300 m, κατασκευή διατομής τύπου Β' .<br>.....                       | 148 |

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**



# **1. ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗ – ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ**

## **1.1 Εισαγωγή**

Τη σημερινή εποχή ολοένα και περισσότερο δημιουργείται η ανάγκη για ανάπτυξη του υπόγειου χώρου πάνω στη γη. Ο πληθυσμός συνεχώς αυξάνεται και οι ανάγκες για επιπλέον έκταση είναι μεγαλύτερες. Τα φαινόμενα αστικοποίησης οδηγούν το σύγχρονο κόσμο, και ειδικά τις σύγχρονες μεγαλουπόλεις, σε συνθήκες ασφυξίας, με χαρακτηριστικό γνώρισμα την έλλειψη επιφανειακών χώρων για την κάλυψη ζωτικών λειτουργιών (χώρων κατοικίας, πρασίνου, αναψυχής κλπ.) και συνεπακόλουθο αποτέλεσμα τη σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας ζωής (Μαυρίκος, 2006). Το πρόβλημα αυτό ωθεί, ολοένα και περισσότερο, στην αξιοποίηση της τρίτης διάστασης, είτε αυτή είναι η οικοδόμηση κτιριακών εγκαταστάσεων μεγάλου ύψους, είτε η δημιουργία υπόγειων κατασκευών. Όπως φυσικά έχουμε διαπιστώσει, η πρώτη εναλλακτική λύση, έχει χρησιμοποιηθεί κατά κύριο λόγο, γι' αυτό έχει αρχίσει να εξαντλεί τη δυναμική της κυρίως στην κάλυψη οικιστικών αναγκών. Από την άλλη πλευρά, οι υπόγειοι χώροι είναι σε θέση να καλύψουν ένα ευρύ φάσμα αναγκών και να φιλοξενήσουν μια μεγάλη ποικιλία χρήσεων οι οποίες δεν είναι επιβεβλημένο ή αναγκαίο ή είναι ακόμα και ανεπιθύμητο να βρίσκονται στο επίπεδο του εδάφους (Sterling, 1997).

Γενικά, υπόγεια ανάπτυξη είναι η τάση που υποστηρίζει την εκμετάλλευση του υπόγειου χώρου με σκοπό την ικανοποίηση των σύγχρονων αναγκών. Παρόλο που η υπόγεια ανάπτυξη δεν είναι κάτι νέο, καθώς παραδείγματα υπόγειας ανάπτυξης μπορούν να αντληθούν από διάφορες περιόδους της ιστορίας, δίνεται η δυνατότητα εξέλιξης της επιστήμης των κατασκευών και της καινοτομίας σε τέτοιου είδους έργα. Σήμερα όμως η τάση αυτή εμφανίζεται πιο έντονη, σε ορισμένες μάλιστα κοινωνίες είναι συστηματική, ως αποτέλεσμα πολλών παραγόντων.

## **1.2 Ορισμός αστικοποίησης και υπογειοποίησης**

### **1.2.1 Αστικοποίηση**

#### **1.2.1.1 Ορισμός**

Αστικοποίηση είναι η τάση των ανθρώπων για μετακίνηση και συγκέντρωση από την ύπαιθρο στις πόλεις. Σήμερα πολλές πόλεις ξεπερνούν τα 10.000.000 σε όλες τις ηπείρους και πιστεύεται ότι το 2030 περισσότερο από το 60% του πληθυσμού θα ζει στις πόλεις.

Η αστικοποίηση παρατηρείται διεθνώς κυρίως σε χώρες με ραγδαία ακμάζουσα βιομηχανία, όταν συγχρόνως παραμελείται η υποδομή και το κυκλοφοριακό. Επίσης παρατηρείται σε χώρες όταν ο πόλεμος και ο εμφύλιος πόλεμος ερημώνει τις αγροτικές περιοχές. Σε αυτές τις περιπτώσεις παρατηρείται ξαφνική αύξηση του πληθυσμού ορισμένων πόλεων κυρίως στα προάστια με ανεξέλεγκτο και ραγδαίο ρυθμό (Βικιπαίδεια, ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια).

Η αστικοποίηση μπορεί να έχει εξίσου πολλές θετικές και αρνητικές συνέπειες σε μια χώρα. Θετικές γιατί αυξάνει τη βιομηχανική παραγωγή και βελτιώνει σταδιακά τις υπηρεσίες, και αρνητικές γιατί οι πόλεις είναι ένα τεχνητό περιβάλλον που αναγκάζει τους ανθρώπους να ζουν σε συνθήκες που ήταν τελείως άγνωστες στο παρελθόν (Βικιπαίδεια, ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια). Επιπλέον, η συγκέντρωση πολλών ανθρώπων σε μικρό χώρο ευνοεί τη ρύπανση του περιβάλλοντος, δυσκολεύει τις προσωπικές σχέσεις και προκαλεί παθολογικά κοινωνικά φαινόμενα, όπως είναι η αύξηση της εγκληματικότητας. Πολύ μεγάλο πρόβλημα είναι και η αύξηση του κόστους ζωής, γιατί η επιβίωση των πόλεων απαιτεί πολλά μεγάλα έργα (δρόμους, δίκτυα παροχής νερού και ενέργειας, συστήματα απομάκρυνσης σκουπιδιών, νοσοκομεία, σχολεία κ.τ.λ.) τα οποία χρειάζονται τεράστια κεφάλαια για να γίνουν (Καλιαμπάκος, Μαυρίκος 2006).

#### **1.2.1.2 Θετικές και αρνητικές συνέπειες της αστικοποίησης**

Όπως τα περισσότερα γεγονότα στη ζωή έχουν θετικές και αρνητικές συνέπειες, έτσι συμβαίνει και με την αστικοποίηση. Γενικά οι πόλεις θεωρούνται ως μέρη όπου ο καθένας θα μπορούσε να έχει μια καλύτερη ζωή, λόγω των καλύτερων ευκαιριών, των υψηλότερων μισθών, των καλύτερων υπηρεσιών και του καλύτερου τρόπου ζωής. Συνεπώς μία βασική θετική συνέπεια της αστικοποίησης είναι το γεγονός ότι οι κάτοικοι των πόλεων έχουν υψηλότερο εισόδημα από αυτούς που ζουν στην ύπαιθρο. Επίσης η αστικοποίηση ωφελεί την κοινωνία και τη χώρα καθώς η μετάβαση από τη χαμηλής παραγωγικότητας αγροτική εκμετάλλευση οδηγεί στη παραγωγή βιομηχανικών προϊόντων και υπηρεσιών υψηλής παραγωγικότητας. Επιπλέον οι πόλεις αποτελούν πυρήνα των επιχειρηματικών κέντρων, δίνοντας πολλές ευκαιρίες απασχόλησης, στοιχεία που ευνοούν την αύξηση της παραγωγής. Η συγκέντρωση πολλών μορφωμένων και δημιουργικών ανθρώπων σε μια πόλη σημαίνει με τη σειρά της την εφαρμογή νέων ιδεών που επιταχύνουν την ανάπτυξη. Επιπλέον η αστικοποίηση στο παρελθόν ωφέλησε και την ανάπτυξη της υπαίθρου. Οι άνθρωποι που μετακόμιζαν στις πόλεις συχνά έστελναν εμβάσματα σε συγγενείς τους που



ζούσαν σε πιο απομακρυσμένες περιοχές. Η ίδια η μετακίνηση προς την πόλη σήμαινε μείωση της ανεργίας αλλά και αύξηση των μισθών στην ύπαιθρο (Αραβαντινός, 2007).

Από την άλλη πλευρά όμως, η αστικοποίηση μπορεί να έχει και αρνητικές συνέπειες. Η διαδικασία αστικοποίησης αναφέρεται σε κάτι πολύ περισσότερο από απλή αύξηση του πληθυσμού. Περιλαμβάνει αλλαγές στην οικονομική, κοινωνική και πολιτική δομή της περιοχής. Η ταχεία αστική ανάπτυξη είναι υπεύθυνη για πολλές περιβαλλοντικές και κοινωνικές αλλαγές στο αστικό περιβάλλον και τα αποτελέσματά της συνδέονται στενά με παγκόσμια θέματα αλλαγής. Η ταχεία ανάπτυξη των πόλεων πιέζει την ικανότητα των κρατών να παρέχουν υπηρεσίες, όπως η ενέργεια, η εκπαίδευση, η υγειονομική περίθαλψη, οι μεταφορές, η υγιεινή και η σωματική ασφάλεια (Αραβαντινός, 2007). Έτσι, οι κυβερνήσεις πρέπει να δαπανήσουν “εκθετικά” ποσά για τις βασικές ανάγκες των πόλεων και την παροχή υπηρεσιών. Επιπλέον επιδείνωση της ποιότητας ζωής στις μητροπολιτικές περιοχές παρατηρείται σε παγκόσμια κλίμακα, κυρίως στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Επομένως η κρίση που μαστίζει τα αστικά κέντρα, η εμφάνιση μεγαλουπόλεων οι οποίες κρύβουν κινδύνους σε περίπτωση φυσικών καταστροφών, η ανεξέλεγκτη εξάπλωση παραγκουπόλεων στις παρυφές μεγάλων αστικών κέντρων πρόκειται για προβλήματα τα οποία θα ενταθούν ακόμη περισσότερο στο μέλλον (Γαλάνης Δ., Χαραλαμπίδου Β., «Το Βήμα», 2000).

Επίσης, παρά το επιχείρημα περί αύξησης των εισοδημάτων, η αστικοποίηση συνδέεται και με την αύξηση της φτώχειας στα αστικά κέντρα, με το ρυθμό αύξησης των φτωχών στα αστικά κέντρα να υπερβαίνει τον αντίστοιχο παγκόσμιο. Η αύξηση του πληθυσμού στις πόλεις αναπτυσσόμενων χωρών οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στον αριθμό νέων ανθρώπων. Ο συνδυασμός μικρής ηλικίας, φτώχειας και μειωμένων επαγγελματικών ευκαιριών οδηγεί σε αύξηση της εγκληματικότητας (Ντούνας Δ. κ. ά., 2015).

### **1.2.1.3 Η αστικοποίηση στην Ελλάδα**

Η Ελλάδα γνώρισε την έντονη αστικοποίηση χωρίς ουσιαστικά να περάσει από μια βιομηχανική επανάσταση. Όμως παρατηρήθηκε και εδώ σημαντική αύξηση αστικού πληθυσμού, ιδίως μετά τη μικρασιατική καταστροφή του 1922. Τότε 1,2 εκατομμύρια προσφύγων (Πολύζος, 1985) ζήτησαν στέγη στο χώρο των πόλεων. Το ρεύμα αυξήθηκε και από εσωτερικούς μετανάστες λόγω της υποβάθμισης των συνθηκών ζωής και εργασίας στην ύπαιθρο. Ωστόσο η πληθυσμιακή συσσώρευση στα αστικά κέντρα δε συνοδεύτηκε

από ανάλογη εξέλιξη της δομής και της οργάνωσης των διαφόρων τομέων της οικονομίας και από παράλληλη δημιουργία θέσεων απασχόλησης σ' αυτούς.

Εξαιρέση αποτέλεσε ο τριτογενής τομέας, του οποίου ωστόσο η ανάπτυξη μπορεί να χαρακτηριστεί σαν υπερτροφική και άνιση σε όφελος παρασιτικών απασχολήσεων. Έτσι η αστικοποίηση στη Ελλάδα εκδηλώθηκε και παρέμεινε απλώς σαν αύξηση της πληθυσμιακής συγκέντρωσης στο χώρο των πόλεων, χωρίς να συνοδεύεται από ουσιαστική αναδιοργάνωση και αναζωογόνηση του οικονομικού και παραγωγικού μηχανισμού. Γι' αυτό και εξακολουθούν να παρατηρούνται χαρακτηριστικά που συναντώνται σε κοινωνίες με προαστιακές δομές, όπως: επιμονή στη μικροεπένδυση στη γη, κεφαλαιακές συσσωρεύσεις με χαρακτήρα καταναλωτικό, υποτονικότητα των αμιγώς παραγωγικών τομέων (Αραβαντινός, 2007).

Βέβαια παρατηρώντας την Ελλάδα του σήμερα διαπιστώνουμε ότι η αστικοποίηση του παρελθόντος μόνο θετικές συνέπειες δεν είχε στην κοινωνία και στην οικονομία της χώρας. Λόγω της συνεχούς αύξησης του πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα, τελικά αποδυναμώθηκε ο αγροτικός ιστός με συνέπεια να έχουμε μείωση της αγροτικής παραγωγής και εγκατάλειψη των επαρχιακών πόλεων. Η υπερβολική αύξηση του πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα, σε συνδυασμό με τις οικονομικές ανατροπές που συνέβησαν, αύξησε την ανεργία και τις κακές συνθήκες διαβίωσης. Επιπλέον δημιουργήθηκαν χωροταξικά και περιβαλλοντικά προβλήματα, εφόσον δεν αποτράπηκε η άναρχη δόμηση που επικράτησε λόγω της ανάγκης για νέες κατοικίες και χώρους διασκέδασης και αναψυχής (Αραβαντινός, 2007).

### **1.2.2 Υπογειοποίηση**

Ως υπογειοποίηση μπορούμε να ορίσουμε τη διαδικασία όλων των τεχνικών κατασκευών που πραγματοποιούνται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Αυτές διανοίγονται σε βάθη που ποικίλουν από πολύ μικρά έως πολύ μεγάλα, πάνω ή κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα, με διαστάσεις και έκταση που κυμαίνεται αναλόγως τη χρήση τους και με διαφορετικού είδους τεχνικές αναλόγως το είδος της κατασκευής (Καλιαμπάκος, Μπενάρδος, 2010).

Συνήθως τα έργα αυτά διακρίνονται σε μεταλλευτικά και μη μεταλλευτικά υπόγεια έργα. Στα μεν πρώτα, δημιουργούνται κατασκευές με σκοπό την προσπέλαση και την απόληψη ενός κοιτάσματος, ενώ στα δεύτερα, η διάνοιξή τους αποτελεί τον κύριο σκοπό της κατασκευής. Αν και οι δύο αυτές βασικές κατηγορίες μοιράζονται κοινούς τύπους έργων

και κατασκευαστικές πρακτικές, παρόλα αυτά διαφέρουν στη φιλοσοφία τους για τη διατήρηση του υπόγειου ανοίγματος στο χρόνο. Συνεπώς, ενώ σε ένα μεταλλευτικό έργο σκοπός είναι να διατηρηθεί το έργο για το πεπερασμένο χρονικό διάστημα απόληξης του κοιτάσματος, σε ένα μη μεταλλευτικό υπόγειο έργο, η μόνιμη και ασφαλής παραμονή της κατασκευής σε λειτουργία είναι το ζητούμενο (Καλιαμπάκος, 2003).

### **1.2.2.1 Ανάπτυξη του υπόγειου χώρου**

Η σημασία των υπογείων έργων είναι κάτι που δε μπορεί να αμφισβητηθεί. Το μεγάλο ζήτημα που προκύπτει είναι το κόστος κατασκευής, καθώς σε σύγκριση με τα επιφανειακά έργα παρουσιάζεται αυξημένο τις περισσότερες φορές. Σε αυτό βέβαια, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα οφέλη που προκύπτουν και κυρίως τα περιβαλλοντικά. Ο συνυπολογισμός του εξωτερικού κόστους (περιβαλλοντικού κόστους) σε μια ανάλυση κόστους – οφέλους (cost- benefit) μπορεί να αντιστρέψει την κατάσταση και να δείξει ότι η υιοθέτηση υπόγειων λύσεων πολλές φορές είναι πιο οικονομική (Καλιαμπάκος, Μπενάρδος, 2016).

Ακόμα και αν αυτό δε συμβαίνει, οι υπόγειες κατασκευές θέτουν υποψηφιότητα και έχουν βάσιμες ελπίδες να γίνουν οι πιο αποδεκτές λύσεις για τη μελλοντική ανάπτυξη και τη δημιουργία των έργων υποδομής, ιδιαίτερα στο επιβαρημένο αστικό περιβάλλον, αφού έχουν αποδείξει τη μεγάλη τους ικανότητα στη λύση των προβλημάτων, με παράλληλη επίτευξη υψηλής περιβαλλοντικής προστασίας (Καλιαμπάκος, Μπενάρδος, 2010).

Ο πληθυσμός των πόλεων αυξάνεται με ταχύτερους ρυθμούς από τον ρυθμό ανάπτυξης των υποδομών των πόλεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης στην επιφάνεια. Σε αυτή την περίπτωση το κόστος του οποιουδήποτε διαθέσιμου χώρου στην επιφάνεια γίνεται αρκετά υψηλό. Με την αύξηση του πληθυσμού χρειάζονται τεράστιες υποδομές με τη μορφή μεταφοράς, αποθήκευσης, κατοικίας καταστημάτων, χώρων στάθμευσης, κλπ. Τα προβλήματα των αναπτυσσόμενων χωρών, επηρεάζουν ολόκληρη την υφήλιο, τόσο ως ανθρωπιστικά ζητήματα όσο και σε πρακτικά ζητήματα, όπως τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα και η πολιτική αστάθεια (Μπενάρδος, 2002).

## 1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υπογειοποίησης

### 1.3.1 Πλεονεκτήματα υπόγειων χώρων

Τα πλεονεκτήματα που έχουν τα υπόγεια έργα σε σύγκριση με τα υπέργεια, είναι αρκετά και ποικίλουν ανάλογα την περιοχή και το έργο. Πλεονεκτήματα από την κατασκευή υπόγειων έργων είναι (Πάνου κ. ά, 2005):

- Εξοικονόμηση χώρου: Η χρήση του υπογείου χώρου είναι απαραίτητη εξαιτίας της έλλειψης χώρου στην επιφάνεια. Από την άλλη μεριά, στους υπόγειους χώρους υπάρχει υψηλή διαθεσιμότητα χώρου. Έτσι μπορεί να χτιστεί μια εγκατάσταση υπόγεια, όπως ένας υπόγειος χώρος στάθμευσης (Εικόνα 1.1), η οποία είτε καταλαμβάνει μεγάλο χώρο στην επιφάνεια είτε δεν είναι αποδεκτή από την κοινότητα.



Εικόνα 1.1: Υπόγειος χώρος στάθμευσης, κεντρικής πλατείας των Ιωαννίνων.

- Κλιματική απομόνωση: Ο υπόγειος χώρος παρέχει απομόνωση από όλα τα κλίματα, γι' αυτό το λόγο αρκετές κατοικίες κατασκευάζονται υπόγεια (Εικόνα 1.2). Η θερμοκρασία στο εσωτερικό του εδάφους ή βράχου προσφέρει ένα μέτριο και πιο ομοιόμορφο περιβάλλον σε σύγκριση με τις ακραίες θερμοκρασίες στην επιφάνεια της γης.



**Εικόνα 1.2: Υπόγειο ξενοδοχείο στη Ν. Αυστραλία.**

- Συγκοινωνιακά οφέλη: Με τις υπογειοποιήσεις αποφορτίζεται κυκλοφοριακά η περιοχή και έτσι γίνονται πιο γρήγορα και πιο εύκολα οι μετακινήσεις. Το μετρό (Εικόνα 1.3) για παράδειγμα έχει πολυδιάστατο ρόλο καθώς όχι μόνο βοηθάει στην μεταφορά, αλλά παράλληλα δεν επιβαρύνει την κυκλοφορία, καθώς είναι υπόγειο.



**Εικόνα 1.3: Μετρό Ρωσίας, στάση Novokuznetskaya.**



- Προστασία από φυσικές καταστροφές και σεισμούς: Οι υπόγειες κατασκευές έχουν φυσική προστασία από τα καιρικά φαινόμενα (τυφώνες, ανεμοστρόβιλοι κτλ). Επίσης μπορούν να προστατευτούν από σεισμούς ευκολότερα. Επηρεάζονται λιγότερο από τα επιφανειακά σεισμικά κύματα, όπως είχε παρατηρηθεί παλαιότερα στο Σαν Φρανσίσκο.
- Αντιπλημμυρική προστασία: Η κατασκευή υπόγειων έργων σε περιπτώσεις ποταμών και λιμνών αντιμετωπίζει υπερχειλίσεις και καταστροφές λόγω έντονων πλημμυρικών φαινομένων.
- Περιορισμός οχλήσεων και επικίνδυνων υλικών: Εξαιτίας της απομόνωσης υπάρχει προστασία από θορύβους και δονήσεις καθώς δε γίνονται αντιληπτοί λόγω του βάθους, αν προέρχονται από την επιφάνεια ή είναι κοντά σε αυτήν. Επίσης εξασφαλίζεται η προστασία της επιφάνειας από τις οχλήσεις και τους κινδύνους που δημιουργούνται από κάποιες εγκαταστάσεις, όπως αποθήκευση επικίνδυνων υλικών και επικίνδυνες διαδικασίες (Sterling, Godard, 2001) (Εικόνα 1.4). Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν την αποθήκευση των πυρηνικών αποβλήτων μακριά από την ανθρώπινη δραστηριότητα και ενδεχομένως ακόμη και επικίνδυνες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, όπως πυρηνικοί αντιδραστήρες.



**Εικόνα 1.4: Υπόγειος χώρος Αποθήκευσης Επικίνδυνων Αποβλήτων στο Λαύριο.**

- Προσπέλαση: Σε ορεινές περιοχές η χρήση των σηράγγων βοηθάει στις μεταφορές είτε με δρόμους είτε με σιδηροδρομικές γραμμές. Οι σήραγγες είναι μια καλή επιλογή και για προσπέλαση σε θάλασσες και ποτάμια (Εικόνα 1.5).



Εικόνα 1.5: Σήραγγα Maijishan στην περιοχή Baoji Maijishan Tianshui της Κίνας.

- Ασφάλεια: Το κύριο πλεονέκτημα της ασφάλειας για τους υπόγειους χώρου είναι ότι τα σημεία πρόσβασης είναι γενικά περιορισμένα και εύκολα εξασφαλισμένα.
- Οπτικά: Ένα πλήρως ή εν μέρει υπόγειο έργο έχει μικρότερο οπτικό αντίκτυπο από ένα αντίστοιχο επιφανειακό. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να «κρυφτούν» μεγάλες μη ελκυστικές εγκαταστάσεις σε ευαίσθητες περιοχές ή όταν βρίσκονται κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Έτσι διατηρείται ανεπηρέαστο το φυσικό τοπίο.
- Κοινωνικά οφέλη: Οι πόλεις που είναι ικανές να λειτουργούν τόσο σε κοινωνικό όσο και σε περιβαλλοντικό επίπεδο είναι οι πλέον κατάλληλες για κατοίκηση.
- Οικολογία: Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι υπόγειες κατασκευές βοηθούν στη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος. Η ζωή των φυτών, οι συνήθειες και τα περάματα των ζώων και γενικότερα όλος ο οικολογικός κύκλος επηρεάζεται λιγότερο αν ένα έργο γίνεται υπόγεια από ότι υπέργεια.

- Προστασία υδάτων & υγεία ανθρώπων: Με την κατασκευή υπόγειων υδρευτικών έργων, όπως υπόγειοι ταμιευτήρες νερού, σε αντίθεση με τις ανοικτές δεξαμενές πόσιμου νερού, το πόσιμο νερό προστατεύεται από την επίδραση του ήλιου και τη μόλυνση από επιφανειακά ρέοντα νερά ή από υπόγεια, ιδιαίτερα σε περιοχές κοντά σε μεγάλα αστικά κέντρα. Γι αυτό το λόγο σε πολλές χώρες για λόγους υγιεινής έχει γίνει πια υποχρεωτική η αποθήκευση μόνο σε κλειστές δεξαμενές.
- Περιβαλλοντικά οφέλη- πράσινοι χώροι: Οι υπόγειοι χώροι προσφέρουν ανάπτυξη φιλική προς το περιβάλλον. Με τις υπόγειες κατασκευές υπάρχει η δυνατότητα για αστική ανάπτυξη στην επιφάνεια, καθώς ο χώρος από πάνω μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλες χρήσεις (Εικόνα 1.6).



**Εικόνα 1.6:** Επιφανειακή ανάπλαση αυτοκινητόδρομου Madrid Calle 30 στη Μαδρίτη.

- Κόστος γης: Στα υπόγεια έργα υπάρχει μειωμένο αρχικό κόστος για την αγορά γης σε σχέση με το αντίστοιχο επιφανειακό έργο. Το κόστος του οικοπέδου είναι ένα βασικό ζήτημα για τα υπέργεια έργα ιδιαίτερα αν αυτά γίνονται σε περιοχές με υψηλό κόστος γης.
- Εξοικονόμηση ενέργειας: Τα ενεργειακά πλεονεκτήματα των υπόγειων κατασκευών συνήθως μεταφράζονται σε μείωση του κόστους της ενέργειας κατά τη λειτουργία τους. Αν και το κόστος για εξαερισμό και φωτισμό μπορεί να αυξηθούν, τα θερμικά οφέλη υπερτερούν σε μέτρια έως ευρεία κλίμακα.



- Χαμηλό κόστος συντήρησης: Τα υπόγεια έργα υπερτερούν έναντι των επιφανειακών στο κόστος της συντήρησής τους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν επηρεάζονται από τα εξωτερικά φαινόμενα λόγω της απομόνωσής τους.
- Χαμηλό κόστος αντικατάστασης: Όπως αναφέρθηκε παραπάνω τα υπόγεια έργα αντέχουν περισσότερο από τα αντίστοιχα επιφανειακά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι κάποιες σήραγγες σιδηροδρόμων που χρησιμοποιούνται πάνω από 100 χρόνια.

### **1.3.2 Μειονεκτήματα υπόγειων έργων**

Αντιθέτως όμως, όπως κάθε κατασκευή, έτσι και τα υπόγεια έργα παρουσιάζουν ορισμένα μειονεκτήματα έναντι των επιφανειακών έργων. Τα κύρια εκ των οποίων είναι τα παρακάτω:

- Υψηλό κόστος αρχικής επένδυσης: Η δημιουργία υπόγειων έργων απαιτεί υψηλές αρχικές επενδύσεις. Τα εξειδικευμένα εργαλεία και το υψηλό επίπεδο των πόρων που δεσμεύονται, δημιουργούν μια ιδιαίτερη σχέση οικονομικού κινδύνου του εγχειρήματος, σε συνδυασμό με το υψηλό βαθμό αβεβαιότητας που πολλές φορές υπεισέρχεται στην κατασκευή. Επιπλέον, η συχνή αντιπαράθεση για θέματα συμβάσεων και απαιτήσεων μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών (κύριος έργου – κατασκευαστής) δρουν σε ένα βαθμό ανασταλτικά για την πραγματοποίηση έργων, τουλάχιστον σε δύσκολες ή ασαφείς γεωλογικές συνθήκες.
- Τεχνικά & Λειτουργικά: Υπάρχει η πιθανότητα να προκύψουν προβλήματα στη διάταξη των προσπελαστικών έργων και των επιφανειακών συνδέσεων. Επίσης, είναι πιθανή η ύπαρξη δυσμενών και απρόβλεπτων γεωτεχνικών και γεωλογικών συνθηκών, που μπορεί να προκύψουν κατά την εξέλιξη του έργου. Τότε θα πρέπει να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα.

Αβεβαιότητα: Κατά την κατασκευή των υπογείων έργων δημιουργείται μια αβεβαιότητα για την ολοκλήρωση του έργου. Αυτό οφείλεται στις μεγάλες επενδύσεις που γίνονται, στο μεγάλο χρόνο κατασκευής τους αλλά και όπως αναφέρθηκε παραπάνω και στις αντιπαραθέσεις που μπορεί να προκύψουν στα θέματα των συμβάσεων.

- Κοινωνικά: Σε αυτή την κατηγορία έχει μεγάλη σημασία ο ανθρώπινος παράγοντας και ιδιαίτερα η ανθρώπινη ψυχολογία. Οι ψυχολογικοί παράγοντες, οι φοβίες και

οι αμφιβολίες των ανθρώπων για τη λειτουργία ενός υπόγειου, κλειστού χώρου, αν και μπορεί να φαντάζει ως ένα σχετικά μικρό ζήτημα το οποίο μπορεί να αντιμετωπιστεί, πολλές φορές μπορεί να δράσει ως ο πιο αποφασιστικός ανασταλτικός παράγοντας για τη δημιουργία ενός υπόγειου έργου, καθώς απειλεί την οικονομική του βιωσιμότητα.

## **1.4 Φυσικές καταστροφές εντός και εκτός Ελλαδικού χώρου**

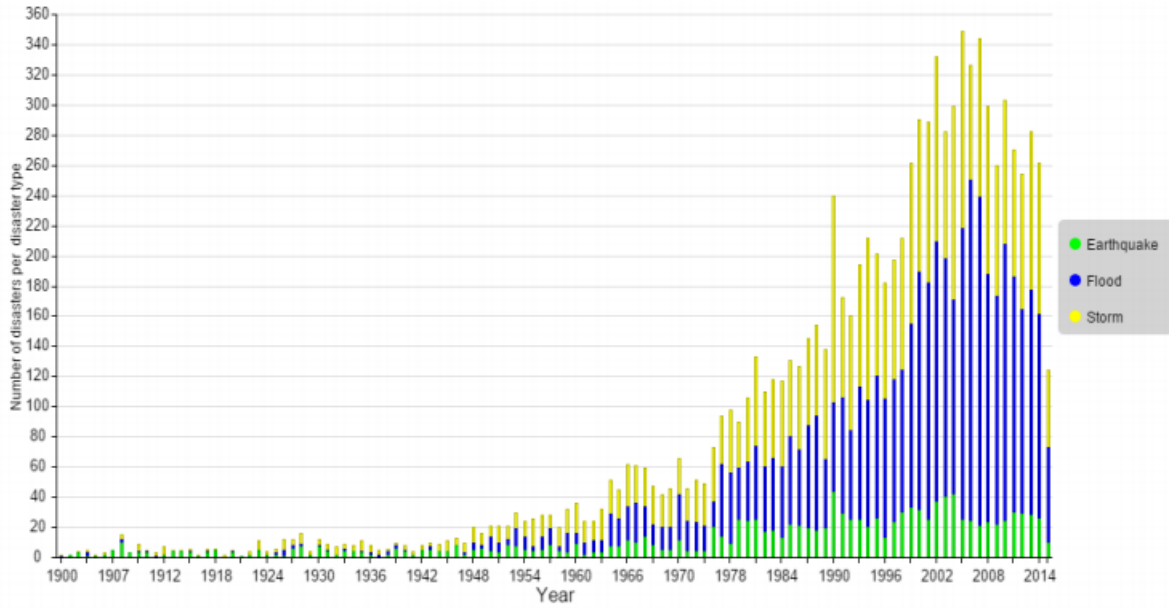
### **1.4.1 Εισαγωγή**

Οι φυσικές καταστροφές είναι ένα φαινόμενο το οποίο πλήττει τον κόσμο από το παρελθόν. Ο κατακλυσμός του Νώε και άλλες φυσικές καταστροφές χρονολογούνται από τότε που ο άνθρωπος προσπαθούσε να προσαρμοστεί στο φυσικό περιβάλλον και να «δαμάσει» τη δύναμη της φύσης. Βέβαια όπως η ιστορία μας έχει διδάξει αυτό είναι εν μέρει ακατόρθωτο, και αποδεικνύεται από τα καταστρεπτικά φυσικά γεγονότα που συμβαίνουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα (Σαπουντζάκη, Δανδουλάκη, 2015).

Στην εποχή μας όπου επικρατούν έντονες κλιματικές αλλαγές στον πλανήτη Γη, οι φυσικές καταστροφές που συμβαίνουν, αναδεικνύονται σε σύγχρονη μάστιγα και τροχοπέδη για την ανάπτυξη. Οι επιπτώσεις τους είναι τεράστιες και παρουσιάζονται συνεχώς σε μεγαλύτερες χωρικές κλίμακες, γεγονός πρωτόγνωρο για τα Ινστιτούτα Περιβαλλοντικών Μελετών. Για παράδειγμα οι ερευνητές του Αμερικανικού Ινστιτούτου Έρευνας σε θέματα Περιβάλλοντος (World Watch Institute) αναφέρουν ότι για πρώτη φορά στην ιστορία, περισσότεροι άνθρωποι χάνονται από φυσικές καταστροφές παρά από πολέμους και επιδημίες (WorldWatch Institute, 2001).

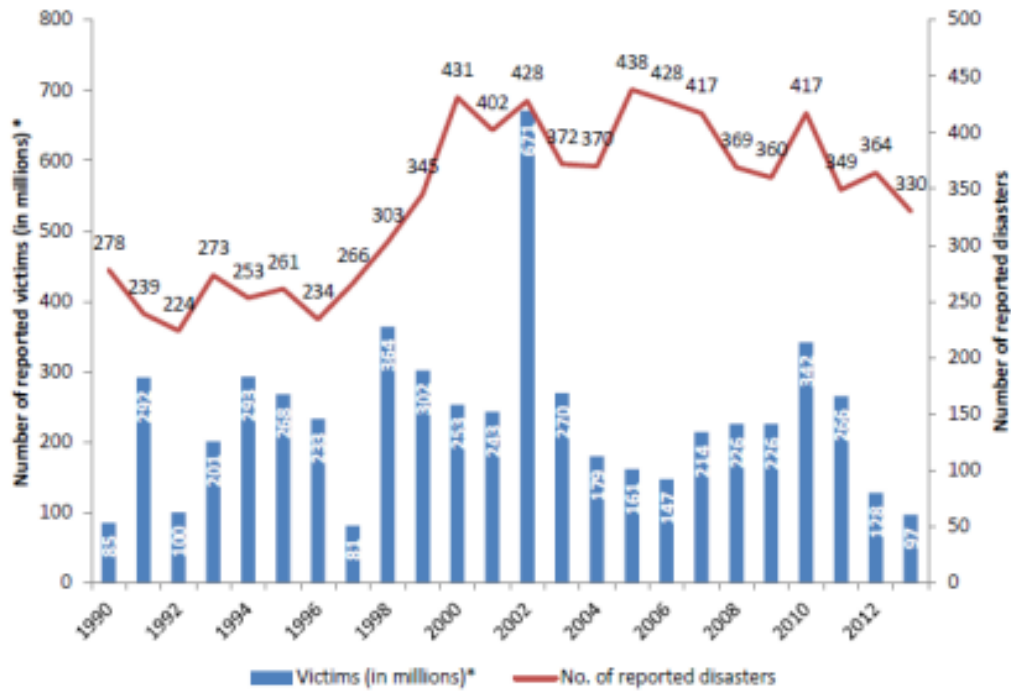
Η προστασία και θωράκιση των κοινοτήτων από τις φυσικές καταστροφές αποτελεί πλέον θέμα μείζονος σημασίας όλων των διεθνών οργανισμών, προκειμένου να δημιουργήσουν έναν «ασφαλέστερο» κόσμο. Κύριο μέλημα κάθε χώρας είναι να προστατεύει τους ανθρώπους, τις υποδομές της, και τους εθνικούς, κοινωνικούς και οικονομικούς πόρους της από τον αντίκτυπο των καταστροφών.

Οι πληροφορίες που παρέχει η παγκόσμια βάση δεδομένων EM-DAT και Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), δίνουν μια σαφή εικόνα για τη διαχρονική και χωρική εξέλιξη (ως προς την ένταση, το μέγεθος και τις επιπτώσεις) των καταστροφών. Το Σχήμα 1.1 που ακολουθεί, παρουσιάζει τον αριθμό των αιφνίδιων καταστροφών για την περίοδο 1900-2014 και παρατηρείται σημαντική αύξηση τα τελευταία 20 χρόνια.



Σχήμα 1.1: Αριθμός αιφνίδιων καταστροφών 1900-2014.

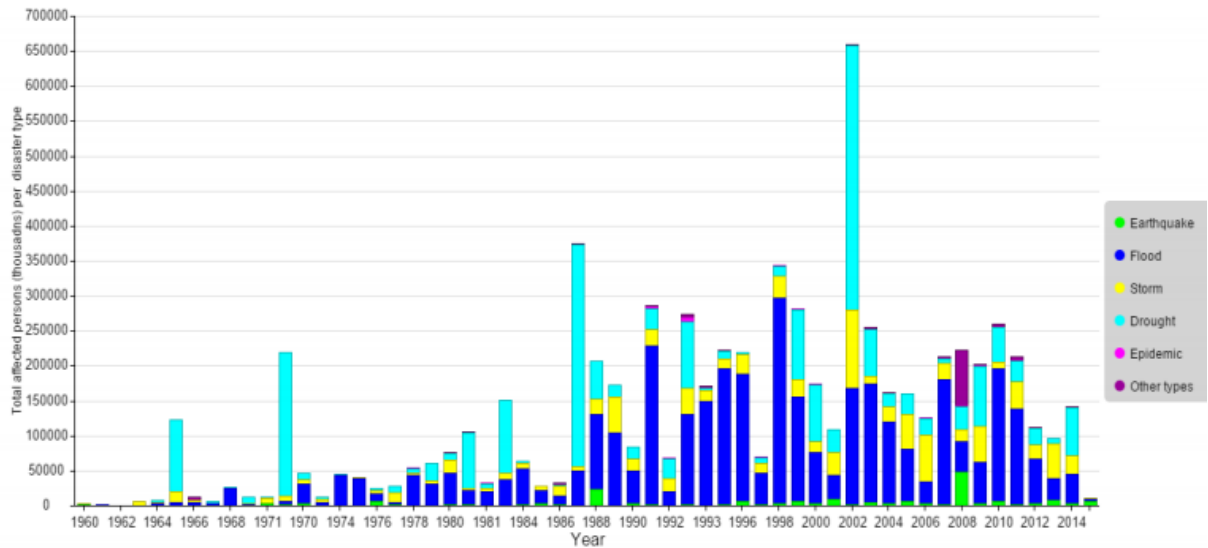
ΠΗΓΗ: EM-DAT, The International Disaster Database.



Με μπλε ο αριθμός των θανάτων(σε εκατομμύρια) και με κόκκινο ο αριθμός των καταστροφών.

Σχήμα 1.2: Συνολικός αριθμός νεκρών και πληγέντων από καταστροφές την περίοδο 1990-2013.

ΠΗΓΗ: Annual Disaster Statistical Review 2013, Guha-Sapir et al., 2014.



Σχήμα 1.3: Συνολικός αριθμός πληγέντων από καταστροφές το χρονικό διάστημα 1900-2014.

ΠΗΓΗ: EM-DAT, The International Disaster Database.

Το Σχήμα 1.2 αποτυπώνει τον αριθμό των νεκρών από καταστροφές σε σχέση με τον αριθμό των καταστροφών, όμως υπάρχει δυσκολία μιας προφανούς συσχέτισης των δύο. Βέβαια παρατηρείται μία σχετική μείωση των θανάτων παρόλο που οι καταστροφές συνεχίζονται και πιθανόν να οφείλεται στη βελτίωση των μέτρων προστασίας. Το Σχήμα 1.3 απεικονίζει τον αριθμό των πληγέντων από διάφορες κατηγορίες καταστροφών. Είναι φανερό όμως ότι οι καταστροφές που σχετίζονται με τον καιρό και το κλίμα επηρεάζουν συντριπτικά μεγαλύτερο αριθμό ανθρώπων.

Λόγω λοιπόν των κλιματικών αλλαγών, και όχι μόνο, που επικρατούν στον πλανήτη Γη, τα ακραία φυσικά φαινόμενα που δημιουργούνται και πλήττουν όλο τον κόσμο είναι οι σεισμοί, οι πυρκαγιές, οι κατολισθήσεις, οι ηφαιστειακές εκρήξεις, οι πλημμύρες και τα έντονα καιρικά φαινόμενα (καταιγίδες, τυφώνες, παλιρροιακό κύμα, καύσωνας, δριμύ ψύχος, ξηρασία). Η φυσική καταστροφή που θα μας απασχολήσει παρακάτω είναι οι πλημμύρες.

## 1.4.2 Πλημμύρες

### 1.4.2.1 Ορισμός

Ως πλημμύρα ορίζεται η υπερχειλίση επιπλέον νερού, που καλύπτει τη ξηρά. Η οδηγία της ΕΕ (2007/60/ΕΚ) για τις πλημμύρες ορίζει μια πλημμύρα ως προσωρινή κάλυψη από νερό εδάφους το οποίο υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν καλύπτεται από νερό. Κατά την έννοια του «ρέοντος νερού», ο όρος πλημμύρα μπορεί επίσης να εφαρμοστεί στην εισροή της

παλίρροιας. Οι πλημμύρες μπορεί να προκύψουν από τον όγκο νερού μέσα σε ένα σώμα ύδατος, όπως ένα ποτάμι ή λίμνη, η οποία υπερχειλίζει ή σπάει τα αναχώματα, με αποτέλεσμα το νερό να διαφύγει από τα συνήθη όριά του. Αντιθέτως, το μέγεθος της λίμνης ή άλλου φορέα του νερού που ποικίλλει ανάλογα με τις εποχιακές αλλαγές στις βροχοπτώσεις και στα χιόνια που λιώνουν, δεν είναι μια σημαντική πλημμύρα, εκτός αν πρόκειται για ραγδαίες βροχοπτώσεις και ισχυρές καταιγίδες, των οποίων οι διαρροές νερού θέσουν σε κίνδυνο τις εκτάσεις που χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο, όπως ένα χωριό, μια πόλη ή άλλη κατοικημένη περιοχή (ΟΔΗΓΙΑ 2007/60/ΕΚ).

Οι πλημμύρες μπορεί να εμφανιστούν στα ποτάμια, όταν ροή υπερβαίνει την χωρητικότητα του καναλιού του ποταμού, ιδίως σε στροφές ή μαιάνδρους. Οι πλημμύρες συχνά προκαλούν ζημιές σε σπίτια και επιχειρήσεις, εφόσον έχουν τοποθετηθεί σε φυσικές περιοχές κατακλυσμού των ποταμών. Ενώ οι ζημιές από τις πλημμύρες μπορεί να έχουν σχεδόν εξαιρεθεί με την απομάκρυνση του ανθρώπου από τους ποταμούς και άλλους φορείς του νερού, ωστόσο ανέκαθεν οι άνθρωποι έχουν ζήσει και εργαστεί κοντά στο νερό για να αναζητήσουν τροφή και να αξιοποιήσουν τα οφέλη της φθηνής και εύκολης μετακίνησης και το εμπόριο, με το να είναι κοντά στο νερό. Το γεγονός ότι οι άνθρωποι συνεχίζουν να κατοικούν περιοχές που απειλούνται με ζημιές από πλημμύρες, είναι απόδειξη ότι η αξία του να ζουν κοντά στο νερό υπερβαίνει το κόστος των επαναλαμβανόμενων περιοδικών πλημμυρών (ΟΔΗΓΙΑ 2007/60/ΕΚ).

Βέβαια στη σημερινή εποχή συναντώνται τέτοιου είδους φαινόμενα σε αστικές περιοχές όπου το φαινόμενο είναι αυξημένο λόγω της αστικοποίησης και της εκτεταμένης ανοικοδόμησης. Όλα αυτά συντελούν στην όξυνση του φαινομένου που έχουν ως συνέπεια υλικές ζημιές στις περιουσίες των κατοίκων, καταστροφές στα οδικά δίκτυα και γενικά στα δημόσια τεχνικά έργα, αλλά ακόμα και απώλειες ανθρώπινων ζώων μερικές φορές.

#### **1.4.2.2 Αιτίες και Επιπτώσεις των πλημμυρών**

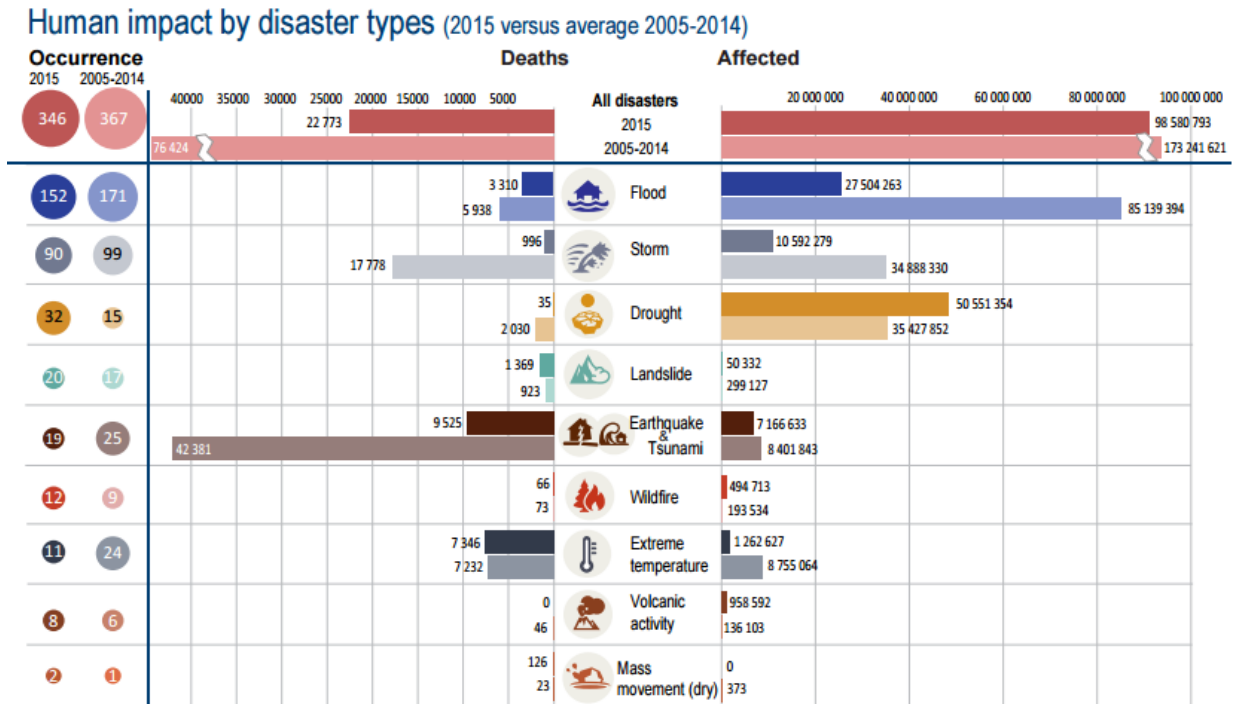
Γενικά οι πλημμύρες αποτελούν τη δεύτερη πιο συχνή φυσική καταστροφή, μετά τις δασικές πυρκαγιές. Η πλημμύρα από φυσικά αίτια είτε παρουσιάζει βραδεία εξέλιξη είτε ανήκει στην κατηγορία της ξαφνικής πλημμύρας, που είναι και το πιο συνηθισμένο φαινόμενο στην Ελλάδα. Στον Ελληνικό χώρο οι πλημμύρες οφείλονται σε καταρρακτώδεις βροχές, που συνοδεύουν τη διέλευση υφέσεων (Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας).

Η ξαφνική πλημμύρα είναι το αποτέλεσμα ατμοσφαιρικών διαταραχών, που συνοδεύονται από ραγδαίες βροχοπτώσεις, με μεγάλα ποσά βροχής σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι ξαφνικές πλημμύρες προκαλούνται από καταιγίδες που κινούνται αργά ή κινούνται πάνω από την ίδια περιοχή. Στη ζώνη των τροπικών προκαλούνται επίσης από τυφώνες ή τροπικούς κυκλώνες. Πολλοί παράγοντες συνηγορούν σε μία ξαφνική πλημμύρα, όπως: η ένταση της βροχής και η διάρκεια της, η τοπογραφία, οι συνθήκες του εδάφους, η φυτοκάλυψη, η καταστροφή των δασών καθώς και η αστικοποίηση.

Οι ξαφνικές πλημμύρες εμφανίζονται σε μικρό χρονικό διάστημα λίγων ωρών ή λιγότερο και έχουν σαν αποτέλεσμα ταχεία ύψωση νερού, το οποίο στο πέρασμα του μπορεί να προκαλέσει μεγάλες καταστροφές σε κατασκευές, όπως κτίρια, γέφυρες κλπ, να παρασύρει αυτοκίνητα, να ξεριζώσει δέντρα κ. α. Οι πλημμύρες, που έχουν σαν αίτιο τις βροχοπτώσεις, μπορεί να προκαλέσουν καταστροφικές κατολισθήσεις εδαφών (λασποροές- mud slides). Τα περισσότερα θύματα εξαιτίας πλημμυρών προέρχονται από τις ξαφνικές πλημμύρες (Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας).

Ένα σπανιότερα εμφανιζόμενο είδος πλημμύρας στην Ελλάδα, αλλά πολύ συχνό σε χώρες της Ασίας και της Αμερικής, είναι η παράκτια πλημμύρα, η οποία εμφανίζεται στις παράκτιες περιοχές λόγω του κυματισμού της θάλασσας ή μιας μεγάλης λίμνης. Ο κυματισμός προκαλείται συνήθως από τους ισχυρούς ανέμους που πνέουν στην περιοχή, ενώ σπάνια μπορεί να εμφανιστούν και θαλάσσια κύματα βαρύτητας (Tsunami). Διαδίδονται στην επιφάνεια της θάλασσας με ταχύτητα η οποία εξαρτάται από το πάχος του νερού της θάλασσας και είναι της τάξης των 200 m/sec. Κατά τη διάδοσή τους μεταφέρουν σημαντικές ποσότητες νερού από το χώρο γένεσής τους σε άλλους χώρους. Τα μεγαλύτερα θαλάσσια κύματα βαρύτητας προκαλούν σημαντικές καταστροφές και γίνονται αισθητά σε πολύ μεγάλες αποστάσεις.

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της βάσης δεδομένων φυσικών καταστροφών EM-DAT (Εικόνα 1.7) παρατηρείται ότι τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης φυσικών καταστροφών έχουν οι πλημμύρες, στη συνέχεια οι καταιγίδες και οι σεισμοί, και έπειτα ακολουθούν οι υπόλοιπες φυσικές καταστροφές. Όσον αφορά στις επιπτώσεις που προκύπτουν οι πλημμύρες βρίσκονται στην κορυφή των φυσικών καταστροφών, ενώ στη δεύτερη βρίσκεται η ξηρασία και έπειτα οι καταιγίδες. Τέλος διαπιστώνεται ότι οι καταιγίδες και οι πλημμύρες βρίσκονται τρίτες στη σειρά κατάταξης των θανάτων, με καθόλου ασήμαντες τιμές.



Εικόνα 1.7: Παγκόσμιος στατιστικός πίνακας ανθρώπινων επιπτώσεων λόγω φυσικών καταστροφών.

ΠΗΓΗ: EM-DAT, The International Disaster Database., 25 Ιανουαρίου 2016.

Σύμφωνα με τα στατιστικά δεδομένα της παγκόσμιας βάσης δεδομένων EM-DAT προκύπτει ο παρακάτω Πίνακας 1 που αφορά στον Ελλαδικό χώρο και στις ανθρώπινες και υλικές απώλειες που έχουν καταγραφεί κατά τη διάρκεια πλημμυρών και καταιγίδων των τελευταίων ετών. Παρατηρείται ότι αισίως τα τελευταία χρόνια το σύνολο των θανάτων έχει μειωθεί συγκριτικά με το παρελθόν, παρόλα αυτά το πλήθος αυτών που πλήττονται από αυτές τις καταστροφές παραμένει μεγάλο. Επιπλέον, διαπιστώνεται ότι τα τελευταία 15 περίπου χρόνια συμβαίνουν τέτοιου είδους καταστροφές σχεδόν κάθε χρόνο, ενώ στο παρελθόν συνέβαιναν πιο σπάνια. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι έχει μειωθεί η περίοδος επαναφοράς των φαινομένων. Τέλος, παρατηρείται ότι το κόστος των ζημιών κατά τη διάρκεια των ισχυρότερων φαινομένων ανήλθε στο ύψος μερικών εκατομμυρίων δολαρίων.

**Πίνακας 1: Καταγραφή ζημιών, θανάτων και πληγέντων από καταστροφικές πλημμύρες και καταγίδες στην Ελλάδα.**

| Έτος | Τύπος Καταστροφής | Συμβάν | Σύνολο θανάτων | Τραυματίες | Σύνολο Προσβεβλημένων | Σύνολο ζημιών (.000 \$) |
|------|-------------------|--------|----------------|------------|-----------------------|-------------------------|
| 1930 | Καταγίδα          | 1      | 22             |            |                       |                         |
| 1961 | Καταγίδα          | 1      | 43             |            |                       |                         |
| 1977 | Πλημμύρα          | 1      | 27             |            | 1600                  | 28000                   |
| 1979 | Πλημμύρα          | 1      | 15             |            |                       |                         |
| 1987 | Καταγίδα          | 1      | 48             |            |                       | 350000                  |
| 1990 | Καταγίδα          | 1      | 3              |            |                       |                         |
| 1994 | Πλημμύρα          | 1      | 14             |            | 1000                  | 437700                  |
| 1997 | Πλημμύρα          | 1      | 9              |            |                       | 160000                  |
| 1998 | Πλημμύρα          | 1      | 3              |            | 900                   |                         |
| 2000 | Πλημμύρα          | 2      | 1              |            | 6600                  |                         |
| 2001 | Πλημμύρα          | 2      | 11             |            | 1050                  |                         |
| 2002 | Πλημμύρα          | 4      |                |            | 390                   |                         |
| 2002 | Καταγίδα          | 1      | 2              | 12         | 12                    |                         |
| 2003 | Πλημμύρα          | 3      |                |            | 450                   | 600000                  |
| 2004 | Καταγίδα          | 2      |                |            |                       | 340000                  |
| 2006 | Πλημμύρα          | 2      | 1              |            | 3090                  | 5659                    |
| 2006 | Καταγίδα          | 1      | 3              |            | 600                   |                         |
| 2007 | Πλημμύρα          | 1      | 2              |            | 600                   |                         |
| 2010 | Πλημμύρα          | 1      | 1              |            | 150                   |                         |
| 2012 | Πλημμύρα          | 1      | 1              |            | 200                   |                         |
| 2014 | Πλημμύρα          | 1      |                |            |                       |                         |
| 2015 | Πλημμύρα          | 2      | 3              |            | 500                   |                         |
| 2016 | Πλημμύρα          | 1      | 4              |            | 200                   | 56000                   |

ΠΗΓΗ: EM-DAT, The International Disaster Database, 19/12/2016.

### 1.5 Υπόγεια ανάπτυξη για αντιπλημμυρική προστασία

Η γρήγορη και σε σημαντικό βαθμό απρογραμματίστη ανάπτυξη του πολεοδομικού συγκροτήματος των Αθηνών που πραγματοποιήθηκε τις τελευταίες δεκαετίες προκάλεσε αρκετά προβλήματα. Η έντονη οικιστική δραστηριότητα σε συνδυασμό με τις ανεξέλεγκτες πυρκαγιές και αποψιλώσεις είχε σαν αποτέλεσμα τη μετατροπή δασικών εκτάσεων στις λεκάνες απορροής σε περιοχές πυκνής δόμησης, με κυριότερες επεμβάσεις την αντικατάσταση των φυσικών κοιτών από δομημένες εκτάσεις ή ακόμα και οδικούς



άξονες. Όλες αυτές οι ενέργειες είχαν σαν αποτέλεσμα την τροποποίηση της φυσικής απορροής και την αύξηση της συχνότητας των πλημμυρών (Maroukian, *et al.*, 1994). Εντούτοις η καταγραφή των πλημμυρικών επεισοδίων των τελευταίων 108 ετών δείχνουν ότι οι πλημμύρες που σε αρκετές περιπτώσεις είχαν πολλές υλικές ζημιές ή και ανθρώπινα θύματα, συνέβαιναν και κατά το παρελθόν, αρκετά μετά την υπερεκμετάλλευση της γης με την έντονη οικιστική ανάπτυξη που παρατηρήθηκε μεταπολεμικά. Η παρατήρηση αυτή οδηγεί στη διαπίστωση ότι εκτός από τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις, που σαφώς διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην πυροδότηση πλημμυρών, κατά ένα ποσό ευθύνονται και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου του Κηφισού (Maroukian *et al.*, 7<sup>th</sup> Hellenic Hydrogeological Conference, 2005).

Λόγω των ανωτέρω αιτιών που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, διαπιστώνεται μια συνεχόμενη ανάγκη για ανάπτυξη των υπόγειων έργων για κοινωνικούς, χωροταξικούς αλλά και για περιβαλλοντικούς λόγους. Βέβαια σε συνδυασμό με τις παραπάνω φυσικές καταστροφές, καθίσταται αναγκαία κι η ανάπτυξη των υπόγειων έργων για αντιπλημμυρικούς σκοπούς, ώστε να αποφευχθούν αρχικά οι απώλειες ανθρώπινων ζωών και στη συνέχεια οι υλικές ζημιές, είτε αυτές αφορούν ιδιωτικές περιουσίες είτε αφορούν δημόσια περιουσία δηλαδή παντός τύπου δημόσια τεχνικά έργα.

### **1.5.1 Γενική θεώρηση του ζητήματος της αντιπλημμυρικής προστασίας**

Ως αντιπλημμυρική προστασία μιας λεκάνης εννοείται το σύνολο των κατασκευαστικών και διαχειριστικών παρεμβάσεων, που με αξιολόγηση και ιεράρχηση των προτεραιοτήτων σύμφωνα με κριτήρια οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά, αποσκοπούν στη σταδιακή μείωση σε αποδεκτά όρια των κινδύνων και των συνεπειών από την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων. Η αντιπλημμυρική προστασία είναι επομένως μια σύνθετη δραστηριότητα, που προϋποθέτει την ύπαρξη μιας πολιτικής που θα εκφράσει τη βούληση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων, θα καθορίσει τις προτεραιότητες και τα κριτήρια και θα συντονίσει τις διαδικασίες χρηματοδότησης, μελέτης, κατασκευής και διαχείρισης των έργων, αλλά εστιάζεται κυρίως σε μια τεχνική διαδικασία με επί μέρους πτυχές και στάδια υλοποίησης (Μαλατέστας, 2004).

Σε μια ιδανική κατάσταση η τεχνική αυτή διαδικασία περιλαμβάνει σε ένα πρώτο στάδιο τη δημιουργία ενός master plan της εξεταζόμενης λεκάνης. Στηριζόμενο σε σύγχρονα εργαλεία υδρολογικής και υδραυλικής ανάλυσης, στη γεωμετρία και άλλα φυσικά χαρακτηριστικά του διαμορφωμένου υδρογραφικού δικτύου, αλλά και στα

χαρακτηριστικά από πλευράς συνθηκών απορροής στοιχεία των επί μέρους τμημάτων της λεκάνης, το master plan θα εντοπίσει τα προβληματικά σημεία του συστήματος απορροής, θα ιεραρχήσει τις επεμβάσεις με τα προαναφερόμενα κριτήρια ποσοτικοποιώντας τις προτάσεις, θα προτείνει διαχειριστικά μέτρα, όπου κρίνεται αναγκαίο, και θα καταλήξει σε ένα συγκεκριμένο σχέδιο και χρονοδιάγραμμα έργων, λαμβάνοντας υπ' όψη και τα υφιστάμενα οικονομικά δεδομένα (Μαλατέστας, 2004).

### **1.5.2 Αιτίες εφαρμογής αντιπλημμυρικών έργων και γενικές αρχές περιβαλλοντικού σχεδιασμού**

Όπως έχει προαναφερθεί οι καταγίδες προξενούν ολοένα και μεγαλύτερες πλημμύρες λόγω της συνεχούς οικοδομήσεως της πόλεως, διότι αυξάνει ο συντελεστής απορροής και μικραίνουν οι χρόνοι συγκεντρώσεως. Πέραν τούτου οι καταστροφές εντείνονται από την αλόγιστη επέκταση της πόλης χωρίς την προηγούμενη εξασφάλιση των αναγκαίων συνθηκών απορροής των ομβρίων, λόγω του «μπαζώματος» των ρεμάτων από ιδιώτες για να κτίσουν και την κάλυψη των ρεμάτων από αρμόδιους ή και αναρμόδιους φορείς για πολεοδομικούς και κυκλοφοριακούς λόγους. Έτσι οι φυσικοί αποδέκτες των ομβρίων έχουν σε μεγάλο βαθμό αχρηστευτεί. Συνεπώς διαπιστώνεται ότι τα αποτελέσματα των πλημμυρών είναι ιδιαίτερα τραγικά σε υπόγειους χώρους, που έχουν γίνει στην πράξη χώροι διαμονής και εργασίας. Οι υπόγειοι χώροι παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα σε μεγάλης εντάσεως βροχές.

Πρέπει επίσης να επισημανθεί η ιδιοτυπία των αντιπλημμυρικών και αποχετευτικών έργων ομβρίων. Είναι έργα, ιδίως τα αντιπλημμυρικά, που πολύ σπάνια χρειάζεται να λειτουργήσουν με την πλήρη διοχετευτικότητά τους ή έστω σε μεγάλο ποσοστό αυτής. Έτσι εκείνοι που δεν έχουν ειδικές γνώσεις, αλλά πολλές φορές δυστυχώς και αρμόδιοι παράγοντες, επαναπαύονται στο γεγονός ότι για πολλά χρόνια δεν έχουν προκύψει προβλήματα και έχουν την τάση να τα θεωρούν έργα, εάν όχι άσκοπα, τουλάχιστον υπερβολικά για τις διαστάσεις που απαιτούνται. Σ' αυτό συντείνει ίσως και η μεγάλη γενικά δαπάνη των έργων αυτών (Δανιήλ, Λαζαρίδου, Μίχας, 2004).

Ο σύγχρονος σχεδιασμός αντιπλημμυρικών έργων, σε περιπτώσεις φυσικών ρεμάτων και χειμάρρων, απαιτεί την επίτευξη ισορροπίας μεταξύ του ευρέως αποδεκτού, ως φιλικού στο περιβάλλον και της πραγματικότητας, με τη λήψη μέτρων που εντάσσονται αρμονικά στο περιβάλλον, ενώ παράλληλα εξασφαλίζουν ικανοποιητική αντιπλημμυρική προστασία, με προσεκτική επιλογή του είδους των απαιτούμενων έργων, των υλικών, του τρόπου κατασκευής και την αποκατάσταση των επηρεαζόμενων χώρων.

Συνεπώς ο περιβαλλοντικός σχεδιασμός των αντιπλημμυρικών έργων αποτελεί άμεση ανάγκη και θα πρέπει να εναρμονίζεται με την ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων. Η εναρμόνιση των προτεινόμενων έργων με το περιβάλλον και οι, όσον το δυνατόν, μικρότερης έκτασης επεμβάσεις δεν εξυπηρετούν μόνο θέματα περιβαλλοντικών επιπτώσεων, αλλά βοηθούν στην προστασία από πλημμύρες και συμβάλλουν στη σωστή διαχείριση του υδατικού δυναμικού μίας περιοχής.

Γενικά προτείνεται, σε όσες περιπτώσεις αυτό είναι δυνατόν, να γίνονται προσπάθειες για την επαναφορά των υδατορεμάτων που έχουν διευθετηθεί, στη φυσική τους κατάσταση. Όμως οι πλημμύρες είναι ένα φυσικό φαινόμενο και ακόμα αν είχαμε αφήσει ανοιχτά τα ρέματα, θα είχαμε υπερχειλίσεις, όπως τονίζουν μέλη ερευνητικών ομάδων, του τμήματος Γεωλογίας, ειδικοί σε θέματα πλημμυρών. Αναφέρεται όμως ότι στην περιοχή της Αθήνας δεν υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής, λόγω πυκνοδομημένου αστικού περιβάλλοντος. Σε κάθε περίπτωση όμως αυτά τα μέτρα θα πρέπει να τονισθεί ότι είναι κατάλληλα μόνο για πλημμύρες μικρής περιόδου επαναφοράς και δεν μπορούν σε καμία περίπτωση να αποδώσουν στις περιπτώσεις μεγάλων πλημμυρών για τις οποίες απαιτούνται σημαντικά αντιπλημμυρικά έργα. Βέβαια η πολιτεία θα πρέπει να καθορίσει το μέγεθος των έργων που μπορεί οικονομικά να υποστηρίξει σε σύγκριση με τις αναμενόμενες ζημιές από μεγαλύτερες πλημμύρες (Δανιήλ, Λαζαρίδου, Μίχας, 2004).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον υδραυλικό μηχανικό και συγχρόνως σημαντική πολυπλοκότητα στο σχεδιασμό, παρουσιάζουν τα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, ιδιαίτερα εάν μέσα από αυτές διέρχονται ρέματα ή χείμαρροι σημαντικής λεκάνης απορροής. Διάφορες παράμετροι, όπως καταπάτηση υφιστάμενων κοιτών ρεμάτων διερχόμενων μέσα από οικισμούς, έλλειψη χώρου (π.χ. δρόμοι μικρού πλάτους), άναρχη οίκηση στις περιοχές εκτός σχεδίου πόλεως, δυσκολεύουν πολύ το έργο του μελετητή. Τα ανωτέρω, σε συνδυασμό με την έλλειψη στοιχειωδών έργων αποχέτευσης ομβρίων σε πολλές πυκνοκατοικημένες περιοχές, την ανθρώπινη επέμβαση στις ανάντη περιοχές όπως αφαίρεση φυτοκάλυψης για οίκηση, καταπάτηση και «μπάζωμα» κοιτών ρεμάτων, πυρκαγιές κ. α., μπορούν, σε περιπτώσεις εμφάνισης μεγάλων βροχοπτώσεων, να συντελέσουν σε καταστροφικές πλημμύρες. Σε περιπτώσεις σαν κι αυτές, η φιλοσοφία σχεδιασμού των έργων αντιπλημμυρικής προστασίας πρέπει να βασίζεται σε συνολική θεώρηση της λεκάνης απορροής του εξεταζόμενου ρέματος και συνυπολογισμό όλων των παραμέτρων που επηρεάζουν την υδραυλική, κυρίως, λειτουργία του. Ο μελετητής πρέπει να συγκεντρώσει όσο το δυνατόν πληρέστερα

στοιχεία υφιστάμενης κατάστασης όσον αφορά στα χαρακτηριστικά του ρέματος (διατομές, γεωλογικές και εδαφολογικές συνθήκες, διαβρωσιμότητα κ. α), στον ανθρώπινο παράγοντα (καταπατήσεις, περιοχές που επλήγησαν από πυρκαγιές, θέσεις διασταυρώσεων με σημαντική οδοποιία και τεχνικά έργα διέλευσης του ρέματος κ. α) και σε πληθώρα άλλων στοιχείων που χαρακτηρίζουν την υπό εξέταση περιοχή, από κοινωνικής, τεχνικής και οικολογικής πλευράς (θέσεις με αρχαιολογικό ενδιαφέρον, πανίδα, χλωρίδα, κ. α). Σημαντικό είναι να γίνονται επί τόπου αναγνωρίσεις από τον ίδιο το μελετητή, ώστε να έχει προσωπική αντίληψη των χαρακτηριστικών του ρέματος καθώς και εικόνα της λεκάνης απορροής (Δανιήλ, Λαζαρίδου, Μίχας, 2004).

## **1.6 Παραδείγματα από τον Ελλαδικό χώρο και από το εξωτερικό**

### **1.6.1 Διευθέτηση και υπογειοποίηση του Ρέματος Εσχατιάς**

Το έργο αυτό ξεκίνησε να κατασκευάζεται στις 25 Ιουλίου 2012 και ολοκληρώθηκε στις 25 Μαΐου 2015. Πρόκειται για το σημαντικότερο περιβαλλοντικό έργο στην Αττική, του οποίου η σύμβαση ανήλθε στα 83.763.000 ευρώ με ΦΠΑ.

Το έργο αφορά ένα τμήμα του ρέματος Εσχατιάς που ξεκινά από την πλατεία Ιλίου και φτάνει ως τη συμβολή του αγωγού Ευπυρίδων (Εικόνα 1.8). Σκοπός του έργου ήταν η διευθέτηση του ρέματος, εξαιτίας των έντονων πλημμυρικών φαινομένων που έχουν πλήξει την περιοχή τα τελευταία χρόνια, προξενώντας σοβαρές καταστροφές στην πόλη και που οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην κατακλυσμιαία ροή νερού- λόγω και του πρανούς του εδάφους- από τον ορεινό όγκο του Ποικίλου Όρους. Το ρέμα Εσχατιάς αποτελεί το βασικό αποδέκτη όμβριων της λεκάνης απορροής των δήμων Ιλίου, Αγ. Αναργύρων- Καματερού, Αχαρνών, Ζεφυρίου και εκτείνεται σε μήκος 9.000 m.



Εικόνα 1.8: Περιοχές κάλυψης και τμήμα διευθέτησης Ρέματος Εσχατιάς.

Με την ολοκλήρωση του αντιπλημμυρικού έργου του ρέματος της Εσχατιάς σκοπός του είναι να καλύπτει τη διοχέτευση των όμβριων υδάτων από την Πάρνηθα μέχρι τις Τρεις Γέφυρες, ώστε στη συνέχεια από το τμήμα που είναι διαμορφωμένο, τα νερά να φτάνουν μέσω του Κηφισού μέχρι τη θάλασσα του Σαρωνικού. Το έργο θα συμβάλλει στην προστασία από πλημμυρικά φαινόμενα των εκατέρωθεν του ρέματος ευρισκομένων περιοχών, λόγω ανεπάρκειας της φυσικής κοίτης του ρέματος, και λόγω της αυξημένης παροχευτικότητάς του, από την κατασκευή του ρέματος Ευπυρίδων (στα ανάντη).

Κατά την κατασκευή έγινε διεύρυνση της κοίτης του ρέματος Εσχατιάς, η οποία περιελάμβανε την κατασκευή δίδυμου κλειστού ορθογωνικού οχετού (Εικόνα 1.9) από οπλισμένο σκυρόδεμα διαστάσεων 2,0 x 5,0 x 5,0 m και επίχωση συνολικού μήκους 3,3 km, αυξάνοντας την παροχευτικότητα του αγωγού από 40 m<sup>3</sup>/sec σε 320 m<sup>3</sup>/sec. Επίσης κατασκευάστηκαν νέοι αγωγοί ακαθάρτων συνολικού μήκους 2,1 km. Ακόμα ήταν απαραίτητη η κατασκευή και λειτουργία αντλιοστασίου ονομαστικής παροχής 2.340 m<sup>3</sup>/h καθώς και μιας νέας σιδηροδρομικής γέφυρας από οπλισμένο σκυρόδεμα ανοίγματος 23,75 m και αγωγών όμβριων υδάτων συνολικού μήκους 410 m. (www.intrakat.gr ). Η

δημοπράτηση των παραπάνω βοήθησε τη Δυτική Αττική από τις έντονες βροχοπτώσεις που υποφέρει κατά τους χειμερινούς μήνες, καθώς και στην οποιαδήποτε απώλεια ρύπανσης των υδάτων του ρέματος από την ανεξέλεγκτη ρίψη απορριμμάτων και μπαζών.



**Εικόνα 1.9: Κατασκευή δίδυμο κλειστού ορθογωνικού οχετού στο Ρέμα Εσχατιάς.**

Η εκσκαφή του σκάμματος του αγωγού διευθέτησης πραγματοποιήθηκε είτε με διάταξη πασσάλων είτε με ενίσχυση των πρανών με ηλώσεις. Επίσης κατασκευάστηκε νέα σιδηροδρομική γέφυρα από οπλισμένο σκυρόδεμα επί του αγωγού διευθέτησης στη θέση της υφιστάμενης η οποία καθαιρέθηκε. Ο φορέας της νέας γέφυρας είναι ενός ανοίγματος μήκους 23,75 m αξονικά με λοξότητα 65° και εδράζεται σε δύο ακρόβαθρα τα οποία θεμελιώνονται στην ίδια στάθμη με το δίδυμο αγωγό 2,0 x 5,0 x 5,0 m του ρέματος Εσχατιάς. Το συνολικό πλάτος μαζί με τα πεζοδρόμια είναι 12,50 m (Κατσαχνιάς Π., Περιοδικό Εργοταξιακά Θέματα).

Σύμφωνα με τους περιβαλλοντικούς όρους που εγκρίθηκαν με την 132697/2003 ΚΥΑ, εκτός από την αντιπλημμυρική προστασία προβλέφθηκε και η αστική ανάπλαση του ελεύθερου χώρου πάνω από την κλειστή διευθετημένη περιοχή του Ρέματος της Εσχατιάς. Η περιοχή αυτή θα ενταχθεί στο αστικό πράσινο της περιοχής, καθώς μετά την ολοκλήρωση του έργου θα δημιουργηθεί μια επιφάνεια περίπου 100 στρεμμάτων, μέσα στην καρδιά του αστικού ιστού. Ο χώρος του ήδη διευθετηθέντος ρέματος, αποτελεί τη βαθειά γραμμή της λεκάνης απορροής ρέματος Εσχατιάς και είναι ο τελικός αποδέκτης



των όποιων επιφανειακών απορροών. Λόγω αυτού, η διαμόρφωση της επιφάνειας, άνωθεν του αγωγού ρέματος Εσχατιάς που κατασκευάζεται στο πλαίσιο του εκτελούμενου έργου, θα επιτελεί διττό σκοπό: αφ' ενός την αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής και αφ' ετέρου τη μεταβολή του χώρου, που καλύπτει τον αγωγό συλλογής ομβρίων, από κενό «αδιαμόρφωτο» χώρο, σε περιοχή πρασίνου, ανάπτυξης δραστηριοτήτων, ενοποίησης του αστικού ιστού (Εικόνα 1.10). Η «νεκρή διαχωριστική ζώνη» που υπάρχει σήμερα μπορεί να μετατραπεί σε μια περιοχή ζωντανή με δυνατότητες καθημερινής χρήσης για τους κατοίκους (Κατσαχνιάς Π., Περιοδικό Εργοταξιακά Θέματα).



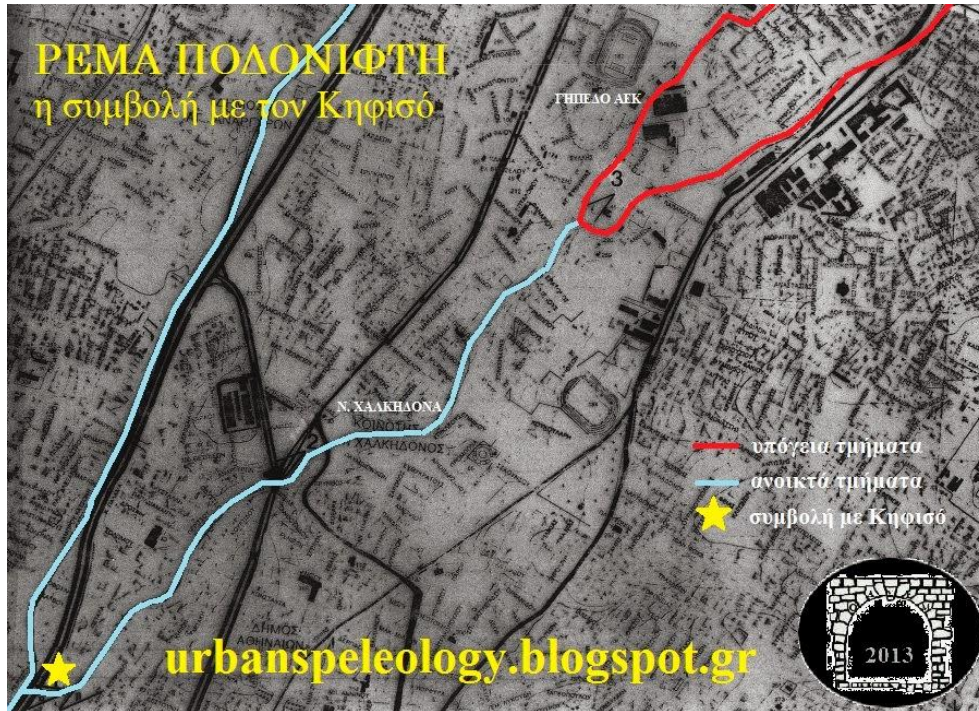
**Εικόνα 1.10:** Μία άποψη της αστικής ανάπλασης της διευθετημένης κοίτης του Ρέματος Εσχατιάς.

Στην πραγματικότητα, η εκπλήρωση της αντιπλημμυρικής προστασίας και η αστική ανάπλαση και αναβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος πάνω από την επιφανειακή διαμόρφωση του Ρέματος της Εσχατιάς είναι αλληλένδετα και απολύτως αναγκαία και επείγοντα έργα.

### **1.6.2 Διευθέτηση και υπογειοποίηση του Ρέματος Ποδονίφτη**

Ο Ποδονίφτης, αποτελεί παραπόταμο του Κηφισού στον οποίο συμβάλλει κοντά στον Άγιο Ελευθέριο, αφού έχει δεχτεί κι έναν κλάδο από τη Ν. Φιλαδέλφεια. Ξεκινά από το «τριπόταμο» των συνόρων Φιλοθέης – Αμαρουσίου – Χαλανδρίου, όπου συμβάλλουν τα ομώνυμα ρέματα Φιλοθέης, Αμαρουσίου και η ρεματιά Χαλανδρίου και κατευθύνεται προς τη Ν. Ιωνία, φέρει τοπικά και την ονομασία «ρέμα του Γκούμα». Στο τμήμα που

διατρέχει τη Ν. Ιωνία ρέει υπογείως, ενώ στη Ν. Χαλκηδόνα είναι ακόμη ανοικτός διατηρώντας τη φυσική του κοίτη (Εικόνα 1.11) (Γλαράκης, Δευτεραίος, 2013).



Εικόνα 1.11: Το Ρέμα του Ποδονίφτη και η συμβολή του με τον Κηφισό.

Η σήραγγα εκτροπής του Ποδονίφτη κατασκευάστηκε για να αντιμετωπίσει τη ροή του ομώνυμου ρέματος και απαιτήθηκε λόγω χρονοδιαγράμματος, ταυτόχρονη κατασκευή του υδραυλικού και του συγκοινωνιακού έργου της Αττικής Οδού. Επιπλέον όμως, τέθηκε η απαίτηση προσωρινής λειτουργίας του υδραυλικού έργου, χωρίς να έχει κατασκευαστεί ο κύριος αποδέκτης, δηλαδή η σήραγγα εκτροπής του Ποδονίφτη.

Είναι σκόπιμο να αναφέρουμε ότι το έργο ολοκληρώθηκε σταδιακά, δηλαδή οι κύριοι αγωγοί ομβρίων της περιοχής πρακτικά αποπερατώθηκαν στο τέλος του 2002, ενώ η σήραγγα εκτροπής του Ποδονίφτη ολοκληρώθηκε στις αρχές του 2004 (Εικόνα 1.12 α & β). Τα έργα προσωρινής λειτουργίας του αντιπλημμυρικού έργου, κατασκευάστηκαν κυρίως στην περιοχή του κόμβου Δουκίσσης Πλακεντίας και στις οδούς Δερβενακίων και Π. Μελά, ενώ σχεδιάστηκαν έτσι, ώστε σχεδόν στο σύνολο τους να ενταχθούν στο μόνιμο έργο της αποχέτευσης ομβρίων της περιοχής. Οι κύριοι αγωγοί του μόνιμου αντιπλημμυρικού έργου, συνδέθηκαν μεταξύ τους και κατασκευάστηκε ειδικό πώμα (τάπα), που σφράγισε την απορροή τους προς την σήραγγα Ποδονίφτη (Δαμβέργης, Μαχαίρας, 2004).





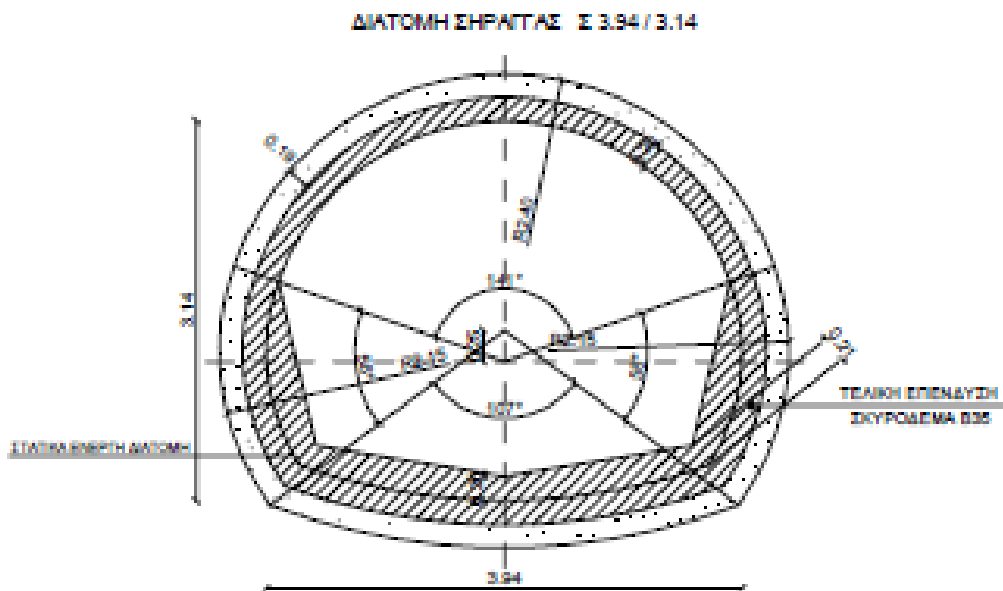
**Εικόνα 1.12 α & β: Κατασκευή σήραγγας εκτροπής Ποδονίφτη.**

Τα έργα αποχέτευσης των όμβριων υδάτων, λόγω της υποχρεωτικής διασταύρωσής τους με τη γραμμή του Μετρό, έπρεπε να προβλεφθούν κάτω από την στάθμη +199,0 m. Τα έργα διακρίθηκαν σε κύριους αγωγούς μεταφοράς ομβρίων “Αγωγοί Β, Β1, Γ, Δ, Ε1 και Ε2”, για τη διοχέτευση των πλημμυρικών παροχών ομβρίων των περιοχών ανάντη της ΕΛΕΣΣ, προς την σήραγγα εκτροπής, και επίσης σήραγγα εκτροπής “Αγωγός Α”, για τη διοχέτευση των πλημμυρικών παροχών των κυρίων αγωγών προς το ρέμα Παναγίτσας της λεκάνης απορροής του ρέματος Ραφήνας. Όμως, τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν ήταν πολύ μεγάλα διότι η χρήση σήραγγας σαν τελικού αποδέκτη αγωγών ομβρίων δημιουργούσε μεγάλες- δηλαδή ανεπιθύμητες- υψομετρικές διαφορές μεταξύ αγωγών και

αποδέκτη. Η κατασκευή των έργων έπρεπε να γίνει με εξαιρετικά ανελαστικές υψομετρικές και οριζοντιογραφικές δεσμεύσεις.

Λόγω των δεσμεύσεων του χρονοδιαγράμματος και γενικά των υψομετρικών διαφορών κατέληξαν στην επιλογή υπογείων μεθόδων κατασκευής και για τους κύριους αγωγούς ομβρίων, πέραν της σήραγγας εκτροπής. Κατά την κατασκευή του έργου ήταν καθοριστικής σημασίας ο περιορισμός του ύψους των διατομών των σηράγγων, με αποτέλεσμα να αναζητηθούν διατομές με πεπλατυσμένη γεωμετρία για παροχές από 15 έως 50 m<sup>3</sup>/sec.

Το έργο περιελάμβανε τη διάνοιξη και τελική επένδυση της σήραγγας Ποδονόφτη 1.320 m, υπόγειου τμήματος και 2 cut & cover 14,50 m και 32,50 m αντίστοιχα. Η διατομή που επιλέχθηκε ήταν στοματοειδούς διατομής (mouth section), ως η πλέον κατάλληλη για τους κύριους αγωγούς, με ωφέλιμες διατομές χρήσης από 6,0 m<sup>2</sup> έως 2,0 m<sup>2</sup>. Για την κατασκευή του έργου, χρησιμοποιήθηκαν τρεις τύποι διατομών με πλάτη από 3,40 m έως 4,70 m και ύψη από 2,70 m έως 3,85 m αντίστοιχα. Οι αγωγοί Β, Δ, Ε1, Ε2 και Ε κατασκευάστηκαν σχεδόν στο σύνολο τους σε σήραγγες στοματοειδούς διατομής (Σχήμα 1.4). Το συνολικό μήκος των σηράγγων των κυρίων αγωγών, είναι περί τα 1.800 m (Δαμβέργης, Μαχαίρας, 2004).



Σχήμα 1.4: Χαρακτηριστική διατομή κύριων αγωγών Ρέματος Ποδονόφτη.

ΠΗΓΗ: Δαμβέργης Χ., Μαχαίρας Γ., 2004.

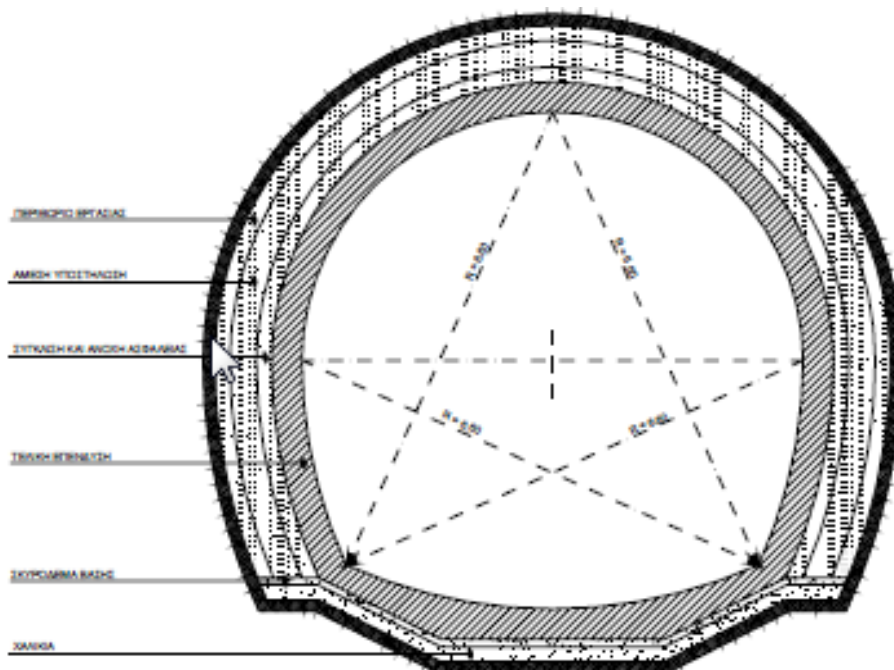
Από την άλλη ο αγωγός Β1 διαμέτρου Φ180 cm κατασκευάστηκε με τη μέθοδο της υδραυλικής προώθησης σωλήνων από οπλισμένο σκυρόδεμα (Pipe Jacking) σε μήκος 600

m και σε μήκος 100 m με σήραγγα στοματοειδούς διατομής (Εικόνα 1.13). Επιπλέον, η σήραγγα εκτροπής του Ποδονίφτη Αγωγός Α, κατασκευάστηκε σε μήκος περίπου 2,8 km με πεταλοειδή διατομή ακτίνας 6,60 m και ωφέλιμη επιφάνεια περί τα 35,0 m<sup>2</sup> (Σχήμα 1.5).



Εικόνα 1.13: Διατομή αγωγού Β1, κατασκευή με μέθοδο pipe jacking.

ΠΗΓΗ: Λαμβέργης Χ., Μαχαίρας Γ., 2004.



Σχήμα 1.5: Διατομή σήραγγας εκτροπής του Ρέματος Ποδονίφτη.

ΠΗΓΗ: Λαμβέργης Χ., Μαχαίρας Γ., 2004.

Οι σήραγγες κατασκευάστηκαν με τη Νέα Αυστριακή Μέθοδο (N.A.T.M.). Λόγω του χρονικού προγραμματισμού και της φύσης των έργων, προέκυψε η ανάγκη εύρεσης προσωρινού αποδέκτη των κατασκευασμένων κυρίων αγωγών ομβρίων. Ως προσωρινός αποδέκτης επελέγη να χρησιμοποιηθεί ο αγωγός του Ρ. Ποδονίφτη στην οδό Δερβενακίων, του οποίου η κατασκευή επεκτάθηκε προς τα ανάντη, σε μήκος περίπου 300 m με διατομή 4,0 x 3,5 m.

Ο σχεδιασμός του συστήματος έγινε σε συνθήκες ροής υπό πίεση με στάθμη πιεζομετρικής γραμμής, που να υπόκειται των ερυθρών υψομέτρων της Αττικής Οδού, για παροχή της τάξης των 50,0 m<sup>3</sup>/sec στον Ποδονίφτη. Τέλος είναι σκόπιμο να αναφέρουμε ότι σε μια έντονη βροχόπτωση το Νοέμβριο του 2002 το σύστημα λειτούργησε απόλυτα ικανοποιητικά, εξαντλώντας τα όρια σχεδιασμού του (Δαμβέργης, Μαχαίρας, 2004).

### **1.6.3 The Stormwater Management and Road Tunnel (SMART) Project of Kuala Lumpur**

Το έργο αυτό ονομάζεται «The Stormwater Management and Road Tunnel Project» ή εν συντομία «The SMART Project» και κατασκευάστηκε από την κυβέρνηση ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα των έντονων πλημμυρών που έπλητταν την πόλη της Κουάλα Λουμπούρ στη Μαλαισία (Εικόνα 1.14). Καθοριστική για την κατασκευή του έργου ήταν η πλημμύρα που σημειώθηκε στις 26 Απριλίου 2001, κατά την οποία πλημμύρισε ο ποταμός Klang. Η έναρξη του «The SMART Project» έγινε στις 25 Νοεμβρίου 2003 κι ολοκληρώθηκε στις 30 Ιουνίου του 2007.

Το έργο αυτό παρόλο το κόστος των 515 εκατομμυρίων δολαρίων, σχεδιάστηκε ώστε να παρέχει οφέλη για πάνω από 30 χρόνια και να αποτρέψει πιθανές ζημιές λόγω πλημμυρών κόστους 1.580.000.000 δολαρίων και να εξοικονομήσει έως 1.260.000.000 δολάρια λόγω κυκλοφοριακής συμφόρησης (ITS International, August 2012).

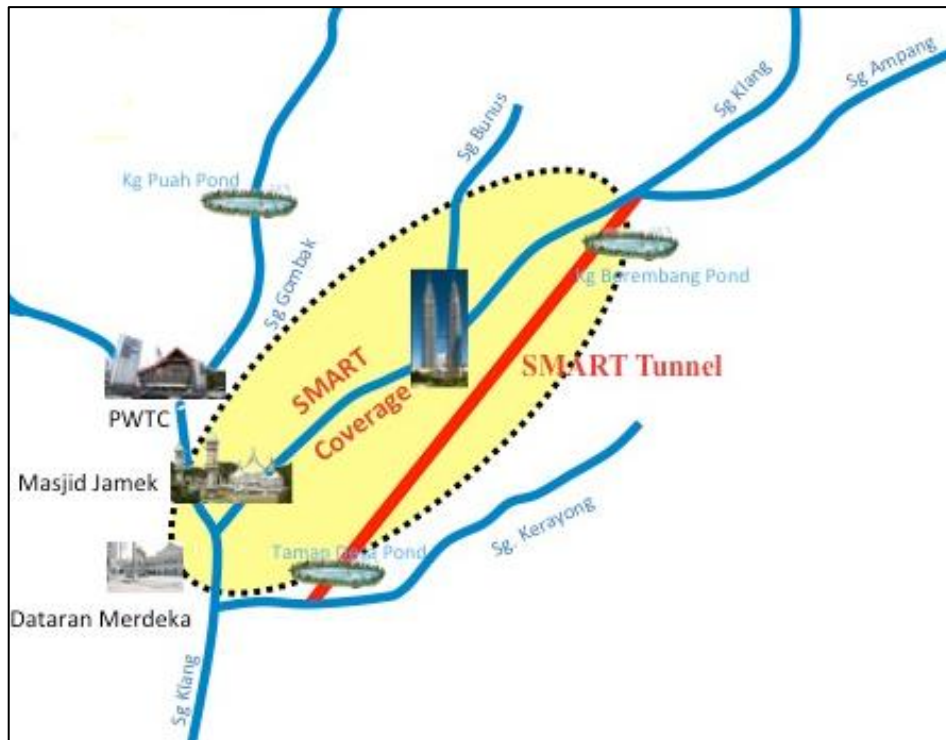




**Εικόνα 1.14: Τρισδιάστατη άποψη της υπόγειας σήραγγας του «The SMART Project».**

Η πόλη της Κουάλα Λουμπούρ από γεωλογικής απόψεως βρίσκεται σε καρστικά ασβεστολιθικά πετρώματα με υψηλό υδροφόρο ορίζοντα. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των καρστικών ασβεστόλιθων είναι ότι περιλαμβάνουν γκρεμούς, λόφους, κοιλάτες, κοιλάτες που έχουν καταρρεύσει και καταβόθρες. Ενώ υπερκείμενα των καρστικών ασβεστόλιθων υπάρχουν χαλαρές αλλουβιακές αποθέσεις από προηγούμενες δραστηριότητες εξόρυξης κασίτερου. Εξαιτίας της ανωτέρω εδαφικής κατάστασης επιλέχθηκε η διάνοιξη της σήραγγας με χρήση δύο γερμανικών TBM's (Tunnel Boring Machine) τύπου Slurry Mix - Shield και διαμέτρου 13,2 m. Τα TBM's αυτά ήταν τα δεύτερα μεγαλύτερα στην Ασία που είχαν χρησιμοποιηθεί έως τότε.

Σχετικές μελέτες απέδειξαν ότι το κρίσιμο τμήμα του ποταμού Klang μεταξύ της συμβολής των ποταμών Klang/Ampang και της συμβολής των Gombak/Klang είναι επιρρεπές στις πλημμύρες περιοχών και το γεγονός ότι το ποτάμι επιπλέον περιορίζεται από τη γέφυρα Jalan Tun Perak, η οποία είναι χαμηλή, έχει ως αποτέλεσμα οι γύρω περιοχές να αντιμετωπίζουν πλημμύρες. (Εικόνα 1.15) (<http://smarttunnel.com.my/>).



Εικόνα 1.15: Η συμβολή των ποταμών και το κρίσιμο τμήμα του SMART Project.

Το «The SMART Project» σχεδιάστηκε ώστε να είναι ικανό να εκτρέπει τεράστιες ποσότητες νερού από τις πλημμύρες. Από την είσοδο του κρίσιμου τμήματος, το έργο έχει μήκος 9,7 km και περιλαμβάνει μία λίμνη στη βόρεια είσοδο, μια δεξαμενή αποθήκευσης στη νότια είσοδο και μία σήραγγα αποθήκευσης των όμβριων υδάτων. Τμήμα της σήραγγας μήκους 3 km περιλαμβάνει έναν αυτοκινητόδρομο διπλού καταστρώματος το οποίο διέρχεται υπογείως της πόλης. Το έργο έχει σκοπό να μειώνει το επίπεδο του νερού από τις πλημμύρες στη γέφυρα Jalan Tun Perak, προλαμβάνοντας την υπερχειλίση.

Εκτός των ανωτέρω λόγων το «The Smart Project» αποτελεί μία καινοτόμο λύση, διότι η σήραγγα εκτροπής χρησιμοποιείται για διπλό σκοπό. Εκτός από τη μεταφορά των νερών της πλημμύρας, η σήραγγα βοηθά στην ανακούφιση της κυκλοφοριακής συμφόρησης του οδικού δικτύου στο νότιο τμήμα της πόλης.

Ειδικότερα, η εκτροπή του νερού λόγω πλημμύρας αρχίζει στο σημείο κατάντη της συμβολής των ποταμών Ampang/ Klang, όπου η κατασκευή εκτροπής αποτελείται από τέσσερα σύνολα ακτινικών πυλών σε όλο των ποταμό Klang και το νερό της πλημμύρας οδηγείται σε μια λίμνη συλλογής υδάτων, την Kampung Berembang, μέσω ενός υπερχειλιστή απόληψης. Στη συνέχεια όταν το νερό υπερχειλίσει μπαίνει σε μια κατασκευή διατομής «στόματος» και εισέρχεται στη σήραγγα μήκους 9,7 km, εσωτερικής

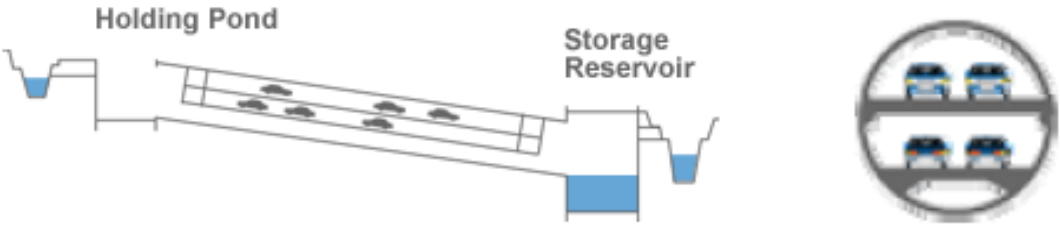
διαμέτρου 11,83 m και εξωτερικής 13,2 m. Σε μήκος 3 km της σήραγγας η διατομή χωρίζεται σε τρία τμήματα, τα δύο καταστρώματα κυκλοφορίας (άνω και μέσο) για τον αυτοκινητόδρομο και το κάτω όπου διέρχεται το νερό σε κατάσταση χαμηλής βροχόπτωσης (Εικόνα 1.16).



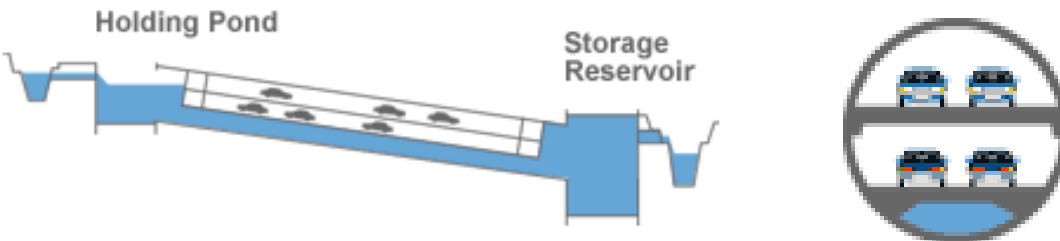
**Εικόνα 1.16: Τα τρία τμήματα της διατομής της σήραγγας εκτροπής.**

Σε κάθε άκρο του διπλού καταστρώματος κυκλοφορίας, έχει τοποθετηθεί ένα θάλαμος σαν φράγμα για τον έλεγχο του νερού από τις πλημμύρες που εισέρχονται στο κατώτερο, μεσαίο και ανώτερο τμήμα της οδικής σήραγγας. Στο άλλο άκρο του τούνελ, μία κατασκευή εκβολής συνδέει τη σήραγγα με μια λίμνη εξασθένησης, την Taman Desa, όπου το νερό από τις πλημμύρες συλλέγεται και στη συνέχεια εκχέεται στο ποτάμι Kerayong μέσω μιας εισερχόμενης και οριοθετημένης κατασκευής εκβολής. Το συλλεκτήριο ποτάμι τρέχει κατά μήκος του νότιου ορίου του κέντρου της πόλης για περίπου 1,8 km πριν συνδεθεί πάλι στο ποταμό Klang στο κάτω άκρο του κέντρου της πόλης.

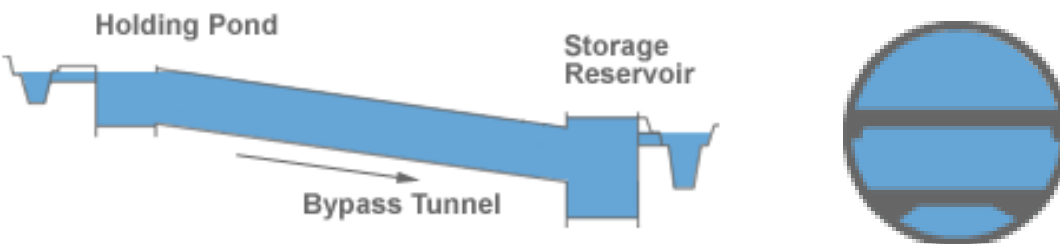
Το «The SMART Project» λειτουργεί ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες βροχόπτωσης που επικρατούν στη συγκεκριμένη περιοχή. Οι τρεις λειτουργίες που διαθέτει περιγράφονται συνοπτικά στα παρακάτω σχήματα (Santhiman M.S., Weei L.H., 2006):



**1. Απουσία καταιγίδας ή χαμηλής έντασης βροχόπτωση:** Απουσία νερού πλημμύρας εντός του «The SMART system», οπότε κανονική κυκλοφορία των οχημάτων στη σήραγγα.



**2. Μέτρια έντασης καταιγίδα (> 70 m<sup>3</sup>/sec):** Η σήραγγα του «The SMART system» θα ενεργοποιηθεί σε κατάσταση «ημι- ανοικτής» και το νερό της πλημμύρας θα εκτραπεί μέσω του χαμηλότερου επιπέδου της σήραγγας. Σε αυτή την περίπτωση ο αυτοκινητόδρομος θα συνεχίσει να είναι κανονικά σε κυκλοφορία.



**3. Μεγάλης έντασης καταιγίδα (>150 m<sup>3</sup>/sec):** Η σήραγγα του «The SMART system» θα ενεργοποιηθεί σε κατάσταση «πλήρως ανοικτή» και ο αυτοκινητόδρομος θα πάψει να είναι σε κυκλοφορία. Θα διατεθεί επαρκής χρόνος ώστε και το τελευταίο όχημα να εξέλθει από τον αυτοκινητόδρομο πριν ανοίξουν οι αυτόματες υδατοστεγείς πόρτες που θα επιτρέψουν το νερό της πλημμύρας να εισέλθει. Ο αυτοκινητόδρομος θα δοθεί εκ νέου στην κυκλοφορία σε 48 ώρες.



#### **1.6.4 The Metropolitan Area Outer Underground Discharge Channel in Kasukabe of Japan**

Το έργο αυτό είναι το μεγαλύτερο υπόγειο αντιπλημμυρικό έργο στον κόσμο και κατασκευάστηκε ώστε να μετριαστούν οι υπερχειλίσεις των υδάτινων οδών και ποταμών της πόλης κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων και εποχιακών τυφώνων. Βρίσκεται ανάμεσα στη Showa στο Τόκιο και στη Kasukabe στη Σαϊτάμα, στην ευρύτερη περιοχή του Τόκιο, στην Ιαπωνία. Κατασκευάστηκε τη χρονική περίοδο 1992 έως 2006, κόστισε περίπου 3 δισεκατομμύρια δολάρια και είναι γνωστό ως «The G-Cans Project» (Zolbert A., CNN, 2012).

Αυτό το γιγάντιο αποστραγγιστικό σύστημα έχει τη δυνατότητα να προστατεύσει περίπου 13 εκατομμύρια κατοίκους από καταστροφικές πλημμύρες, εξαιτίας της περιοχής Σαϊτάμα που αντιμετωπίζει συχνά δυνατές βροχοπτώσεις και πλημμυρίζει ο ποταμός Naka River Basin. Η εγκατάσταση χρησιμοποιείται περίπου επτά φορές το χρόνο, αλλά όταν δεν είναι σε χρήση κατά τη διάρκεια των ξηρών περιόδων, είναι ανοικτή για το κοινό, συνεπώς οι τουρίστες μπορούν να επισκεφθούν αυτή τη συντριπτικά τεράστια υπόγεια κατασκευή.

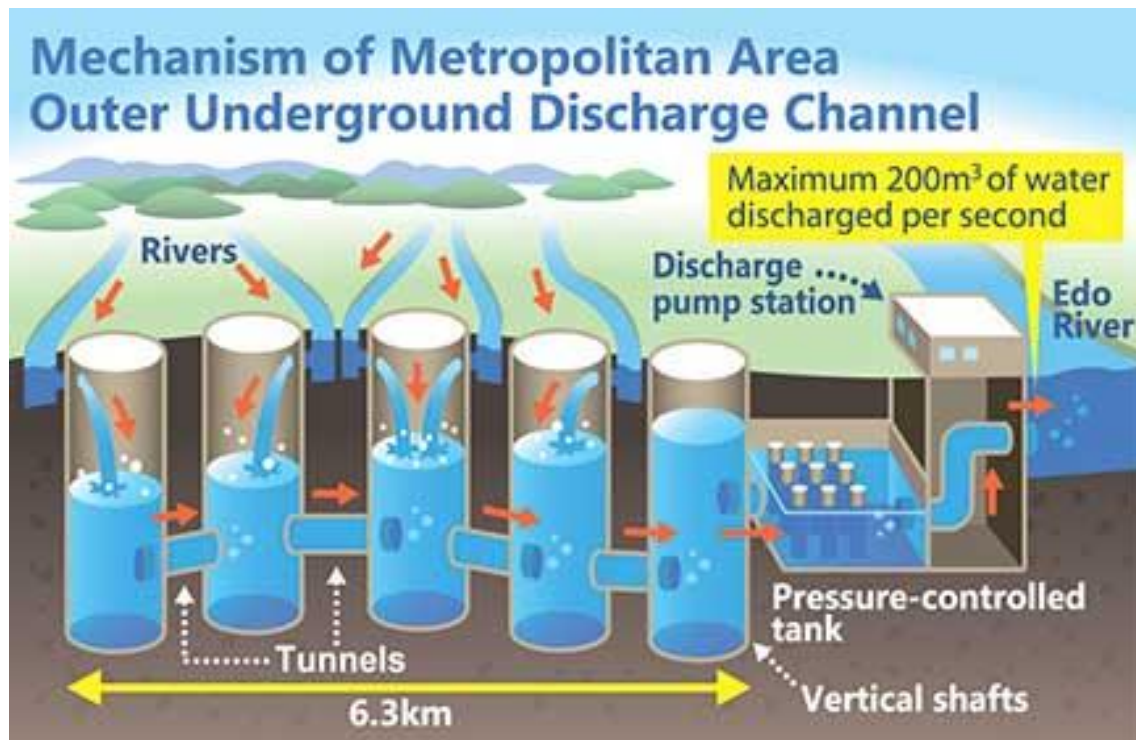
Το «The G-Cans Project» αποτελείται από πέντε σκυροδετημένα σιλό ύψους 65 m και διαμέτρου 32 m (Εικόνα 1.17), τα οποία είναι συνδεδεμένα με υπόγειες σήραγγες 6,4 km, σε βάθος 50 m από την επιφάνεια του εδάφους. Επιπλέον υπάρχει μια μεγάλη δεξαμενή «The Temple- Ο ναός» η οποία βρίσκεται 22 m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (Εικόνα 1.18). Η δεξαμενή έχει ύψος 25,4 m, μήκος 177 m, πλάτος 78 m και έχει 59 πυλώνες που συνδέονται με 78 αντλίες των 10 MW (13.410 HP), που μπορούν να αντλήσουν έως και 200 τόνους νερού ανά δευτερόλεπτο (Εικόνα 1.19) (Wikipedia, The Free Encyclopedia). Όταν η δεξαμενή και τα σιλό γεμίσουν, οι μηχανικοί έχουν τη δυνατότητα να ενεργοποιήσουν το σύστημα, το οποίο τροφοδοτείται από την ισχύ που παράγουν τέσσερις αεροστρόβιλοι. Οι κινητήρες τότε είναι σε θέση να διοχετεύσουν γρήγορα τα πλημμυρικά νερά στον κοντινό ποταμό Edowaga.



**Εικόνα 1.17: Πανοραμική φωτογραφία των σιλό του «The G-Cans Project»..**



**Εικόνα 1.18: Εσωτερική άποψη της υπόγειας δεξαμενής και των πυλώνων, The Temple.**

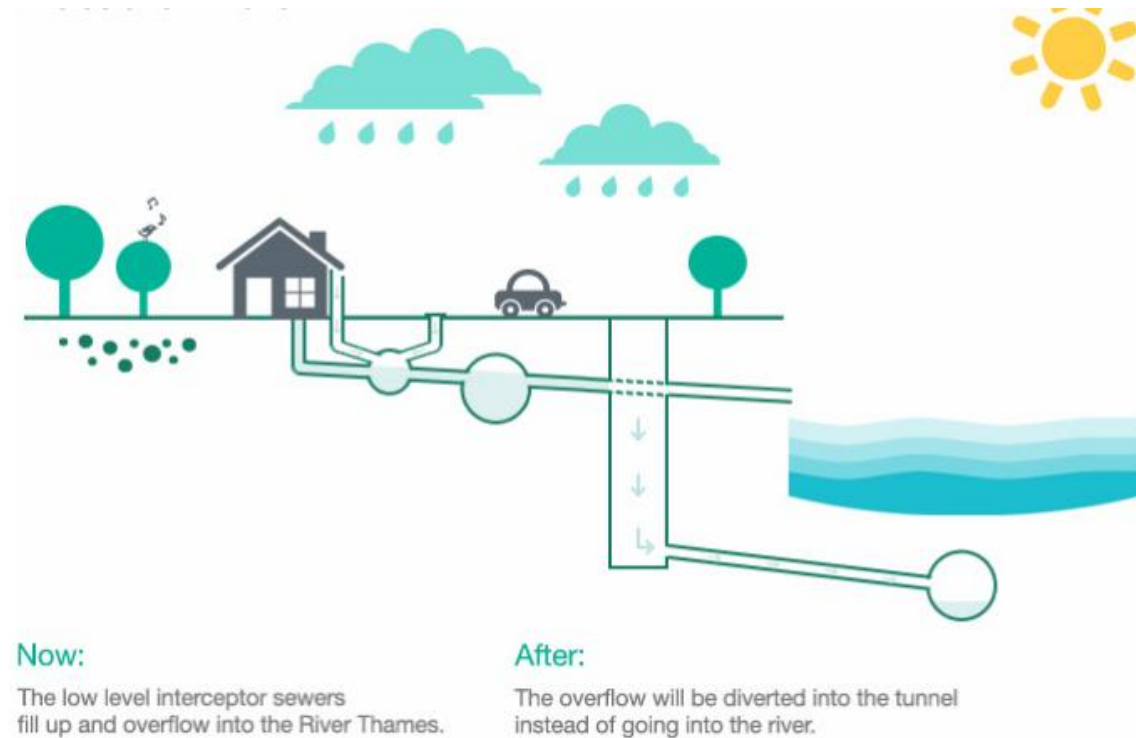


Εικόνα 1.19: Σχηματική απεικόνιση της κατασκευής του «The Metropolitan Area Outer Underground Discharge Channel».

Τέλος από κατασκευαστικής απόψεως, η σήραγγα διανοίχτηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της ασπίδας, προκειμένου να αποφευχθούν οι στρεβλώσεις λόγω του βάθους της. Το έργο περιελάμβανε εκσκαφή, κατασκευή της επένδυσης και μεταφορά απορριμμάτων, κι επίσης η μεγάλη διάμετρος της σήραγγας απαιτούσε την εφαρμογή μίας μεθόδου ασπίδας πολτού κλειστού τύπου (closed type slurry shield method). Επιπλέον σύγχρονες τεχνολογίες εφαρμόστηκαν για τη δευτερεύουσα επένδυση της σήραγγας για να μειωθεί το κόστος της κατασκευής (<http://www.water-technology.net/>).

### 1.6.5 Thames Tideway Tunnel of London

Το έργο αυτό ονομάζεται «Thames Tideway Tunnel» και πρόκειται να κατασκευαστεί υπογείως του ποταμού Τάμεση που διαρρέει την πρωτεύουσα του Ηνωμένου Βασιλείου, το Λονδίνο. Η χρονική περίοδος κατασκευής του έργου προβλέπεται να διαρκέσει από το 2016 έως και το 2023. Πρόκειται για ένα αστικό έργο υποδομής λυμάτων, το οποίο παράλληλα θα λειτουργεί και ως αντιπλημμυρικό έργο καθώς θα αντιμετωπίζει την πιθανή υπερχειλίση του ποταμού Τάμεση. Η βασική ιδέα του έργου παρουσιάζεται σχηματικά στην Εικόνα 1.20. Το προβλεπόμενο κόστος του έργου αναμένεται να ανέλθει στα 4,2 δισεκατομμύρια λίρες (υπολογισμένο σε τιμές του 2014) (<https://www.tideway.london/>).

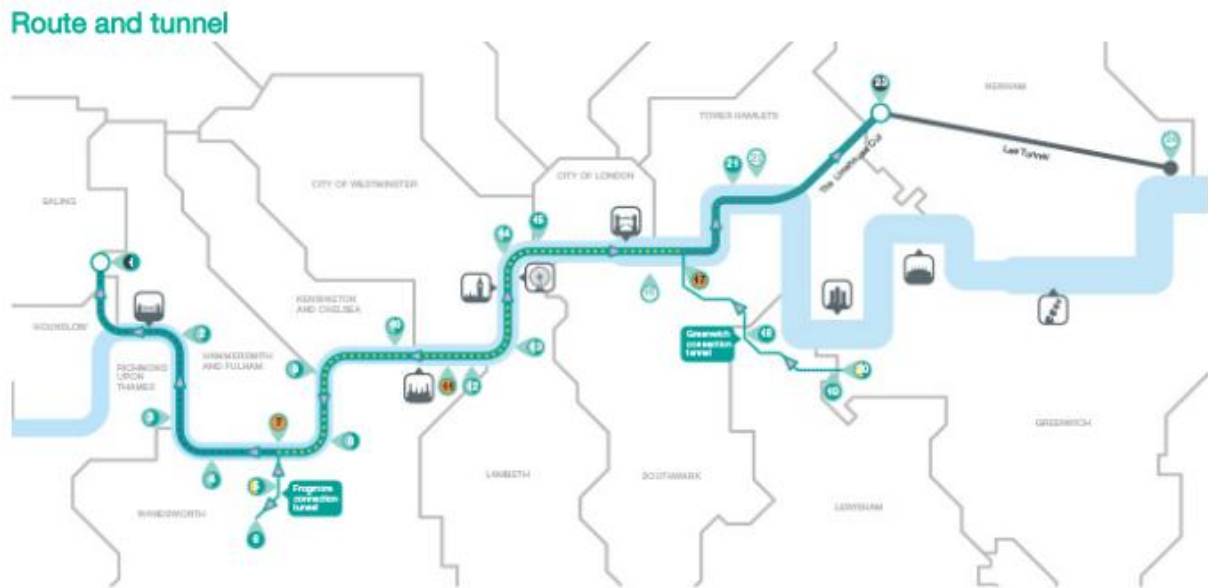


Εικόνα 1.20: Απεικόνιση της βασικής ιδέας και λειτουργίας του «Thames Tideway Tunnel».

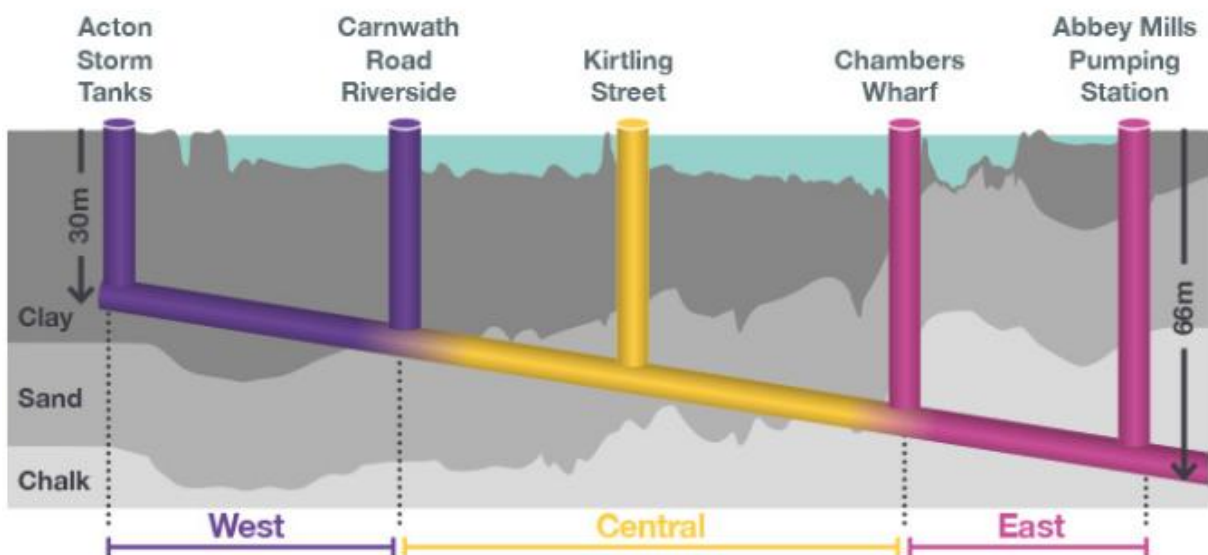
Μέχρι σήμερα το αποχευτευτικό σύστημα είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε όταν τα αποχευτευτικά συστήματα υπερχείλισης (combined sewer overflows- CSOs) που βρίσκονται στις όχθες του ποταμού ξεπερνούν το επιτρεπτό όριο, ανοίγουν και τα λύματα εισέρχονται στον ποταμό, προκειμένου να μη πλημμυρίσουν οι δρόμοι και τα σπίτια. Το σύστημα αυτό προέβλεπε συχνότητα εμφάνισης μία έως δύο φορές το χρόνο. Όμως λόγω αύξησης του πληθυσμού και αλλαγής των κλιματικών συνθηκών το φαινόμενο της υπερχείλισης παρατηρείται περισσότερες από μία φορές το χρόνο. Επομένως το «Thames Tideway Tunnel of London» έχει ως στόχο να μειώσει την εκπομπή των λυμάτων στο ποταμό Τάμεση, διοχετεύοντας τα στη σήραγγα που θα κατασκευαστεί.

Η κύρια σήραγγα του έργου πρόκειται να έχει εσωτερική διάμετρο 7,2 m, μήκος 25 km και βάθος περίπου 65 m κάτω από τη στάθμη του ποταμού. Η σήραγγα θα ακολουθεί κυρίως τη διαδρομή του ποταμού (Σχήμα 1.6) και θα οδεύει σε βάθος -30 m από το Acton του δυτικού Λονδίνου έως βάθος -66 m στο Abbey Mills του ανατολικού Λονδίνου (Σχήμα 1.7). Σε αυτό το σημείο θα ενώνεται με τη σήραγγα Lee (Tunnel Lee), η οποία θα μεταφέρει τα συλλεγμένα λύματα στο σταθμό Επεξεργασίας Λυμάτων «Beckton Sewage Treatment Works». Η σήραγγα θα ενώνει τα 34 CSOs από τα 50 που υπάρχουν στις όχθες του ποταμού και θα εμποδίζει τη διοχέτευσή τους στον ποταμό Τάμεση (Robarts Stu, New Atlaw, 2015).





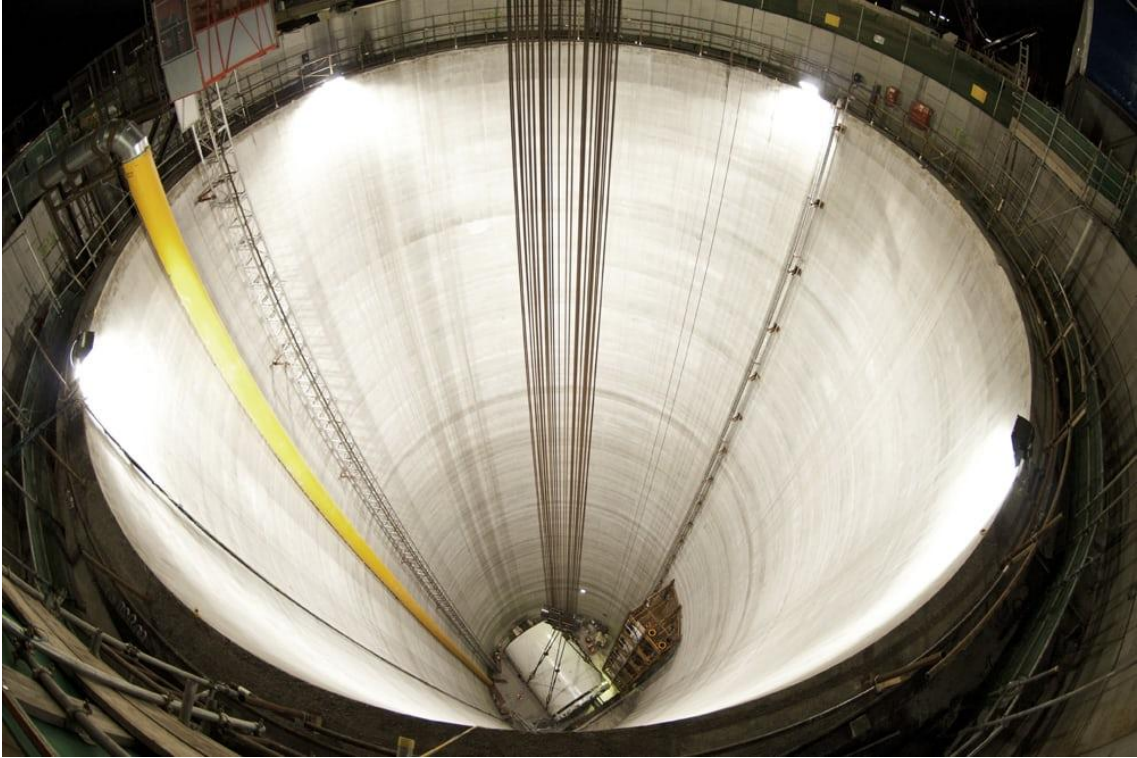
Σχήμα 1.6: Απεικόνιση της διαδρομής του «Thames Tideway Tunnel».



Σχήμα 1.7: Ένωση κύριας σήραγγας με τους επιμέρους αγωγούς του «Thames Tideway Tunnel».

Για την κατασκευή του έργου θα δημιουργηθούν 24 εργοτάξια, τρία εκ των οποίων θα αποτελούν τις κύριες θέσεις (Σχήμα 1.7). Σε κάθε θέση θα διαμορφώνεται ο χώρος του εργοταξίου και θα ξεκινά η διάνοιξη κατακόρυφων φρεατίων, στα οποία θα εισέρχονται τα μηχανήματα ολομέτωπης κοπής (TBMs) και θα αρχίζει η διάνοιξη της σήραγγας (Εικόνα 1.21). Μόλις το TBM φτάσει έως τη τελική θέση, τότε θα ανασύρεται στην επιφάνεια. Τέλος σε διάφορα σημεία στις όχθες του ποταμού θα κατασκευαστούν φρεάτια, τα οποία θα ενώνονται με την κύρια σήραγγα και στην περίπτωση υπερχειλίσης τους θα οδηγούν τα λύματα στην υπόγεια σήραγγα. Επομένως σταδιακά θα εκτελεστεί όλο το χρονικό

διάγραμμα και σε περίπου 6 έως 7 χρόνια θα έχει ολοκληρωθεί αυτό το σπουδαίο έργο (Robarts Stu, New Atlaw, 2015).



**Εικόνα 1.21: Φρεάτιο σε θέση κατασκευής και τοποθέτηση TBM.**

Συνεπώς επειδή οι υπερχειλίσεις των μη επεξεργασμένων λυμάτων που καταλήγουν στον ποταμό Τάμεση ξεπερνούν τους 10 εκατομμύρια τόνους κάθε χρόνο, μετά τη λειτουργία του «Thames Tideway Tunnel» το 2023, αυτό το απαράδεκτο γεγονός πρόκειται να μειωθεί ως και 90% αμέσως, και τελικά θα καθαριστεί ένα από τα πιο κλασσικά ποτάμια του κόσμου.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**





## **2. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΖΗΜΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ**

### **2.1 Εισαγωγή**

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την αξιολόγηση της υπογειοποίησης τμήματος του Κηφισού στην περιοχή των Αγ. Αναργύρων στο στάδιο της προμελέτης. Οι λόγοι που οδηγούν σε αυτήν είναι οι ανεπανόρθωτες πλημμύρες που έχουν καταγραφεί τα τελευταία χρόνια στην περιοχή και έχουν ως συνέπεια την πρόκληση πολλών ζημιών στην κοίτη του ποταμού αλλά και στα υπόλοιπα έργα υποδομής.

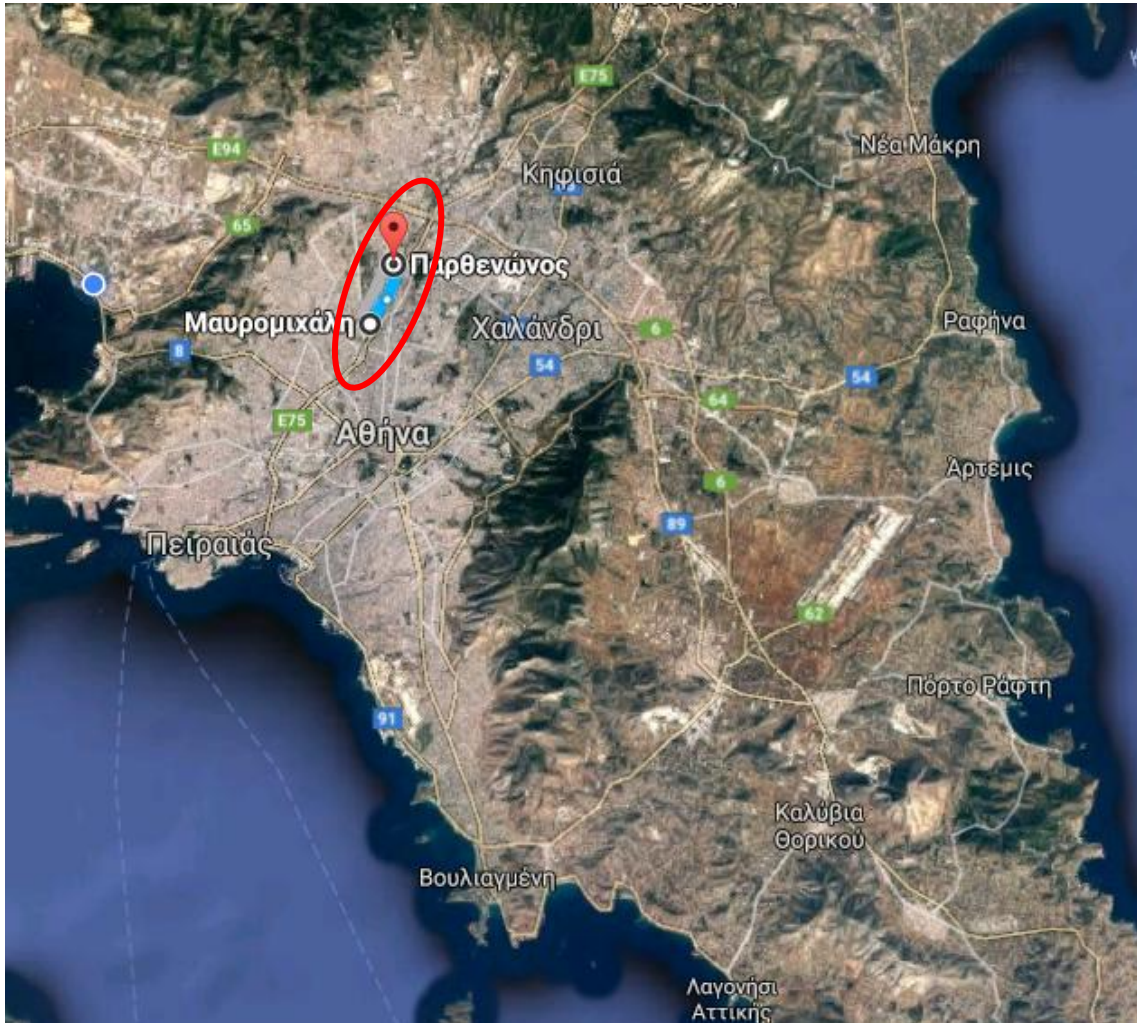
Αρχικά για το σχεδιασμό του έργου, κρίνεται απαραίτητη η καταγραφή των πλημμυρικών φαινομένων καθώς και η αξιολόγηση των ζημιών που έχουν υποστεί τα πρηνή και ο πυθμένας της κοίτης λόγω αυτών. Για το σχηματισμό ολοκληρωμένης άποψης σχετικά με την περιοχή εξέτασης σημαντική είναι η διερεύνηση της υφιστάμενης κατάστασης της περιοχής των Αγ. Αναργύρων κοντά στην οδό Λάμπρου Κατσώνη που βρίσκεται παράλληλα με την κοίτη του ποταμού Κηφισού. Αυτή περιλαμβάνει την επεξεργασία της υπάρχουσας διατομής της κοίτης (σχήμα, διαστάσεις, υλικά) και την αξιολόγηση των γεωτεχνικών και υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών του υπεδάφους της κοντινής περιοχής. Επιπλέον για το σχεδιασμό του έργου και την καλύτερη εκτέλεση των εργασιών, χωρίς τη δημιουργία κυκλοφορικών προβλημάτων, χρειάζεται να ληφθούν υπόψη τα κυκλοφορικά δεδομένα της παρακηφίσιας οδού.

Συνεπώς επόμενο στάδιο είναι η επεξεργασία και η εξέταση των παραπάνω δεδομένων, προκειμένου να προταθεί η καλύτερη σχεδιαστική και κατασκευαστική λύση για την υπογειοποίηση της διατομής της κοίτης του Κηφισού. Αφού επιλεγθεί η διατομή της κοίτης θα γίνει προσομοίωση αυτής με τη χρήση πεπερασμένων στοιχείων, ώστε να εξακριβωθεί εάν έγινε σωστή επιλογή των διαστάσεων και των κατασκευαστικών στοιχείων, και έπειτα θα δοθεί η μέθοδος και τα στάδια κατασκευής του έργου.

Τέλος, θα γίνει εκτίμηση του κόστους και του χρόνου κατασκευής του έργου, κι επιπλέον θα προταθούν μελλοντικά σχέδια που αφορούν την επιφανειακή ανάπτυξη της υπό εξέταση περιοχής, ώστε οι προτάσεις να συμβαδίζουν με αυτές που πρόκειται να πραγματοποιηθούν στο μέλλον.

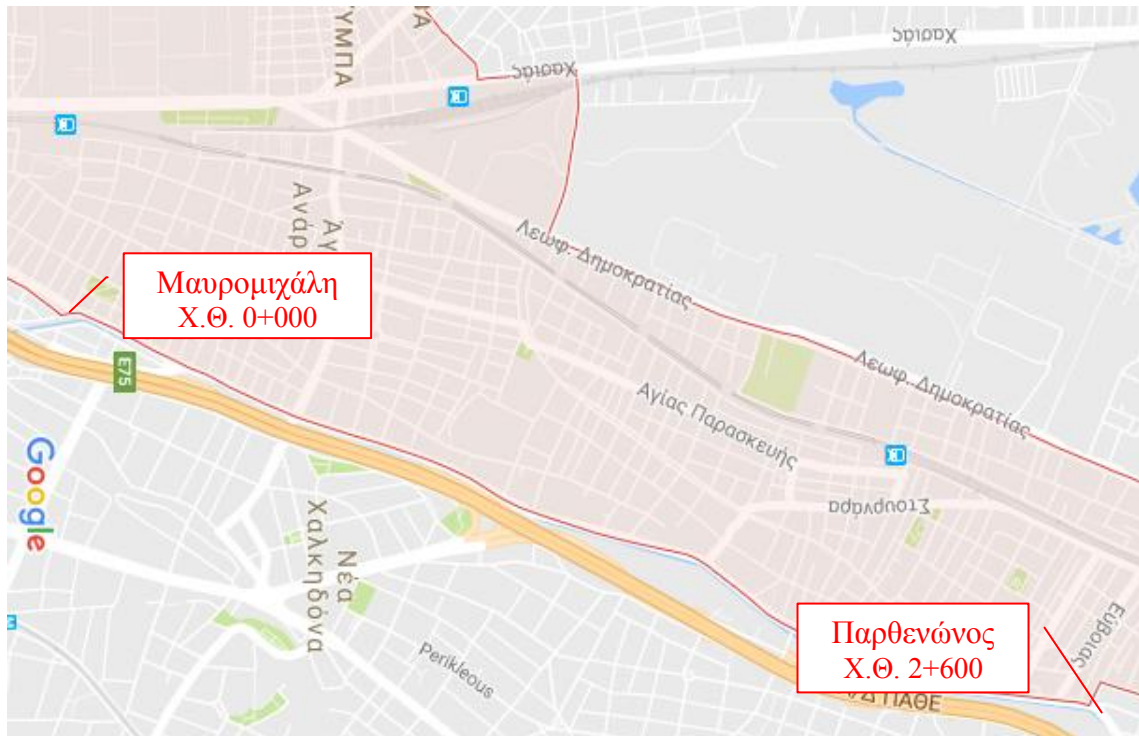
## 2.2 Θέση έργου

Η περιοχή εξέτασης εντάσσεται στην Περιφέρεια Αττικής, ενώ το υπό μελέτη έργο διοικητικά υπάγεται στο Δήμο Αγ. Αναργύρων, που βρίσκεται στα δυτικά προάστια του Νομού Αττικής (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1: Θέση έργου στο χάρτη της ευρύτερης περιοχής του Λεκανοπεδίου.

Τα σημεία που παρουσιάζονται στο χάρτη του Σχήματος 2.2 αντιπροσωπεύουν την αφετηρία και το τέρμα του έργου συνολικού μήκους 2,6 km. Η αφετηρία στη Χ.Θ. 0+000 ορίζεται από την τομή των οδών Λάμπρου Κατσώνη και Μαυρομιχάλη, ενώ το τέρμα στη Χ.Θ. 2+600 ορίζεται από την τομή των οδών Λάμπρου Κατσώνη και Παρθενώνας.



Σχήμα 2.2: Χάρτης της υπό εξέταση περιοχής.

## 2.3 Πλημμυρικά φαινόμενα και ζημιές που έχουν καταγραφεί στην κοίτη του ποταμού Κηφισού

### 2.3.1 Ιστορική αναδρομή των πλημμυρικών φαινομένων

Τις τελευταίες δεκαετίες στην περιοχή της Δυτικής Αθήνας καταγράφεται ένας σημαντικός αριθμός πλημμυρικών γεγονότων. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα συμβάντα αυτά συνδέονται με συγκεκριμένα τμήματα του υδρογραφικού δικτύου, ενώ σε άλλες με αστοχίες του δικτύου ομβρίων ή και συνδυασμό των δύο. Τα συμβάντα αυτά έχουν τις περισσότερες φορές χαρακτηριστικά αστικών πλημμυρών, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις παρουσιάζονται χαρακτηριστικά ξαφνικών πλημμυρών (flash floods).

Σημαντικό ρόλο στο πλημμυρικό καθεστώς της περιοχής έχει διαδραματίσει επίσης η οικιστική πίεση και ο φτωχός σχεδιασμός χρήσεων γης τα οποία οδηγούν στη γεινίαση κατασκευών με το υδρογραφικό δίκτυο. Το γεγονός αυτό αυξάνει σημαντικά την τρωτότητα των πόλεων. Σε ορισμένες περιπτώσεις επηρεάζεται αρνητικά ακόμα και η ίδια η πιθανότητα εκδήλωσης πλημμυρών, καθώς μειώνεται σημαντικά η παροχετευτικότητα των ρεμάτων.

Ταυτόχρονα, είναι γνωστό ότι τις τελευταίες δεκαετίες η περιοχή της Δυτικής Αθήνας έχει αστικοποιηθεί με ταχείς ρυθμούς, φαινόμενο το οποίο έχει συνοδευτεί από σημαντική

αύξηση της οικονομικής αξίας της περιοχής και της σημασίας των υποδομών εν κινδύνω. Έτσι από τις αρχές του αιώνα, αλλά κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες παρουσιάζονται πλημμυρικά γεγονότα στην περιοχή με σημαντικές επιπτώσεις και θύματα.

Οι εν λόγω πλημμύρες προκάλεσαν αξιοσημείωτο αριθμό θυμάτων και σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις, καθώς καταστράφηκαν επιχειρήσεις, βιοτεχνίες, οικίες, κτηνοτροφικές μονάδες, αγροτικές εκτάσεις, οχήματα, υποδομές και διαφόρων άλλων ειδών περιουσίες. Επιπρόσθετα, αποτέλεσαν ένα από τα εμπόδια στην ομαλή ανάπτυξη της περιοχής και οδήγησαν σε ορισμένες περιπτώσεις σε εκτεταμένα φαινόμενα μόλυνσης, καθώς διευκόλυναν την κυκλοφορία λυμάτων, βαρέων μετάλλων και άλλων μολυσματικών ουσιών μέσω των πλημμυρικών υδάτων. Τέλος, άλλα περιορισμένης έκτασης πλημμυρικά φαινόμενα όπως αυτό του 1949 και του 2005 ανέστειλαν την κυκλοφορία σε τμήμα του οδικού δικτύου.

Συνεπώς από το 1978 και έπειτα έχουν καταγραφεί πολλές πλημμύρες, οι οποίες έπληξαν την περιοχή των Αγ. Αναργύρων, προκαλώντας άλλοτε μικρότερες και άλλοτε μεγαλύτερες ζημιές, και είναι οι εξής (Εγκυκλοπαίδεια meteoclub.gr, 02/02/2014):

- 28/10/1978 ισχυρή βροχόπτωση με διάρκεια 4 ωρών, η οποία προκάλεσε πλημμύρες σε υπόγεια και σπίτια στους Αγ. Αναργύρους.
- 07/10/1980 ισχυρή βροχόπτωση με διάρκεια 2 ωρών, κατά την οποία πλημμύρισαν 13 καταστήματα και 18 οικίες σε Ίλιον, Πετρούπολη, Αγ. Αναργύρους, Ανθούπολη και Περιστερί. Οι συνολικές ζημιές υπολογίστηκαν σε 1,25 εκατομμύριο δραχμές.
- 09/12/1989 ισχυρή βροχόπτωση με διάρκεια περισσότερη των 5 ωρών, η οποία έπληξε τους Αγ. Αναργύρους, τα Άνω Πετράλωνα, τα Εξάρχεια και τους Αμπελόκηπους, όπου πλημμύρισαν οικίες, αποθήκες και υπόγεια. Επίσης ξεριζώθηκαν δένδρα, γεφύρια έπεσαν, έγιναν καθιζήσεις και προκλήθηκαν ζημιές στα δίκτυα του ΟΤΕ και της ΔΕΗ.
- 24/10/2014 ισχυρή βροχόπτωση με διάρκεια 1,5- 2 ωρών, η οποία έπληξε τους Αγ. Αναργύρους, το Ίλιον, το Μενίδι, τη Νίκαια και το Περιστερί, κατά την οποία όμως κατεγράφησαν 14 cm νερού, ενώ εάν έβρεχε όλη την ημέρα υπό κανονικές συνθήκες θα καταγράφονταν 5 cm νερού.
- 21-23/10/2015 ισχυρές καταιγίδες και ακραία φαινόμενα όπως ανεμοστρόβιλοι, τα οποία σημειώθηκαν στις περιοχές των Αγ. Αναργύρων, του Μενιδίου, των



Βορείων Προαστίων καθώς και στο κέντρο της Αθήνας. Γενικά καταγράφηκαν σε όλες τις περιοχές ακραία ύψη βροχών, αλλά ειδικότερα στους Αγ. Αναργύρους σημειώθηκαν 105,3 mm βροχής. Τέλος εκτεταμένες ζημιές οδήγησαν σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης τους Δήμους Αγ. Αναργύρων/ Καματερού, Ιλίου και Μενιδίου. Παρακάτω ακολουθούν φωτογραφίες από τις καταστροφές που συνέβησαν σε σπίτια, καταστήματα, οχήματα και δρόμους (Εικόνα 2.1- 2.3).

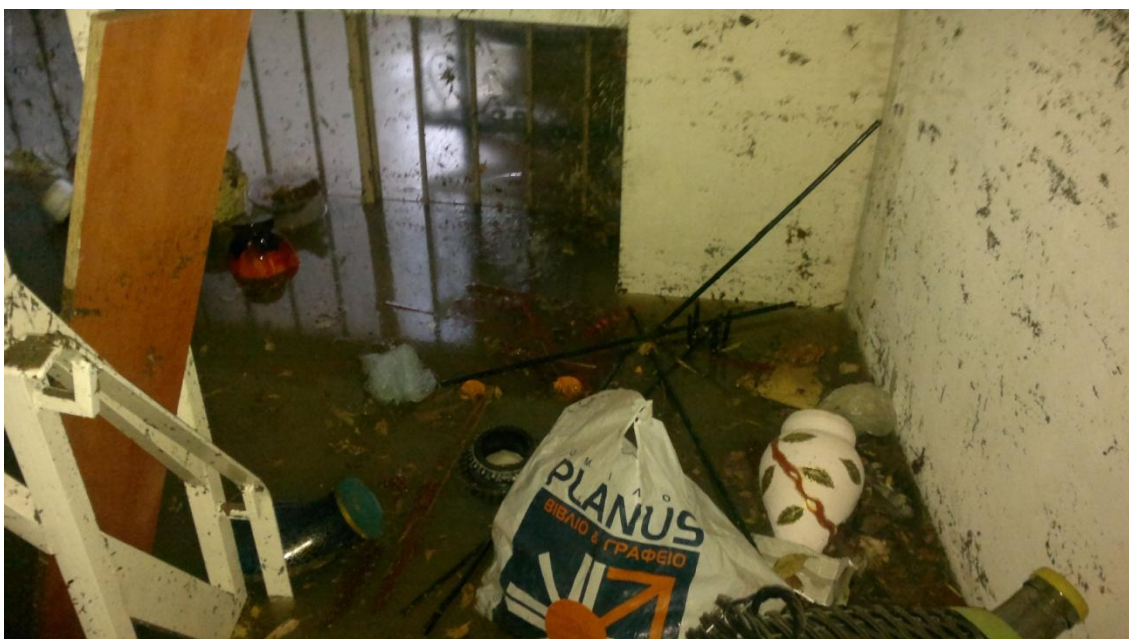
Επισημαίνεται ότι από την τελευταία προαναφερθείσα βροχόπτωση που παρατηρήθηκε στη βορειοδυτική Αττική κατά τη διάρκεια των ακραίων καιρικών φαινομένων προκλήθηκαν πλημμυρικές απορροές με αποδέκτες τα ρέματα Εσχατιάς, Καναπίτσας και τον ποταμό Κηφισό στα ανάντη του Κόκκινου Μύλου. Οι ισχυρότατες αυτές βροχοπτώσεις δημιούργησαν πλημμυρική απορροή στον Κηφισό και εκτεταμένες ζημιές στο τμήμα ανάντη της αναδιευθετημένης κοίτης (Τρεις Γέφυρες) μέχρι και τη συμβολή του Ρέματος Αχαρνών (Καναπίτσα). Έτσι από τη βροχόπτωση που σημειώθηκε και την εξαιρετικά μειωμένη παροχτευτικότητα του Κηφισού στο τμήμα της ανοικτής τραπεζοειδούς διατομής από Τρεις Γέφυρες μέχρι τη συμβολή του Ρέματος Αχαρνών ήταν απόλυτα αιτιολογημένη η εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων υπερχειλίσις της κοίτης, τόσο στη θέση “στραγγαλισμού” (γέφυρες οδού Παλαμά) όσο και στις υπερχειλίσεις προς την οδό Λάμπρου Κατσώνη.



**Εικόνα 2.1: Καταστροφές οδικών δικτύων στο Δήμο Αγ. Αναργύρων, 22/10/2015.**



**Εικόνα 2.2: Καταστροφές οχημάτων στο Δήμο Αγ. Αναργύρων, 22/10/2015.**



**Εικόνα 2.3: Εισροή υδάτων και καταστροφή υπόγειων σπιτιών στο Δήμο Αγ. Αναργύρων, 29/03/2015.**



### **2.3.2 Ιστορικό ζημιών και παλαιότερων εργασιών αποκατάστασης στην κοίτη του ποταμού Κηφισού**

Από τη δεκαετία του 1970 έχουν παρατηρηθεί στην ανοικτή λιθένδυτη τραπεζοειδή διατομή καταπτώσεις στις όχθες και παρουσιάζεται «δειγματολόγιο» τοπικών αποκαταστάσεων από έγχυτο σκυρόδεμα με πλέον πρόσφατες τις αποκαταστάσεις που έγιναν το 2007 (Εικόνα 2.4). Οι ταχύτητες ροής του Κηφισού ακόμα και για μικρές παροχές είναι σημαντικές, γεγονός που προκαλεί με την πάροδο του χρόνου φθορά στην κοιτόστρωση του πυθμένα. Η κατείσδυση νερού στην υποκείμενη στρώση έδρασης χωρίς τη δυνατότητα αποστράγγισης δημιουργεί ανομοιομορφία έδρασης των υπερκείμενων πλακών που μακροχρόνια οδηγεί σε ρηγματώσεις τόσο κατά μήκος της ροής, όσο κυρίως εγκάρσια και ειδικά σε θέσεις αρμών κατασκευής. Οι ρωγμές επιτρέπουν μεγαλύτερη κατείσδυση νερού και μετατόπιση εδαφικού υλικού μέχρι τελικά τη θραύση της υπερκείμενης κοιτόστρωσης. Το φαινόμενο ακολουθεί δυναμική επιδείνωση με απομάκρυνση υποκείμενου εδαφικού υλικού και μετατόπιση (ανύψωση/ κατάπτωση) της υπερκείμενης κοιτόστρωσης που φθάνει μέχρι και σε παράσυρση τεμαχίων σκυροδέματος (Εικόνα 2.5).



**Εικόνα 2.4: Τοπικές αποκαταστάσεις πρηνών με έγχυτο σκυρόδεμα.**



**Εικόνα 2.5: Μετατόπιση εδαφικού υλικού και τελικά θραύση της υπερκείμενης κοιτόστρωσης.**

Επισημαίνεται ότι η έλλειψη οπλισμού (πλέγματος) και το μικρό πάχος της κοιτόστρωσης αποτελούν κρίσιμα στοιχεία για την εξέλιξη του μεγέθους της ζημιάς. Οι ζημιές στον πυθμένα της κοίτης έχουν άμεση συνέπεια στη δημιουργία έντονων δευτερογενών ροών και την ανάπτυξη στροβιλισμών στην έδραση των λιθένδυτων πρανών που προκαλούν συνθήκες υποσκαφής που επιτείνεται από τα κενά που ήδη έχουν διαμορφωθεί στις υποκείμενες εδαφικές στρώσεις. Το κονίαμα της λιθένδυσης λειτουργεί μέχρι κάποιο σημείο στην επιφανειακή συνοχή του πρανούς, μέχρι το χρονικό σημείο όπου τα εντατικά μεγέθη ρηγματώνουν την επιφανειακή στρώση. Η υποσκαφή και απομάκρυνση του εδαφικού υλικού δημιουργεί ανάλογα με τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του εδάφους θραύση και ολίσθηση. Η θραύση του κονιάματος των λίθων δημιουργεί προϋποθέσεις συμπαράσυρσης αρχικά των λίθων και στη συνέχεια του εδαφικού υλικού έδρασής τους. Το έγκοιλο που δημιουργείται στο πρανές πολλαπλασιάζει το στροβιλισμό της ροής με αποτέλεσμα η κατάπτωση να διευρύνεται τόσο εγκάρσια (ειδικά σε περιπτώσεις χαλαρού



εδάφους) και κυρίως κατάντη, όπου το φαινόμενο εξελίσσεται με συνεχή αποκόλληση επένδυσης (λιθένδυση ή/ και σκυροδέματος για αποκατάσταση παλαιών ζημιών) (Εικόνα 2.6).



**Εικόνα 2.6: Δημιουργία εγκοίλου και αποκόλληση λιθένδυτης επένδυσης.**

Οι παραπάνω επεμβάσεις έγιναν το 2007 αμέσως μετά την πυρκαγιά της Πάρνηθας (Ιούνιος 2007). Κατασκευάστηκαν επειγόντως εργασίες τόσο αποκατάστασης των ζημιών στον πυθμένα και στα πρανή της τραπεζοειδούς διατομής, όσο και στη συναρμογή με την κατάντη κλειστή ορθογωνική διατομή. Με τα έργα αυτά κατασκευάστηκε ιδιαίτερα ενισχυμένος πυθμένας που αποτελείται από:

- Στρώση έδρασης με κοκκώδες περατό υλικό που αποστραγγίζεται σε διάτρητους σωλήνες στα άκρα του ορύγματος.
- Άκαμπτο σώμα που διαμορφώνεται από προκατασκευασμένα ή έγχυτα κυψελωτά κιβώτια (Caissons) με πλήρωση κοκκώδους υλικού και διαβροχή σε συνθήκες πλήρους κορεσμού και ελαφρά οπλισμένο.

- Σφράγιση/ επίστρωση της κοίτης με σκυρόδεμα υψηλής αντοχής και διαμόρφωση αμφικλινούς ροής προς τον άξονα του ποταμού. Για την εκσκαφή του πυθμένα χωρίς καταπτώσεις των λιθένδυτων πρανών, έγινε αντιστήριξη με μικροπασσάλους. Στις μικρές καταπτώσεις των πρανών μετά την απομάκρυνση των λίθων και του σαθρού επιφανειακού στρώματος, έγινε πλήρωση με σκυρόδεμα και διαμόρφωση κεκλιμένου πρανού με κλίση 1:1. Στις μεγάλες καταπτώσεις μετά τον καθαρισμό από τα σαθρά εδάφη έγιναν ηλώσεις και πλήρωση με λιθόδεμα. Η επιφανειακή στιβάδα του πρανού, κατασκευάστηκε με ελαφρά οπλισμένο σκυρόδεμα C30/37 με χρήση μεταλλότυπων.

Πάρα ταύτα, κατά τη διέλευση της πλημμυρικής απορροής στις 22/10/2015, ενώ ο ανακατασκευασμένος πυθμένας και οι αποκαταστάσεις των πρανών που έγιναν το 2007 λειτούργησαν εξαιρετικά αποτελεσματικά, διαπιστώθηκαν εκτεταμένες από κάθε άποψη ζημιές στα λιθένδυτα πρανή. Οι ζημιές αυτές οφείλονται κατά κύριο λόγο στις παρακάτω αιτίες:

- Στις περιοχές που είχε αναπτυχθεί βλάστηση σε ρωγμές του λιθένδυτου πρανού, υπήρξε λόγω των μεγάλων ταχυτήτων ροής, εκρίζωση των φυτών που παρέσυρε εδαφικό υλικό και τμήμα της υπερκείμενης λιθένδυσης (Εικόνα 2.7). Οι ζημιές αυτές είναι πολλές και σποραδικές, αλλά περιορισμένης σχετικά επικινδυνότητας για τους παραποτάμιους δρόμους ή/και ιδιοκτησίες.



**Εικόνα 2.7: Καταστροφή λιθένδυσης λόγω εκρίζωσης φυτών.**



- Στις όχθες, στο εσωτερικό των αλλαγών διεύθυνσης αμέσως κατάντη της καμπύλης, παρουσιάστηκε υποπίεση που προκάλεσε αποκόλληση της λιθένδυσης και δευτερογενή ροή στο κενό που δημιουργήθηκε με έντονη περιδίνηση (Εικόνα 2.8 & 2.9). Αποτέλεσμα της στροβιλώδους ροής ήταν η έντονη διάβρωση του εδαφικού υλικού πίσω από τη λιθένδυση που συνίσταται από αργίλους, ιλυώδεις άμμους καθώς και χαλαρούς σχηματισμούς από άμμους, ιλύες, αργίλους, χάλικες και κροκάλες. Το φαινόμενο απέκτησε δυναμική με αποτέλεσμα μετά τη διέλευση των πλημμυρικών φαινομένων οι καταστροφές να είναι εκτεταμένες κατά μήκος της ροής, καθ' ύψος αλλά και σε μεγάλο βάθος.



**Εικόνα 2.8:** Αποκόλληση λιθένδυσης στο εσωτερικό της αλλαγής διεύθυνσης.



**Εικόνα 2.9: Πανοραμική άποψη της καταστροφής του ανατολικού πρσανούς στο εσωτερικό της αλλαγής διεύθυνσης.**

- Στις περιοχές που υπήρξε υπέρβαση της στέψης της λιθένδυσης η συρτική δύναμη της ροής στο ανεπένδυτο έδαφος παρέσυρε το εδαφικό υλικό και “ξεκούφωσε” την λιθένδυση από το φρύδι, αφού παρέσυρε την οποιαδήποτε φύτευση ή κατασκευή υπήρχε είτε στην ανατολική όχθη (περιφράξεις, χαμηλή φύτευση κλπ.) είτε στη δυτική όχθη (στηθαία ασφαλείας, δίκτυα και φρεάτια ασθενών αλλά και ισχυρών ρευμάτων, κολώνες οδοφωτισμού, πεζοδρόμια, κράσπεδα και οδοστρώματα) κατά μήκος της παρακηφίσιας οδού Λάμπρου Κατσώνη (Εικόνα 2.10).





**Εικόνα 2.10: Καταστροφή δυτικής όχθης, αποξήλωση πεζοδρομίων, στηθαίων ασφαλείας και φρεατίων.**

- Στις γέφυρες της οδού Κωστή Παλαμά η ροή προσέκρουσε στο φορέα, υπερχειλίσσε προς την οδό Λάμπρου Κατσώνη, δημιουργήθηκε ανάσχεση με μείωση της ταχύτητας ροής και αναπτύχθηκε υδραυλικό άλμα με ισχυρή τύρβη που παρέσυρε σε μεγάλο μήκος και έκταση το ανατολικό πρανές θέτοντας σε κίνδυνο τον κλάδο εξόδου του αυτοκινητόδρομου ΠΑΘΕ προς την Κωστή Παλαμά (Εικόνα 2.11). Η υπερχειλίζουσα ροή κατάντη των γεφυρών ανέπτυξε πολύ μεγάλη ταχύτητα ροής ξηλώνοντας τα λιθένδυτα πρανή και στις δύο όχθες σε πολύ μεγάλο μήκος.

Επισημαίνεται ότι λόγω αυξημένης επικινδυνότητας κατάρρευσης του τμήματος της Εθνικής Οδού, ελήφθησαν άμεσα μέτρα ενίσχυσης του ανατολικού πρανούς με φρεατοπασσάλους, τα οποία ολοκληρώθηκαν πρόσφατα με επιτυχία, όμως χρειάστηκε σχεδόν 1,5 χρόνος για να ολοκληρωθούν (Εικόνα 2.12). Παρόλα αυτά εκτιμάται ότι ενώ βελτιώνουν τις συνθήκες ευστάθειας της Εθνικής Οδού, πρόκειται για μια καθησυχαστική παρέμβαση, η οποία θα μεταφέρει τα προβλήματα από το ανατολικό πρανές στο δυτικό.





**Εικόνα 2.11: Καταστροφή ανατολικού πρανούς στη συμβολή της εξόδου ΠΑΘΕ προς τη Λ. Κατσώνη.**



**Εικόνα 2.12: Ολοκλήρωση της εφαρμογής φρεατοπασσάλων για ενίσχυση του ανατολικού πρανούς στη συμβολή της εξόδου ΠΑΘΕ προς τη Λ. Κατσώνη.**



Σε όλες τις περιπτώσεις οι λίθοι (ασβεστόλιθοι Πεντέλης) καθώς και το εδαφικό υλικό που παρασύρθηκε δημιούργησε πρόσθετες δευτερογενείς ροές που επιφόρτισαν την τύρβη και τη διαβρωτική δυναμική της διόδου της πλημμυρικής παροχής από την κοίτη του Κηφισού στο τμήμα αυτό. Η χειμαρρώδης ροή υπέσκαψε και τη θεμελίωση της πεζογέφυρας που αποτελεί τμήμα της επικοινωνίας μεταξύ της Ν. Φιλαδέλφειας και των Αγ. Αναργύρων (διέλευση με σκάλες και ράμπες πάνω από τον ΠΑΘΕ και τον Κηφισό για τη σύνδεση των οδών Φλαβιανών και Λάμπρου Κατσώνη) (Εικόνα 2.13). Ευτυχώς δεν υπήρξε θραύση του φορέα και κατακρήμνιση στον πυθμένα του Κηφισού γεγονός που θα προκαλούσε εκτεταμένη υπερχειλίση προς τη Λάμπρου Κατσώνη.



**Εικόνα 2.13: Υποσκαφή της θεμελίωσης της πεζογέφυρας που ενώνει τις οδούς Φλαβιανών και Λάμπρου Κατσώνη.**

Συνοψίζοντας στα παρακάτω επιμέρους τμήματα της οριζοντιογραφίας της οδού Λ. Κατσώνη (Σχήμα 2.3 και 2.4) επισημαίνονται οι θέσεις των ζημιών που έχουν καταγραφεί κατά μήκος της κοίτης του ποταμού, μετά την τελευταία νεροποντή του 2015.





**Σχήμα 2.3: Οριζοντιογραφία οδού Α. Κατσώνη (Τμήμα Α').**

**ΠΗΓΗ: Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων.**





Σχήμα 2.4: Οριζοντιογραφία οδού Α. Κατσώνη (Τμήμα Β').

ΠΗΓΗ: Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων.

## **2.4 Πρόταση επείγουσων εργασιών αποκατάστασης των πρανών από το ΥΠΥΜΕΔΙ**

### **2.4.1 Γενικά**

Μετά τις τελευταίες καταστροφικές πλημμύρες που σημειώθηκαν στην περιοχή των Αγ. Αναργύρων και είχαν σημαντικές συνέπειες τόσο στην κοίτη του ποταμού όσο και σε άλλα έργα υποδομής, ιδιωτικές περιουσίες ακόμα και σε απώλειες ζωών, οδήγησαν την Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων Κατασκευής Υδραυλικών Υποδομών της Γενικής Γραμματείας Υποδομών του ΥΠΥΜΕΔΙ στη δημοπράτηση έργου για επείγουσες εργασίες αποκατάστασης των πρανών. Το έργο αυτό αφορά στην αποκατάσταση των πρανών της κοίτης του ποταμού Κηφισού (παρά την οδό Λ. Κατσώνη), από τις Τρεις Γέφυρες μέχρι τεχνικό εκβολής ρέματος Αχαρνών).

Σύμφωνα με τη μελέτη του ΥΠΥΜΕΔΙ επειδή η αναδιευθέτηση της κοίτης του Κηφισού για την αύξηση της παροχευτικότητας εκτιμάται ότι δεν μπορεί να γίνει με ταπεινώση της στάθμης του ανακατασκευασμένου πυθμένα, προτείνεται η διεύρυνση της διατομής υπό τους παρακηφίσιους δρόμους δηλαδή την οδό Λ. Κατσώνη (σε όλο το μήκος της δυτικής όχθης) και την οδό Κηφισού (στην ανατολική όχθη κατάντη των γεφυρών της Κ. Παλαμά). Κατά συνέπεια τα έργα αποκατάστασης της δυτικής όχθης αλλά και της ανατολικής στην οδό Κηφισού να είναι βραχυμεσοπρόθεσμα (ανάλογα με το πότε θα κατασκευασθούν τα έργα αναδιευθέτησης), ενώ τα έργα της ανατολικής όχθης να είναι μακροπρόθεσμα όπως και ο κατασκευασμένος το 2007 πυθμένας που άντεξε τη διόδευση της πλημμυρικής απορροής. Για την αποκατάσταση των ζημιών υποστηρίζεται ότι θα είναι απαραίτητες οι εκτροπές της απορροής του Κηφισού, τόσο στη κεφαλή του τμήματος, όσο και τμηματικά στις περιοχές παρέμβασης. Το είδος των τοπικών παρεμβάσεων (αμμόσακοι ή και προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα) θα συναρτηθεί από το χρονικό διάστημα που θα απαιτηθεί για την τμηματική ολοκλήρωση της παρέμβασης και από το πλήθος των μηχανημάτων που θα πρέπει να βρίσκονται μέσα στην κοίτη.

Σε κάθε περίπτωση, προτείνεται η Λ. Κατσώνη να μετατραπεί τμηματικά σε εργοτάξιο και να εκτρέπεται πλήρως η κυκλοφορία στο τοπικό οδικό δίκτυο. Η μετατόπιση των δικτύων ισχυρών και ασθενών ρευμάτων από την παρόχθια οριογραμμή και πεζοδρόμια της Λ. Κατσώνη θα κριθεί απαραίτητη και επείγουσα. Για τον περιορισμό της “συνήθους” απορροής (πηγαία νερά και ακάθαρτα) προτείνεται να διαμορφωθεί έργο εκτροπής προς

τον Παρακηφίσιο Συλλεκτήρα Ακαθάρτων στα κατάντη της συμβολής του Ρέματος Αχαρνών.

#### **2.4.2 Αναγκαιότητα επειγουσών επεμβάσεων**

Οι επεμβάσεις του ΥΠΥΜΕΔΙ που παρατίθενται παρακάτω κρίθηκαν αναγκαίες εξαιτίας της υπάρχουσας κατάστασης, η οποία είναι εξαιρετικά επικίνδυνη ακόμα και για την απορροή από συνήθεις και όχι πλημμυρικές βροχοπτώσεις στην ευρύτερη βορειοδυτική Αττική. Οι κίνδυνοι περιλαμβάνουν τη διεύρυνση της περιμέτρου των υποσκαφών με κατάρρευση εδαφικού υλικού και των υπερκείμενων οδών Λ. Κατσώνη (σε όλο το μήκος της δυτικής όχθης) και Κηφισού (στην ανατολική όχθη κατάντη των γεφυρών της οδού Κωστή Παλαμά μέχρι και τη γεφύρωση του Κηφισού στην οδό Περισοπού αμέσως ανάντη του τεχνικού εκροής στην κλειστή διευθετημένη κοίτη του ποταμού). Προφανώς ο κίνδυνος υποσκαφής και κατάρρευσης της ΛΕΑ και του κλάδου εξόδου προς την Κωστή Παλαμά είναι πολύ μεγάλος με προφανείς συνέπειες για την κυκλοφορία στον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ. Στην περίπτωση υπερχειλίσεως της δυτικής όχθης είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα πλημμυρίσουν οι κατοικίες των κοντινότερων οικοδομικών τετραγώνων προς την πλευρά της Λ. Κατσώνη, δεδομένου ότι τα κατώφλια των σπιτιών βρίσκονται πολύ χαμηλότερα από την ερυθρά της Λ. Κατσώνη χωρίς δυνατότητα διαφυγής των υπερχειλίσεων. Η ανάγκη της άμεσης αποκατάστασης ενιαίας και σταθερής διατομής του Κηφισού στο τμήμα αυτό είναι αδήριτη και επιτακτική και πρέπει να εκτελεσθεί, προκειμένου να αποφευχθούν ζημιές που μπορεί να μην είναι μόνο υλικές.

#### **2.4.3 Εργασίες αποκατάστασης σε μικρές καταπτώσεις**

Για την αποκατάσταση των ζημιών στις περιοχές των μικρών καταπτώσεων, προτείνεται η απομάκρυνση των περιμετρικών χαλαρών λιθοδομών που δεν έχουν παρασυρθεί από το νερό με χρήση αερόσφυρας. Με τη χρήση πεπιεσμένου αέρα ή/ και με τα χέρια θα πρέπει να γίνεται καθαρισμός του εδάφους στο έγκοιλο που έχει δημιουργηθεί. Πριν από την πλήρωση του κενού θα πρέπει να τοποθετούνται βλήτρα στο έδαφος που θα προεξέχουν τουλάχιστον 25 cm. Θα γίνεται πλήρωση του έγκοιλου με αμμόδεμα αφήνοντας επιφανειακή στοιβάδα πάχους 30 cm περίπου, η οποία θα πληρωθεί με ελαφρά οπλισμένο σκυρόδεμα C30/37. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία της πλήρωσης με αμμόδεμα και όσο αυτό είναι ακόμα νωπό, θα τοποθετούνται βλήτρα και στην εξωτερική παρειά ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη συνάφεια μεταξύ του αμμοδέματος και της τελικής επένδυσης. Η τελική επιφάνεια του αμμοδέματος θα αποτελέσει τη βάση έδρασης της τελικής

επένδυσης. Τέλος θα γίνεται η σκυροδέτηση με τη χρήση ξυλοτύπου. Το σκυρόδεμα θα είναι ελαφρά οπλισμένο, κατηγορίας C30/37 με ειδική σύνθεση (πολύ σκληρά αδρανή ή σκωρία). Η εργασία της σκυροδέτησης τόσο του αμμοδέματος όσο και του C30/37, θα γίνεται από την οδό Λ. Κατσώνη, είτε η μικρή αποκατάσταση είναι αριστερά, είτε είναι δεξιά.

## **2.4.4 Εργασίες αποκατάστασης σε περιοχές μεγάλων καταπτώσεων**

### **2.4.4.1 Πρανή ανατολικής όχθης (ΠΑΘΕ)**

Στις περιοχές των μεγάλων καταπτώσεων θα γίνεται σε πρώτο στάδιο εκτροπή της ροής με προκατασκευασμένα μπλόκια από σκυρόδεμα και τη χρήση αμμόσακων ή σάκων από γουταπέρκα που θα έχουν πληρωθεί με άμμο ή ακόμα και με μαρμαρόσκονη. Αφού ολοκληρωθούν οι τοπικές αντλήσεις, σε εκείνο το σημείο θα κατέβει μικρό Bobcat και με αερόσφυρα ή και με τα χέρια, θα γίνει επιμελής καθαρισμός των πρανών και του δαπέδου του πυθμένα από φερτά και απομάκρυνσή τους με τη χρήση γερανού.

Επιπλέον θα γίνει καθαίρεση τμήματος 2,50 m περίπου των πρανών της όχθης εκατέρωθεν της κατάπτωσης. Στη συνέχεια για τη σταθεροποίηση των πρανών θα εφαρμοστούν παθητικές ηλώσεις μήκους 6 m. Μετά την ολοκλήρωση των έργων προστασίας και με τη χρήση μικρού μηχανήματος διάτρησης, θα γίνει στις περιπτώσεις που δεν υπάρχουν μικροπάσσαλοι από την προηγούμενη εργολαβία, κατασκευή πασσάλων από οπλισμένο σκυρόδεμα C25/30 ακριβώς δίπλα στον υφιστάμενο και διατηρούμενο πυθμένα, έτσι ώστε να ακολουθήσει σκυροδέτηση κεφαλόδεσμου από οπλισμένο σκυρόδεμα C30/37. Στον πυθμένα της κατάπτωσης θα γίνει διασπορά πασσάλων, διάστρωση σκυροδέματος καθαρισμού C8/10 πάχους περίπου 0,15 m και κατασκευή θεμελίωσης γενικής κοιτόστρωσης πάχους 0,75 m περίπου από οπλισμένο σκυρόδεμα C25/30, οι οπλισμοί της οποίας θα δεθούν με τους πασσάλους.

Μετά την ολοκλήρωση της σκυροδέτησης της γενικής κοιτόστρωσης, προτείνεται να καλουπωθούν αντηριδωτοί τοίχοι πάχους 0,30 m έως 0,35 m με κεκλιμένη παρειά 1:1 ανά 3 m περίπου με αναμονές οπλισμού έτσι ώστε να αγκυρωθεί πάνω τους η μεταγενέστερη οπλισμένη πλάκα της τελικής επένδυσης. Στα διάκενα μεταξύ των οπλισμένων τοίχων οι οποίοι θα φτάνουν σε όλο το βάθος εγκάρσια της κατάπτωσης, θα γίνει πλήρωση με λιθόδεμα με αναλογία πέτρας 60 % και σκυροδέματος C25/30 40 %. Το λιθόδεμα θα χρησιμοποιηθεί σαν ξυλότυπος της τελικής επένδυσης πάχους περίπου 30 cm με οπλισμό ο οποίος θα πακτώνει την επένδυση τόσο στον κεφαλόδεσμο θεμελίωσης στο πόδι του

πρανούς όσο και στους εγκάρσιους αντηριδωτούς τοίχους. Θα χρησιμοποιηθεί σκυρόδεμα C30/37 με πολύ σκληρά αδρανή ή σκωρία έτσι ώστε να εξασφαλιστεί προστασία από τις εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες του ποταμού. Σε ύψος πάνω από 4 m όπου είναι και η λιθένδυτη διατομή θα υπάρξει πλήρωση ή διαμόρφωση ή αντιστήριξη του υπολειπόμενου πρανούς με λιθόδεμα χωρίς την απαίτηση περαιτέρω μέτρων προστασίας.

#### **2.4.4.2 Πρανή σε παρόχθιους δρόμους**

Στα πρανή στις περιοχές που υπάρχει δυνατότητα επεκτασιμότητας του Κηφισού δηλαδή τα πρανή που βρίσκονται στη Λ. Κατσώνη και στην οδό Κωστή Παλαμά συστήνεται να μη γίνει κατασκευή πασσάλων θεμελίωσης, ούτε γενικής κοιτόστρωσης στον πυθμένα. Όμως είναι αναγκαίος ο επιμελής καθαρισμός και η απομάκρυνση σαθρών και καθαίρεση τμήματος 2,5 m του πρανούς εκατέρωθεν την κατάπτωσης. Μετά τον καθαρισμό των πρανών και του δαπέδου του πυθμένα από φερτά, θα εφαρμοστούν ηλώσεις για τη σταθεροποίηση των πρανών και πλήρωση του έγκοιλου με λιθόδεμα. Τέλος θα πρέπει να γίνει η διάστρωση της τελικής επένδυσης από ελαφρώς οπλισμένο σκυρόδεμα C30/37 με σκληρά αδρανή ή σκωρίες. Σε όλη τη διάρκεια των εργασιών θα πρέπει να υπάρχει πλήρης οργάνωση εργοταξίου κατά μήκος της οδού Λ. Κατσώνη και της οδού Παλαμά στα κατάντη, κυκλοφοριακές ρυθμίσεις και διάθεση μηχανημάτων και λήψη όλων των απαραίτητων μέτρων προστασίας για το προσωπικό.

#### **2.4.5 Προϋπολογισμός επείγουσών επεμβάσεων**

Οι παραπάνω εργασίες αποκατάστασης των πρανών του ποταμού Κηφισού διεκηρύχθησαν τον Αύγουστο του 2016, με την ανοιχτή διαδικασία επιλογής αναδόχου κατασκευής του έργου.

Ο προϋπολογισμός του έργου «Επείγουσες εργασίες αποκατάστασης πρανών στον Κηφισό ποταμό (παρά την οδό Λ. Κατσώνη, από Τρεις Γέφυρες μέχρι τεχνικό εκβολής ρέματος Αχαρνών) Περιφέρειας Αττικής για άρση επικινδυνότητας» ανέρχεται στα 8.184.000 ευρώ, συμπεριλαμβάνοντας την αναθεώρηση και το Φ.Π.Α.

### **2.5 Συμπεράσματα**

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, δηλαδή το σύνολο των πλημμυρικών φαινομένων και των ζημιών που έχουν καταγραφεί, καθώς και την πρόταση του ΥΠΥΜΕΔΙ για εφαρμογή επείγουσων εργασιών αποκατάστασης των ζημιών, συμπεραίνεται ότι οι εργασίες αυτές σε καμία περίπτωση δε βελτιώνουν την παροχτευτικότητα της κοίτης, αλλά αποκαθιστούν

την προϋπάρχουσα διαμόρφωση της ανοιχτής τραπεζοειδούς διατομής. Συνεπώς πιθανολογείται ότι πρόκειται για ένα έργο το οποίο αποσκοπεί στην προσωρινή επίλυση του προβλήματος και λειτουργεί ως παρηγορητική επέμβαση για την κοίτη του ποταμού καθώς και για τους κατοίκους της περιοχής των Αγ. Αναργύρων.

Δεδομένου ότι στη συγκεκριμένη περιοχή υπολογίζεται ότι ανά 8 έως 10 χρόνια περίπου απαιτούνται εργασίες αποκατάστασης των πρανών, των οποίων το κόστος δε θεωρείται αμελητέο, προτείνεται η υπογειοποίηση της κοίτης του ποταμού. Το έργο αυτό αποσκοπεί στην κατασκευή ενός έργου με μεγάλη διάρκεια ζωής, το οποίο θα λύσει αποτελεσματικά τα προβλήματα που δημιουργούνται στην περιοχή λόγω των ακραίων καιρικών φαινομένων.





## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**



### **3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

#### **3.1 Σκοπός του έργου**

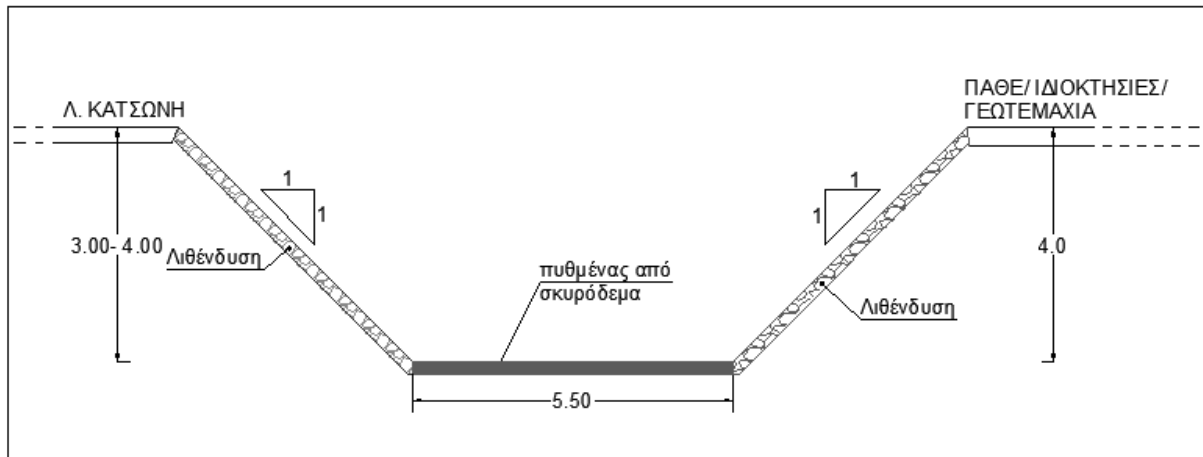
Σκοπός του έργου είναι η υπογειοποίηση της ανοιχτής τραπεζοειδούς διατομής της κοίτης του ποταμού Κηφισού στην περιοχή των Αγ. Αναργύρων, η οποία βρίσκεται παράλληλα με την οδό Λ. Κατσώνη. Η υπογειοποίηση έχει ως στόχο την επίλυση του προβλήματος που αφορά στην υπερχειλίση του ποταμού λόγω επιφανειακών εισροών κατά τη διάρκεια πλημμυρικών φαινομένων και των πλευρικών απορροών που καταλήγουν από τους αγωγούς των γειτονικών περιοχών. Συνεπώς θα κατασκευαστεί ένα έργο ελεγχόμενης ροής, το οποίο θα αποτελεί ένα πλήρες αποστραγγιστικό δίκτυο σε συνδυασμό με το αποχετευτικό σύστημα της περιοχής, το οποίο θα διοχετεύει τα όμβρια ύδατα με ασφάλεια έως την εκβολή του ποταμού στο Σαρωνικό κόλπο. Επιπλέον η υπογειοποίηση θα συνδυάσει την ενίσχυση των πρανών εκατέρωθεν της κοίτης με τη βελτίωση των χαρακτηριστικών της κοίτης, όπως είναι η αύξηση της παροχετευτικότητας του ποταμού καθώς και οι συνθήκες ροής των υδάτων.

Πάρα ταύτα ο σχεδιασμός του έργου αποσκοπεί τόσο στην αντιμετώπιση των προβλημάτων λόγω πλημμυρών όσο και στη δυνατότητα αστικής και περιβαλλοντικής ανάπλασης της περιοχής, η οποία θα δώσει λύση και στο κυκλοφοριακό πρόβλημα της οδού Λ. Κατσώνη, μιας και η οδός αυτή αποτελεί μία από τις κυριότερες οδούς του δήμου και συνδέεται σε αρκετά σημεία με τον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ και με το γειτονικό δήμο Νέας Φιλαδέλφειας.

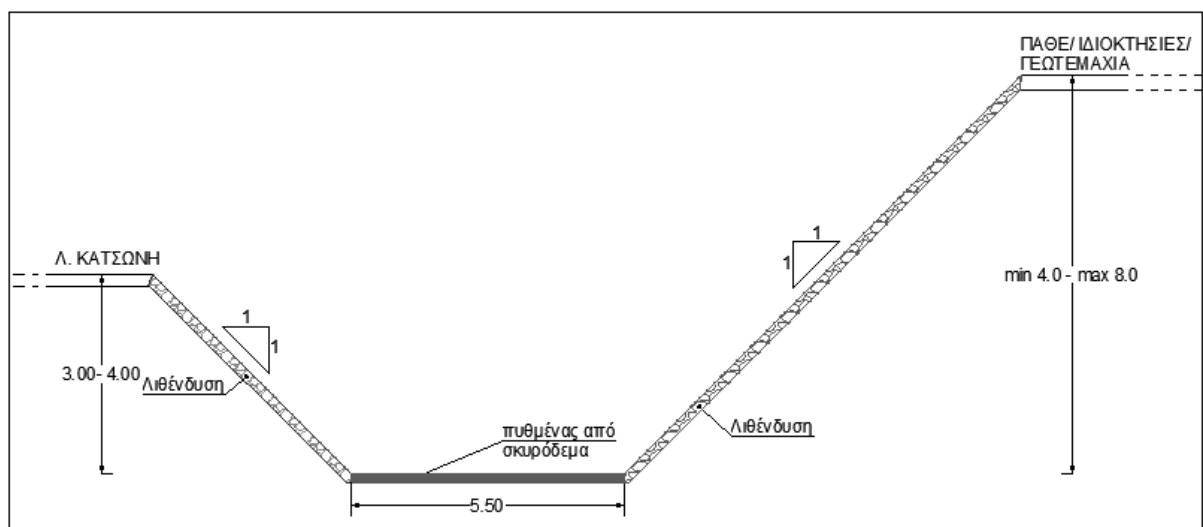
Τελειώνοντας με την υπογειοποίηση του ποταμού εκτός της διευθέτησης του πρακτικού ζητήματος πρόκειται να αποκατασταθεί και το αίσθημα της ψυχικής και σωματικής ασφάλειας των κατοίκων του δήμου, γνωρίζοντας ότι πλέον θα υπάρχει ένα άρτια σχεδιασμένο και εκτελεσμένο έργο, το οποίο θα προφυλάσσει αυτούς και τις περιουσίες τους από παρόμοια γεγονότα πλημμυρών που μπορεί να συμβούν στο μέλλον. Επομένως θα μειωθεί ο κίνδυνος απώλειας ανθρώπινων ζωών και περιουσιών.

#### **3.2 Τυπική διατομή υπάρχοντος τμήματος Κηφισού**

Για το σχεδιασμό του έργου και τον τρόπο κατασκευής του κρίνεται σκόπιμη η διερεύνηση των υφιστάμενων διατομών της κοίτης του ποταμού Κηφισού. Όπως παρατηρείται στα Σχήματα 3.1 και 3.2 κατά μήκος του ποταμού συναντώνται δύο τύποι διατομών.



Σχήμα 3.1: Τυπική διατομή υπάρχουσας κοίτης του ποταμού Κηφισού (τύπος Α').



Σχήμα 3.2: Τυπική διατομή υπάρχουσας κοίτης του ποταμού Κηφισού (τύπος Β').

Παρατηρείται λοιπόν μία κοίτη ανοιχτής τραπεζοειδούς διατομής με πλάτος πυθμένα 5,50 m, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από σκυρόδεμα. Οι προσκείμενες σε αυτόν πλευρές έχουν κλίση κυρίως 1:1, αν και κατά τόπους παρατηρείται ελαφρώς μικρότερη ή μεγαλύτερη και είναι επενδυμένες με λίθους. Πρόκειται για μια ενίσχυση και διαμόρφωση που έγινε κατά τη διάρκεια έργων διεύθετης και αποκατάστασης της κοίτης στο παρελθόν.

Το δυτικό πρανές που συνορεύει με την οδό Λ. Κατσώνη έχει στο μεγαλύτερο μήκος του ύψος περίπου 3,0 m έως 4,0 m. Τέλος, το ύψος του ανατολικού πρανούς που συνορεύει με τον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ ή με ιδιοκτησίες ή με εδαφικές εκτάσεις, κυμαίνεται από 4,0 m έως 8,0 m περίπου. Στο μεγαλύτερο μήκος του έργου το ανατολικό πρανές (δεξιά πλευρά του σχήματος) βρίσκεται στο ίδιο ύψος με το δυτικό πρανές (αριστερή πλευρά του σχήματος) (Σχήμα 3.1), ενώ στο υπόλοιπο μήκος βρίσκεται σε μικρότερο ύψος από το

δυτικό (Σχήμα 3.2). Παρόλα αυτά το ανατολικό πρηνές αλλού είναι καθ' όλο το ύψος επενδυμένο με λίθους (Εικόνα 3.1) ενώ αλλού έχει επενδυθεί μόνο ένα τμήμα του (Εικόνα 3.2).

Η υπάρχουσα κοίτη υπολογίζεται ότι έχει επιφάνεια περίπου  $38 \text{ m}^2$  και όγκο  $38 \text{ m}^3$  ανά 1 m μήκους, εάν θεωρήσουμε τη μέγιστη δυνατή χωρητικότητα έως ότου το νερό φτάσει στο «χείλος» της οδού Λ. Κατσώνη.



**Εικόνα 3.1: Ανατολικό πρηνές επενδυμένο με λίθους καθ' όλο το ύψος του.**



**Εικόνα 3.2: Ανατολικό πρηνές επενδυμένο με λίθους έως ένα συγκεκριμένο ύψος.**



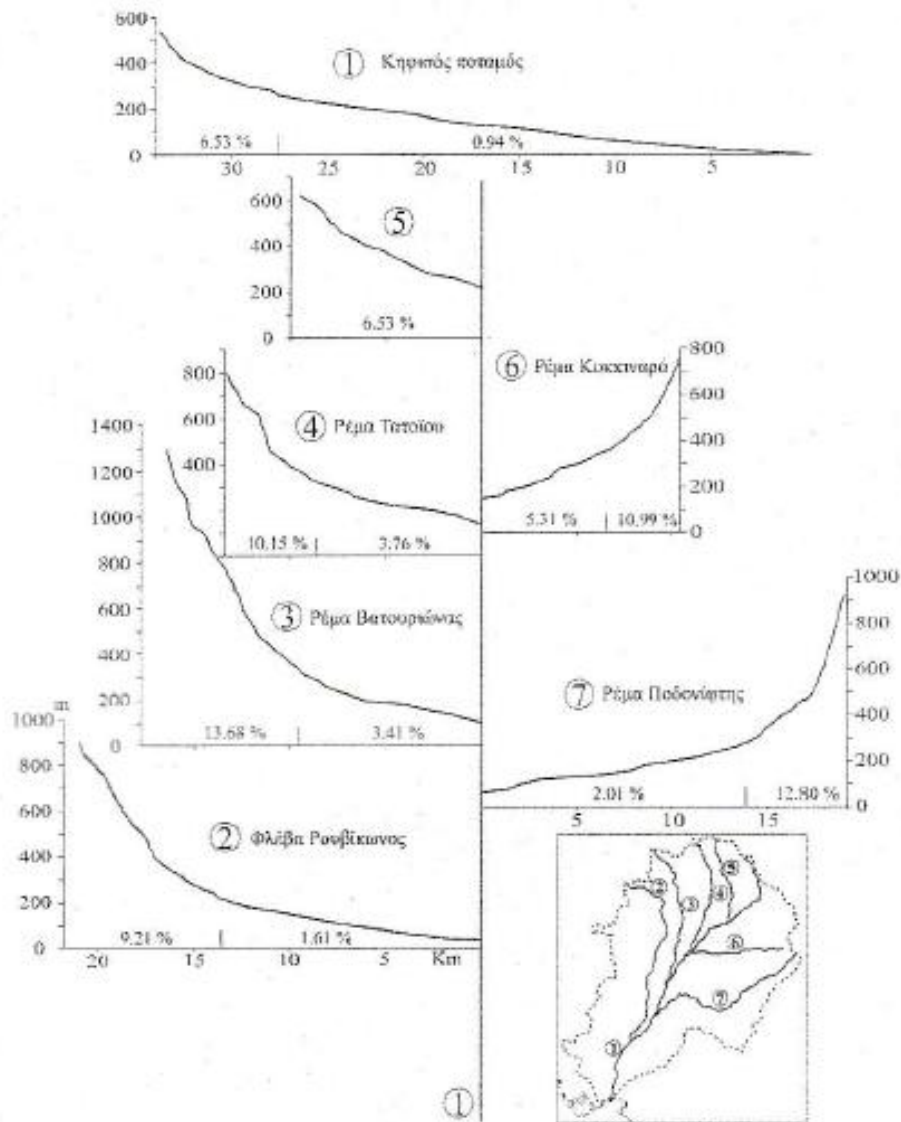
### **3.3 Γεωλογία - Στρωματογραφία περιοχής**

#### **3.3.1 Γεωμορφολογικά στοιχεία περιοχής**

Η εξεταζόμενη περιοχή χωροθετείται εντός του λεκανοπεδίου Αθηνών και συγκεκριμένα προς τη δυτική του άκρη και ειδικότερα με το τμήμα αυτό εντός του Δήμου Αγ. Αναργύρων που ανήκει στις νοτιοανατολικές παρυφές της Πάρνηθας. Το τμήμα βορείως της περιοχής Τριών Γεφυρών βρίσκεται εντός της νεογενούς λεκάνης Περιστερίου–Καλογρέζας, η οποία με ήπιο ανάγλυφο που παρεμβάλλεται από λόφους Β-Ν διεύθυνσης καταλήγει στον Κηφισό ποταμό.

Από άποψη φυσικογεωγραφικών χαρακτηριστικών ο Κηφισός ποταμός είναι ο χείμαρρος που αποτελεί τον κυριότερο αποδέκτη των πλημμυρικών νερών του μεγαλύτερου μέρους του λεκανοπεδίου Αττικής. Έχει λεκάνη απορροής συνολικής έκτασης σχεδόν 380 km<sup>2</sup> που οριοθετείται από τους ορεινούς όγκους του Αιγάλεω (468 m) στα δυτικά, Πάρνηθας (1413 m) στα βόρεια, Πεντελικού (1109 m) στα βορειοανατολικά και Υμηττού (1026 m) στα ανατολικά με συνολικό μήκος κεντρικής κοίτης 33,7 km, διεύθυνση ροής Β ΒΑ-Ν ΝΔ εκβάλλοντας στο Σαρωνικό κόλπο. Κυριότεροι παραπόταμοί του είναι τα ρέματα Βατουριώνας και Φλέβα Ρουβίκωνος που αποστραγγίζουν τις νότιες πλαγιές της Πάρνηθας και τα ρέματα Φασιδέρι, Κοκκιναρά και Ποδονίφτης που αποστραγγίζουν τις δυτικές πλαγιές του Πεντελικού.

Ως προς τη μορφολογία, η οδός Λ. Κατσώνη έχει κατηφορική κλίση προς Πειραιά. Η κεντρική κοίτη του Κηφισού ποταμού παρουσιάζει στο κατώτερο τμήμα μικρή κλίση (0,94 %) ενώ στο ορεινό τμήμα, μήκους 6 km περίπου, που διαρρέει τις νότιες πλαγιές της Πάρνηθας, η μέση κλίση είναι 6,53%. Βέβαια στο σημείο που εξετάζουμε σύμφωνα με το Σχήμα 3.3, συγκλίνουν τα ρέματα του Ποδονίφτη (7) και της Βατουριώνας (3) όπου έχουν στο κατώτατο σημείο κλίση περίπου 2% και 3,4% αντίστοιχα. Επομένως η κλίση του Κηφισού σε αυτό το σημείο υπολογίζεται κατά μέσο όρο 3% (Γάκη- Παπαναστασίου, Κ., Καρύμπαλης, Ε., Μαρουκιάν, Χ., Τσερμέγκα, Ε., 2015).



Σχήμα 3.3: Επιμήκειες τομές του Κηφισού ποταμού και των έξι μεγαλύτερων παραποτάμων του.

ΠΗΓΗ: Γάκη- Παπαναστασίου, Κ., Καρύμπαλης, Ε., Μαρουκιάν, Χ., Τσερμέγκα, Ε., 2015.

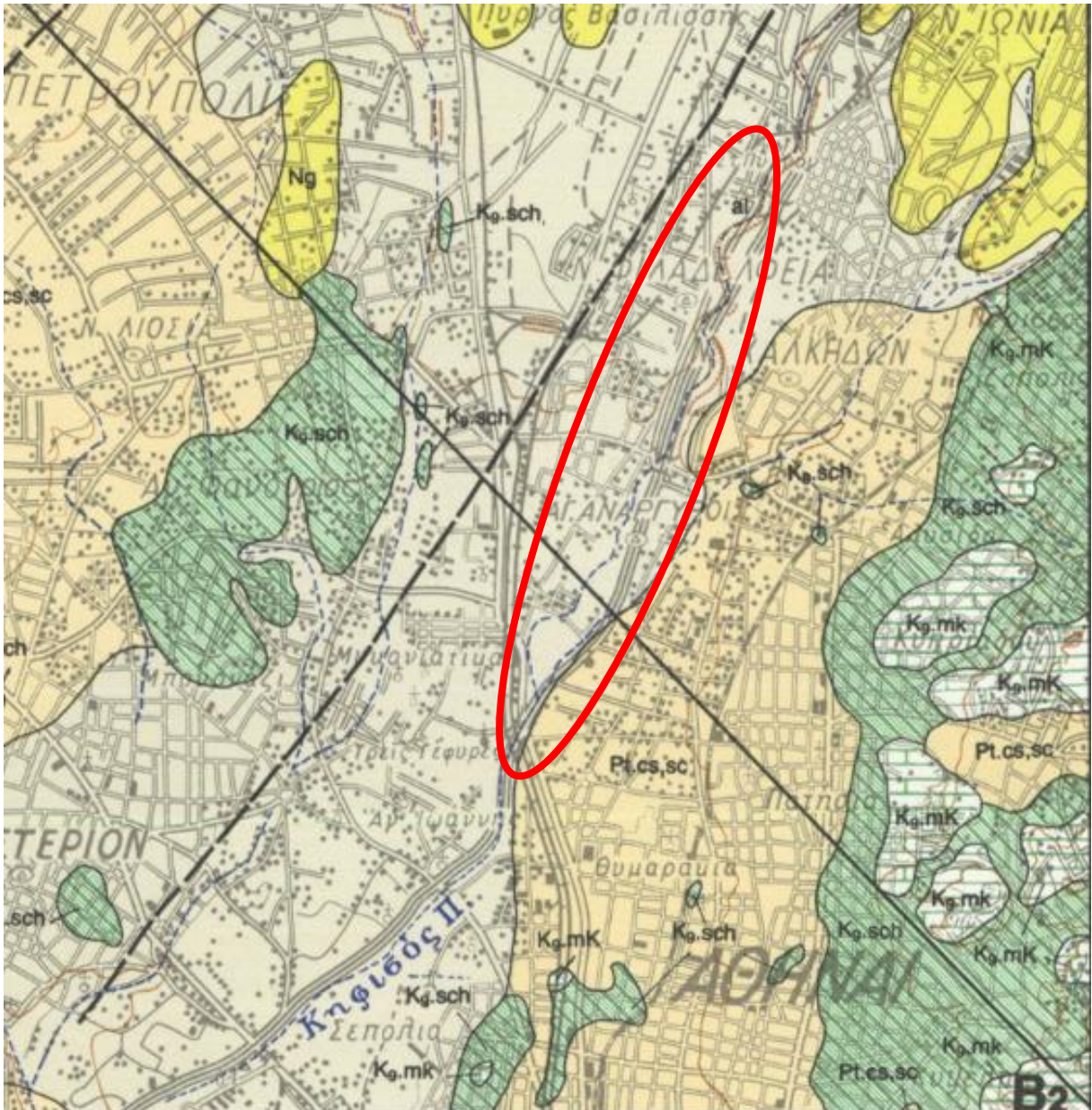
### 3.3.2 Γενικά στρωματογραφικά στοιχεία του λεκανοπεδίου Αττικής

Οι περιβάλλοντες ορεινοί όγκοι του λεκανοπεδίου συνίστανται από αλπικούς σχηματισμούς των ενότητων Αττικής και Υποπελαγονικής. Οι σχηματισμοί της ενότητας Αττικής αποτελούν το υπόβαθρο του λεκανοπεδίου και περιλαμβάνουν σχιστόλιθους Περμοτριάδικης ηλικίας, μάρμαρα Τριαδικού- Ιουρασικού, τους Κρητιδικούς σχιστόλιθους Αθηνών (Υμηττός) και τους Άνω- Κρητιδικούς ασβεστόλιθους των Αθηνών. Η Υποπελαγονική ενότητα είναι απωθημένη στην ενότητα Αττικής και καταλαμβάνει δυτικά και βόρεια περιθώρια του λεκανοπεδίου (Πάρνηθα, Πεντέλη) αποτελούμενη από κλαστικούς σχηματισμούς (ψαμμίτες, σχιστόλιθους και φυλλίτες ηλικίας νέο-

Παλαϊοζωικού- Μέσου Τριαδικού, Τριαδικούς- Ιουρασικούς ασβεστόλιθους, επωθημένους οφιόλιθους, ασβεστόλιθους της Άνω Κρητιδικής επίκλυσης και φλύσχη (Lepsius, 1893). Το μεγαλύτερο τμήμα της πεδινής έκτασης του λεκανοπεδίου καθώς και πρηνή των ορεινών όγκων καταλαμβάνονται από μεταλλικούς Νεογενείς και Τεταρτογενείς σχηματισμούς. Οι Νεογενείς σχηματισμοί συνίστανται από αποθέσεις λιμναίας και ποταμοχειμάρρειας φάσης όπως μάργες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή, οι δε Πλειστοκαινικοί από άμμους, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή ποταμοχειμάρρειας προέλευσης καθώς και Ολοκαινικές χαλαρές αποθέσεις άμμων και χαλίκων (Niedermayer, 1971).

### **3.3.3 Στρωματογραφικά στοιχεία της υπό εξέταση περιοχής**

Η περιοχή εξέτασης περιλαμβάνει το Δήμο Αγ. Αναργύρων σύνορα με το Δήμο Ν. Φιλαδέλφειας. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συμμετέχουν στη γεωλογική δομή της περιοχής είναι μεταλλικοί και διακρίνονται κυρίως σε σχηματισμούς του Νεογενούς και σε Τεταρτογενή ιζήματα. Αυτοί απεικονίζονται αναλυτικά στο απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ Φύλλο Αθήναι- Ελευσίς 1986, Κλίμακα 1:50000 (Σχήμα 3.4) και περιγράφονται παρακάτω με σειρά από τους νεώτερους προς τους παλαιότερους.



#### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

**Αλλουβιακές προσχώσεις:** από χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά, **ασύνδετα υλικά** από άμμους και κροκαλολατύπες στις κοίτες των χειμάρρων, **ερυθρογή** με κροκαλολατύπες σε μικρές εσωτερικές λεκάνες, **υλικά μικρών χειμαρρωδών αναβαθμίδων** και **υλικά ελουβιακού μανδία**

**Αποθέσεις κελιστής λεκάνης Σκούρτων:** από αργιλοαμμώδη υλικά με ασβεστίτικα συγκρίματα και διάσπαρτες κροκαλολατύπες, μικρής συνεκτικότητας, χρώματος καστανοκόκκινου.

**Σχηματισμοί που στη βάση τους αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα λιμναίας φάσης, μαργών, αργίλων και ψαμμιτών,** με παρεμβολές κροκαλοπαγών και κοιτάσματα λιγνιτών (περιοχή περιστερίου). Προς τα πάνω εξελίσσονται σε χερσαίους σχηματισμούς, κυρίως από ερυθροπηλούς και κροκαλοπαγή.

|    |
|----|
| al |
| Pt |
| Ng |

Σχήμα 3.4: Τμήμα Γεωλογικού Χάρτη, Φύλλο Αθήναι- Ελευσίς, Κλίμακα 1:50000.

ΠΗΓΗ: Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ).

### **3.3.3.1 Τεταρτογενές**

#### **3.3.3.1.1 Ολόκαινο**

Αλλουβιακές προσχώσεις (al): Πρόκειται για σύγχρονες αποθέσεις χειμάρρων που αποτελούνται από χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά, άμμους και χαλίκια. Επίσης η σύστασή τους αποτελείται από ερυθρογογή με κροκαλολατύπες σε μικρές εσωτερικές λεκάνες, υλικά μικρών χειμάρρων αναβαθμίδων και υλικά ελλουβιακού μανδύα.

#### **3.3.3.1.2 Πλειστόκαινο**

Ριπίδια χειμάρρων, κώνοι κορημάτων, πλευρικά κορήματα και προσχωσιγενή υλικά κοιλάδων (Pt.cs.sc.): Ειδικότερα μπορεί να αποτελούνται από λατυποκροκάλες ποικίλου μεγέθους, κυρίως ασβεστολιθικές, ισχυρά συνδεδεμένες με συνδετικό υλικό ψαμμιτομαργαϊκό, σε μικρό ποσοστό, με μορφή λατυποκροκαλοπαγών πολλές φορές σε παχιές τράπεζες. Κατά περιοχές εγκλείουν ακανόνιστες φακοειδείς ενστρώσεις καστανέρυθρου, αμμιούχου αργιλομαργαϊκού υλικού. Το μέγιστο ορατό πάχος που συναντώνται είναι 30 m, ενώ με γεωτρήσεις έχει διαπιστωθεί ότι φτάνουν τα 100 m περίπου.

Επομένως επί του αλπικού υποβάθρου επικάθονται οι νεώτερες Τεταρτογενείς αποθέσεις, που σχηματίζουν ένα ιζηματογενές επικάλυμμα που καλύπτει τις παλαιότερες δομές. Σ' αυτές συμμετέχουν, τα φερτά υλικά του ποταμού Κηφισού, οι πλευρικές αποθέσεις κορημάτων και τα αλλουβιακά ριπίδια, που σχηματίζουν οι χείμαρροι των κοιλάδων των περιβαλλουσών οροσειρών.

Πρόκειται δηλαδή για ποταμοχερσαίες και ηπειρωτικές αποθέσεις. Περιλαμβάνονται τα υλικά διάβρωσης, τα πλευρικά κορήματα (SC) και οι αλλουβιακές προσχώσεις (AL). Η μεγάλη ανάπτυξη των αλλουβιακών σχηματισμών, με ποικίλο πάχος και μια μείωση της κοκκομετρίας τους από τα ανατολικά, πλέον αδρομερή, προς τα δυτικά, πλέον λεπτομερή. Η γενική τους ανάπτυξη δείχνει εντατική διάβρωση του αλπικού υποβάθρου. Τα υλικά αυτά γενικά απαντούν στο δυτικό άκρο των χαράξεων Ολόκαινο, δηλαδή αλλουβιακές προσχώσεις που συνίστανται από χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά, μικρής συνοχής, καθώς και ασύνδετα υλικά από άμμους και κροκαλολατύπες στις κοίτες των χειμάρρων, με συχνές πλευρικές μεταβάσεις, γεγονός που αντικατοπτρίζει το ευμετάβλητο καθεστώς απόθεσής τους (εποχιακές μεταβολές κοίτης, υπερχειλίση ποταμών, περίοδοι ξηρασίας, κ.α.).



Επίσης στην περιοχή εντοπίζονται κατά θέσεις ερυθρογή με κροκαλολατύπες σε μικρές εσωτερικές λεκάνες, υλικά μικρών χειμαρρωδών αναβαθμίδων και υλικά ελλουβιακού μανδύα. Τα όρια τους με τους υποκείμενους σχηματισμούς είναι ιδιαίτερα ασαφή, τόσο λόγω της φύσης των αποθέσεων όσο και της εντονότατης ανθρώπινης δραστηριότητας, η οποία έχει καταστήσει ουσιαστικά αδύνατη οποιαδήποτε επιτόπια επιφανειακή μελέτη.

### **3.3.3.2 Νεογενές**

Μάργες, άργιλοι, ψαμμίτες (Ng): Πρόκειται για επικλυσιογενή ιζήματα θαλάσσιας ή παράκτιας φάσεως. Στη βάση τους αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα λιμναίας φάσης, όπως μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, ψαμμούχες μάργες, μάργες, αργίλους και ψαμμίτες, με παρεμβολές κροκαλοπαγών (μέγεθος κροκαλών 5- 20 cm) και η διάκρισή τους από τους υπερκείμενους σχηματισμούς του Πλειστόκαινου είναι δύσκολη. Στα ανώτατα μέλη εξελίσσονται σε χερσαίους σχηματισμούς, κυρίως από ερυθροπηλούς και κροκαλοπαγή. Το μέγιστο πάχος τους είναι 60- 80 m.

### **3.3.3.3 Μαιστρίχτιο Πελαγονικής ζώνης**

Σχιστόλιθοι Αθηνών (K<sub>9,sch</sub>- K<sub>9,mk</sub>): Πρόκειται για σχιστόλιθους πάχους πάνω από 200 m, οι οποίοι αποτελούν το υπόβαθρο του λεκανοπεδίου. Οι Αθηναϊκοί σχιστόλιθοι είναι φλυσχοειδή ιζήματα που αποτελούνται από τέφρους, γαλατόνεφρους ή υποπράσινους αργιλικούς, ψαμμιτικούς σχιστόλιθους, ασβεστικούς ψαμμίτες και γραουβάκες, με ενστρώσεις ασβεστόλιθων και σχιστωδών μαργών και με μικρά σώματα εκρηξιγενών πετρωμάτων, κυρίως σπλιτών. Προς τα ανατολικά μεταπίπτουν σε σερικιτιωμένους ψαμμίτες και ψαμμούχους κρυσταλλικούς ή ημικρυσταλλικούς ασβεστόλιθους με λεπτές διαστρώσεις πυριτόλιθων που αντιστοιχούν σε ιζήματα φλύσχη.

### **3.3.4 Διαχωρισμός γεωτεχνικών στρώσεων**

Για το διαχωρισμό των γεωτεχνικών στρώσεων της περιοχής, λόγω απώλειας γεωτεχνικών ερευνών κατά μήκος της κοίτης του ποταμού Κηφισού, λαμβάνονται προσεγγιστικά υπόψη οι γεωτρήσεις και τα αποτελέσματα των επιτόπου και των εργαστηριακών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των γεωτεχνικών ερευνών πιο κεντρικά στην περιοχή των Αγ. Αναργύρων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι τα ακόλουθα:

- **Γεωτεχνική Στρώση 1**

Αμμώδης ιλυοάργιλος με λίγους χάλικες, μέσης πλαστικότητας, σκληρή. Η χαρακτηριστική τιμή του ποσοστού των χάλικων κυμαίνεται από 6% έως 10%, του

ποσοστού της άμμου από 26% έως 30%, του ποσοστού των λεπτόκοκκων, διερχόμενα από το κόσκινο Νο200, από 62% έως 66% και του ποσοστού της αργίλου από 14% έως 20%. Η χαρακτηριστική τιμή του ορίου υδαρότητας LL, κυμαίνεται από 34,0% έως 37,8% και του δείκτη πλαστικότητας PI, από 15,3% έως 17,9%, ενώ η χαρακτηριστική τιμή της δοκιμής SPT κυμαίνεται από 41 έως 49 κρούσεις.

- **Γεωτεχνική Στρώση 2**

Αργιλοϊλύδες αμμοχάλικο, χαμηλής πλαστικότητας, πολύ πυκνής απόθεσης. Η χαρακτηριστική τιμή του ποσοστού των χαλίκων κυμαίνεται από 24% έως 34%, του ποσοστού της άμμου από 37% έως 40%, του ποσοστού των λεπτόκοκκων, διερχόμενα από το κόσκινο Νο200, από 31% έως 37% και του ποσοστού της αργίλου από 11% έως 15%. Η χαρακτηριστική τιμή του ορίου υδαρότητας LL, κυμαίνεται από 27,0% έως 33,8% και του δείκτη πλαστικότητας PI, από 10,8% έως 15,0%, ενώ η χαρακτηριστική τιμή της δοκιμής SPT κυμαίνεται από 47 έως 51 κρούσεις.

- **Γεωτεχνική Στρώση 3**

Μάργες, πολύ ασθενούς αντοχής με ενστρώσεις ψαμμιτών, κροκαλολατυποπαγών και μαργαϊκών ασβεστολίθων ασθενούς έως μέτριας ισχυρής αντοχής. Όπου η στρώση είναι εδαφοποιημένη εμφανίζεται υπό τη μορφή αμμόδους αργίλου με χάλικες, μέσης πλαστικότητας, σκληρή για τη φάση των μαργών και υπό τη μορφή αργιλοϊλύδους αμμοχάλικου, χαμηλής πλαστικότητας, πολύ πυκνής απόθεσης για τη φάση των ψαμμιτών και κροκαλολατυποπαγών.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά της εδαφικής φάσης μαργών είναι τα εξής. Η χαρακτηριστική τιμή του ποσοστού των χαλίκων κυμαίνεται από 9% έως 13%, του ποσοστού της άμμου από 21% έως 25%, του ποσοστού των λεπτόκοκκων, διερχόμενα από το κόσκινο Νο200, από 63% έως 69% και του ποσοστού της αργίλου από 17% έως 21%. Η χαρακτηριστική τιμή του ορίου υδαρότητας LL, κυμαίνεται από 40,4% έως 44,2% και του δείκτη πλαστικότητας PI, από 19,3% έως 21,9%. Σε εκατόν οκτώ (108) δοκιμές SPT οι ενενήντα έξι (96) έδωσαν Άρνηση, με τις τιμές των υπολοίπων δώδεκα (12) δοκιμών να κυμαίνονται από 35 έως 69 κρούσεις. Κατά συνέπεια λαμβάνεται χαρακτηριστική τιμή της δοκιμής SPT N=50 (Άρνηση). Τα φυσικά χαρακτηριστικά της βραχώδους φάσης των μαργών είναι πορώδες n από 9,2% έως 16,0%.

### **3.4 Υδρογεωλογικές συνθήκες περιοχής**

#### **3.4.1 Υδρογεωλογία**

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες μιας περιοχής προσδιορίζονται από τα επιμέρους υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών που καθορίζουν τη δομή της. Οι υδρογεωλογικοί χαρακτήρες προσδιορίζονται από τα λιθολογικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων και το βαθμό ικανότητάς τους να επιτρέπουν την κυκλοφορία και την αποθήκευση του νερού στα πρωτογενή ή δευτερογενή διάκενα που υπάρχουν στη μάζα τους. Η ιδιότητα αυτή προσδιορίζεται από δύο παραμέτρους, το πορώδες και την υδροπερατότητα.

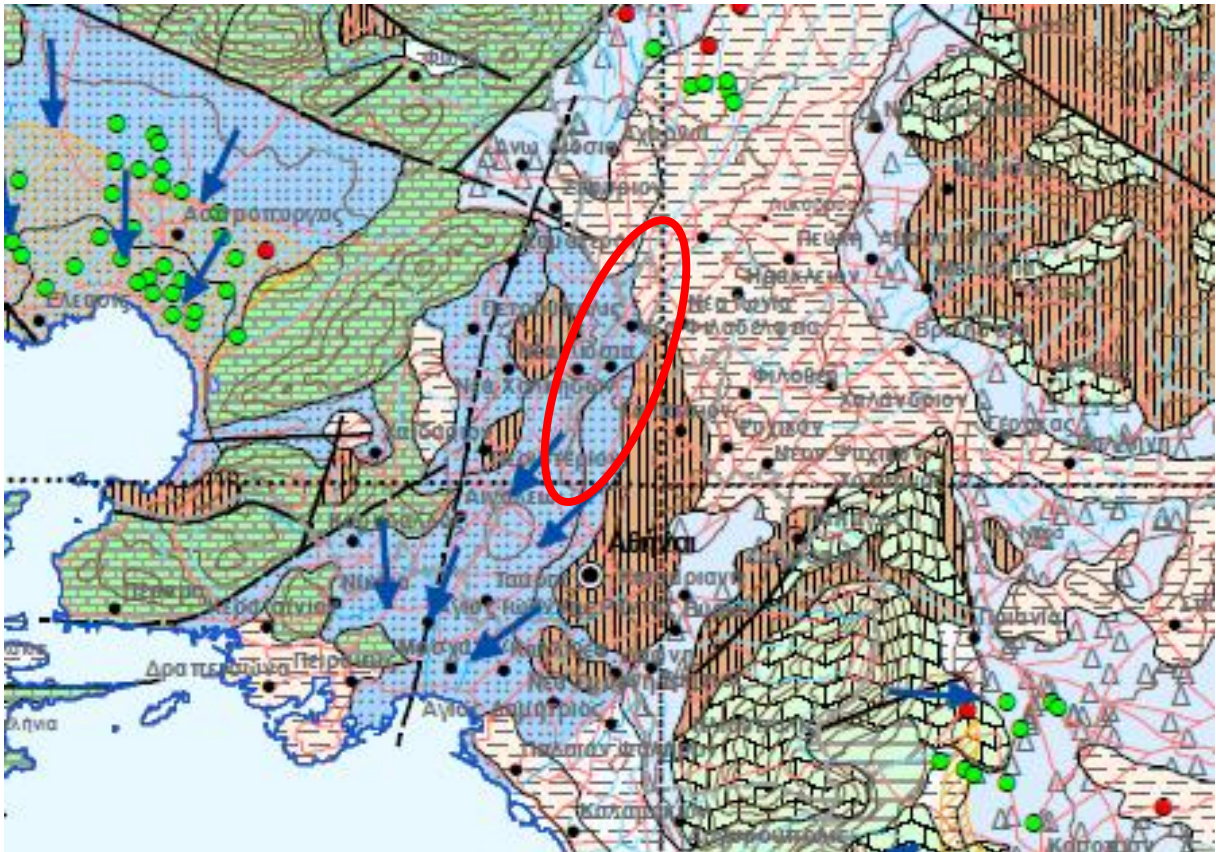
Όσον αφορά στο πορώδες, υδρογεωλογικό ενδιαφέρον παρουσιάζει το ενεργό πορώδες, το οποίο αντιστοιχεί στο τμήμα του ολικού πορώδους στο οποίο ο όγκος του ελεύθερου νερού μπορεί να αποληφθεί με άντληση. Ενώ υδροπερατότητα είναι η ιδιότητα των πετρωμάτων και των γεωλογικών σχηματισμών να επιτρέπουν τη διακίνηση του νερού δια μέσω αυτών. Στα κοκκώδη πετρώματα και σχηματισμούς η περατότητα οφείλεται στο πρωτογενές πορώδες, δηλαδή στους κενούς χώρους που υπάρχουν μεταξύ των κόκκων των πετρωμάτων.

Το πρωτογενές πορώδες ρυθμίζεται κυρίως από το σχήμα και τη διάταξη των κόκκων. Στα συμπαγή ή ρωγμώδη πετρώματα η περατότητα οφείλεται στο δευτερογενές πορώδες τους, το οποίο είναι συνάρτηση της πυκνότητας και του μεγέθους των τεκτονικών και στρωματογραφικών ασυνεχειών τους (ρωγμές, διαρρήξεις, μεσοστρωματικά διάκενα, στρώσεις κ.α.) καθώς και της πυκνότητας και του μεγέθους των καρστικών εγκοίλων στα ανθρακικά πετρώματα.

#### **3.4.2 Διάκριση γεωλογικών σχηματισμών**

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί ανάλογα με τη δυνατότητα που παρέχουν στο νερό να διηθηθεί, να διακινηθεί και να αποθηκευθεί στα διάκενά τους, διακρίνονται σε υδροπερατούς, ημιπερατούς και υδροστεγανούς.

Με τη βοήθεια αποσπάσματος του Υδρογεωλογικού Χάρτη της Αττικής του ΙΓΜΕ (Σχήμα 3.5) που αναφέρεται στο υδατικό διαμέρισμα της Αττικής, τα πετρώματα της ευρύτερης περιοχής των Αγ. Αναργύρων χαρακτηρίζονται ως εξής:

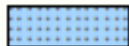


**ΠΟΡΩΔΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ**



*Εκτεταμένοι και μέτριας έως υψηλής αποδοτικότητας υδροφόροι*

q



Προσχώσεις κυρίως ως ριπίδια, πλευρικά κορήματα και κώνιοι κορημάτων

**ΠΟΡΩΔΗ Η΄ ΔΙΑΡΡΗΓΜΕΝΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟΠΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗ Η΄ ΟΥΣΙΑΣΤΙΚΑ ΑΝΥΠΑΡΚΤΗ ΥΔΡΟΦΟΡΙΑ**



*Σχηματισμοί με τοπική και περιορισμένη υδροφορία*

ng



Νεογενείς σχηματισμοί συνιστάμενοι από μάργες, ψαμμίτες, άμμους, αργίλους και κροκαλοπαγή



*Σχηματισμοί με ανύπαρκτη ουσιαστικά υδροφορία*



Αργιλικόι σχιστόλιθοι, μεταψαμμίτες, φυλλίτες, οφιόλιθοι, ηφαιστειακά πετρώματα

Σχήμα 3.5: Απόσπασμα Υδρογεωλογικού Χάρτη της Αττικής.

ΠΗΓΗ: Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ).

**Πορώδη πετρώματα:** Σε αυτά ανήκουν τα πετρώματα του τεταρτογενούς και κυρίως τα Πλειστοκενικά ριπίδια. Πρόκειται για υδροπερατούς σχηματισμούς με ιδιαίτερη σημασία των πλευρικών κώνων κορημάτων της Πάρνηθας, οι οποίοι αποτελούν βασική ζώνη τροφοδοσίας του υδροφόρου συστήματος και αποτελούν τον προσχωματικό υδροφορέα του λεκανοπεδίου. Καταλαμβάνουν μεγάλο τμήμα στην περιοχή κυρίως σε όλη τη ζώνη δυτικά του Κηφισού ποταμού.

- Αλλουβιακές αποθέσεις αποτελούμενες από αδρομερή υλικά, όπως άργιλοι, άμμοι χαλίγια. Οι αποθέσεις αυτές είναι υδροπερατές, καλής υδατοαγωγιμότητας και αποθηκευτικότητας, αλλά περιορισμένης δυναμικότητας λόγω μικρού πάχους. Στη μάζα τους αναπτύσσεται συχνά τοπικού ενδιαφέροντος υδροφορία φρεάτιου τύπου, ενδοπορικής ροής και με ρηχή ελεύθερη στάθμη αλλά ομαλά εξελισσόμενη από της ακτής. Η υδροφορία αυτή είναι συνεχόμενη υδραυλικά με το υποκείμενο κοκκώδες.
- Παλαιοί κώνοι κορημάτων πρόκειται για υδροπερατές αποθέσεις στις οποίες αναπτύσσεται περιορισμένη φρεάτια υδροφορία με τοπικό μόνο ενδιαφέρον. Αποτελούν όμως ζώνη τροφοδοσίας των υποκείμενων και πλευρικά παρακείμενων σχηματισμών.

**Πορώδη ή διαρρηγμένα πετρώματα με τοπική και περιορισμένη υδροφορία:** Σε αυτά ανήκουν τα πετρώματα του νεογενούς, δηλαδή μάργες, ψαμμίτες, άμμοι, άργιλοι και κροκαλοπαγή. Πρόκειται πρακτικά για υδατοστεγείς σχηματισμούς έως ημιπερατούς κατά θέσεις, λόγω της ύπαρξης των ψαμμιτικών- κροκαλοπαγών- ασβεστολιθικών ενδιαστρώσεων, χωρίς ενδιαφέρον εκμετάλλευσης για το λεκανοπέδιο. Σημαντική η λειτουργία τους ως διάφραγμα περιορισμού θαλάσσιας διείσδυσης στις χαμηλές ζώνες του λεκανοπεδίου. Στις περιοχές στις οποίες κυριαρχούν οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, οι ψαμμίτες και τα κροκαλοπαγή, ο σχηματισμός χαρακτηρίζεται από μεγάλη περατότητα, αντίθετα με την περίπτωση κατά την οποία υπερισχύουν οι μάργες όπου η περατότητα είναι σχεδόν μηδενική.

**Πορώδη ή διαρρηγμένα πετρώματα με ουσιαστικά ανύπαρκτη υδροφορία:** Σε αυτά ανήκουν τα πετρώματα του μαιστρίχιου, δηλαδή αργιλικοί σχιστόλιθοι, μεταψαμμίτες, φυλλίτες, οφιόλιθοι και ηφαιστειακά πετρώματα. Πρόκειται για αδιαπέρατους πρακτικά σχηματισμούς, οι οποίοι δεν επιτρέπουν την κίνηση του νερού στο «σώμα» τους και αποτελούν το υδατοστεγανό υπόβαθρο του λεκανοπεδίου της Αθήνας. Συνεπώς δεν



αποτελούν επ' ουδενί υπόγειους ταμιευτήρες, πρακτικά θεωρούνται τελείως στεγανά πετρώματα με μόνη εξαίρεση την προσρόφηση και συγκράτηση «υγρασίας» κυρίως όπου παρουσιάζονται αμμομιγείς. Εμφανίζουν περιορισμένης έκτασης ασθενή υδροφορία μόνο στις ζώνες διάρρηξης και εξαλλοίωσης.

### **3.4.3 Τα υπόγεια νερά της λεκάνης του ποταμού Κηφισού**

Γενικά το υπόγειο υδατικό δυναμικό της λεκάνης του ποταμού Κηφισού είναι περιορισμένο. Μεγάλο μέρος της λεκάνης καλύπτεται από πετρώματα αδιαπέρατα ή μικρής περατότητας. Οι υδροφορείς αναφέρονται κυρίως στα ασβεστολιθικά πετρώματα ή στο ευρύ, κατά τα άλλα, αλλουβιακό πεδίο προσχώσεων του ποταμού.

Οι καρστικές υδροφορίες στους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς των ορεινών όγκων της λεκάνης ευρίσκονται σε καθεστώς υπερεκμετάλλευσης (π.χ. ανώτερο μάρμαρο Πεντέλης, Κεφαλαρίου- Εκάλης) ή εκκενώνουν τα νερά τους σε χαμηλότερα υψομετρικά σημεία εκτός λεκάνης (π.χ. κατώτερο μάρμαρο Πεντέλης, μάρμαρα Υμηττού, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι Πάρνηθας, ασβεστόλιθοι Αιγάλεω). Μικροπηγές υπάρχουν σε διάφορα υψόμετρα τοπικού όμως ενδιαφέροντος. Η προσφορά με υπόγειες μεταγίσεις προς τα πορώδη ιζήματα του εσωτερικού της λεκάνης είναι ασήμαντη.

Το κατεξοχήν προσχωματικό πεδίο στο κέντρο της λεκάνης έχει μια φρεάτια υδροφορία μέτριου δυναμικού, τόσο λόγω της μικρής προσφοράς από την κατείδυση των βροχών όσο και λόγω της μέτριας περατότητας των προσχώσεων. Σε τμήματα του ποταμού που έχουν εγκιβωτιστεί ή έχει απομονωθεί η κοίτη, οι διηθήσεις από την απορροή του ποταμού είναι πλέον ελάχιστες. Η προσχωματική υδροφορία είναι ανοικτή προς τη θάλασσα. Το δυναμικό της είναι περιορισμένο και έχει εκτιμηθεί στα  $10- 15 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### **3.4.4 Υδρολογικό σύστημα και πιεζομετρία περίξ του Κηφισού στην περιοχή των Αγίων Αναργύρων**

#### **3.4.4.1 Πιεζομετρία και συμπεράσματα της ανάλυσης των υδρογραφημάτων**

Στο πλαίσιο έρευνας των υδρογεωλογικών συνθηκών και καθεστώτος εκμετάλλευσης των υπόγειων νερών του λεκανοπεδίου Αθηνών έγινε συλλογή και ανάλυση των πιεζομετρικών παρατηρήσεων από τις γεωτρήσεις και τα πηγάδια που υπάρχουν στο λεκανοπέδιο. Παρ' όλες τις δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν για τεχνικούς λόγους ή λόγους ιδιωτικής ιδιοκτησίας, οι μετρήσεις και τα συμπεράσματα διεξάχθηκαν, με κάποιες επιφυλάξεις λόγω μη αντιπροσωπευτικής υπόγειας υδροφορίας σε κάποιες μετρήσεις.

Σε κάποιες αστικές περιοχές, όπως και η εξεταζόμενη περιοχή, λόγω έντονης οικιστικής ανάπτυξης οι παράγοντες που επηρεάζουν τα υποκείμενα υδροφόρα συστήματα είναι πολλοί και με τυχαία- απρογραμμάτιστη επίδραση και συχνά μη υπολογίσιμοι και μη ανιχνεύσιμοι. Ενδεικτικά οι κυριότεροι είναι η βροχόπτωση που αποτελεί μια από τις κυριότερες πηγές τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφόρων συστημάτων. Το εύρος των τιμών κατείσδυσης από βροχόπτωση είναι πολύ μεγάλο και εξαρτάται κυρίως από τη φυτοκάλυψη, τον εδαφικό μανδύα, τη λιθολογική σύσταση και τη δομή των πετρωμάτων της ανώτερης υπεδαφικής ζώνης, το πάχος της ακόρεστης ζώνης, την τοπογραφική κλίση του υπεδάφους και το μέγεθος των βροχοπτώσεων. Σε μια περιοχή χωρίς οικιστική ανάπτυξη οι παραπάνω παράγοντες μπορούν να εκτιμηθούν ή ακόμα και να υπολογιστούν με ικανοποιητικό συνήθως επίπεδο ακρίβειας. Αντίθετα σε κάποιο αστικό κέντρο οι πρόσθετοι παράγοντες επηρεασμού, που υπεισέρχονται έχουν σαν αποτέλεσμα την εισαγωγή παραμέτρων που στην ευνοϊκότερη περίπτωση μπορούν να εκτιμηθούν με δυσκολία. Επομένως ακόμα κι αν είναι γνωστή η ποσότητα της βροχής, δεν μπορεί να υπολογιστεί επακριβώς το ποσοστό που κατεisdύει στο υδροφόρο σύστημα, εάν υπάρχουν οικοδομές, πεζοδρόμια ασφαλωμένοι δρόμοι. Η κατείσδυση από βροχόπτωση λοιπόν καθίσταται υψηλή στις περιοχές που οι επικαλύψεις του εδάφους παρουσιάζουν ασυνέχειες, αλλιώς το βρόχινο νερό διοχετεύεται μέσω των φρεατίων και των αποχετευτικών συστημάτων. Είναι λοιπόν δυνατόν σε κάποιες περιπτώσεις να παρουσιάζονται εικονικά υψηλότερες στάθμες, εξαιτίας ενός τέτοιου φαινομένου, δηλαδή της γειτνίασης με μια περιοχή, όπου για τους παραπάνω λόγους παρουσιάζεται έντονη ανύψωση της υδροστατικής στάθμης, οπότε στη συγκεκριμένη περίπτωση να μην αντιπροσωπεύει τη συνολική εικόνα του υδροφόρου συστήματος.

Επιπλέον τα αποχετευτικά δίκτυα και τα δίκτυα ύδρευσης αποτελούν έναν από τους κυριότερους απρόβλεπτους παράγοντες τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφορών συστημάτων που βρίσκονται κάτω από τα αστικά κέντρα. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση των βροχοπτώσεων, και σε αυτή μπορεί να έχουμε λόγω των δικτύων ύδρευσης εικονική ανύψωση της πιεζομετρικής επιφάνειας, ενώ λόγω των μεγάλων βαθών των αποχετευτικών δικτύων να υπάρξει υποβίβαση της στάθμης της υπόγειας υδροφορίας.

Επομένως λόγω των ανωτέρω παραγόντων αλλά και των ελειπών στοιχείων για το βάθος και το είδος των διακριτών υδροφόρων οριζόντων που υδρομαστεύουν, η επεξεργασία και ανάλυση των πιεζομετρικών παρατηρήσεων έχει στηριχθεί στη θεώρηση του υδροφόρου συστήματος ως ενιαίου υδροφορέα, παρά τη σαφή ύπαρξη επάλληλων υδροφοριών, οι

οποίες όμως λόγω της υφιστάμενης γεωλογικής δομής δεν αναπτύσσονται σε ολόκληρη την έκταση του λεκανοπεδίου. Αντίθετα θεωρείται ότι υπάρχουν έντονες πλευρικές μεταβάσεις σχηματισμών και επομένως και υδραυλική επικοινωνία μέσω αποσφηνώσεων των επιμέρους υδροφόρων οριζόντων.

### **Ανάλυση υδρογραφημάτων**

Για τον υπολογισμό της πιεζομετρικής στάθμης, κατασκευάστηκαν υδρογραφήματα που κάλυπταν ένα πλήρες υδρολογικό έτος (Ιούνιος 1996- Σεπτέμβριος 1997). Τα συμπεράσματα προέκυψαν για δύο περιπτώσεις, πρώτα για την περίοδο υψηλών υδάτων (Μάρτιος) και έπειτα για την περίοδο χαμηλών υδάτων (Σεπτέμβριος).

Στην πρώτη περίπτωση στις βορειοανατολικές παρυφές της Πάρνηθας που βρίσκεται και το έργο μας παρατηρήθηκαν μικρότερα βάθη των πιεζομετρικών επιφανειών, σε αντίθεση με τις πιο νότιες περιοχές του λεκανοπεδίου που παρατηρήθηκαν κάτω από τη στάθμη της θάλασσας. Αιτία της διαφορετικής συμπεριφοράς αποτελεί η ύπαρξη, σε μικρό βάθος κάτω από τα ριπίδια που σχηματίζονται στους πρόποδες της Πάρνηθας, στεγανών πετρωμάτων του Νεογενούς.

Στη δεύτερη περίπτωση των χαμηλών υδάτων παρατηρήθηκαν όπως και στον πιεζομετρικό χάρτη του Μαρτίου, οι μέγιστες τιμές των υψομέτρων της πιεζομετρικής επιφάνειας στα ανάντη τμήματα του Λεκανοπεδίου και στις παρυφές των ορεινών όγκων. Αντίθετα οι ελάχιστες σημειώθηκαν στα κατάντη, στα κεντρικά και νότια όρια της λεκάνης όπου και συγκλίνει η υπόγεια ροή, δηλαδή στις περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως ευάλωτες στη θαλάσσια διείσδυση.

Με τη μελέτη των παραπάνω δύο περιπτώσεων προέκυψαν τα συμπεράσματα ότι η αποστράγγιση του συστήματος γίνεται κυρίως στα εσωτερικά τμήματα του Λεκανοπεδίου όπου και αναπτύσσεται η προσχωματική υδροφορία. Από την άλλη όμως υπάρχουν διαρροές από τις επενδυμένες κοίτες του ποταμού Κηφισού, οι οποίες είναι σημαντικές κατά τις περιόδους πλημμυρικής απορροής. Αυτό λοιπόν μπορεί να δημιουργεί τοπικούς φρεάτιους ορίζοντες στα ανώτερα στρώματα της κοίτης.

#### **3.4.4.2 Δίκτυα υπόγειας ροής και υδροφόροι ορίζοντες**

Τα υπόγεια νερά του Λεκανοπεδίου της Αθήνας αποστραγγίζονται κατά μήκος αξόνων που σε γενικές γραμμές έχουν την ίδια διεύθυνση και θέση στο χώρο με τη σύγχρονη κοίτη του ποταμού Κηφισού. Οι κύριες πηγές τροφοδοσίας εντοπίζονται στις παρυφές του

Λεκανοπεδίου και ενισχύονται πλευρικά τόσο από τις επιφανειακές απορροές των εφαπτόμενων ορεινών μαζών, όσο και από τις υπόγειες μεταγγίσεις ορισμένων από τα συστήματα που αναπτύσσονται σε αυτές.

Η περιοχή που εξετάζεται πιθανολογείται ότι τροφοδοτείται από ένα ποσοστό της εκφόρτισης του καρστικού συστήματος της Πάρνηθας, μέσω των αλλουβιακών ριπιδίων που αναπτύσσονται στις εσωτερικές προς το Λεκανοπέδιο παρυφές μέσω πλευρικών, επιφανειακών και υπόγειων ροών. Επίσης τροφοδοτείται και μέσω των άμεσων κατεισδύσεων των νερών των βροχών που πέφτουν σε αυτή. Η υδρογεωλογική γνώση όμως είναι περιορισμένη στην περιοχή αυτή και ως εκ τούτου θεωρείται απαραίτητη η εκτενέστερη μελέτη για την εξαγωγή ακριβών συμπερασμάτων.

Στους εσωτερικούς λόφους του Λεκανοπεδίου αναπτύσσονται περιορισμένης έκτασης και δυναμικού καρστικές υδροφορίες, οι οποίες έχουν σχέση τροφοδοσίας με την υδροφορία που αναπτύσσεται στους προσχωματικούς υδροφορείς από τους οποίους περιβάλλονται. Η σχέση τροφοδοσίας εκτιμάται ότι είναι εποχιακή, αμφίδρομη και εξαρτάται από τη σχετική πιεζομετρία μεταξύ του καρστικού συστήματος και της περιβάλλουσας υδροφορίας.

Συνεπώς στην περιοχή των Αγ. Αναργύρων αναμένεται να αναπτύσσονται ελεύθεροι αβαθείς φρεάτιοι ορίζοντες μέσα στις Τεταρτογενείς προσχωματικές αποθέσεις και το μανδύα αποσάθρωσης των πετρωμάτων. Η απόδοσή τους σε υπόγεια νερά κυμαίνεται από μέτρια έως πολύ μικρή. Επίσης είναι πιθανή και η ανάπτυξη επάλληλων υπό πίεση υδροφόρων στις περιοχές Νεογενών και Τεταρτογενών αποθέσεων, δηλαδή σε περιπτώσεις εναλλασσόμενων υδροπερατών και υδροστεγανών πετρωμάτων με μεγάλα πάχη. Επομένως η απόδοση των υδροφορέων αλλού είναι μικρή, αλλού μέτρια και αλλού σπάνια.

### **3.5 Επιλογή γεωτεχνικών και υδρολογικών δεδομένων**

Συνοψίζοντας και αξιολογώντας τα ανωτέρω γεωλογικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης περιοχής, συμπεραίνεται ότι οι γεωλογικοί σχηματισμοί οι οποίοι εντοπίζονται κατά μήκος της κοίτης του ποταμού Κηφισού, είναι κυρίως αλλουβιακές αποθέσεις, πλειστοκαινικά ριπίδια και μάργες. Λόγω απουσίας σχετικών ερευνητικών γεωτρήσεων στην περιοχή της κοίτης του ποταμού Κηφισού, αντλήθηκαν πληροφορίες για τους εδαφικούς σχηματισμούς από γεωτρήσεις που έχουν γίνει σε πιο κεντρικά τμήματα του Δήμου Αγ. Αναργύρων, και επιλέχθηκαν κάποιες προσεγγιστικές τιμές για τα γεωτεχνικά μεγέθη ώστε να γίνει ο σχεδιασμός του προτεινόμενου έργου.

Από τις γεωτρήσεις αυτές λοιπόν θεωρείται ότι οι γεωτεχνικές στρώσεις 1 και 2 που έχουν περίπου ίδια γεωτεχνικά χαρακτηριστικά βρίσκονται έως 6,0 m από την επιφάνεια του εδάφους και αποτελούνται κυρίως από Τεταρτογενείς σχηματισμούς κυρίως αλλουβιακές αποθέσεις και ριπίδια. Έπειτα ακολουθούν οι Νεογενείς σχηματισμοί που αποτελούνται κυρίως από μάργες ασβεστολιθικής μορφής.

Επομένως στον Πίνακα 2 ορίζονται οι τιμές της γωνίας τριβής, της συνοχής, του μέτρου ελαστικότητας και του ειδικού βάρους των δύο γεωτεχνικών στρώσεων με τις οποίες θα εξεταστεί η κατασκευή του έργου. Τονίζεται ότι οι τιμές οι οποίες ελήφθησαν στο στάδιο της προμελέτης κρίνονται ιδιαίτερα απομειωμένες, προκειμένου να γίνει ένας πιο συντηρητικός σχεδιασμός. Φυσικά στην περίπτωση μιας αναλυτικής μελέτης θα προηγηθούν επί τόπου ερευνητικές γεωτρήσεις για να υπάρχει πληρέστερη εικόνα του γεωτεχνικού και υδρολογικού υπόβαθρου.

**Πίνακας 2: Γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού των εδαφικών στρώσεων.**

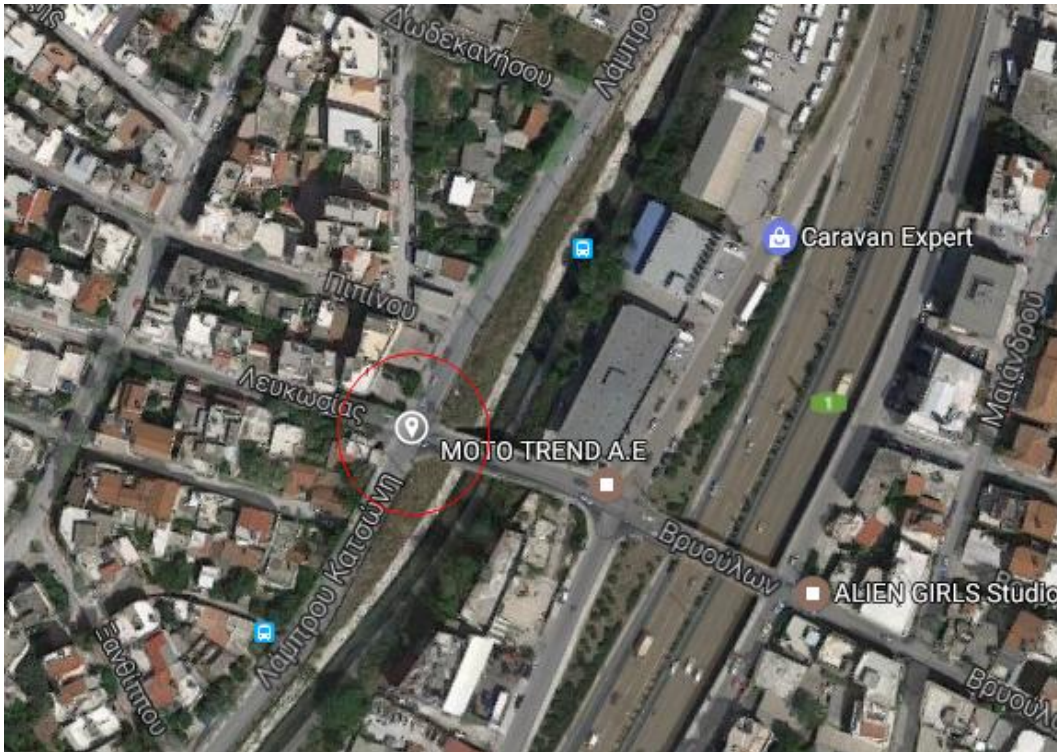
|                                  | $\phi$ (°) | c (kPa) | $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | E (MPa) |
|----------------------------------|------------|---------|-------------------------------|---------|
| <b>Τεταρτογενείς Σχηματισμοί</b> | 26°        | 10      | 18                            | 10      |
| <b>Νεογενείς Σχηματισμοί</b>     | 24°        | 20      | 21                            | 30      |

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη από τις μετρήσεις που έγιναν σε πηγάδια και γεωτρήσεις στο Λεκανοπέδιο Αττικής, όσες είναι πιο κοντά στην υπό μελέτη περιοχή συμπεραίνεται ότι η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα βρίσκεται περίπου 7,5 m από την επιφάνεια του εδάφους. Επομένως η τιμή αυτή θα ληφθεί υπόψη για το σχεδιασμό και την ανάλυση του έργου στο επόμενο κεφάλαιο.

### **3.6 Κυκλοφοριακοί φόρτοι επί της οδού Λάμπρου Κατσώνη**

Για την ομαλή κατασκευή του έργου και τη ρύθμιση των κυκλοφοριακών συνθηκών επί της οδού Λ. Κατσώνη είναι απαραίτητη η συλλογή των κυκλοφοριακών δεδομένων που επικρατούν. Επομένως σύμφωνα με τα κυκλοφοριακά στοιχεία που έχει καταγράψει η Διεύθυνση Οδικών Υποδομών του Υπουργείου Υποδομών Μεταφορών και Δικτύων (ΥΠΥΜΕΔΙ) σχετικά με τις ετήσιες μέσες ημερήσιες κυκλοφορίες (ΕΜΗΚ), δίνονται οι παρακάτω κυκλοφοριακοί φόρτοι που επικρατούν στο Δήμο Αγ. Αναργύρων επί της οδού Λ. Κατσώνη στον κόμβο που συναντά τις οδούς Λευκωσίας και Βρυούλων (Σχήμα 3.6), όπως κατεγράφησαν το έτος 2007 (09/10/2007).

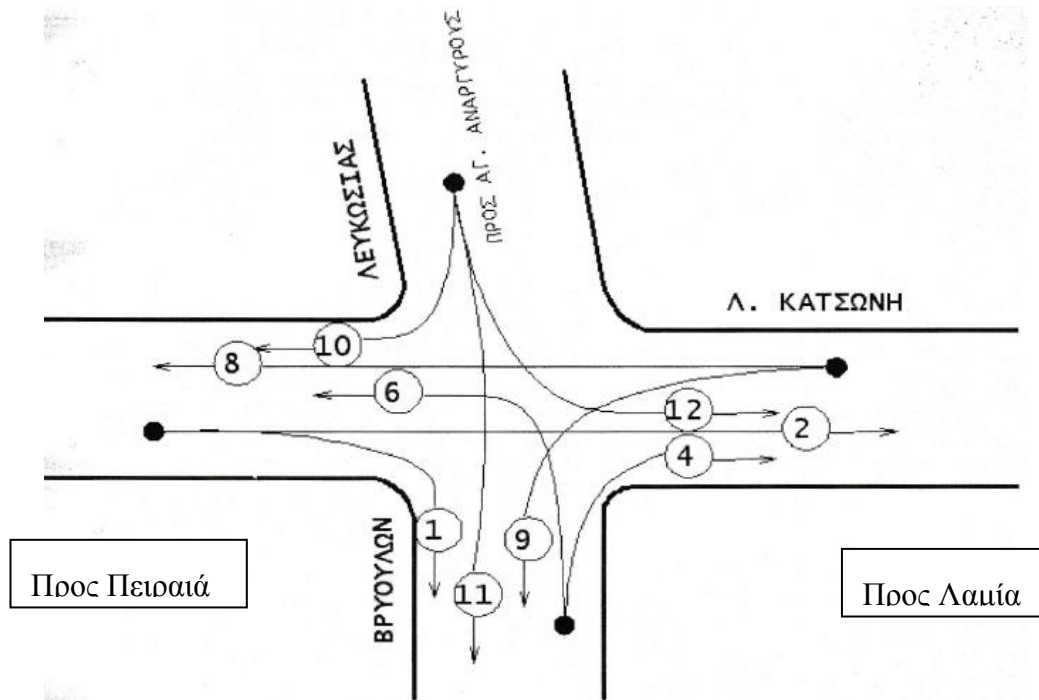




Σχήμα 3.6: Διασταύρωση οδών Λ. Κατσώνη- Λευκωσίας- Βρυούλων του Δήμου Αγίων Αναργύρων.

Στο Σχήμα 3.7 που ακολουθεί αποτυπώνονται όλες οι δυνατές κατευθύνσεις των οχημάτων στον κόμβο και στον Πίνακα 3 οι κυκλοφοριακοί φόρτοι του κόμβου Λ. Κατσώνη- Λευκωσίας- Βρυούλων από τις 07:00 έως τις 16:00. Τα κυκλοφοριακά στοιχεία που παρουσιάζονται στον Πίνακα αφορούν σε μια τυπική μέρα του έτους 2007 και ειδικότερα για την ώρα αιχμής 08:00 έως 09:00, τα οχήματα είναι:

- Προς Πειραιά, από τη Λ. Κατσώνη, την αριστερή στροφή από Βρυούλων και την δεξιά στροφή από Λευκωσίας (κινήσεις 8, 6 και 10), ο αριθμός των αυτοκινήτων είναι 303.
- Προς Λαμία, από τη Λ. Κατσώνη, τη δεξιά στροφή από Βρυούλων και την αριστερή στροφή από Λευκωσίας (κινήσεις 2, 4 και 12), ο αριθμός των αυτοκινήτων είναι 421.
- Προς Βρυούλων, από τη δεξιά στροφή της Λ. Κατσώνη ρεύμα προς Λαμία, από την αριστερή στροφή της Λ. Κατσώνη ρεύμα προς Πειραιά και την ευθεία πορεία από Λευκωσίας (κινήσεις 1, 9 και 11), ο αριθμός των αυτοκινήτων είναι 1168.
- Από Βρυούλων, δεξιά στροφή προς Λ. Κατσώνη ρεύμα προς Λαμία και αριστερή στροφή προς Λ. Κατσώνη ρεύμα προς Πειραιά (κινήσεις 4 και 6), ο αριθμός των αυτοκινήτων είναι 427.



Σχήμα 3.7: Κυκλοφοριακές κατευθύνσεις στον κόμβο Λ. Κατσώνη- Λευκωσίας- Βρυούλων.

ΠΗΓΗ: Διεύθυνση Οδικών Υποδομών του ΥΠΥΜΕΔΙ.

Πίνακας 3: Κυκλοφοριακοί φόρτοι επί του κόμβου Λ. Κατσώνη- Λευκωσίας- Βρυούλων.

| Ωρες    |       | ΚΙΝΗΣΕΙΣ  |    |     |     |    |     |    |     |    |  |
|---------|-------|---|----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|--|
| Από     | Έως   | 1   | 2  | 4   | 6   | 8  | 9   | 10 | 11  | 12 |  |
| 07:00   | 07:30 | 176   | 62 | 81  | 70  | 37 | 169 | 4  | 189 | 29 |  |
| 07:30   | 08:00 | 189   | 61 | 96  | 88  | 41 | 170 | 8  | 208 | 35 |  |
| 08:00   | 08:30 | 184   | 57 | 115 | 107 | 44 | 186 | 10 | 237 | 47 |  |
| 08:30   | 09:00 | 180   | 57 | 107 | 98  | 38 | 167 | 6  | 214 | 38 |  |
| 09:00   | 09:30 | 176   | 53 | 103 | 93  | 34 | 152 | 7  | 224 | 42 |  |
| 09:30   | 10:00 | 164   | 50 | 91  | 87  | 31 | 138 | 9  | 207 | 37 |  |
| 10:00   | 10:30 | 152   | 46 | 86  | 81  | 27 | 144 | 5  | 194 | 30 |  |
| 10:30   | 11:00 | 163   | 40 | 75  | 76  | 35 | 149 | 3  | 186 | 26 |  |
| 11:00   | 11:30 | 159   | 42 | 72  | 64  | 32 | 141 | 6  | 170 | 23 |  |
| 11:30   | 12:00 | 165   | 46 | 65  | 61  | 27 | 133 | 5  | 185 | 25 |  |
| 12:00   | 12:30 | 150   | 52 | 71  | 67  | 24 | 126 | 7  | 174 | 27 |  |
| 12:30   | 13:00 | 162   | 50 | 64  | 72  | 28 | 139 | 8  | 187 | 32 |  |
| 13:00   | 13:30 | 175   | 57 | 75  | 75  | 34 | 131 | 5  | 180 | 37 |  |
| 13:30   | 14:00 | 179   | 59 | 82  | 81  | 31 | 146 | 4  | 164 | 34 |  |
| 14:00   | 14:30 | 188   | 65 | 74  | 74  | 40 | 149 | 8  | 187 | 38 |  |
| 14:30   | 15:00 | 203   | 69 | 85  | 82  | 43 | 177 | 11 | 205 | 35 |  |
| 15:00   | 15:30 | 219   | 76 | 82  | 77  | 48 | 191 | 8  | 212 | 38 |  |
| 15:30   | 16:00 | 208   | 74 | 76  | 85  | 38 | 168 | 9  | 201 | 32 |  |
| ΠΑΡ/ΤΕΣ |       | Αγγελέτος, Κυριαζής, Τζουγκαράκης<br>Ηλιοδρομίτης, Χρηστίδης, Ταμπακόπουλος |    |     |     |    |     |    |     |    |  |

ΠΗΓΗ: Διεύθυνση Οδικών Υποδομών του ΥΠΥΜΕΔΙ.

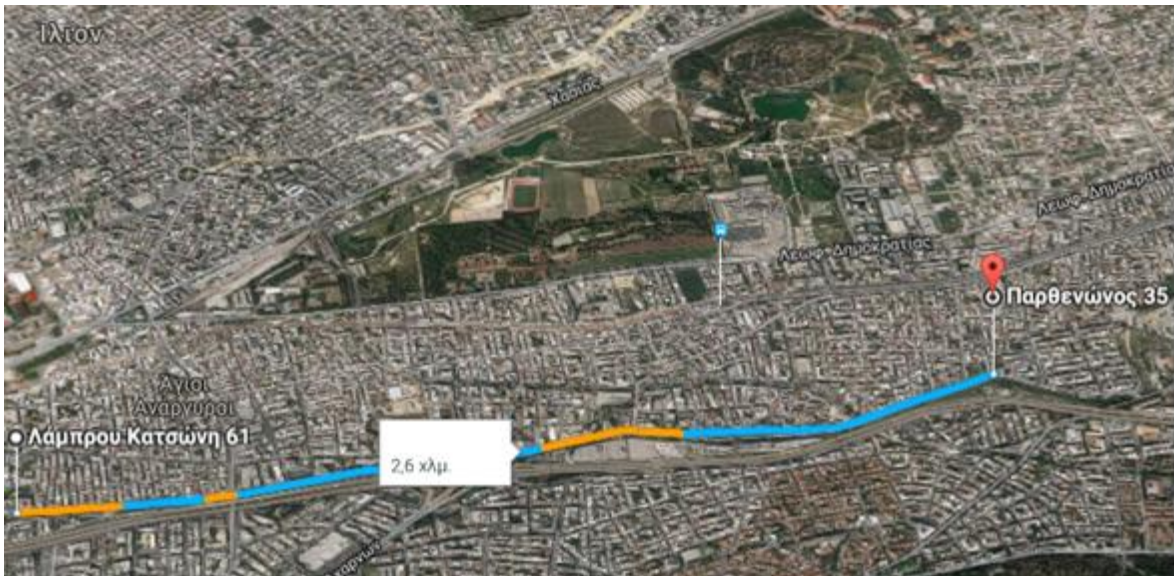
# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**



## 4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΟΥ

### 4.1 Εισαγωγή

Το προτεινόμενο έργο παρέμβασης που εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στη διερεύνηση της πρότασης υπογειοποίησης του ποταμού Κηφισού που βρίσκεται παράπλευρα της οδού Λ. Κατσώνη στο Δήμο Αγ. Αναργύρων (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1: Περιοχή εξέτασης του έργου.

Η συγκεκριμένη πρόταση αποτελεί βασική στρατηγική επιλογή στα σχέδια αντιπλημμυρικής προστασίας των δυτικών προαστίων του λεκανοπεδίου Αττικής που πλήττονται από συνεχείς πλημμύρες τα τελευταία έτη, λόγω υπερχειλίσης του ποταμού Κηφισού καθώς και άλλων ρεμάτων που εκβάλλουν σε αυτόν.

Το έργο θα συμβάλλει στην αύξηση της διατομής του Κηφισού ενώ παράλληλα με την κατασκευή λείου πυθμένα, τις ίδιες διαστάσεις διατομής καθ' όλο το μήκος του ποταμού και την εξομάλυνση των αλλαγών διευθύνσεων της κοίτης, πρόκειται να βελτιώσει τις συνθήκες ροής των υδάτων. Επιπλέον τονίζεται ότι ανεξάρτητα από τις βελτιώσεις που θα υποστεί η κοίτη, οι υφιστάμενοι αγωγοί των τοπικών δικτύων απορροής θα συνεχίσουν να διοχετεύονται στον ποταμό Κηφισό.



## **4.2 Παραδοχές και προϋποθέσεις για την κατασκευή του έργου**

### **4.2.1 Παραδοχές κατασκευής έργου**

Κατά το σχεδιασμό του έργου έχουν ληφθεί υπόψη, αρκετές παραδοχές και στοιχεία σχετικά με την εξεταζόμενη περιοχή:

- Βασική προϋπόθεση είναι εάν είναι δυνατόν να μη σταματήσει η κυκλοφορία της οδού Λ. Κατσώνη.
- Η διεύρυνση της κοίτης του Κηφισού για αύξηση της παροχευτικότητας.
- Η βελτίωση των συνθηκών ροής των υδάτων.
- Η ενίσχυση και αποκατάσταση του ανατολικού πρηνούς ώστε να διασφαλιστεί η στατική επάρκεια της Εθνικής Οδού και των άλλων κτισμάτων ή εδαφικών τεμαχίων που βρίσκονται παραπλεύρως αυτού.
- Η ενίσχυση και αποκατάσταση των ζημιών του δυτικού πρηνούς παράλληλα της οδού Λ. Κατσώνη.
- Η διαπλάτυνση της οδού Λ. Κατσώνη και η βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών.
- Η δημιουργία χώρων πρασίνου, αναψυχής και δραστηριοτήτων.

Οι ανωτέρω παραδοχές για την πραγματοποίηση του έργου της υπογειοποίησης προϋποθέτουν την ομαλή κυκλοφορία της Λ. Κατσώνη και την απουσία ενοχλήσεων και δυσαρέσκειας από τους κατοίκους ή τους ιδιοκτήτες των καταστημάτων που βρίσκονται στην περιοχή. Για αυτό το λόγο προτείνεται οι εργασίες να γίνουν τμηματικά, ώστε να μην αποκοπούν καθ' όλο το μήκος της οδού οι συνδετήριες οδοί με την Εθνική και το γειτονικό Δήμο της Ν. Φιλαδέλφειας.

### **4.2.2 Παράγοντες επιρροής του σχεδιασμού**

Στην επιλογή της βέλτιστης λύσης, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η επιλογή της κατάλληλης διατομής, η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική κατά τη διάρκεια σχεδιασμού ενός υδραυλικού και οδικού έργου.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τόσο τη διαμόρφωση, όσο και την επιλογή των μερών που συνιστούν τις διατομές είναι:

- τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του εδάφους,

- τα υδρολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους,
- τα λειτουργικά δεδομένα της κυκλοφορίας,
- οι επιπτώσεις στο περιβάλλον,
- η ασφάλεια των γειτονικών κατασκευών.

Επομένως για την εκπλήρωση των ανωτέρω προϋποθέσεων, προκειμένου να επιτευχθεί ο καλύτερος σχεδιασμός του έργου, θα ληφθούν υπόψη τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά της περιοχής των Αγ. Αναργύρων που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

#### **4.2.3 Έργα αντιστήριξης**

Η αναγκαιότητα αντιστήριξης εδαφικών σχηματισμών στα πλαίσια των πάσης φύσεως κατασκευών και τεχνικών έργων είναι εμφανής, ειδικότερα για έργα που εκτελούνται σε κατοικημένους χώρους, όπου η απουσία ελεύθερων χώρων είναι προφανής και η προστασία γειτονικών κατασκευών αποτελεί βασικό στόχο στο σχεδιασμό οποιασδήποτε υπόγειας κατασκευής, όπως σήραγγες, υπόγειες διαβάσεις, υπόγειοι αποθηκευτικοί χώροι κλπ.

Πίσω από τις αντιστηρίξεις αναπτύσσονται πλευρικές ωθήσεις τόσο από το έδαφος, όσο και από την παρουσία του νερού σε κατακόρυφες ή σχεδόν κατακόρυφες εκσκαφές. Η ανάγκη διαμόρφωσης τέτοιων κατασκευών είναι αναγκαία σε περιπτώσεις όπου σχεδόν κατακόρυφες εκσκαφές διαμορφώνονται σε θέσεις όπου ένα έργο απαιτεί αλλαγές στην επιφάνεια του εδάφους και δεν υπάρχει δυνατότητα σε χώρο κατασκευής τεχνητού πρανούς για την αποφυγή ολισθήσεων και κατολισθήσεων. Τέτοιες κατασκευές είναι οι τοίχοι βαρύτητας, οι δομικοί τοίχοι, οι εύκαμπτοι τοίχοι (διαφραγματικοί τοίχοι, τοίχοι τύπου Βερολίνου, πασσαλοσανίδες) αλλά και πασσαλοδιαφράγματα (πάσσαλοι σε απόσταση, σε επαφή ή και αλληλοτεμνόμενοι) (Ρόζος, 2007).

Απαραίτητες προϋποθέσεις για την ασφαλή κατασκευή ενός συστήματος αντιστήριξης σε αστικό περιβάλλον είναι οι εξής:

- Γεωτεχνική έρευνα,
- Τοπογραφική αποτύπωση όμορων κατασκευών,
- Παρακολούθηση συμπεριφοράς.

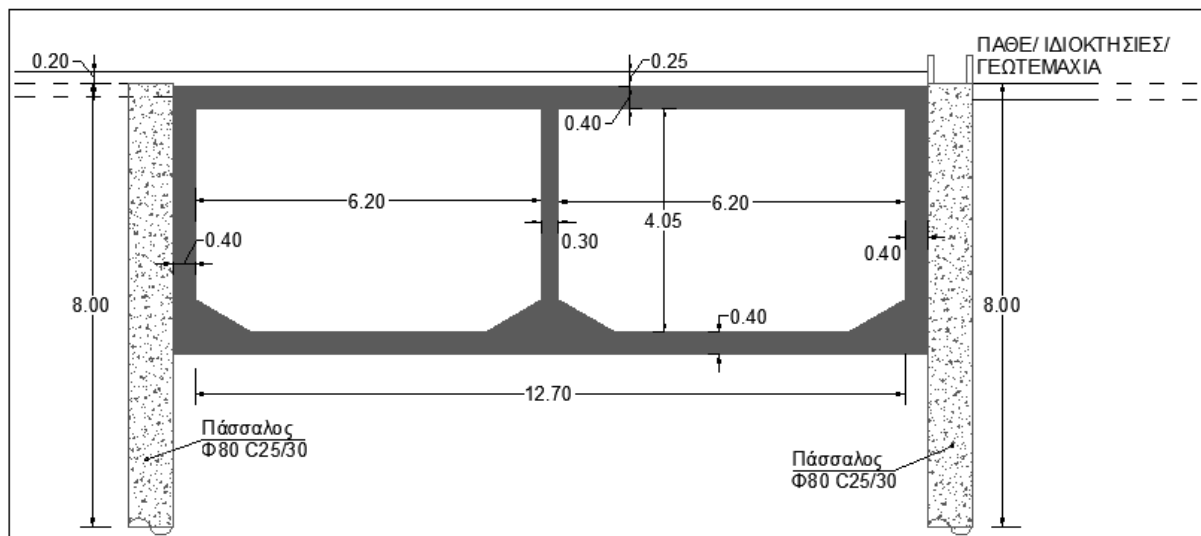
### 4.3 Προτεινόμενη τεχνική λύση με διάταξη πασσάλων

#### 4.3.1 Γενικά

Ως λύση για την αντιμετώπιση των πλημμυρικών φαινομένων προτείνεται η διεύρυνση της κοίτης μετατρέποντας τη από ανοιχτή τραπεζοειδή, σε δίδυμη κλειστού ορθογωνικού οχετού, ενώ παράλληλα κρίνεται απαραίτητη η ενίσχυση και αντιστήριξη του ανατολικού πρανούς, το οποίο σε κάποια τμήματα συνορεύει με την Εθνική οδό ΠΑΘΕ και αλλού με εδαφικά τεμάχια, καθώς και του δυτικού πρανούς το οποίο συνορεύει με την οδό Λ. Κατσώνη. Η κατασκευή πρόκειται να γίνει σταδιακά κατά μήκος της κοίτης, με σκοπό να υπάρχει μια φυσιολογική κυκλοφοριακή ροή, χωρίς προβλήματα για τους κατοίκους, όσον αφορά στην οδική συμφόρηση αλλά και στις οχλήσεις λόγω σκόνης και θορύβου. Επιπλέον είναι προτιμότερη η τμηματική κατασκευή, ώστε να είναι ελεγχόμενη, σε περίπτωση που προκύψουν απρόοπτα γεγονότα που ίσως δεν προβλέφθηκαν κατά τη σχεδίαση.

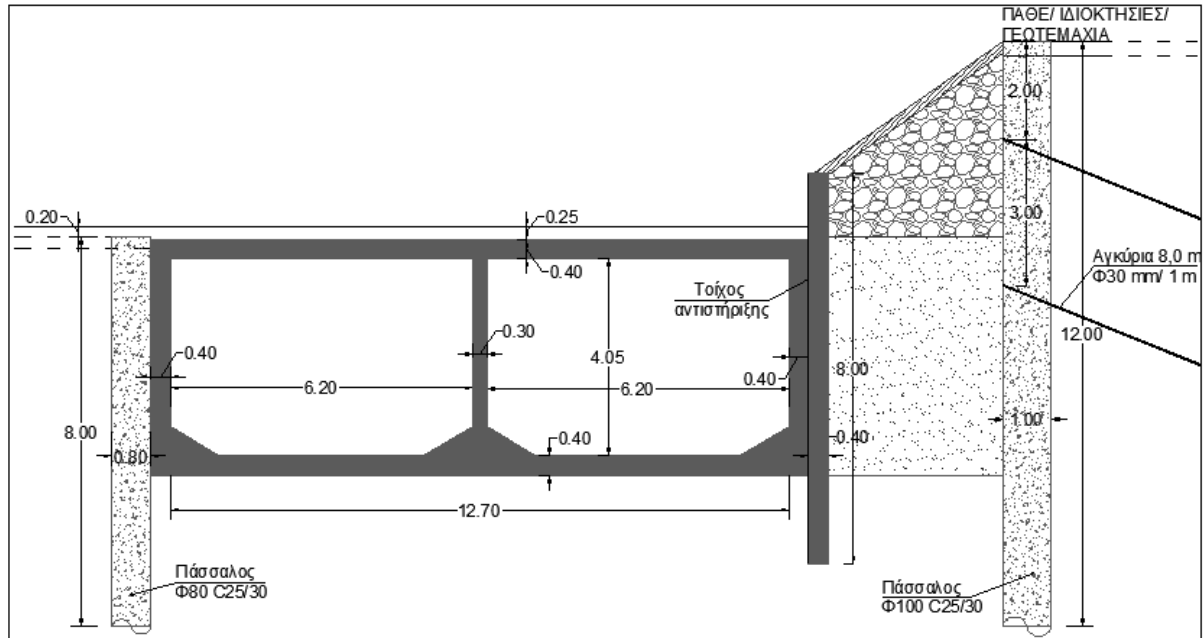
#### 4.3.2 Τελική διατομή υπόγειας κοίτης

Λόγω της διαφοροποίησης του ύψους των πρανών, παρακάτω παρατίθενται οι τελικές κατασκευαστικές διατομές που αντιστοιχούν στους δύο υφιστάμενους τύπους διατομών που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2. Στο Σχήμα 4.2 παρουσιάζεται η τελική διατομή της κοίτης στην περίπτωση που το «φρύδι» του ανατολικού πρανούς (δεξιά) βρίσκεται στο ίδιο ύψος με το «φρύδι» του δυτικού πρανούς, η οποία θα εφαρμοστεί και στο μεγαλύτερο μήκος του έργου.



Σχήμα 4.2: Διατομή τελικής κοίτης του ποταμού Κηφισού, όταν το φρύδι του ανατολικού πρανούς είναι στο ίδιο ύψος με του δυτικού (τύπου Α').

Στη συνέχεια στο Σχήμα 4.3 παρατίθεται και η μορφή της διατομής της τελικής κοίτης σε περίπτωση που το «φρύδι» του ανατολικού πρανούς βρίσκεται σε μεγαλύτερο ύψος από το «φρύδι» του δυτικού πρανούς, η οποία θα εφαρμοστεί στο υπόλοιπο μήκος του έργου.



**Σχήμα 4.3: Διατομή τελικής κοίτης του ποταμού Κηφισού, όταν το φρύδι του ανατολικού πρανούς είναι υψηλότερα από του δυτικού (τύπου Β').**

Στην τελική κοίτη που θα διαμορφωθεί το εσωτερικό ύψος της διατομής θα είναι 4,05 m και το πλάτος 12,70 m. Ο πυθμένας θα έχει πάχος 0,40 m και θα αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στην περίπτωση της διατομής τύπου Α' η δυτική και ανατολική πλευρά της κοίτης θα ενισχυθεί με πασσάλους διαμέτρου 80 cm ανά 1 m και μήκους 8,0 m και εσωτερικά η κοίτη θα διαμορφωθεί με οπλισμένα τοιχία πάχους 40 cm.

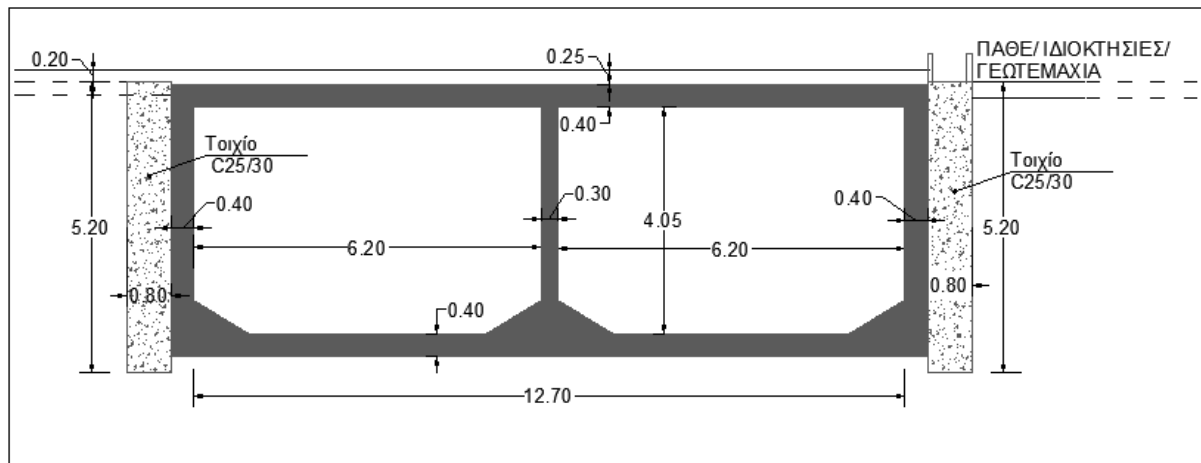
Από την άλλη στην περίπτωση της διατομής τύπου Β' η δυτική πλευρά θα ενισχυθεί με πασσάλους διαμέτρου 80 cm ανά 1 m και μήκους 8,0 m, ενώ η ανατολική πλευρά θα ενισχυθεί με πασσάλους διαμέτρου 100 cm ανά 1 m και μήκους 12,0 m. Τονίζεται βέβαια ότι στη φάση εκσκαφής του ανατολικού πρανούς, όπου κρίνεται απαραίτητο θα τοποθετηθούν αντηρήδες για την ευστάθεια της εκσκαφής. Λόγω του μεγαλύτερου ανοίγματος της φυσικής κοίτης σε αυτή τη θέση, είναι απαραίτητη η κατασκευή τοίχου αντιστήριξης πάχους 40 cm και ύψους 8,0 m, συμπεριλαμβανομένου και του μήκους έμπηξης. Ο τοίχος λοιπόν είναι απαραίτητος για τον ενιαίο σχηματισμό της κοίτης καθ' όλο το μήκος του έργου και για τη συγκράτηση του πρανούς που θα επιχωματωθεί προς τη πλευρά της Εθνικής Οδού. Όπως και στον άλλον τύπο διατομής, έτσι κι εδώ στο

εσωτερικό του θα σκυροδετηθεί τοίχιο πάχους 40 cm με σκοπό τη τελική διαμόρφωση της κοίτης.

Επιπλέον η πλάκα επικάλυψης της διατομής θα έχει πάχος 0,40 m και επιπλέον θα καλυφθεί από τα υλικά επίστρωσης πάχους περίπου 0,25 m του τελικού οδοστρώματος της Λ. Κατσώνη. Τέλος λόγω του μεγάλου ανοίγματος της διατομής (12,70 m), κρίνεται απαραίτητο να κατασκευαστεί στο μέσον της, υποστύλωμα πάχους 30 cm.

Επομένως η τελική διατομή της κοίτης θα έχει επιφάνεια  $49 \text{ m}^2$  και θα συγκρατεί όγκο νερού  $49 \text{ m}^3$  ανά 1,0 m μήκους. Συνεπώς θα προκύψει περίπου 30% αύξηση της διατομής της κοίτης (επιφάνεια υφιστάμενης κοίτης  $38 \text{ m}^2$ ).

Τέλος, στην περίπτωση που είτε το ανατολικό πρανές είτε το δυτικό ή και τα δύο έχουν καταρρεύσει, τότε αντί να κατασκευαστούν πάσσαλοι, θα καλουπωθούν και θα σκυροδετηθούν οπλισμένα τοιχία για να ενισχυθούν τα πρανή και να σχηματιστεί η κοίτη (διατομή τύπου Γ'). Επίσης εσωτερικά αυτών θα κατασκευαστούν τα μικρότερα τοιχία πάχους 40 cm που θα διαμορφώσουν την κοίτη (Σχήμα 4.4).

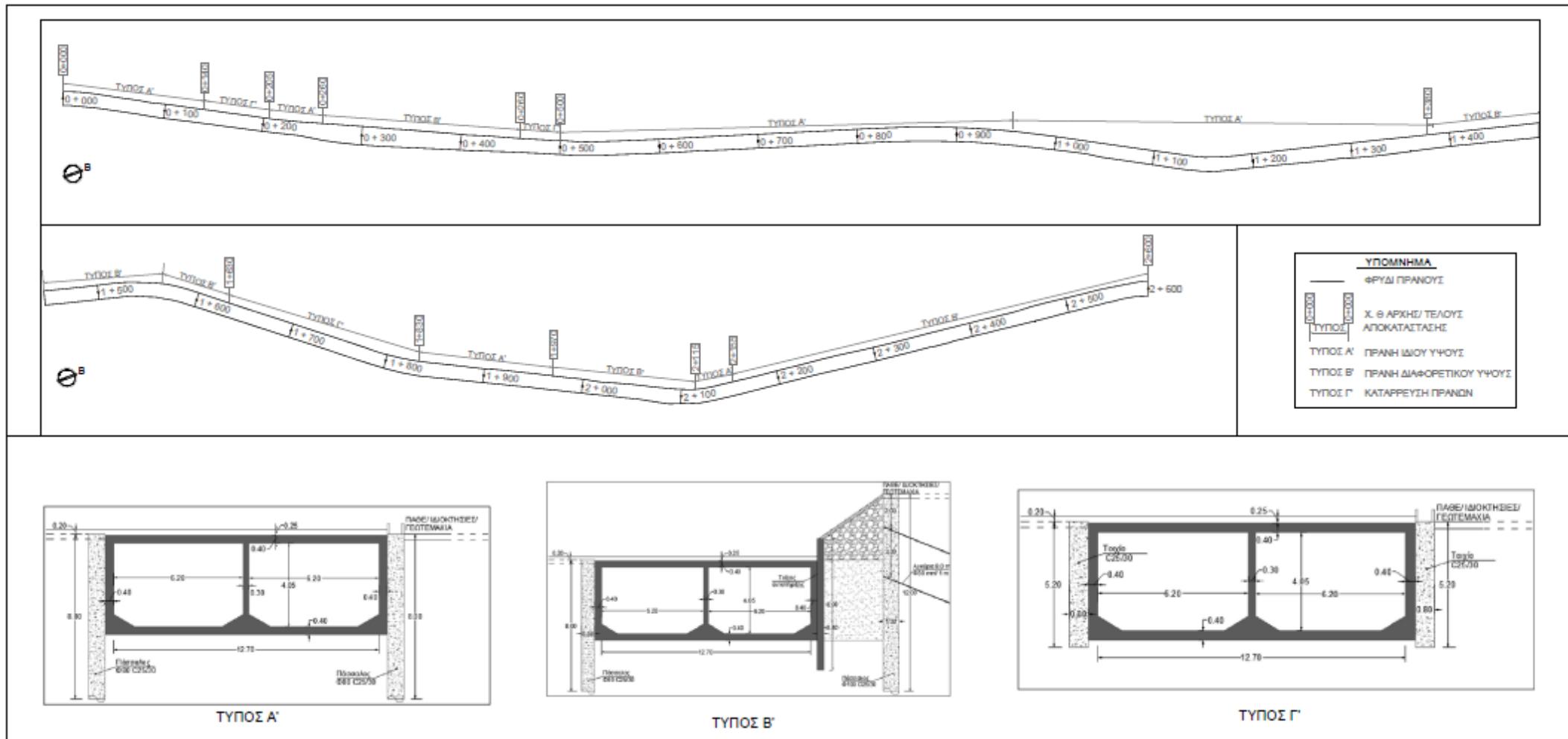


Σχήμα 4.4: Διατομή τελικής κοίτης του ποταμού Κηφισού σε περίπτωση τοπικής κατάρρευσης των πρανών, διατομή τύπο Γ'.

Συνεπώς στην ακόλουθη οριζοντιογραφία (Σχήμα 4.5) αποτυπώνεται ανά Χ.Θ. ο τύπος της κατασκευαστικής διατομής που θα επιλεγεί κατά μήκος της οδού Λ. Κατσώνη.



Τεχνική και Οικονομική αξιολόγηση υπογειοποίησης τμήματος του ποταμού Κηφισού στην περιοχή των Αγ. Αναργύρων



Σχήμα 4.5: Επιλογή τύπου διατομής ανά Χ. Θ. κατά μήκος της οριζοντιογραφίας του έργου.

#### **4.4 Ανάλυση σχεδιασμού με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων Phase.**

Για τον έλεγχο των ανωτέρω κατασκευαστικών παραδοχών της τεχνικής λύσης, στην ενότητα αυτή θα δημιουργηθούν δύο προσομοιώματα των διατομών με τη χρήση πεπερασμένων στοιχείων και θα γίνει ανάλυση των αποτελεσμάτων τους.

##### **4.4.1 Δυνατότητες λειτουργίας προγράμματος**

Το **Phase 2D (RS2)** είναι ένα λογισμικό πακέτο της Rocscience. Πρόκειται για ένα πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων που εφαρμόζεται για εδάφη και βράχους. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ένα ευρύ φάσμα εργασιών του μηχανικού και περιλαμβάνει σχεδιασμό εκσκαφών, ευστάθεια πρανών, διαρροή υπόγειων υδάτων, πιθανοτική ανάλυση και δυναμικές ικανότητες ανάλυσης.

Επίσης με τη βοήθεια του RS2 μπορούν να δημιουργηθούν εύκολα και γρήγορα προσομοιώματα, είτε απλά είτε πιο σύνθετα, όπως σήραγγες σε αδύναμους ή διαρρηγμένους βράχους, ανοιχτά ορυχεία και πρανή, κ.ά.. Η σταδιακή αστοχία, η αλληλεπίδραση των μέτρων υποστήριξης και μια ποικιλία από άλλα προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν.

Επιπλέον προσφέρει ένα μεγάλο εύρος επιλογής μέτρων υποστήριξης των κατασκευών. Μπορούν να εισαχθούν στοιχεία ως εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, σκυρόδεμα, χαλύβδινο οπλισμό, τοίχος αντιστήριξης, πάσσαλος, γεωφάσμα καθώς και συνδυασμός αυτών. Ακόμη υπάρχει ποικιλία στα είδη αγκυρίων και ηλώσεων.

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του προγράμματος είναι ότι η ανάλυση ευστάθειας πρανών γίνεται με τη μέθοδο απομείωσης της διατμητικής αντοχής. Αυτή μπορεί να χρησιμοποιήσει τις διατμητικές παραμέτρους, είτε του Mohr- Coulomb είτε του Hoek- Brown.

Τέλος το RS2 περιλαμβάνει πεπερασμένα στοιχεία για τις υπόγειες διαρροές υδάτων επομένως δε χρειάζεται η χρήση κάποιου άλλου προγράμματος υδραυλικής ανάλυσης. Η πίεση νερού των πόρων καθώς και η ροή και η κλίση προσδιορίζονται σύμφωνα με τις υδραυλικές συνθήκες και τα υλικά αγωγιμότητας που έχει ορίσει ο χρήστης. Τα αποτελέσματα της πίεσης νερού των πόρων εισάγονται αυτόματα στην ανάλυση των τάσεων.

#### 4.4.2 Παραδοχές προσομοίωσης με πεπερασμένα στοιχεία

Για τη στατική ανάλυση του εδάφους στην περίπτωση του έργου που εξετάζεται έγιναν οι ανάλογες παραδοχές. Αρχικά ορίστηκαν οι δύο τύποι διατομών της κοίτης, όπως θεωρήθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, οι συνοριακές συνθήκες των ορίων, τα στάδια κατασκευής του έργου και οι γεωτεχνικές παράμετροι που αντιστοιχούν στη δεδομένη περιοχή. Επιπλέον ορίστηκε η στάθμη του υπόγειου νερού στα -7,5 m από την επιφάνεια του εδάφους και τα χαρακτηριστικά των μέτρων υποστήριξης που θα τοποθετηθούν.

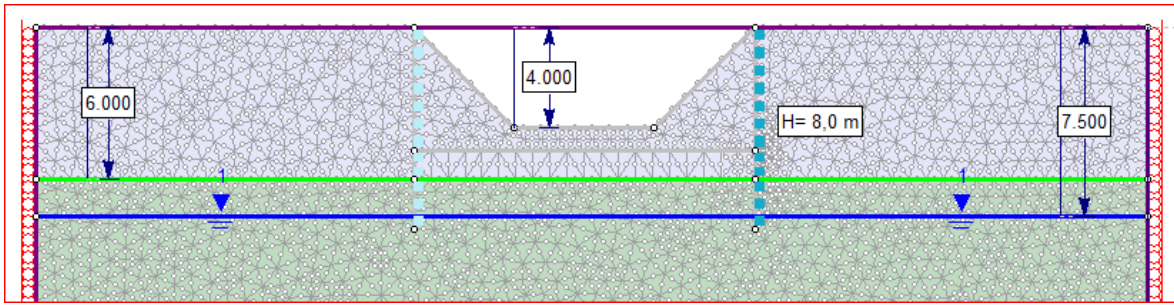
Οι συνολικές διαστάσεις του αριθμητικού μοντέλου λαμβάνονται ίσες με 5,5 H στην οριζόντια κατά x διεύθυνση και 3 H στην κατακόρυφο y διεύθυνση, όπου H το ύψος του πάσσалу (H= 8,0 m στη διατομή τύπου Α' και H=12,0 m στη διατομή τύπου Β'). Οι κινηματικοί περιορισμοί που επιβάλλονται στους ακραίους κόμβους στο μοντέλο, απαγορεύουν την κατά x μετακίνηση στις κατακόρυφες πλευρές, την κατά x και y μετακίνηση στη βάση του προσομοιώματος, ενώ η επιφάνεια του εδάφους είναι ελεύθερη να μετακινηθεί και προς τις δύο διευθύνσεις. Επιπλέον θεωρείται ότι στην προσομοίωση δε λαμβάνονται υπόψη μόνιμα ή κινητά επιφανειακά φορτία που ασκούνται στο έδαφος.

Το έδαφος προσομοιώνεται με εξακομβικά τριγωνικά “6 noded triangles” στοιχεία και αναλύεται με το κριτήριο Mohr- Coulomb ως υλικό με ελαστοπλαστική συμπεριφορά. Θεωρώντας αρκετά υποβαθμισμένα τα γεωτεχνικά δεδομένα, εισήχθησαν οι τιμές του Πίνακα 4.1.

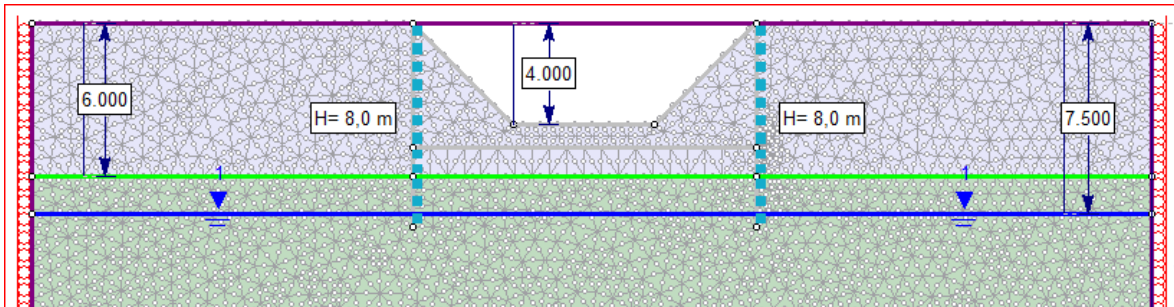
Όσον αφορά στα μέτρα υποστήριξης, θεωρείται ότι οι πάσσαλοι συμπεριφέρονται ελαστικά με υψηλό μέτρο ελαστικότητας E ίσο με 31 GPa και προσομοιώνονται ως στοιχεία δοκού (standard beam) με ισοδύναμες διατομές εισάγοντας εμβαδόν και ροπή αδράνειας της κυκλικής διατομής. Το ειδικό βάρος των στοιχείων των πάσσалу λαμβάνεται ίσο με αυτό του σκυροδέματος ( $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ ) και ο λόγος Poisson ίσος με 0,2. Επιπλέον τοποθετούνται όπου είναι απαραίτητο προεντεταμένα αγκύρια, για να παραλάβουν τον εφελκυσμό και να μειωθούν οι οριζόντιες και κατακόρυφες μετακινήσεις καθώς και οι πλαστικοποιήσεις του εδάφους. Επομένως ορίστηκαν αγκύρια τύπου «tieback» διαμέτρου 20- 30 mm, διατρήματα διαμέτρου 50 mm, μέτρο Ελαστικότητας E= 200 GPa, μήκος αγκύρωσης 40% και δύναμη προέντασης 50 kN.

Επομένως στη διατομή τύπου Α' που ακολουθεί, τοποθετήθηκαν και στα δύο πρανή πάσσαλοι διαμέτρου 80 cm (Φ80 ανά 1 m) και μήκους 8,0 m. Από την άλλη στη διατομή τύπου Β' τοποθετήθηκαν στο ανατολικό πρανές πάσσαλοι διαμέτρου 80 cm (Φ80 ανά 1

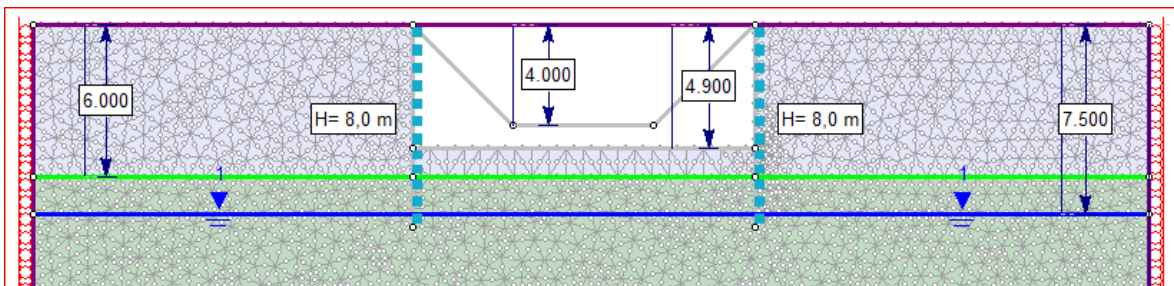




Εικόνα 4.3: Τοποθέτηση πασσάλων διαμέτρου 80 cm στο ανατολικό πρανές, Stage 3.



Εικόνα 4.4: Τοποθέτηση πασσάλων διαμέτρου 80 cm στο δυτικό πρανές, Stage 4.

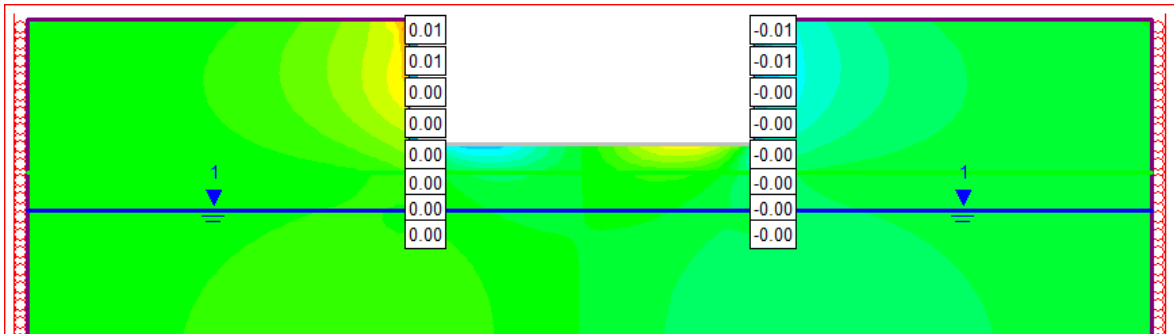


Εικόνα 4.5: Τελικό στάδιο προσομοίωσης της κοίτης της διατομής τύπου Α', Stage 5.

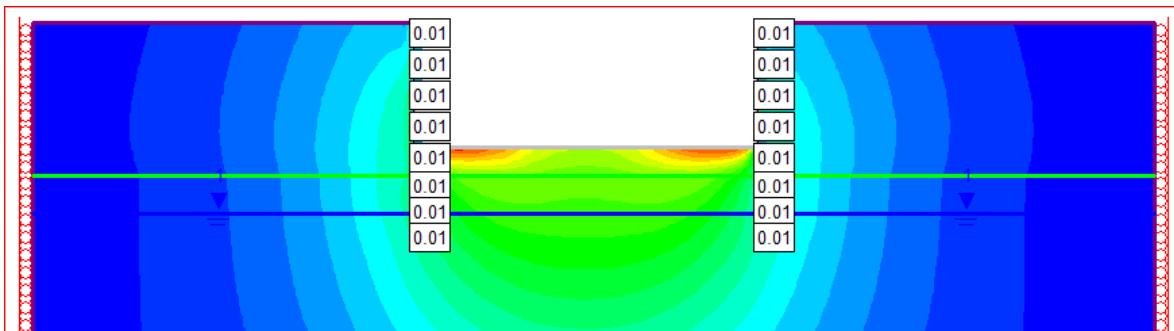
Εκτελώντας την ανωτέρω προσομοίωση στο Phase ελήφθησαν τα παρακάτω αποτελέσματα. Αυτά που αφορούν στην επάρκεια της κατασκευής είναι οι οριζόντιες και κατακόρυφες μετακινήσεις στην επιφάνεια του εδάφους και κατά μήκος των πασσάλων. Επιπλέον σημαντικός παράγοντας είναι και το ποσοστό πλαστικοποίησης του εδάφους, το οποίο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο για να ελαχιστοποιούνται οι παραμένουσες παραμορφώσεις. Στα αποτελέσματα που παρατίθενται θεωρείται το στάδιο 3 ως αρχικό, το οποίο αντιπροσωπεύει την υπάρχουσα κατάσταση ισορροπίας της διατομής. Έτσι, σε αυτό αρχικοποιούμε τις τιμές των μετακινήσεων και των πλαστικοποιήσεων που οφείλονται στα μέτρα υποστήριξης και στην εκσκαφή της τελικής κοίτης.



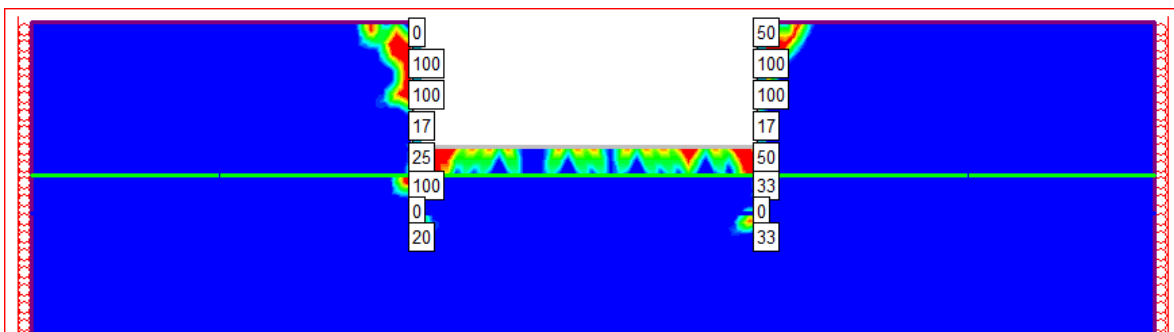
Στην Εικόνα 4.6 και 4.7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των οριζόντιων και κατακόρυφων μετακινήσεων αντίστοιχα. Οι τιμές των κατακόρυφων μετακινήσεων είναι θετικές επομένως πρόκειται για ανυψώσεις εδάφους που οφείλονται στην αφαίρεση του εδαφικού υλικού. Τέλος στην Εικόνα 4.8 φαίνονται τα ποσοστά πλαστικοποίησης του εδάφους, ενώ στην Εικόνα 4.9 έως 4.11 οι αξονικές δυνάμεις, οι καμπτικές ροπές και οι διατμητικές δυνάμεις αντίστοιχα που ασκούνται στους πασσάλους, οι οποίες όμως είναι αρκετά μικρές επομένως οι πάσσαλοι δε κινδυνεύουν να αστοχήσουν.



Εικόνα 4.6: Αποτελέσματα οριζόντιων μετακινήσεων (σε m) της διατομής τύπου Α', Stage 5.

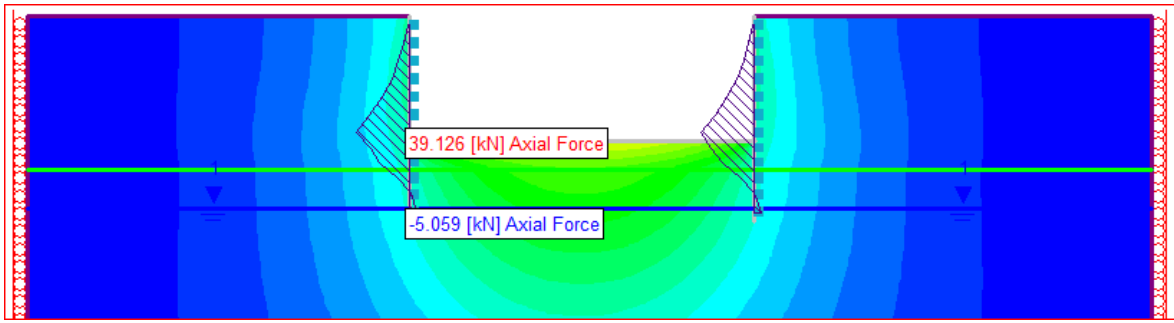


Εικόνα 4.7: Αποτελέσματα κατακόρυφων μετακινήσεων (σε m) της διατομής τύπου Α', Stage 5.

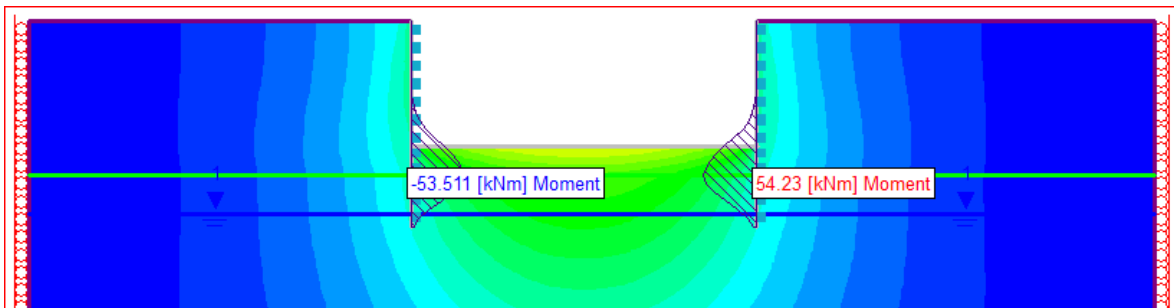


Εικόνα 4.8: Αποτελέσματα πλαστικοποίησης εδάφους (σε %) της διατομής τύπου Α', Stage 5.

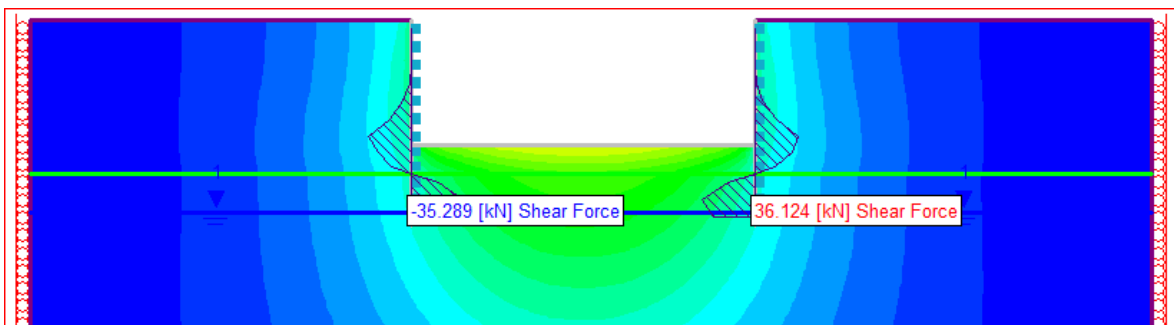




Εικόνα 4.9: Αποτελέσματα αξονικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων της διατομής τύπου Α'.

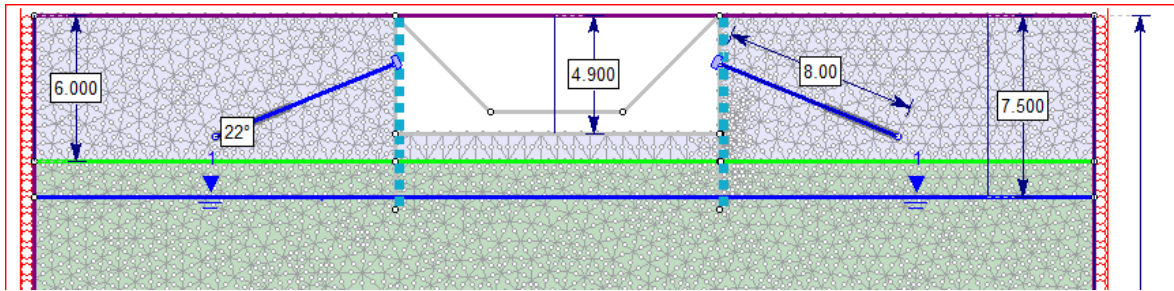


Εικόνα 4.10: Αποτελέσματα καμπτικών ροπών (σε kNm) επί των πασσάλων της διατομής τύπου Α'.



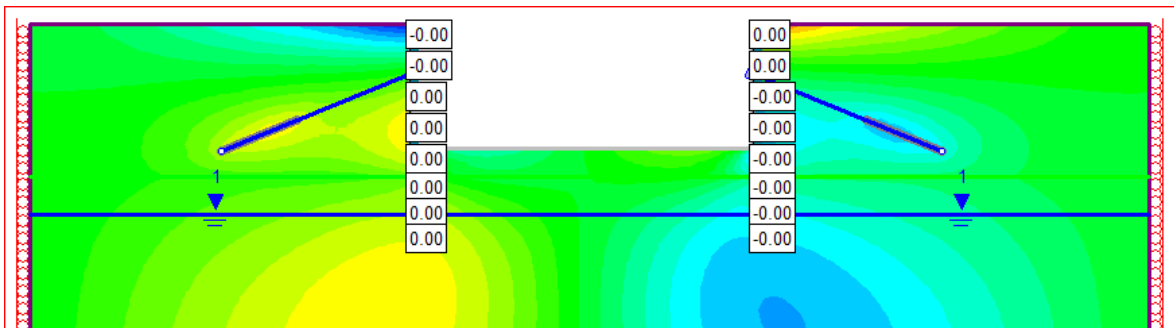
Εικόνα 4.11: Αποτελέσματα διατμητικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων της διατομής τύπου Α'.

Όπως παρατηρείται οι οριζόντιες και κατακόρυφες μετακινήσεις είναι μέσα σε αποδεκτά όρια της τάξης του 1 cm, όμως στην Εικόνα 4.8 διαπιστώνεται ότι δημιουργείται μία ζώνη πλαστικοποίησης κοντά στο πάσσαλο που οφείλεται σε εφελκυσμό του εδάφους. Παρόλο που είναι μικρής σχετικά έκτασης και δε δημιουργείται πρίσμα αστοχίας, προτείνεται μία εναλλακτική λύση με τοποθέτηση μίας σειράς αγκυρίων μήκους 8 m ανά 1 m, η οποία τοποθετείται σε απόσταση 2 m από την επιφάνεια του εδάφους και με κλίση περίπου 22°. Η τοποθέτησή τους γίνεται στο τελικό στάδιο της εκσκαφής (Εικόνα 4.12).

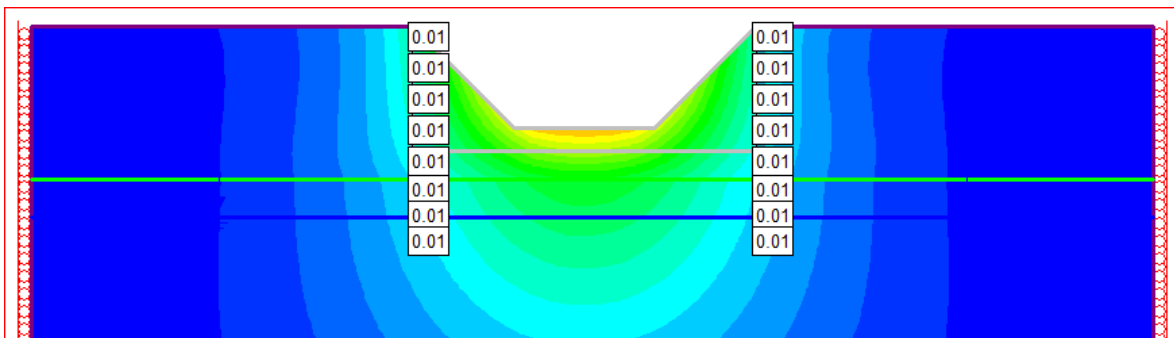


Εικόνα 4.12: Τελικό στάδιο διατομής τύπου Α' με τοποθέτηση μίας σειράς αγκυρίων.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εναλλακτική περίπτωση προσομοίωσης με αγκύρια είναι τα ακόλουθα, λαμβάνοντας ως αρχική κατάσταση το στάδιο 3. Στην Εικόνα 4.13 παρατίθενται οι οριζόντιες μετακινήσεις και στην Εικόνα 4.14 οι κατακόρυφες μετακινήσεις (ανυψώσεις) στο στάδιο 3. Οι ανυψώσεις σε αυτή τη φάση οφείλονται στην αφαίρεση του εδαφικού υλικού που έγινε για να σχηματιστεί η τραπεζοειδής κοίτη. Αυτό συμβαίνει λόγω του κριτηρίου Mohr- Coulomb, το οποίο θεωρεί ίδιο μέτρο Ελαστικότητας και κατά τη φόρτιση και κατά την αποφόρτιση του εδάφους. Επομένως με την αφαίρεση του εδαφικού υλικού αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις στο έδαφος τις οποίες δε μπορεί να παραλάβει και συνεπώς δημιουργούνται οι ανυψώσεις που παρατηρούνται στα προσομοιώματα.

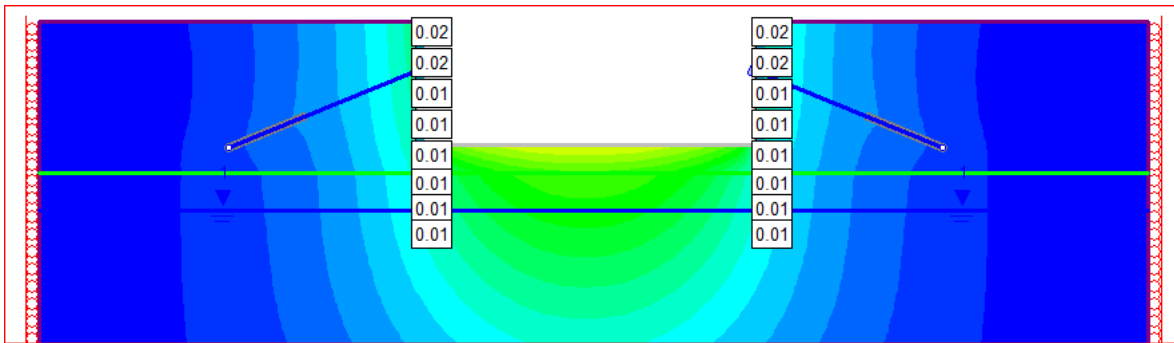


Εικόνα 4.13: Αποτελέσματα οριζόντιων μετακινήσεων (σε m) της διατομής τύπου Α' μετά τη τοποθέτηση αγκυρίων, Stage 5.

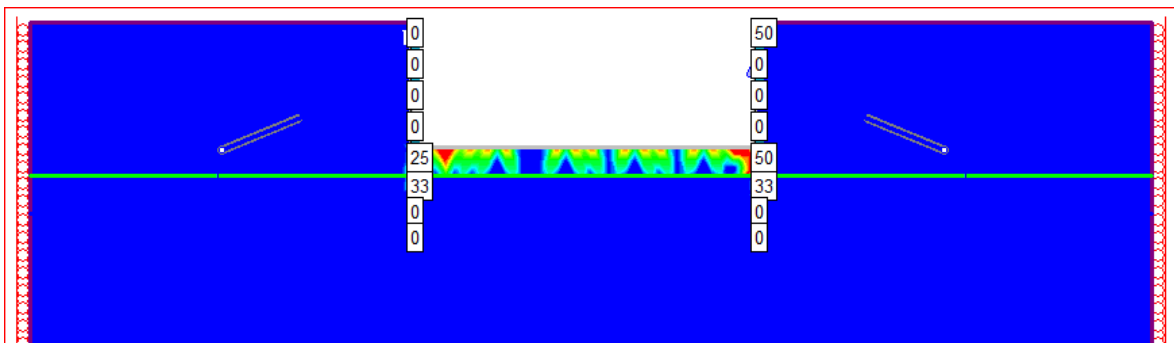


Εικόνα 4.14: Αποτελέσματα κατακόρυφων μετακινήσεων (σε m) λόγω αφαίρεσης εδαφικού υλικού, Stage 2.

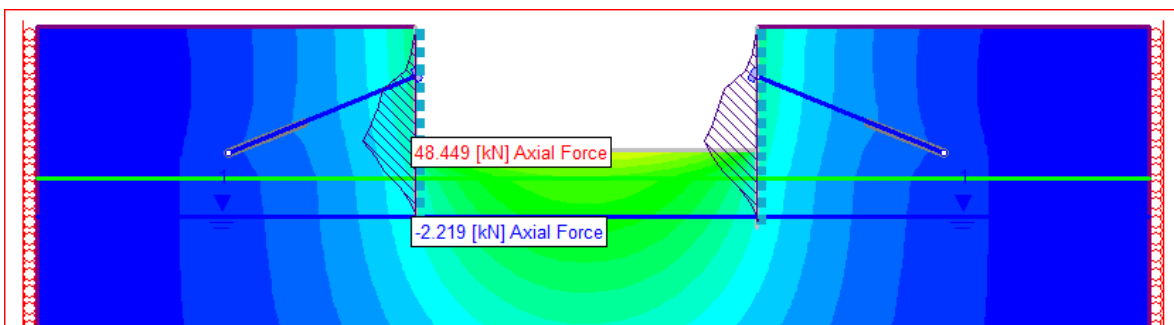
Παρόλα αυτά οι κατακόρυφες μετακινήσεις που αφορούν την κατασκευή είναι αυτές που συμβαίνουν κατά το πέμπτο στάδιο όπου γίνεται και η τελική εκσκαφή των πρανών (Εικόνα 4.15). Επομένως προκύπτει επιπλέον ανύψωση μόλις 1 cm. Τέλος στην Εικόνα 4.16 παρουσιάζονται τα ποσοστά πλαστικοποίησης του εδάφους και στις Εικόνες 4.17 έως 4.19 παρουσιάζονται οι αξονικές δυνάμεις, οι καμπτικές ροπές και οι διατμητικές δυνάμεις αντίστοιχα επί των πασσάλων.



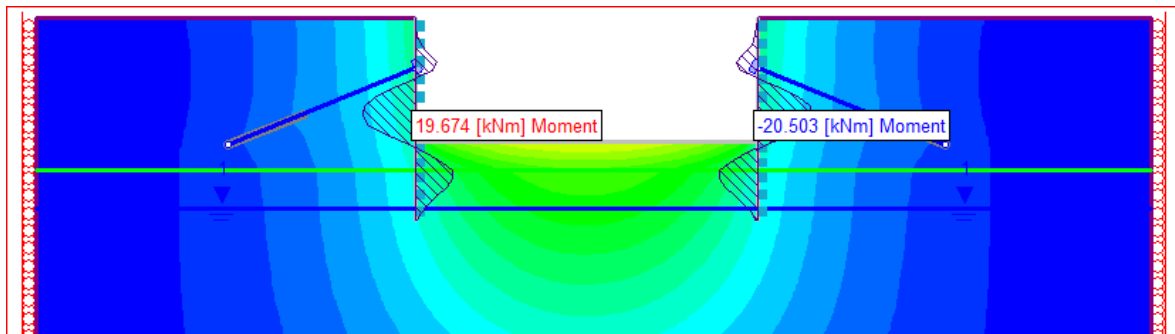
Εικόνα 4.15: Αποτελέσματα κατακόρυφων μετακινήσεων (σε m) της διατομής τύπου Α' μετά τη τοποθέτηση αγκυρίων, Stage 5.



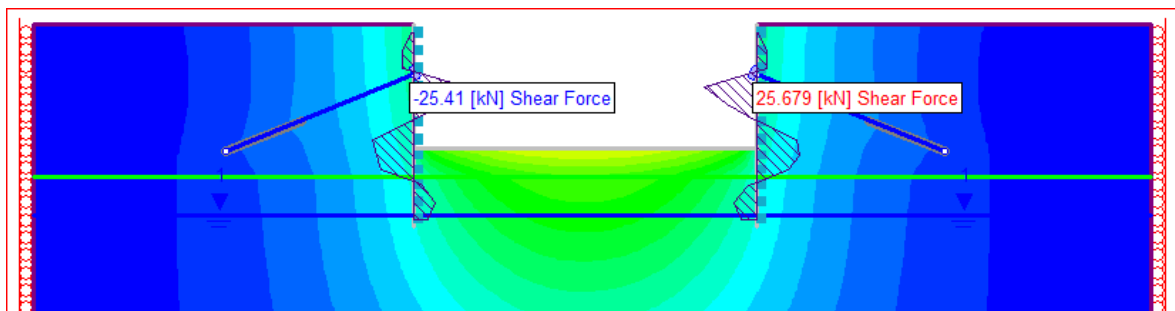
Εικόνα 4.16: Αποτελέσματα πλαστικοποίησης εδάφους (σε %) μετά την τοποθέτηση των αγκυρίων, Stage 5.



Εικόνα 4.17: Αποτελέσματα αξονικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων, μετά την τοποθέτηση αγκυρίων, Stage 5.



Εικόνα 4.18: Αποτελέσματα καμπτικών ροπών (σε kNm) επί των πασσάλων, μετά την τοποθέτηση αγκυρίων, Stage 5.



Εικόνα 4.19: Αποτελέσματα διατμητικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων, μετά την τοποθέτηση αγκυρίων, Stage 5.

Συγκρίνοντας λοιπόν τα αποτελέσματα των παραπάνω δύο προσομοιωμάτων διαπιστώνεται ότι με τη χρήση αγκυρίων μηδενίζονται οι οριζόντιες μετακινήσεις, αν και ούτως ή άλλως ήταν ασήμαντες και επίσης μειώνονται οι κατακόρυφες μετακινήσεις οι οποίες κι αυτές ήταν ασήμαντες. Επιπλέον διαπιστώνεται ότι ασκούνται μικρότερα εντατικά μεγέθη στους πασσάλους, τα οποία παραλαμβάνονται από το σκυρόδεμα και από τον οπλισμό των πασσάλων. Παρόλα αυτά η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται στη σημαντική μείωση των πλαστικοποιήσεων του εδάφους.

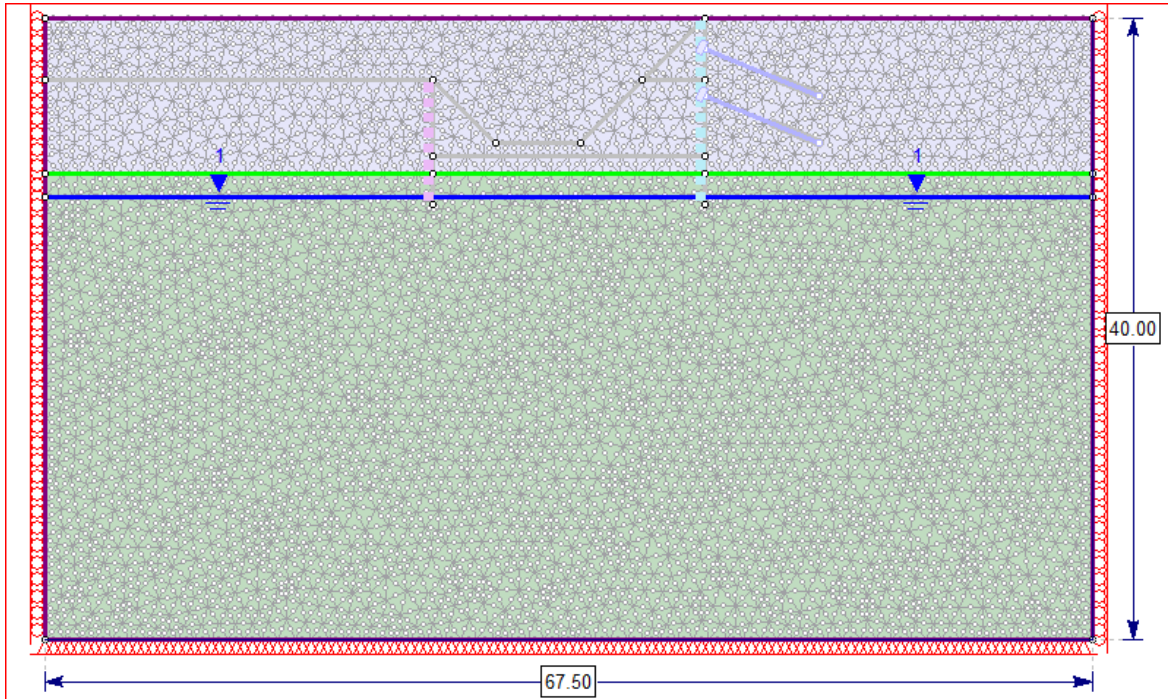
Για λόγους πληρότητας ελέχθησαν και οι δύο περιπτώσεις, όμως για τη συνέχεια της αξιολόγησης του έργου, λαμβάνεται υπόψη η πρώτη περίπτωση ενίσχυσης με τη χρήση πασσάλων διαμέτρου 80 cm ανά 1 m και μήκους 8,0 m, χωρίς τη χρήση αγκυρίων, εκτός αν χρειαστεί η εφαρμογή τους τοπικά σε κάποιες θέσεις.

#### 4.4.3.2 Διατομή κοίτης τύπου Β'.

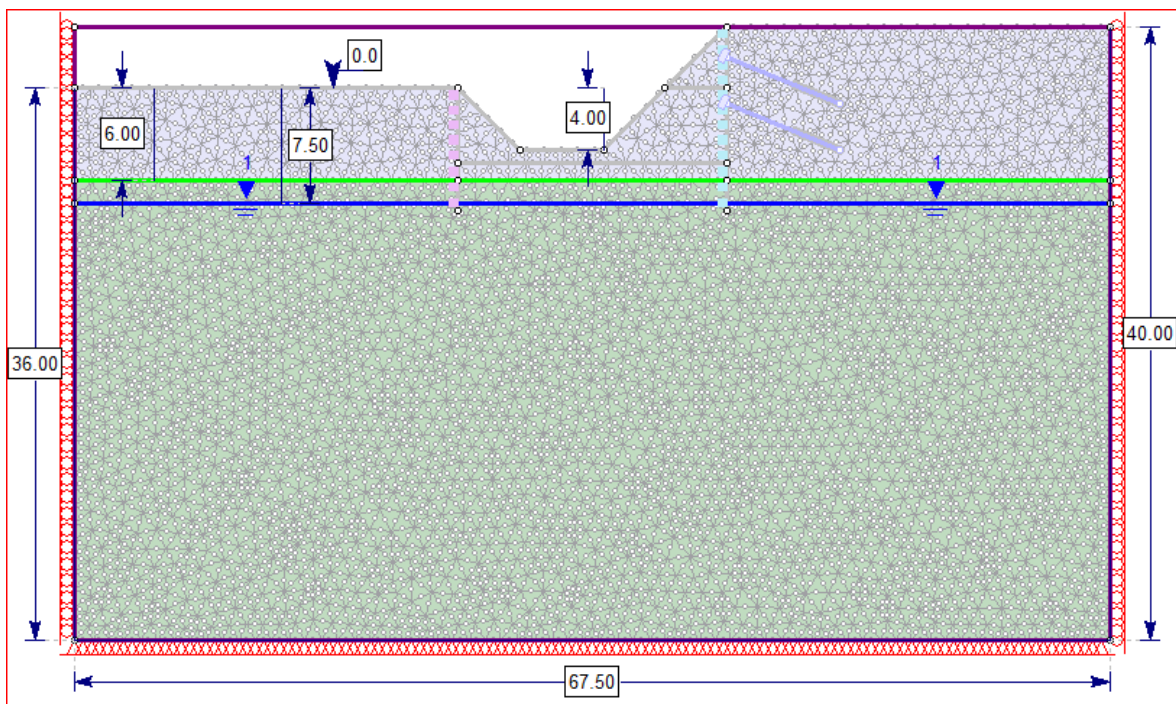
Για την προσομοίωση της διατομής τύπου Β' απαιτούνται έξι στάδια. Στο πρώτο στάδιο εισάγονται τα όρια του εδάφους (Εικόνα 4.20), στο δεύτερο γίνεται εκσκαφή προκειμένου να σχηματιστεί η υπάρχουσα κατάσταση της κοίτης (Εικόνα 4.21). Έπειτα στο τρίτο στάδιο κατασκευάζονται οι πάσσαλοι του ανατολικού πρανούς (Εικόνα 4.22), στο τέταρτο



κατασκευάζονται οι πάσσαλοι του δυτικού πρανούς (Εικόνα 4.23). Επίσης στο πέμπτο στάδιο γίνεται σταδιακή εκσκαφή του ανατολικού πρανούς κατά  $-4,0$  m από την επιφάνεια αυτού και τοποθέτηση της πρώτης σειράς αγκυρίων (Εικόνα 4.24). Τέλος στο τελευταίο στάδιο γίνεται η τελική εκσκαφή των πρανών σε βάθος  $-0,90$  m από την υπάρχουσα στάθμη του πυθμένα. (Εικόνα 4.25).

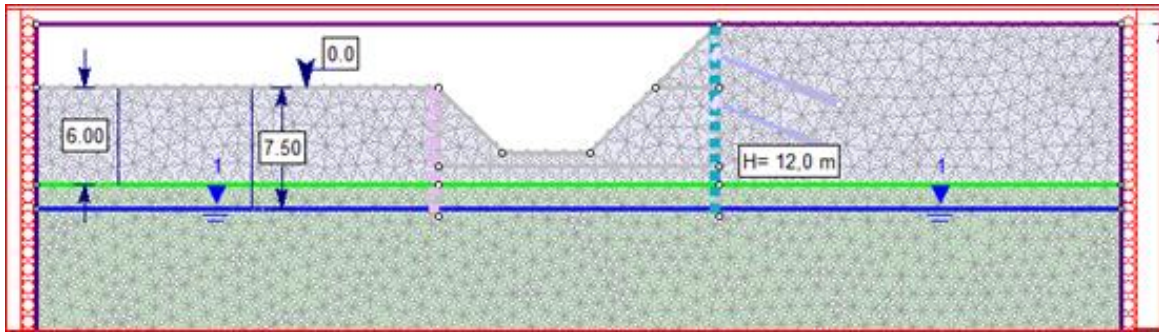


Εικόνα 4.20: Εισαγωγή ορίων προσομοιώματος διατομής τύπου Β', Stage 1.

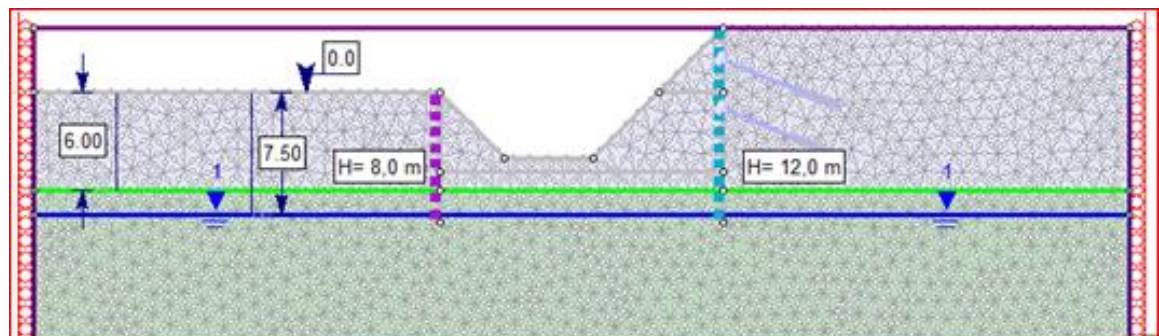


Εικόνα 4.21: Εκσκαφή για τη δημιουργία της υπάρχουσας κοίτης τύπου Β', Stage 2.

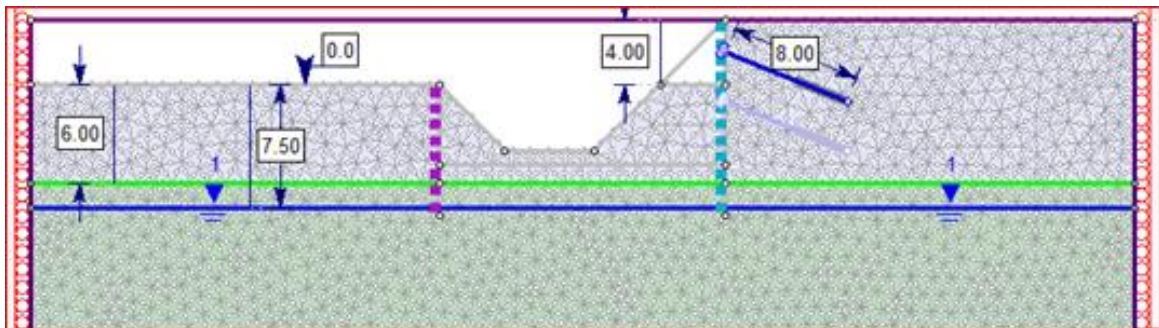




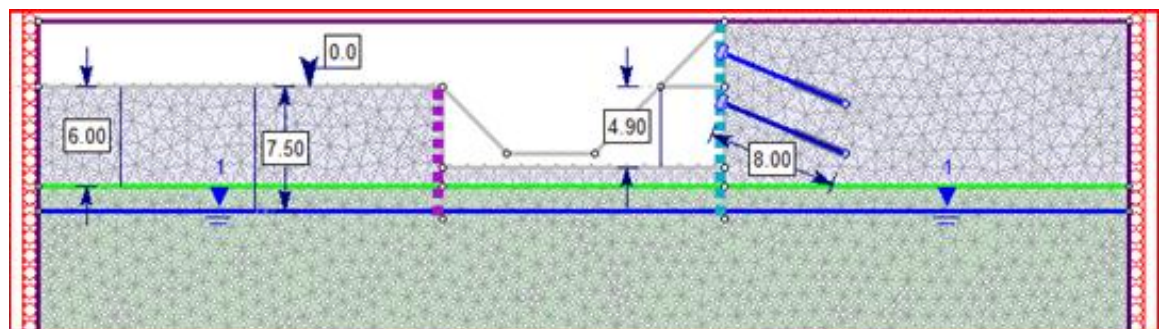
Εικόνα 4.22: Τοποθέτηση πασσάλων διαμέτρου 100 cm στο ανατολικό πρανές της διατομής τύπου Β', Stage 3.



Εικόνα 4.23: Τοποθέτηση πασσάλων διαμέτρου 80 cm στο δυτικό πρανές της διατομής τύπου Β', Stage 4.



Εικόνα 4.24: Σταδιακή εκσκαφή ανατολικού πρανούς και τοποθέτηση πρώτης σειράς αγκυρίων στη διατομή τύπου Β', Stage 5.

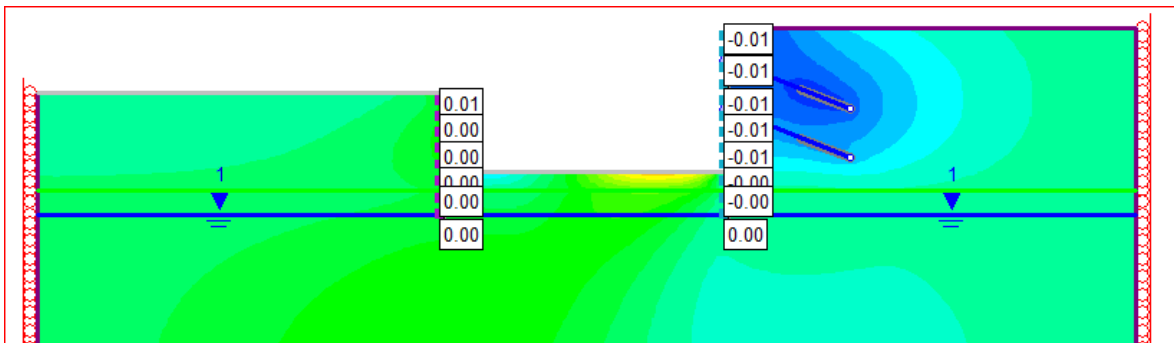


Εικόνα 4.25: Τελική εκσκαφή και τοποθέτηση δεύτερης σειράς αγκυρίων στη διατομή τύπου Β', Stage 6.

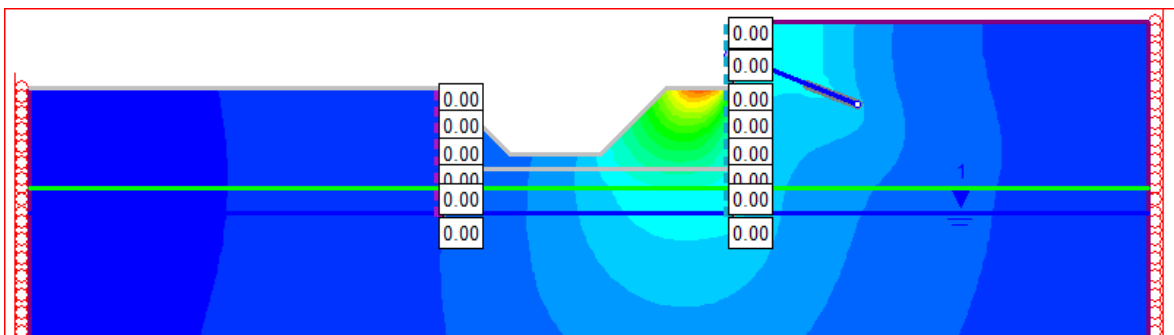


Στη συνέχεια λοιπόν αφού εκτελέστηκε η προσομοίωση προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα που αφορούν στις οριζόντιες και κατακόρυφες μετακινήσεις στην επιφάνεια του εδάφους και κατά μήκος των πασσάλων καθώς και στο ποσοστό πλαστικοποίησης του εδάφους, το οποίο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο για να ελαχιστοποιούνται οι παραμένουσες παραμορφώσεις. Στα αποτελέσματα που ακολουθούν θεωρείται ως αρχική κατάσταση το στάδιο 3 το οποίο αντιπροσωπεύει την υπάρχουσα κατάσταση, μετά την αφαίρεση του εδαφικού υλικού.

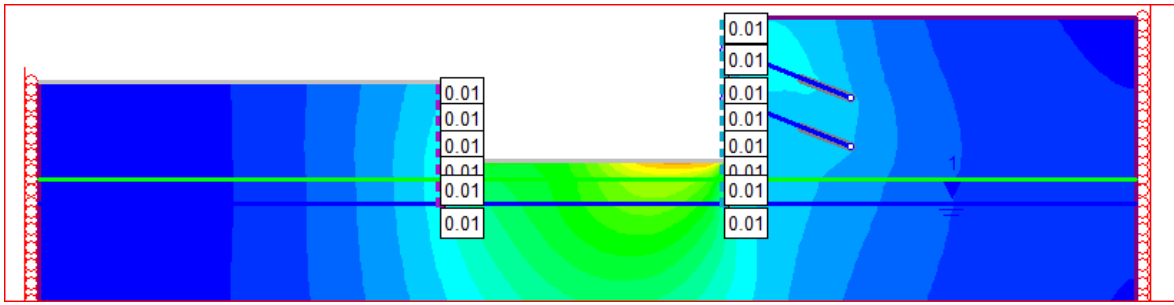
Επομένως στην Εικόνα 4.26 έως 4.28 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των οριζόντιων μετακινήσεων, των κατακόρυφων μετακινήσεων κατά το πρώτο στάδιο εκσκαφής του ανατολικού πρηνούς και κατά το στάδιο της τελικής εκσκαφής αντίστοιχα. Επίσης στην Εικόνα 4.29 και 4.30 παρουσιάζονται οι πλαστικοποιήσεις του εδάφους στο πρώτο στάδιο εκσκαφής και στο τελικό στάδιο αντίστοιχα. Τέλος στην Εικόνα 4.31 έως 4.33 παρατηρούνται οι αξονικές δυνάμεις, οι καμπτικές ροπές και οι διατμητικές δυνάμεις που ασκούνται στους πασσάλους, οι οποίες όμως βρίσκονται σε επιτρεπτά όρια, επομένως δεν θα υπάρξει αστοχία των πασσάλων.



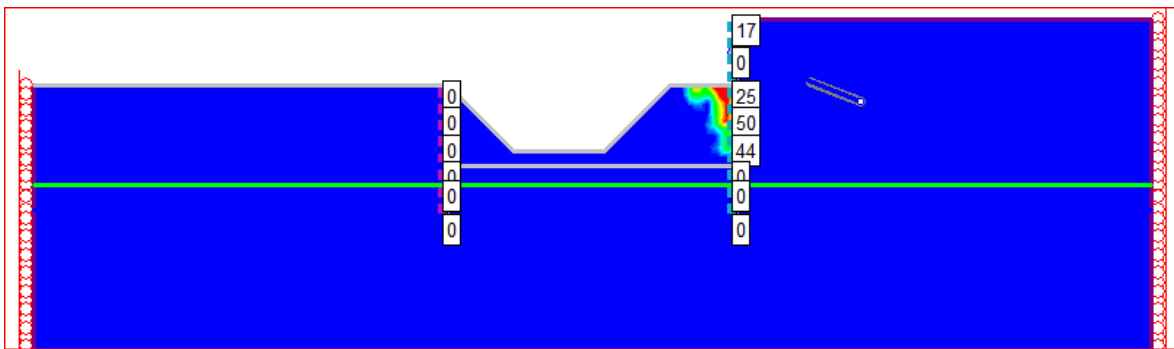
Εικόνα 4.26: Αποτελέσματα οριζόντιων μετακινήσεων (σε m) κατά το τελικό στάδιο εκσκαφής της διατομής τύπου Β'.



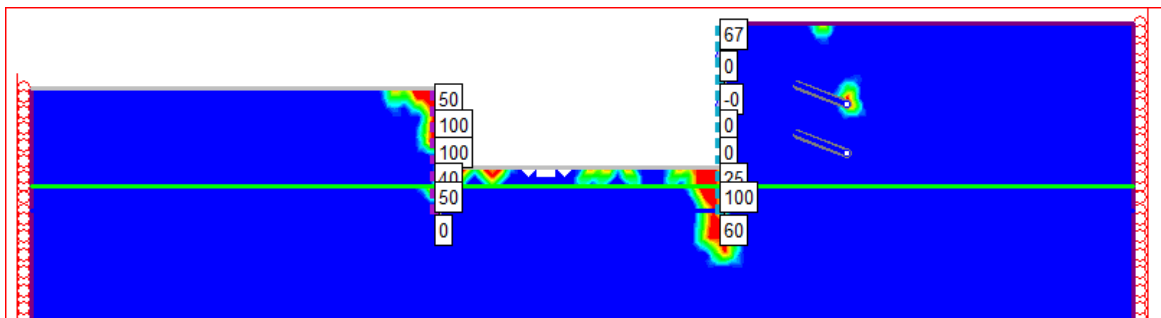
Εικόνα 4.27: Αποτελέσματα κατακόρυφων μετακινήσεων (σε m) κατά το πρώτο στάδιο εκσκαφής της διατομής τύπου Β'.



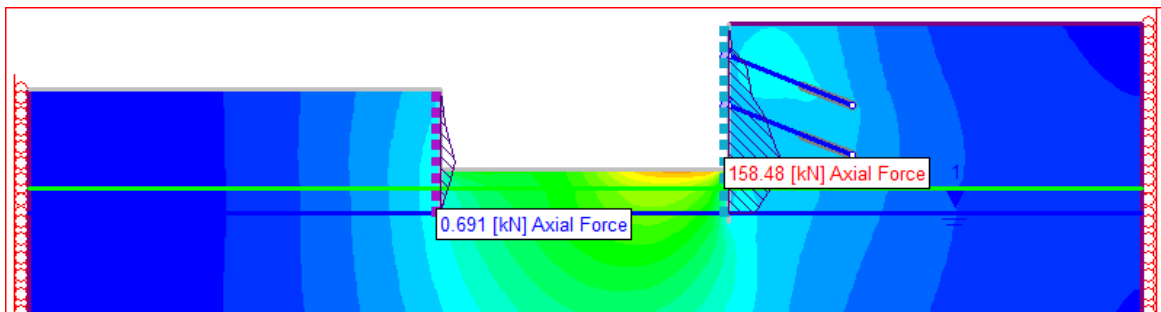
Εικόνα 4.28: Αποτελέσματα κατακόρυφων μετακινήσεων (σε m) κατά το τελικό στάδιο εκσκαφής της διατομής τύπου Β'.



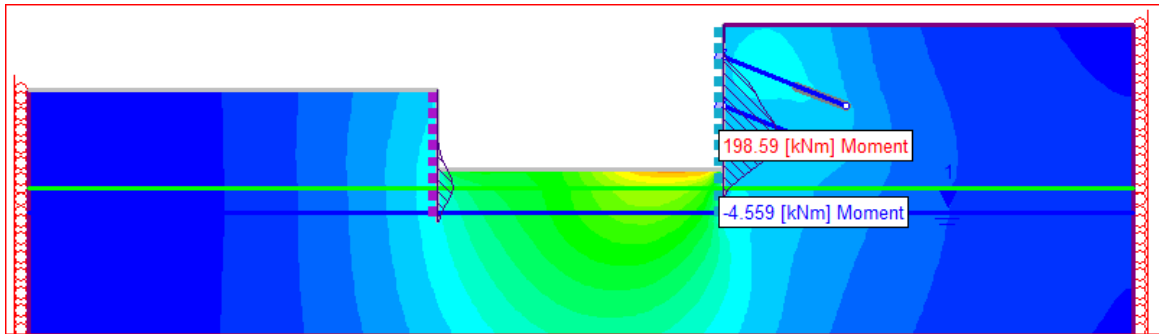
Εικόνα 4.29: Αποτελέσματα πλαστικοποίησης εδάφους (σε %) κατά το πρώτο στάδιο εκσκαφής της διατομής τύπου Β'.



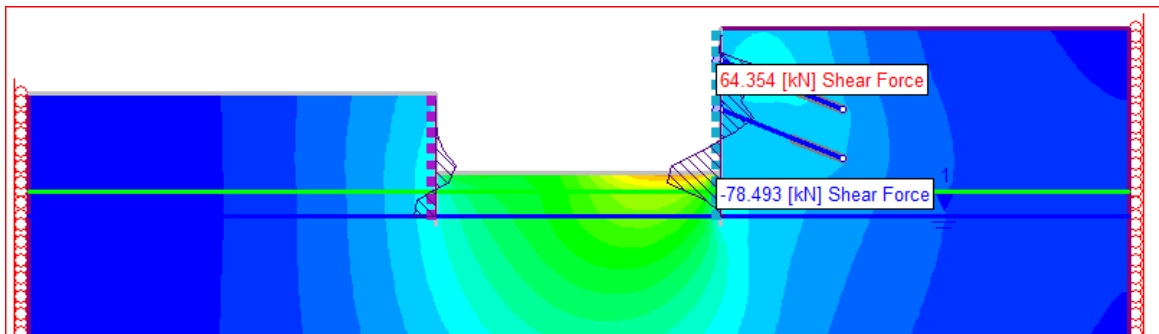
Εικόνα 4.30: Αποτελέσματα πλαστικοποίησης εδάφους (σε %) κατά το τελικό στάδιο εκσκαφής της διατομής τύπου Β'.



Εικόνα 4.31: Αποτελέσματα αξονικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων, μετά τη τοποθέτηση αγκυρίων στο ανατολικό πρηνές της διατομής τύπου Β'.

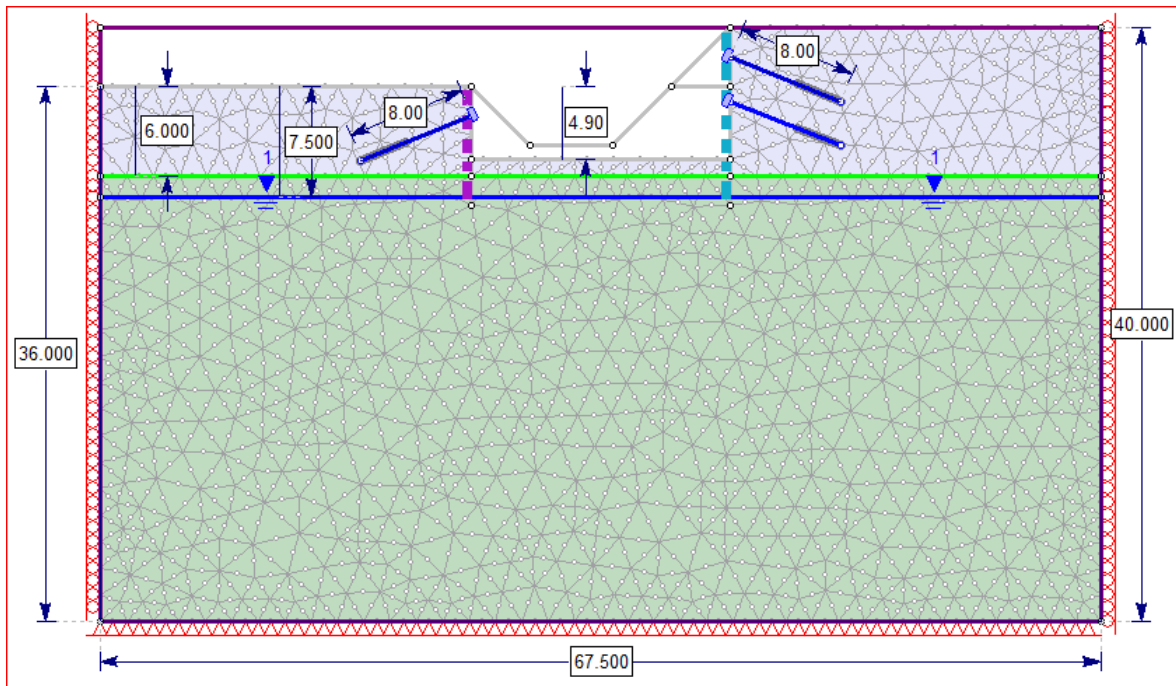


Εικόνα 4.32: Αποτελέσματα καμπτικών ροπών (σε kNm) επί των πασσάλων, μετά τη τοποθέτηση αγκυρίων στο ανατολικό πρηνές της διατομής τύπου Β'.



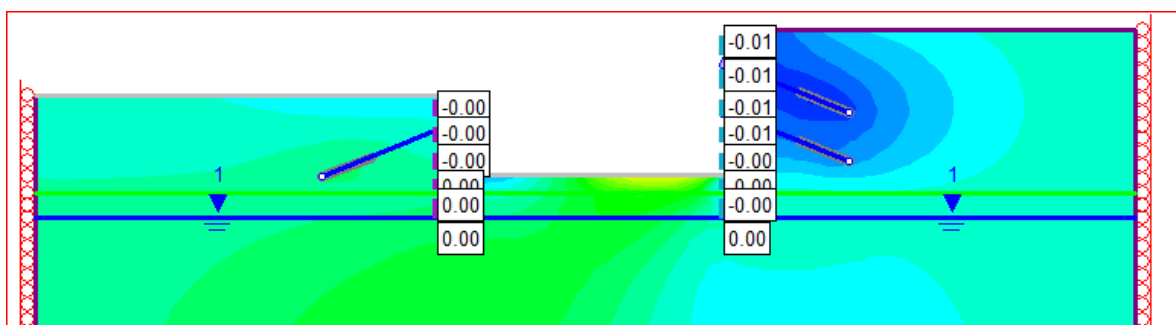
Εικόνα 4.33: Αποτελέσματα διατμητικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων, μετά τη τοποθέτηση αγκυρίων στο ανατολικό πρηνές της διατομής τύπου Β'.

Όπως παρατηρείται οι οριζόντιες και κατακόρυφες μετακινήσεις είναι μέσα σε αποδεκτά όρια της τάξης του 1 cm, όμως στην Εικόνα 4.30 διαπιστώνεται ότι δημιουργείται ζώνη πλαστικοποίησης στο έδαφος ανάντη του δυτικού πασσάλου. Παρόλο που είναι μικρής σχετικά έκτασης και δε δημιουργείται πρίσμα αστοχίας, παρακάτω παρατίθεται και μία εναλλακτική λύση με τοποθέτηση μίας σειράς αγκυρίων μήκους 8 m ανά 1 m, η οποία τοποθετείται σε απόσταση 2 m από την επιφάνεια του εδάφους του δυτικού πρηνούς και με κλίση περίπου  $22^\circ$ . Η τοποθέτηση τους γίνεται στο τελικό στάδιο της εκσκαφής (Εικόνα 4.34).

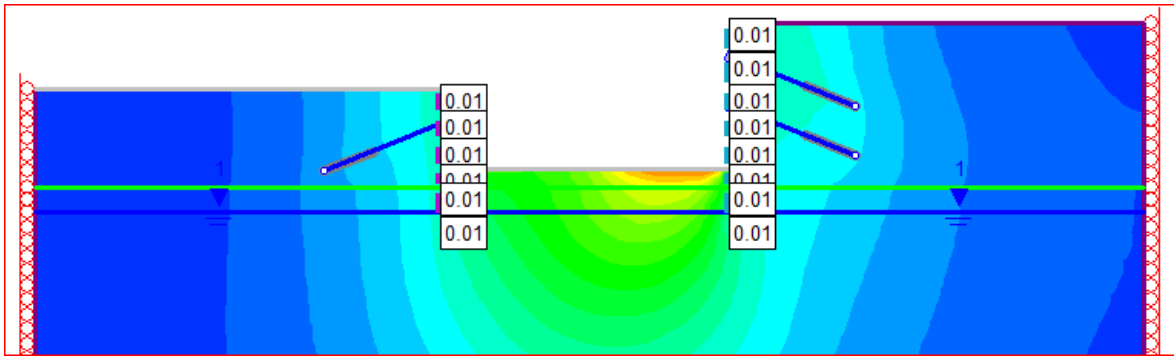


Εικόνα 4.34: Τελικό στάδιο διατομής τύπου Β' με τοποθέτηση αγκυρίων και στα δύο πρανή, Stage 6.

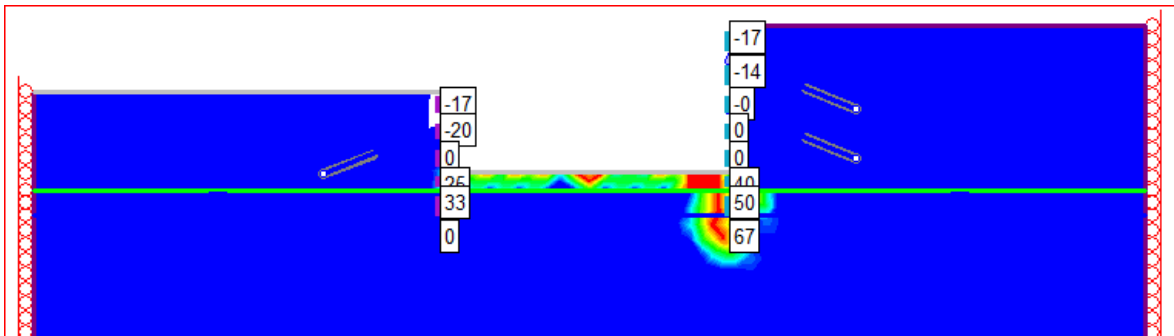
Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εναλλακτική περίπτωση προσομοίωσης με τοποθέτηση αγκυρίων δύο σειρών στο ανατολικό πρανές και μίας σειράς στο δυτικό πρανές είναι τα ακόλουθα, λαμβάνοντας ως αρχική κατάσταση το στάδιο 3. Στην Εικόνα 4.35 έως 4.37 παρατίθενται οι οριζόντιες και κατακόρυφες μετακινήσεις, καθώς και οι πλαστικοποιήσεις του εδάφους κατά το τελικό στάδιο εκσκαφής του ανατολικού πρανούς. Τέλος στην Εικόνα 4.38 έως 4.40 παρουσιάζονται οι αξονικές δυνάμεις, οι καμπτικές ροπές και οι διατμητικές δυνάμεις αντίστοιχα επί των πασσάλων.



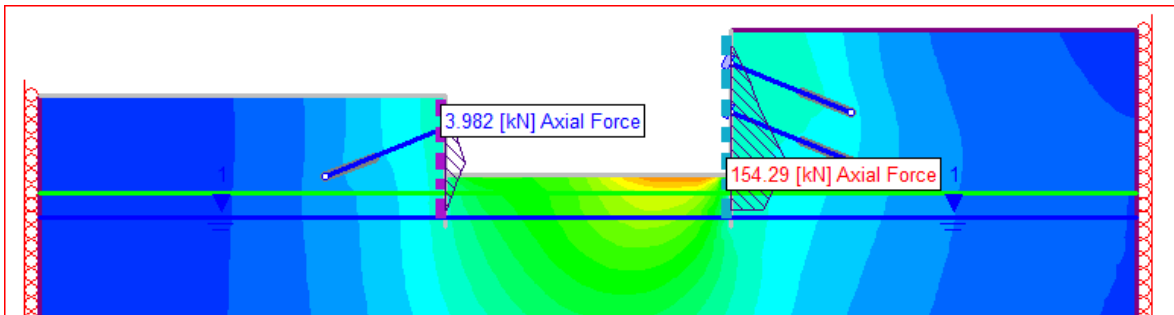
Εικόνα 4.35: Αποτελέσματα οριζόντιων μετακινήσεων (σε m), μετά την τοποθέτηση των αγκυρίων και στα δύο πρανή της διατομής τύπου Β'.



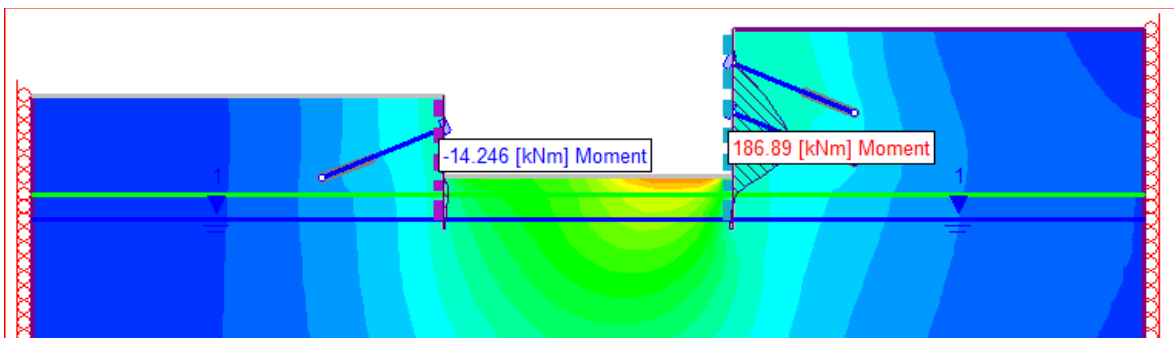
Εικόνα 4.36: Αποτελέσματα κατακόρυφων μετακινήσεων (σε m), μετά την τοποθέτηση των αγκυρίων και στα δύο πρηνή της διατομής τύπου Β'.



Εικόνα 4.37: Αποτελέσματα πλαστικοποίησης εδάφους (σε %), μετά την τοποθέτηση των αγκυρίων και στα δύο πρηνή της διατομής τύπου Β'.

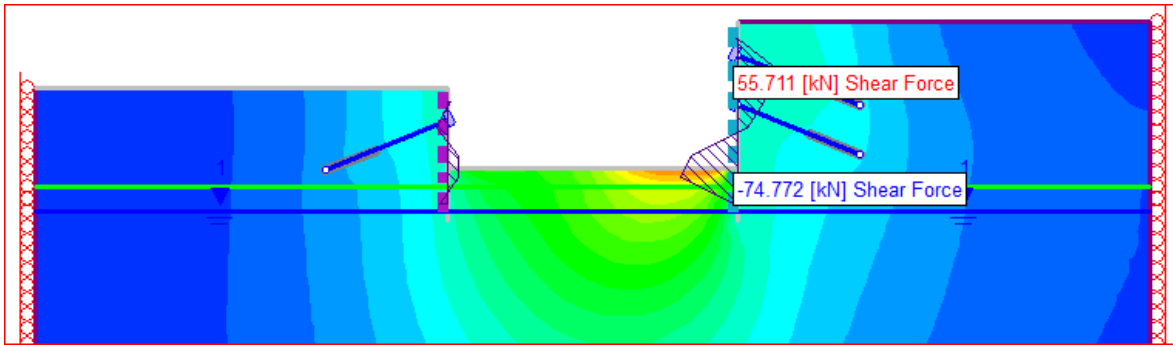


Εικόνα 4.38: Αποτελέσματα αξονικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων, μετά την τοποθέτηση αγκυρίων και στα δύο πρηνή της διατομής τύπου Β'.



Εικόνα 4.39: Αποτελέσματα καμπτικών ροπών (σε kNm) επί των πασσάλων, μετά την τοποθέτηση αγκυρίων και στα δύο πρηνή της διατομής τύπου Β'.





Εικόνα 4.40: Αποτελέσματα διατμητικών δυνάμεων (σε kN) επί των πασσάλων, μετά την τοποθέτηση αγκυρίων και στα δύο πρηνή της διατομής τύπου Β'.

Συγκρίνοντας λοιπόν τα αποτελέσματα των παραπάνω δύο προσομοιωμάτων διαπιστώνεται ότι με τη χρήση αγκυρίων ελαττώνονται οι οριζόντιες και κατακόρυφες μετακινήσεις, παρόλο που θεωρούνταν και οι δύο αμελητέες. Επιπλέον διαπιστώνεται ότι ασκούνται μικρότερα εντατικά μεγέθη στους πασσάλους, τα οποία παραλαμβάνονται από το σκυρόδεμα και από τον οπλισμό των πασσάλων. Παρόλα αυτά η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται στη μείωση των πλαστικοποιήσεων του εδάφους στο δυτικό πρηνές.

Για λόγους πληρότητας ελέχθησαν και οι δύο περιπτώσεις, όμως για τη συνέχεια της αξιολόγησης του έργου, λαμβάνεται υπόψη η πρώτη περίπτωση ενίσχυσης με τη χρήση πασσάλων διαμέτρου 80 cm ανά 1 m και μήκους 8,0 m, χωρίς χρήση αγκυρίων στο δυτικό πρηνές και χρήση πασσάλων διαμέτρου 100 cm ανά 1 m και μήκους 12,0 m με τοποθέτηση δύο σειρών αγκυρίων στο ανατολικό πρηνές.

## 4.5 Κατασκευή έργου

### 4.5.1 Απαραίτητες εργασίες για την κατασκευή του έργου

Οι εργασίες που απαιτούνται για την κατασκευή του έργου είναι:

- Μετατοπίσεις δικτύων κοινής ωφέλειας (ΟΚΩ), όπου είναι απαραίτητο,
- Κυκλοφοριακές ρυθμίσεις από τις αρμόδιες δημόσιες υπηρεσίες,
- Κατασκευή δύο σειρών πασσάλων,
- Χωματοργικές εργασίες (εκσκαφές και επιχωματώσεις),
- Κατασκευή τοίχων αντιστήριξης, όπου είναι απαραίτητο,
- Επένδυση τοιχωμάτων πασσαλοστοιχίας,
- Κατασκευή εσωτερικών περιμετρικών τοιχιών της κοίτης,

- Κατασκευή πλάκας επικάλυψης,
- Κατασκευή υποστρώματος οδού και οδοστρωσία,
- Κατασκευή πεζοδρομίων, στηθαίων και στύλων φωταγώγησης,
- Επιφανειακές διαμορφώσεις (αστική ανάπλαση)
- Τοποθέτηση σήμανσης (κατακόρυφης και οριζόντιας)
- Κατασκευή των απαραίτητων φρεατίων για δυνατότητα πρόσβασης και καθαριότητας του υπόγειου τμήματος.

Κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου και μέχρι αυτό να ολοκληρωθεί, η Λάμπρου Κατσώνη θα μετατραπεί τμηματικά σε εργοτάξιο, για να μη διακοπεί πλήρως η κυκλοφορία, η οποία όπου είναι απαραίτητο θα εκτρέπεται στο τοπικό οδικό δίκτυο.

#### **4.5.2 Μέθοδος κατασκευής**

Η εκτέλεση της κατασκευής του έργου όπως προαναφέρθηκε θα γίνει τμηματικά. Σκοπός είναι η διεύρυνση της κοίτης για την «ανακούφιση» του ποταμού, λόγω των μεγάλων παροχών νερού που δέχεται σε συνδυασμό με το μικρό σχετικά βάθος της κοίτης και το μικρό όγκο της ανοιχτής τραπεζοειδούς διατομής.

Αρχικά για την αντιστήριξη του ανατολικού πρανούς με πασσάλους θα γίνει διάνοιξη οπών διαμέτρου 80 cm ανά 1 m μήκους και ύψους 8,0 m στο μεγαλύτερο τμήμα του έργου, ενώ για το υπόλοιπο τμήμα θα γίνει διάνοιξη οπών διαμέτρου 100 cm ανά 1 m μήκους και ύψους 12,0 m, αναλόγως το ύψος του πρανούς.

Η διάνοιξη των οπών για την κατασκευή των πασσάλων θα γίνει με τη βοήθεια διατρητικών μηχανημάτων (Εικόνα 4.41). Λόγω του ότι οι εδαφικοί σχηματισμοί είναι λίγο πιο χαλαροί επειδή βρίσκονται στην κοίτη του ποταμού, ενδείκνυται η χρήση μεταλλικών σωλήνων κατά τη διάνοιξη των οπών, ώστε να αποφευχθεί η κατάρρευση των πλευρικών τοιχωμάτων της οπής (Εικόνα 4.42). Στη συνέχεια θα αφαιρεθεί το εδαφικό υλικό και στις οπές θα τοποθετηθούν χαλύβδινοι οπλισμοί σε κυλινδρικό σχήμα- κλωβοί (Εικόνα 4.43). Τέλος θα σκυροδετηθούν οι πάσσαλοι χρησιμοποιώντας σκυρόδεμα κατηγορίας C25/30, ενώ θα ακολουθήσει σκυροδέτηση των κεφαλοδεσμών με σκυρόδεμα C30/37 για συγκράτηση των πασσάλων μεταξύ τους. Οι παραπάνω διαδικασίες απεικονίζονται σχηματικά στην Εικόνα 4.44.



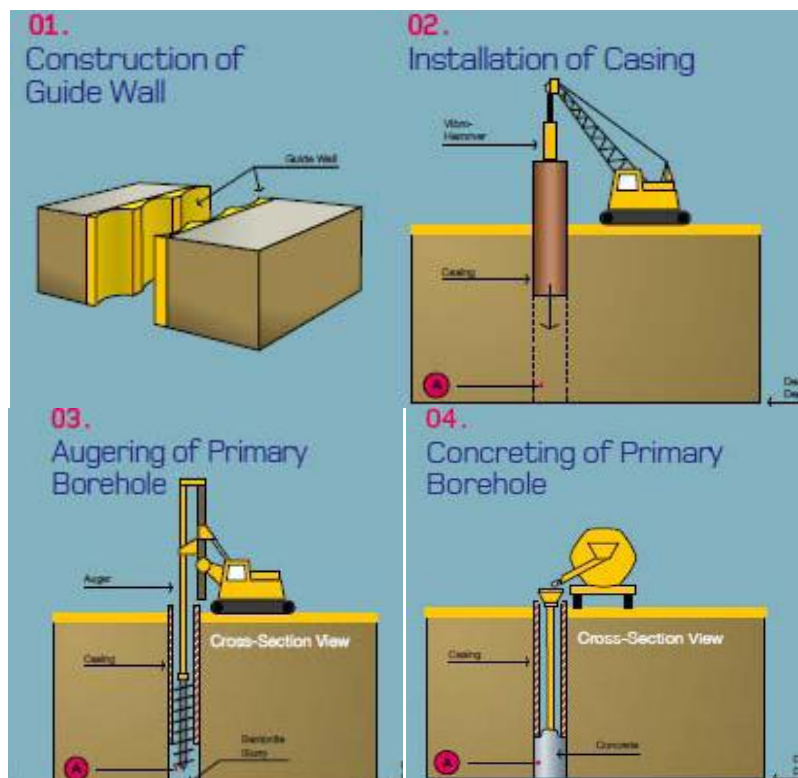
**Εικόνα 4.41: Διάνοιξη οπών με διατρητικό μηχάνημα.**



**Εικόνα 4.42: Διάτρηση οπής με χρήση μεταλλικού σωλήνα προστασίας πλευρικών τοιχωμάτων.**



Εικόνα 4.43: Τοποθέτηση κλωβού οπλισμού εντός της οπής.



Εικόνα 4.44: Τα βήματα κατασκευής των πασσάλων.

Από την άλλη στο δυτικό πρανές όπου το ύψος είναι περίπου σταθερό στα 4 m, επί της οδού Λ. Κατσώνη θα κατασκευαστούν με τον ίδιο τρόπο πάσσαλοι διαμέτρου 80 cm ανά 1 m και ύψους 8,0 m. Μετά τη σκυροδέτηση των πασσάλων με σκυρόδεμα κατηγορίας C25/30, θα ακολουθήσει σκυροδέτηση των κεφαλοδεσμών με σκυρόδεμα C30/37 για συγκράτηση των πασσάλων μεταξύ τους.

Στην περίπτωση που υπάρχει κατάρρευση του πρανούς, τότε αντί για πασσάλους θα κατασκευαστούν οπλισμένα τοιχία πάχους 80 cm και ύψους 5,20 m, τα οποία θα καλουπωθούν, στη συνέχεια θα σκυροδετηθούν και τέλος θα ενωθούν με το υπόλοιπο τμήμα της κοίτης (βλέπε Σχήμα 4.4).

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι σε κάποιες «κρίσιμες» διατομές, όπως είναι οι θέσεις αλλαγής διεύθυνσης της κοίτης (π.χ κόμβος Λ. Κατσώνη και Πινδάρου, Λ. Κατσώνη και Σύμης), θα ληφθούν ισχυρότερα μέτρα αντιστήριξης, αυξάνοντας τη διάμετρο των πασσάλων, προσθέτοντας περισσότερα αγκύρια ή όπου είναι εφικτό με ευθυγράμμιση της διεύθυνσης της κοίτης, μετατοπίζοντάς τη προς τα ανατολικά όπου διατίθεται ελεύθερος χώρος σε κάποια σημεία. Αυτό απαιτείται διότι στο εσωτερικό των αλλαγών διεύθυνσης αμέσως κατάντη της καμπύλης συνήθως παρουσιάζεται υποπίεση που μπορεί να προκαλέσει αποκόλληση των τοιχωμάτων και δευτερογενή ροή στο κενό που δημιουργείται.

Αφού λοιπόν ολοκληρωθεί η κατασκευή των πασσάλων και πριν την έναρξη των εργασιών εσωτερικά της κοίτης κρίνεται απαραίτητος ο περιορισμός της “συνήθους” απορροής (πηγαία νερά και ακάθαρτα) και συνεπώς προτείνεται να διαμορφωθεί έργο εκτροπής προς τον Παρακηφίσιο Συλλεκτήρα Ακαθάρτων στα κατάντη της συμβολής του Ρέματος Αχαρνών. Επιπλέον προτείνεται αυτή η φάση κατασκευής να λαμβάνει χώρα κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, κατά τους οποίους η στάθμη είναι στα χαμηλότερα επίπεδά της.

Συνεπώς το επόμενο στάδιο είναι η διεύρυνση της κοίτης δημιουργώντας κατακόρυφα πρανή. Όμως λόγω αδυναμίας ευστάθειας των πρανών, όπως υπολογίστηκε αναλυτικά με το πρόγραμμα Phase, θα γίνει σταδιακή εκσκαφή των πρανών και ενίσχυση αυτών με δύο σειρές αγκυρίων στις θέσεις που το ανατολικό πρανές έχει ύψος περίπου 8 m. Στην περίπτωση που και τα δύο πρανή έχουν ύψος 4,0 m, όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, δε θα τοποθετηθούν αγκύρια.

Επομένως για τη διεύρυνση της κοίτης θα χρησιμοποιηθούν μηχανήματα εκσκαφής, τα οποία θα κάνουν την αρχική διαμόρφωση της ορθογωνικής κοίτης εβρισκόμενα πάνω στην

οδό Λ. Κατσώνη. Στη συνέχεια για πρακτικούς λόγους θα μεταφερθούν εντός της κοίτης και θα εκσκάψουν κατά μήκος, ώστε να διευρύνουν την τελική ορθογωνική κοίτη. Επίσης η εκσκαφή θα γίνει κατά 0,90 m υπό του υπάρχοντος πυθμένα και η τελική επιφάνεια θα διαστρωθεί με σκυρόδεμα καθαρισμού C8/10, ώστε να συνεχιστούν οι επόμενες εργασίες. Μετά τη σκυροδέτηση της πλάκας ο πυθμένας της κοίτης πρόκειται να έχει υποβιβαστεί κατά 0,50 m από την επιφάνεια του υπάρχοντος πυθμένα.

Στη συνέχεια για τη διαμόρφωση της ορθογωνικής διατομής στο εσωτερικό της κοίτης κρίνεται απαραίτητη η εκτροπή των υδάτων που βρίσκονται στην κοίτη προς τη μία πλευρά της, ώστε να εκτελούνται οι εργασίες κατασκευής των πλευρικών στοιχείων στην απέναντι.

Έπειτα στην ανατολική πλευρά στα σημεία που το ύψος του πρανούς υπερβαίνει τα 4,0 m, θα σκυροδετείται τοίχος αντιστήριξης πάχους 40 cm και ύψους περίπου 8,0 m από οπλισμένο σκυρόδεμα C25/30, ο οποίος θα ξεπερνά την πλάκα επικάλυψης κατά 1,10 m, και στη συνέχεια ο όγκος μεταξύ τοίχου και πασσάλων θα επιχωματωθεί με τα υλικά εκσκαφής έως τα 2/3 του ύψους του τοίχου. Ακόμη θα γίνει πλήρωση με λιθόδεμα με αναλογία πέτρας 60% και σκυροδέματος C25/30 40% και στο τέλος θα επικαλυφθεί με φυτικές γαίες, ώστε στη συνέχεια να γίνει η κατάλληλη ανάπλαση. Στο δυτικό πρανές εσωτερικά των πασσάλων θα κατασκευαστεί επίσης τοιχίο ύψους 4,05 m και πάχους 40 cm, το οποίο θα συνδεθεί στο κάτω και άνω μέρος του με την πλάκα θεμελίωσης και επικάλυψης αντίστοιχα. Τα τοιχία που θα κατασκευαστούν είναι σημαντικό να επιτρέπουν την είσοδο των πλευρικών αγωγών του δικτύου στην τελική κοίτη ώστε να συνεχίζεται η διοχέτευση των υδάτων μέσα στον οχετό.

Στη συνέχεια στον πυθμένα θα κατασκευαστεί η θεμελίωση γενικής κοιτόστρωσης πάχους 0,40 m από οπλισμένο σκυρόδεμα κατηγορίας C25/30, οι οπλισμοί της οποίας θα δεθούν με το ανατολικό και δυτικό τοιχίο της ορθογωνικής κοίτης. Ο λόγος μιας τόσο ενισχυμένης διατομής είναι η αντοχή στις φθορές λόγω διάβρωσης και υψηλών πιέσεων του νερού. Επιπλέον για λόγους στατικής επάρκειας λόγω μεγάλου ανοίγματος της διατομής, είναι απαραίτητη η κατασκευή ενός οπλισμένου υποστρώματος πάχους 30 cm στο μέσον της διατομής, ώστε να αποφευχθεί η βύθιση στο μέσον της πλάκας επικάλυψης. Ο οπλισμός του τοιχίου θα συνδεθεί και με την πλάκα θεμελίωσης και με την πλάκα επικάλυψης, ενώ παράλληλα ανά 80 m περίπου, θα έχει ανοίγματα ορθογωνικού σχήματος (1,50 m x 2,0 m) ώστε να εξομαλύνεται η πίεση και η τριβή μέσα στις δύο ορθογωνικές διατομές. Επιπλέον για τον ίδιο λόγο στις γωνίες της κάθε ορθογωνικής διατομής θα



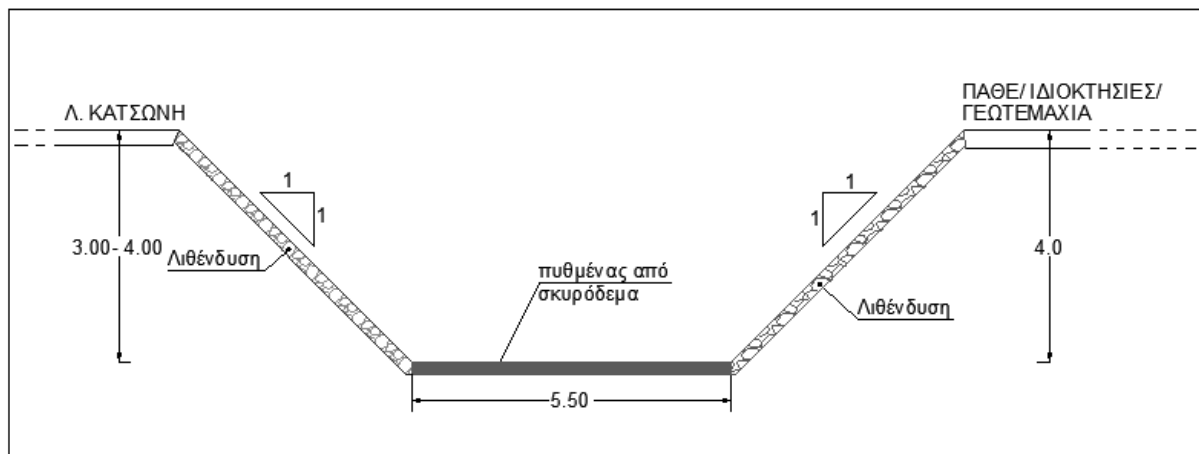
κατασκευαστούν τριγωνικά στοιχεία διαστάσεων 1,0 m x 0,6 m τα οποία θα μειώνουν τις πιέσεις και τις τυρβώδεις ροές στα κρίσιμα σημεία της διατομής.

Ολοκληρώνοντας τη διατομή της κοίτης θα σκυροδετηθεί η πλάκα επικάλυψης πάχους 0,40 m, η οποία θα ενωθεί με τους κεφαλόδεσμους των πασσάλων αλλά και με τις αναμονές του οπλισμού του τοίχου αντιστήριξης. Έπειτα για να ολοκληρωθεί η κατασκευή θα γίνει η διάστρωση του οδοστρώματος της Λ. Κατσώνη πάχους περίπου 25 cm, καθώς και η τελική ανάπλαση του επιφανειακού χώρου.

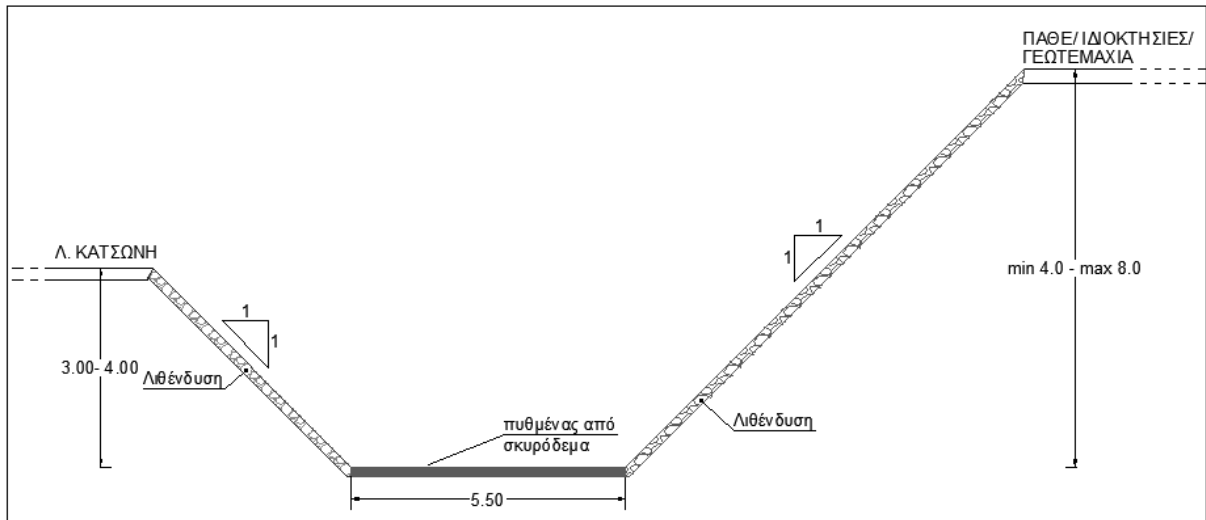
#### 4.5.3 Φάσεις του έργου

Οι προτεινόμενες φάσεις κατασκευής του έργου δίνονται αναλυτικά στη συνέχεια, μαζί με το απαιτούμενο σχήμα τους.

**Φάση 1<sup>η</sup>** : Σε αυτή τη φάση φαίνεται η υφιστάμενη κατάσταση της κοίτης του ποταμού Κηφισού. Πριν την έναρξη των εργασιών εκτελούνται οι απαιτούμενες εργασίες άντλησης νερού που μπορεί να υπάρχει στην κοίτη, απομακρύνονται οι αγωγοί κοινής ωφέλειας (ΕΥΔΑΠ, ΔΕΗ, ΟΤΕ, κλπ) που βρίσκονται κοντά στο δυτικό πρανές και πραγματοποιούνται κυκλοφοριακές ρυθμίσεις της οδού Λ. Κατσώνη και των γειτονικών οδών (Σχήμα 4.6 και 4.7).



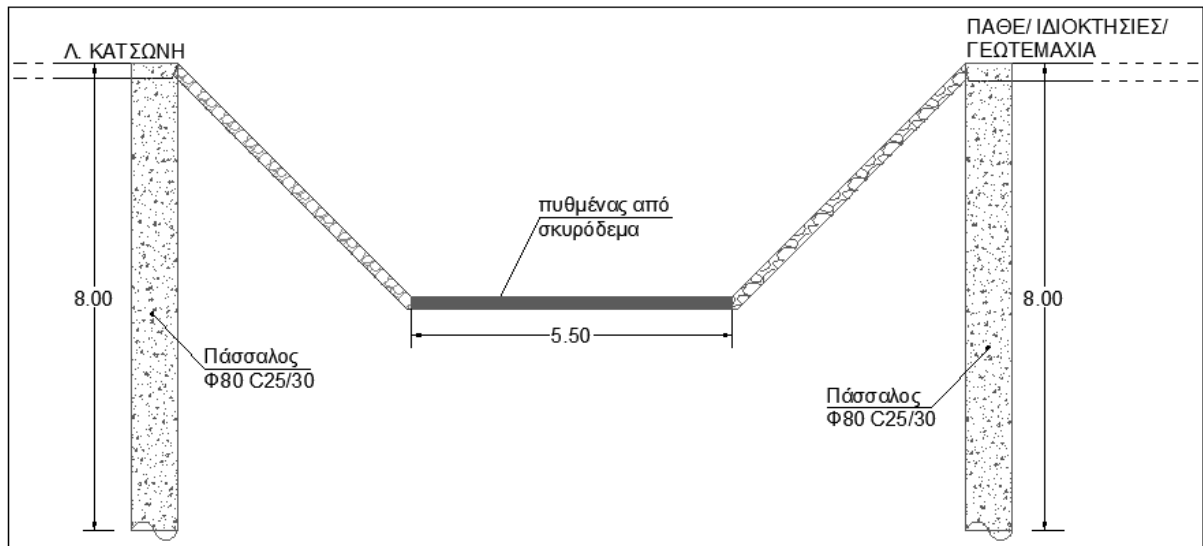
Σχήμα 4.6: Διατομή υπάρχουσας κοίτης ποταμού Κηφισού, τύπος Α'.



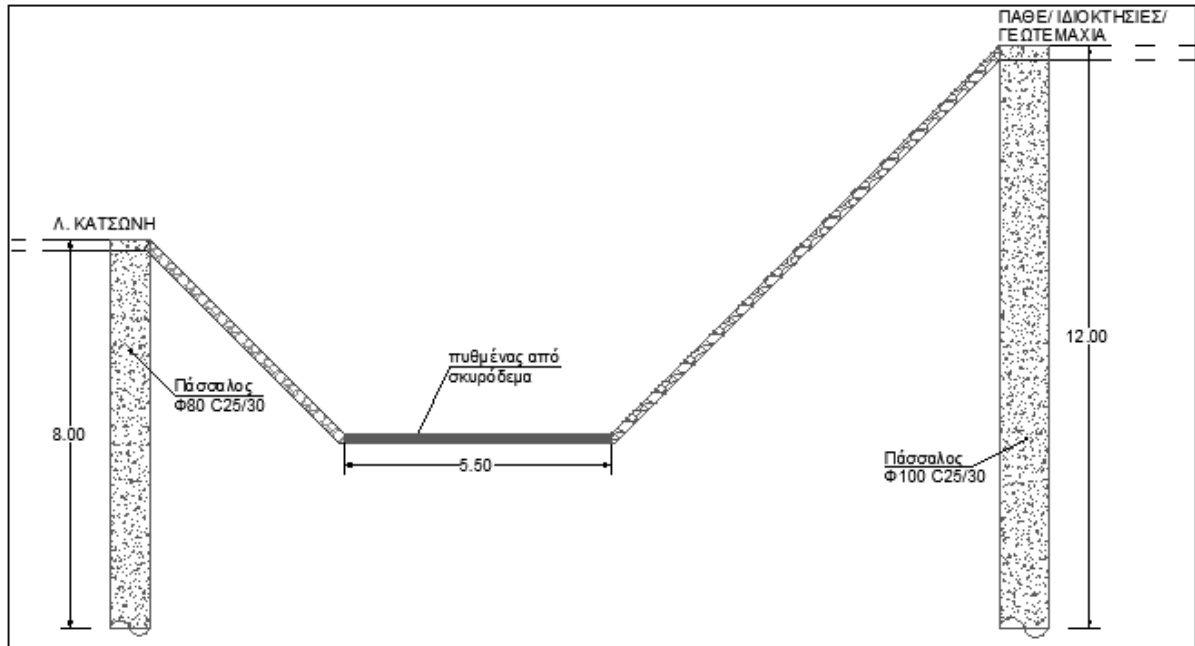
Σχήμα 4.7: Διατομή υπάρχουσας κοίτης ποταμού Κηφισού, τύπος Β'.

**Φάση 2<sup>η</sup>** : Σταδιακά από τον κόμβο των οδών Μαυρομιχάλη και Λ. Κατσώνη ανά 300-400 m περίπου ξεκινούν οι διαδικασίες εκτροπής της κυκλοφορίας σε μία λωρίδα κυκλοφορίας και τοποθετείται προστατευτικό τοίχιο στη μεριά αυτή για έλεγχο του εργοταξιακού χώρου.

**Φάση 3<sup>η</sup>** : Σε αυτή τη φάση γίνεται διάτρηση των οπών, αφαίρεση του εδαφικού υλικού και σκυροδέτηση των πασσάλων με οπλισμένο σκυρόδεμα C25/30, τόσο επί της οδού Λ. Κατσώνη όσο και επί της Εθνικής Οδού ΠΑΘΕ (Σχήμα 4.8 & 4.9).

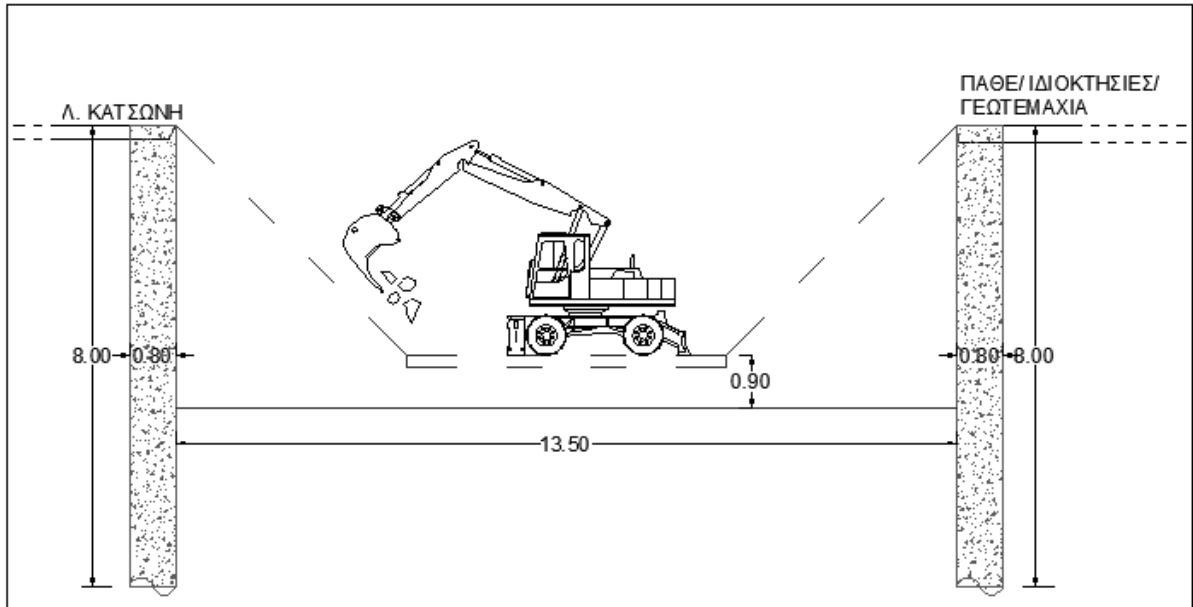


Σχήμα 4.8: Διάτρηση οπών και κατασκευή πασσάλων στο «φρύδι» των πρानών, τύπος Α'.

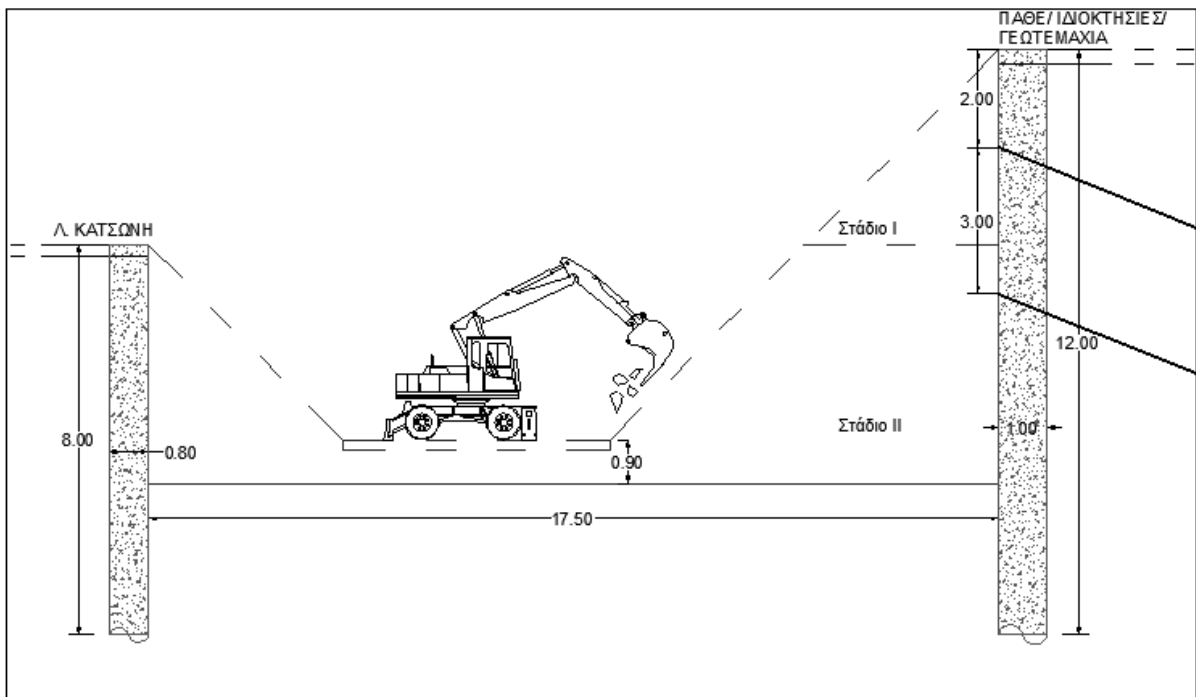


Σχήμα 4.9: Διάτρηση οπών και κατασκευή πασσάλων στο «φρύδι» των πρανών, τύπος Β'.

**Φάση 4η :** Στη συνέχεια πραγματοποιείται με συμβατικά μέσα (εκσκαφείς, σφύρες κλπ) στην αφετηρία του έργου η εκσκαφή και διαμόρφωση των πρανών. Στη διατομή τύπου Α' εκσκάπτονται και τα δύο πρανά σχεδόν ταυτόχρονα (Σχήμα 4.10) ενώ στη διατομή τύπου Β' πραγματοποιείται στο πρώτο στάδιο εκσκαφή 4,0 m και τοποθέτηση αγκυρίων μήκους 8,0 m στο ανατολικό πρανές και στο δεύτερο και τελικό στάδιο πραγματοποιείται η τελική εκσκαφή όλης της κοίτης (Σχήμα 4.11). Εκσκάπτεται λοιπόν η ορθογωνική κοίτη, της οποίας η τελική στάθμη βρίσκεται 0,90 m χαμηλότερα από τον υπάρχοντα πυθμένα και διαστρώνεται με σκυρόδεμα καθαρισμού.

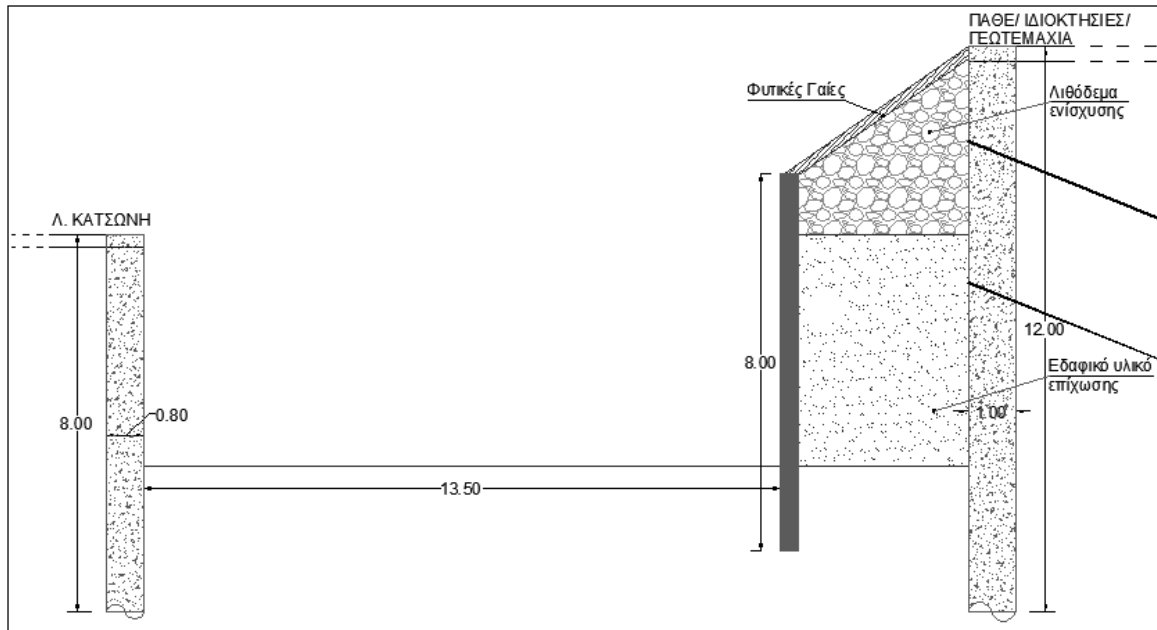


Σχήμα 4.10: Εκσκαφή πρανών και υποβίβαση εκσκαφής κατά 0,90 m, τύπος Α'.



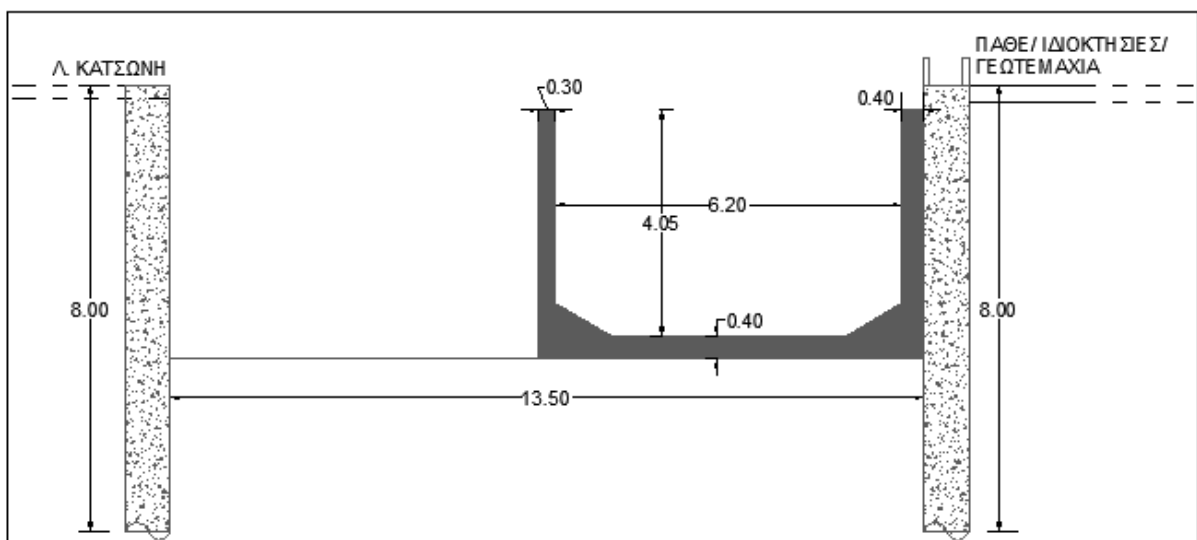
Σχήμα 4.11: Σταδιακή εκσκαφή ανατολικού πρανούς με τοποθέτηση αγκυρίων και τελική εκσκαφή κοίτης, τύπος Β'.

**Φάση 5<sup>η</sup>** : Μετά την εκσκαφή της κοίτης στην περίπτωση της διατομής τύπου Β', κατασκευάζεται το καλούπι του τοίχου αντιστήριξης του ανατολικού πρανούς και στη συνέχεια επιχωματώνεται με υλικά εκσκαφής και λιθόδεμα, ο όγκος μεταξύ τοίχου αντιστήριξης και ανατολικού πρανούς (Σχήμα 4.12).

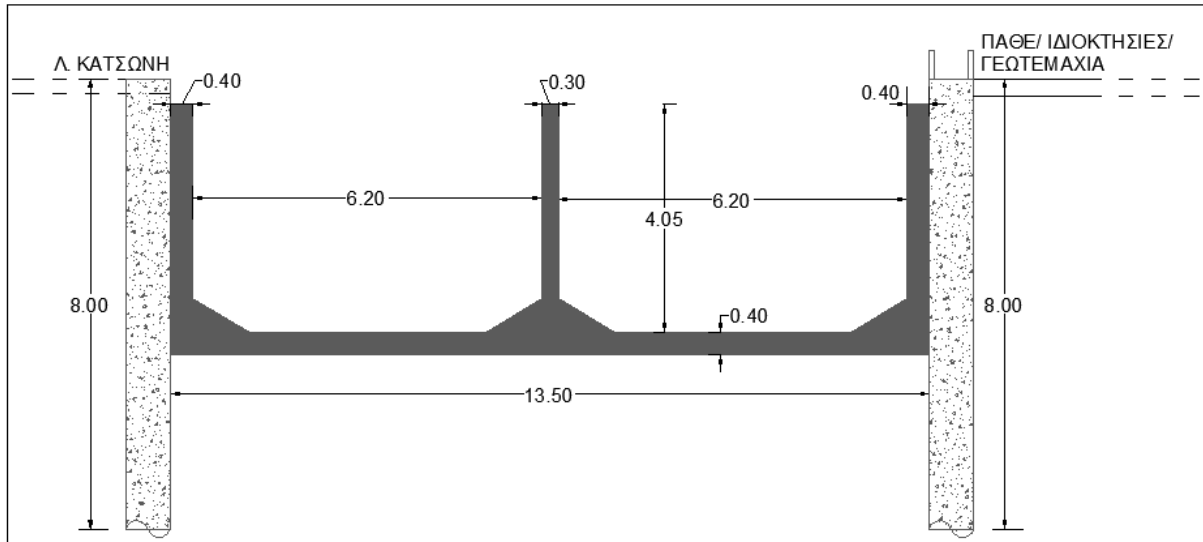


Σχήμα 4.12: Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης και επιχωμάτωση του ανατολικού πρανούς στη διατομή τύπου Β'.

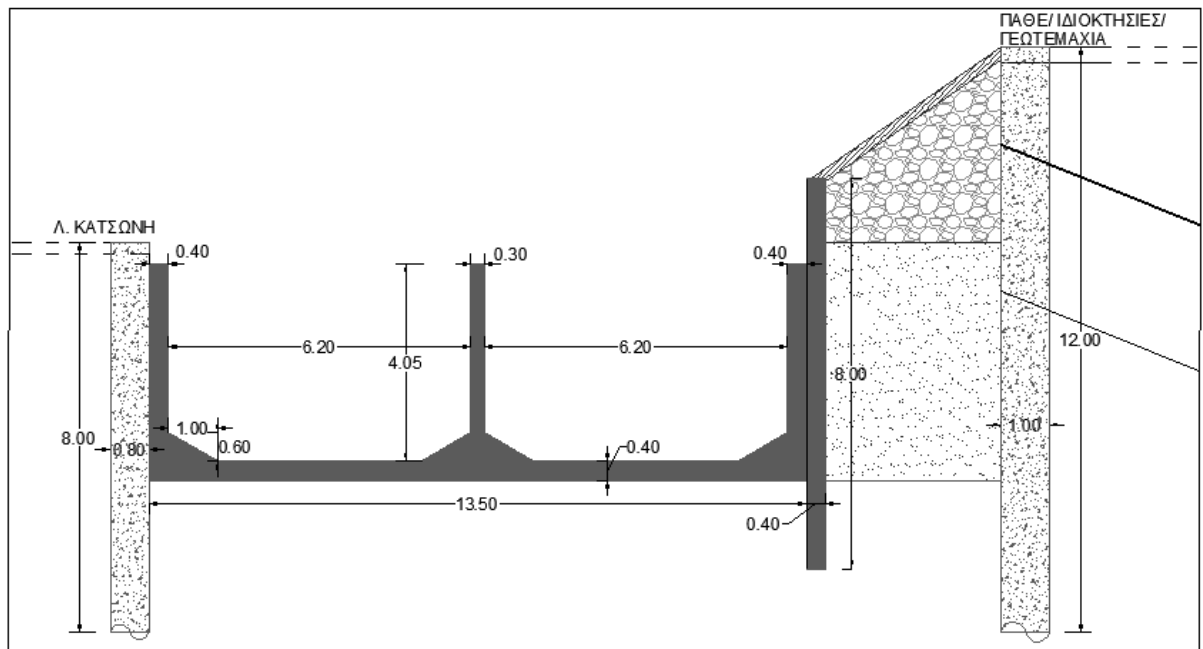
**Φάση 6<sup>η</sup>**: Ακολουθώς σκυροδετείται τμηματικά η πλάκα πυθμένα πάχους 0,40 m, το ένα ακραίο τοίχιο πάχους 0,40 m και το ενδιάμεσο πάχους 0,30 m προκειμένου η μία πλευρά της κοίτης να εξυπηρετήσει στην αλλαγή παράκαμψης του ποταμού (Σχήμα 4.13). Στη συνέχεια κατασκευάζεται και η άλλη μισή πλευρά της κοίτης. Επιπλέον θα κατασκευαστούν στο πέλμα των τοιχείων τριγωνικά στοιχεία διαστάσεων 1,0 x 0,60 m, τα οποία θα εξομαλύνουν τις τριβές και τις πιέσεις του νερού. Ο οπλισμός των παραπάνω στοιχείων θα ενωθεί στους κόμβους, προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη αντοχή της κατασκευής (Σχήμα 4.14 και 4.15).



Σχήμα 4.13: Τμηματική κατασκευή δίδυμης ορθογωνικής κοίτης στη διατομή τύπου Α'.



Σχήμα 4.14: Τελική κατασκευή δίδυμης ορθογωνικής κοίτης, στη διατομή τύπου Α'.

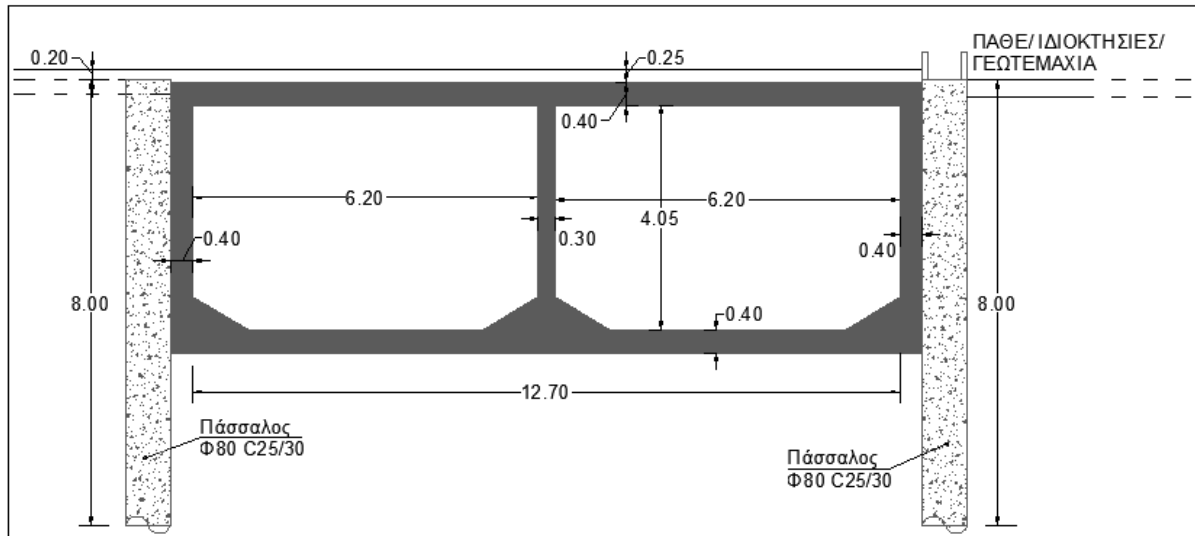


Σχήμα 4.15: Τελική κατασκευή δίδυμης ορθογωνικής κοίτης, στη διατομή τύπου Β'.

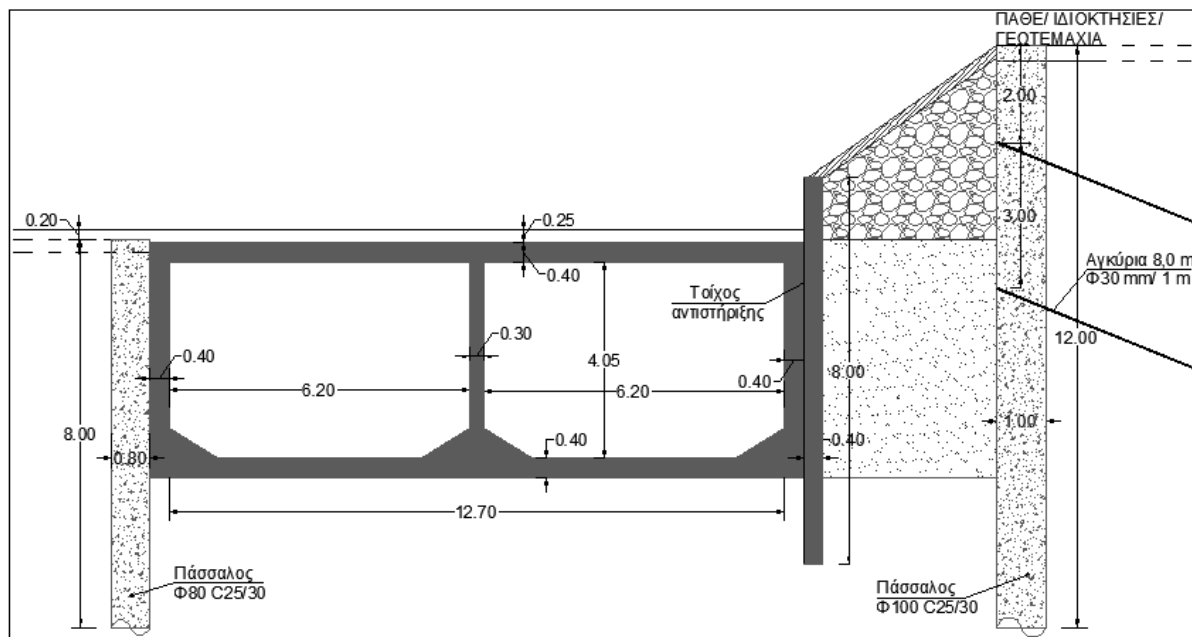
**Φάση 7<sup>η</sup>** : Έπειτα τοποθετείται και σκυροδετείται η πλάκα επικάλυψης της κοίτης καθώς επίσης γίνονται οι απαραίτητες εργασίες για την αποκατάσταση των δικτύων ΟΚΩ (Σχήμα 4.16 και 4.17)

**Φάση 8<sup>η</sup>** : Στη συνέχεια τοποθετείται η υπόβαση του οδοστρώματος και η τελική στρώση οδοποιίας συνολικού πάχους 0,25 m, σε όλο το πλάτος της Λ. Κατσώνη της οποίας η στάθμη τελικώς ανυψώνεται κατά 20 cm από την παλιά (Σχήμα 4.16 και 4.17).





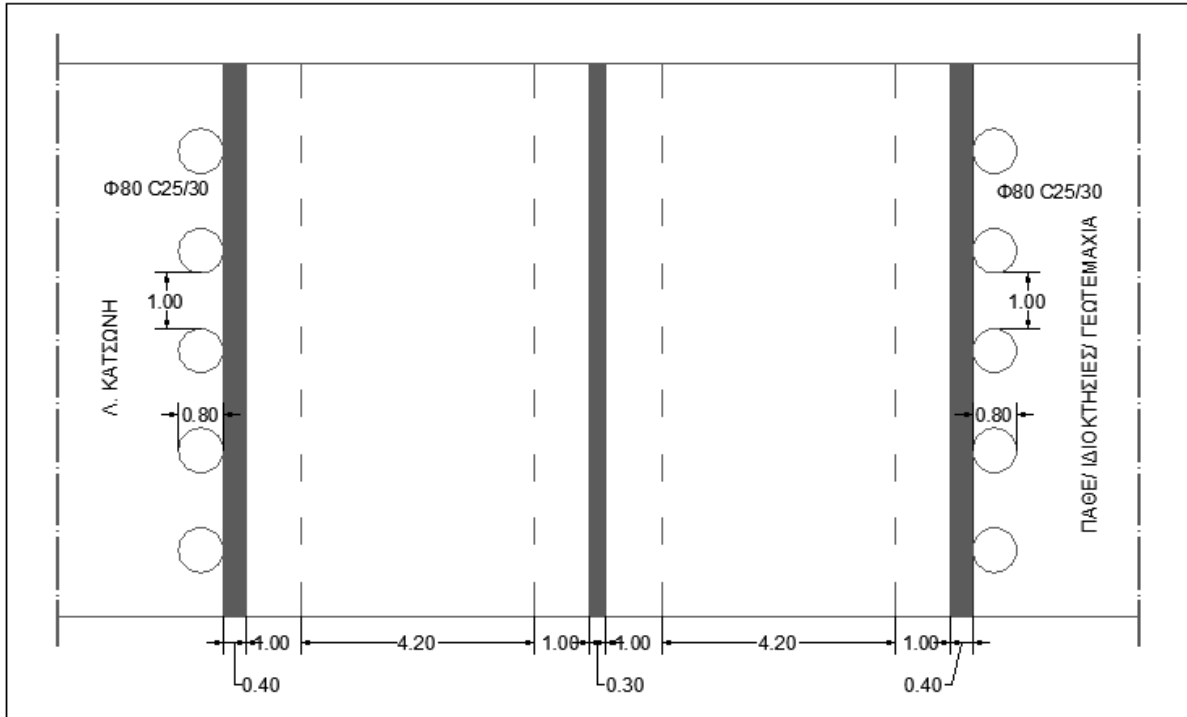
Σχήμα 4.16: Κατασκευή πλάκας επικάλυψης και επίστρωση υπόβασης και τελικής στρώσης πυθμένα, διατομής τύπου Α'.



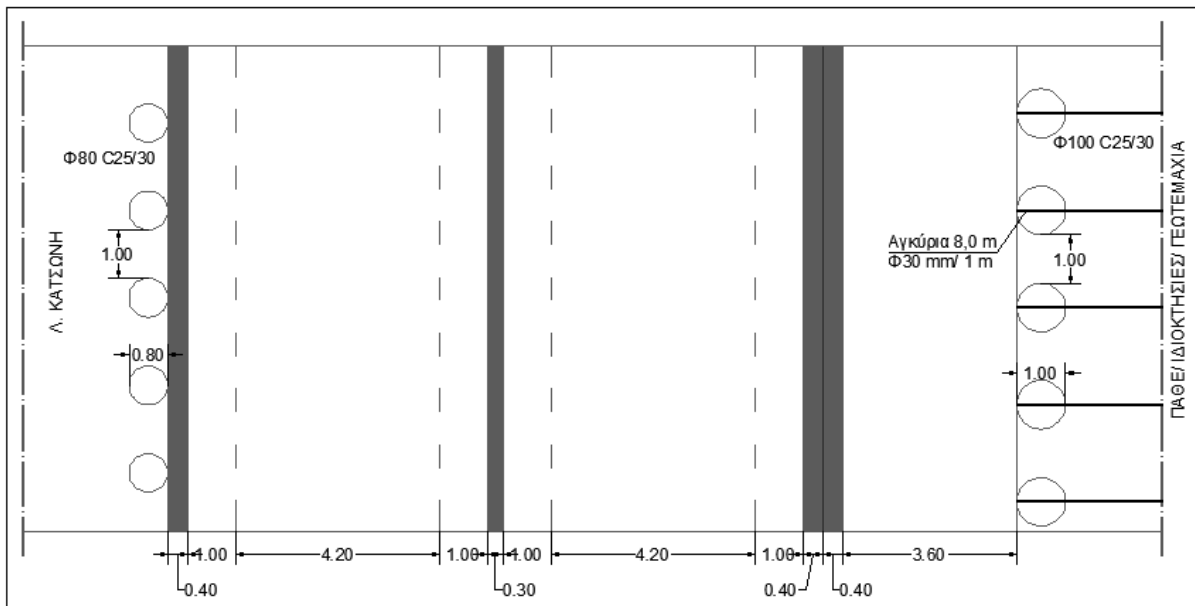
Σχήμα 4.17: Κατασκευή πλάκας επικάλυψης και επίστρωση υπόβασης και τελικής στρώσης πυθμένα, διατομής τύπου Β'.

**Φάση 9<sup>η</sup>** : Τέλος τοποθετείται οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση και ολοκληρώνεται το έργο με την επιφανειακή διαμόρφωση της περιοχής.

Συνοψίζοντας για να υπάρχει πιο ολοκληρωμένη εικόνα της κατασκευής του έργου, παρατίθενται οι κατόψεις των δύο τύπων διατομών που αναλύσαμε ανωτέρω (Σχήμα 4.18 και 4.19)



Σχήμα 4.18: Κάτοψη δίδυμης κλειστής ορθογωνικής κοίτης ποταμού Κηφισού, διατομής τύπου Α'.



Σχήμα 4.19: Κάτοψη δίδυμης κλειστής ορθογωνικής κοίτης ποταμού Κηφισού, διατομής τύπου Β'.

## **4.6 Επιφανειακή διαμόρφωση**

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα και την τελική επικάλυψη του ποταμού Κηφισού, θα προκύψει ελεύθερη επιφάνεια πλάτους περίπου 24 m. Στο πλάτος αυτό συμπεριλαμβάνονται το πλάτος του υπάρχοντος οδικού δικτύου, των πεζοδρομίων εκατέρωθεν του δικτύου και τέλος το πλάτος της πλάκας επικάλυψης της κοίτης.

Συνεπώς προκύπτουν περίπου 24 m πλάτους επί 2600 m μήκους που είναι το πεδίο κατασκευής του έργου, δηλαδή 62400 m<sup>2</sup> επιφάνεια, τα οποία μπορούν να εκμεταλλευτούν αρχικά για τη διεύρυνση της οδού Λ. Κατσώνη που εξυπηρετεί πλήθος πολιτών του Δήμου Αγίων Αναργύρων και στη συνέχεια στην ανάπλαση και αναβάθμιση της περιοχής.

Για την ανάπλαση της περιοχής προτείνονται οι ακόλουθες κατασκευές για τη διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας. Στα δυτικά του δρόμου προς την πλευρά των Αγ. Αναργύρων θα υπάρχει πεζοδρόμιο μήκους 1,80 m περίπου, ώστε να εξυπηρετεί τη διέλευση των πεζών που βγαίνουν από τις κατοικίες τους είτε από τα καταστήματα της περιοχής που βρίσκονται επί της οδού αυτής. Στη συνέχεια θα κατασκευαστεί ποδηλατόδρομος πλάτους 2,60 m, ο οποίος θα διαστρωθεί με αντιολισθηρά υλικά, θα διαγραμμιστεί με κατάλληλη και έντονη οριζόντια διαγράμμιση και τέλος θα τοποθετηθούν ειδικά φωτιζόμενα επιδαπέδια διαχωριστικά που θα τον διαχωρίζουν από τις λωρίδες κυκλοφορίας των οχημάτων. Ο ποδηλατόδρομος θα εξυπηρετεί όσους από τους πολίτες επιθυμούν να μετακινηθούν από και προς τη δουλειά τους με αυτό το μέσο μεταφοράς, ή ακόμα και για λόγους ψυχαγωγίας και ευεξίας.

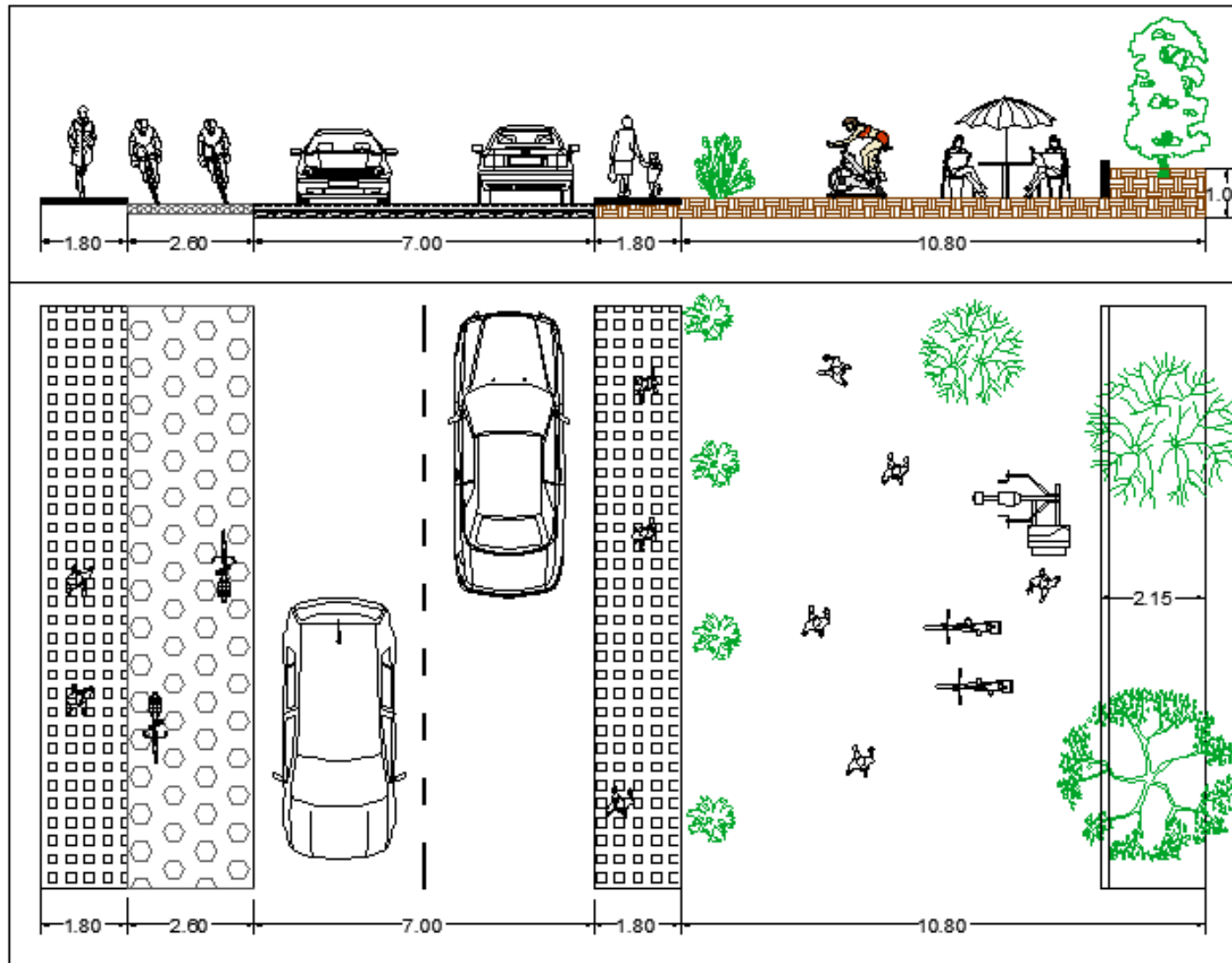
Στη συνέχεια δίπλα από τον ποδηλατόδρομο θα ακολουθεί το οδόστρωμα της οδού Λ. Κατσώνη πλάτους 7,0 m, με δύο λωρίδες κατευθύνσεως, διευρυμένο κατά 0,50 m από το προηγούμενο. Επομένως η κάθε λωρίδα κυκλοφορίας θα έχει πλάτος 3,50 m και θα προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια και άνεση στην κυκλοφορία. Έπειτα στα δεξιά του οδοστρώματος θα συνεχίζει το υπερυψωμένο πεζοδρόμιο πλάτους 1,80 m.

Στο υπόλοιπο ελεύθερο τμήμα πλάτους περίπου 10,80 m θα τοποθετηθούν αειθαλή δέντρα τα οποία θα ομορφαίνουν την περιοχή και θα δημιουργούν ένα «φράχτη» μεταξύ της οδού Λ. Κατσώνη και της Εθνικής Οδού ΠΑΘΕ. Τα δέντρα αυτά θα δημιουργούν σκίαση χειμώνα καλοκαίρι, ώστε να παρέχουν στους κατοίκους δυνατότητα χαλάρωσης, ξεκούρασης και περιπάτου στο διαμορφωμένο χώρο. Θα τοποθετηθούν επίσης παγκάκια

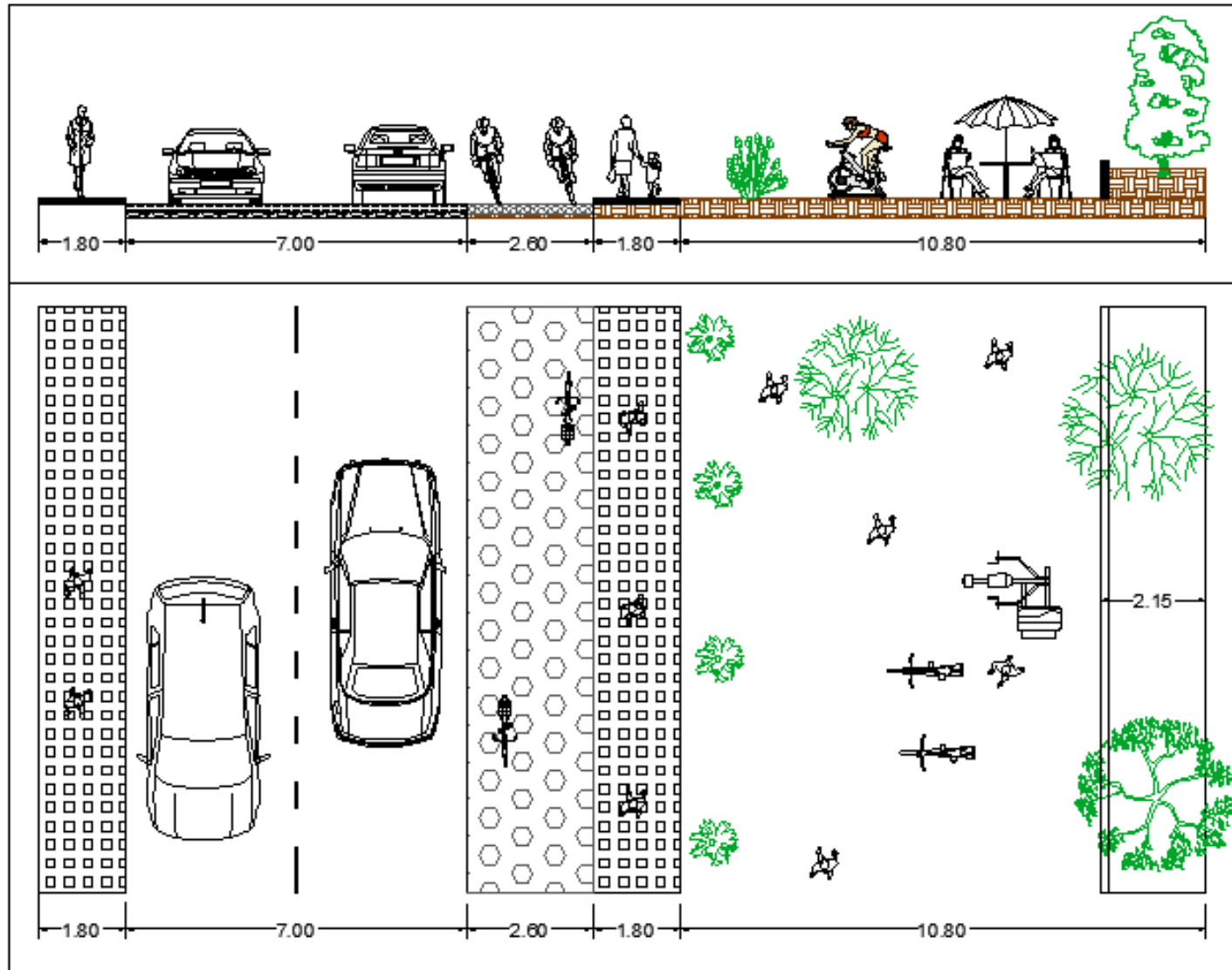
ανά τακτά διαστήματα καθώς και παρτέρια με καλλωπιστικά φυτά. Τέλος σε κάποια σημεία θα μπορούσε να διαμορφωθεί ένας προστατευμένος χώρος με υπαίθρια όργανα γυμναστικής καθώς και υπαίθριο παιχνίδι σκάκι, δίνοντας τη δυνατότητα στους κατοίκους να γυμνάσουν και το σώμα και το νου.

Εναλλακτικά προτείνεται η διαμόρφωση της επιφάνειας της Λ. Κατσώνη με τα ίδια χαρακτηριστικά με τη διαφορά ο ποδηλατόδρομος να βρίσκεται προς τη πλευρά της πράσινης ανάπτυξης.

Στο Σχήμα 4.20 και 4.21 παρουσιάζεται η όψη και η κάτοψη της επιφανειακής ανάπτυξης των εναλλακτικών λύσεων που περιγράψαμε στην ανωτέρω παράγραφο.



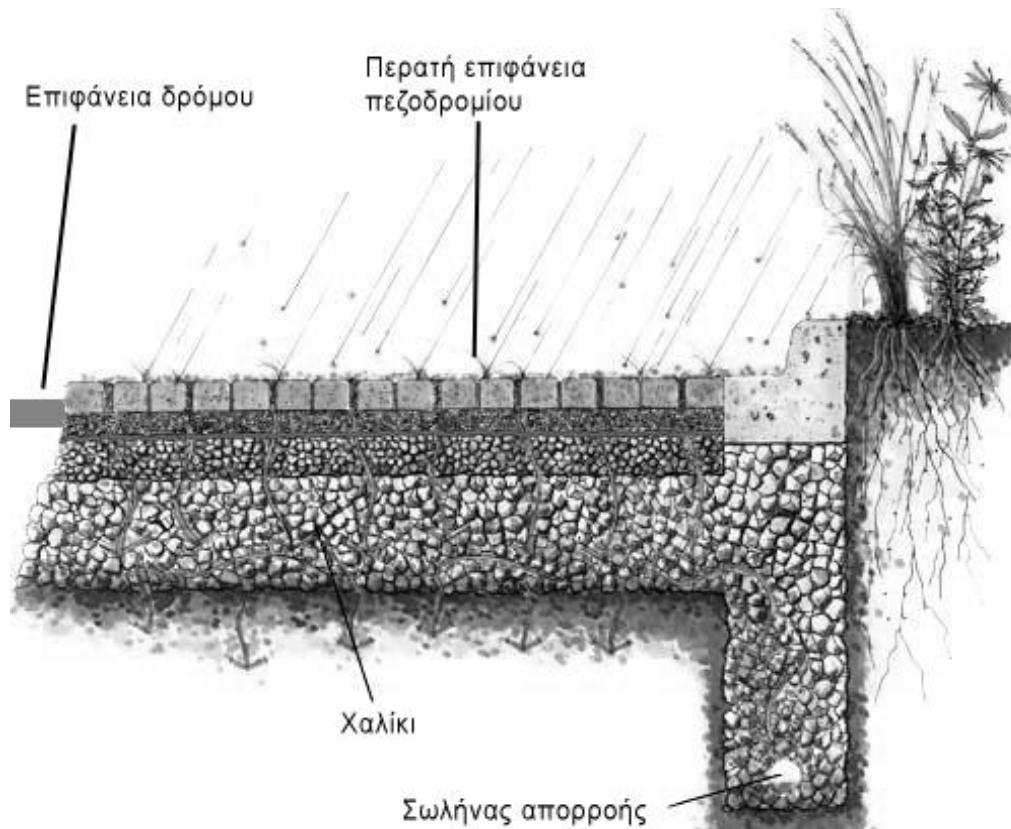
Σχήμα 4.20: Περίπτωση Α' της επιφανειακής ανάπλασης της οδού Λ. Κατσώνη.



Σχήμα 4.21: Περίπτωση Β' της επιφανειακής ανάπλασης της οδού Λ. Κατσώνη.



Για την καλύτερη κατείσδυση των υδάτων στο υπέδαφος και την αποφυγή πλημμυρών και λιμναζόντων νερών συστήνεται, τα πεζοδρόμια, οι ποδηλατόδρομοι και οι ελεύθεροι χώροι να είναι κατασκευασμένοι από υδροπερατά υλικά, ώστε να μη συμβάλουν στην απορροή περαιτέρω. Σχετικά με την περίπτωση της μείωσης των αδιαπέρατων επιφανειών θα πρέπει στα πεζοδρόμια, στους πεζοδρόμους και στα πλακόστρωτα τμήματα των πλατειών να υιοθετηθούν τεχνικές που χρησιμοποιούνται ήδη σε πολλές χώρες του εξωτερικού και περιλαμβάνουν σχέδια όπως αυτό των παρακάτω εικόνων (Εικόνα 4.45).



**Εικόνα 4.45: Γενικό σχέδιο πεζοδρομίου για μεγιστοποίηση περατών επιφανειών.**

**ΠΗΓΗ: ΑΣΔΑ, Α' Φάση: Δράσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου, 2010.**



# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**



## **5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

### **5.1 Εισαγωγή**

Κατά το σχεδιασμό ενός έργου, ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στη μελέτη κατασκευής είναι ο υπολογισμός του κόστους. Για τον υπολογισμό του κόστους κατασκευής του έργου αρχικά πρέπει να γίνουν οι προμετρήσεις των εργασιών και των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για το υπόγειο έργο.

Η σύνταξη του προϋπολογισμού γίνεται με τιμές μονάδος που λαμβάνονται από τους Πίνακες Τιμών Μονάδος Έργων Οδοποιίας και Υδραυλικών έργων του ΥΠΕΧΩΔΕ/ΓΓΔΕ του ΦΕΚ363/19-02-2013 που ισχύουν έως και σήμερα. Στις περιπτώσεις σύνθετων εργασιών (μετατοπίσεις δικτύων ΟΚΩ, σήμανση-ασφάλιση κλπ.), οι οποίες δεν αποτελούν το άμεσο αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας, λήφθηκαν τιμές από άλλα παρόμοια έργα στον ελληνικό χώρο.

Επισημαίνουμε ότι στην κοστολόγηση δεν περιλαμβάνονται όλες οι εργασίες για την επιφανειακή διαμόρφωση και ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός της υπέργειας επιφάνειας.

### **5.2 Κοστολόγηση χωματουργικών, τεχνικών έργων και οδοποιίας**

Σύμφωνα με τις τιμές μονάδος των τιμολογίων κατά το ΦΕΚ363/2013 για το έργο που μελετήσαμε συντάχθηκαν οι παρακάτω συγκεντρωτικοί πίνακες με σκοπό τον υπολογισμό του κόστους της κατασκευής στα πλαίσια της προμελέτης.

Στον Πίνακα 4 υπολογίζεται το κόστος των εργασιών για την κατασκευή του υπόγειου τμήματος και στον Πίνακα 5 για λόγους πληρότητας υπολογίζεται το κόστος του μεγαλύτερου τμήματος των επιφανειακών κατασκευών.





Πίνακας 4: Εκτίμηση προϋπολογισμού του υπόγειου τμήματος του έργου.

**ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ**

(ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ ΕΡΓΩΝ ΟΔΟΠΟΙΑΣ - ΕΚΔΟΣΗ 2013)

| Α/Α | ΥΠΟΓΕΙΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ  | ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ<br>ΑΡΘΡΟΥ | Α/Α<br>ΤΙΜΟΛΟΓΙΟΥ                  | ΜΟΝΑΔΟΣ        |           |            | ΔΑΠΑΝΗ<br>€    |
|-----|--|----------------------|------------------------------------|----------------|-----------|------------|----------------|
|     |  |                      |                                    | Είδος          | Ποσότητα  | Τιμή       |                |
|     | <b>Α. ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ</b>   |                      |                                    |                |           |            |                |
| 1   | Μετατοπίσεις δικτύων ΟΚΩ   | Σύνθετο άρθρο        |                                    | τεμ            | 1         | 100.000,00 | 100.000        |
| 2   | Καθαρισμοί κοιτών ποταμών από αυτοφυή βλάστηση                                 | ΥΔΡ-6054             | ΥΔΡ 4.03                           | στρ.           | 39,3      | 480,00     | 18.845         |
| 3   | Καθαρισμοί κοιτών ποταμών από φερτά υλικά με φόρτωση και μεταφορά              | ΥΔΡ-6054             | ΥΔΡ 4.02.02                        | m <sup>3</sup> | 98.800,0  | 0,67       | 66.196         |
| 4   | Αποξήλωση κρασπέδων πρόχυτων ή μη  | ΥΔΡ-6808             | ΥΔΡ 4.05                           | m              | 4.780     | 3,00       | 14.340         |
| 5   | Αποξήλωση πλακοστρώσεων πεζοδρομίων  | ΥΔΡ-6807             | ΥΔΡ 4.04                           | m <sup>2</sup> | 7.044     | 11,40      | 80.302         |
| 6   | Γενικές εκσκαφές σε έδαφος γαιώδες ή ημιβραχώδες                               | ΟΔΟ-1123Α            | A-2                                | m <sup>3</sup> | 101.894   | 0,60       | 61.136         |
| 7   | Κατασκευή συμπτυκνωμένου αναχώματος από υλικά που έχουν προσκομισθεί επί τόπου | ΥΔΡ-6079             | ΥΔΡ 5.01                           | m <sup>3</sup> | 18.346    | 0,57       | 10.457         |
| 8   | Πλήρωση γεωλογικών καταπτώσεων με σκυρόδεμα C16/20                             | ΥΔΡ-6327.1           | B-29.3.5                           | m <sup>3</sup> | 4.727     | 80,00      | 378.160        |
|     |  |                      | <b>ΣΥΝΟΛΟ ΔΑΠΑΝΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Α</b> |                |           |            | <b>729.436</b> |
|     | <b>Β. ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ</b>   |                      |                                    |                |           |            |                |
| 9   | Διάτρηση και σκυροδέτηση Φρεατοπασσάλων διαμέτρου Φ0,80 m οπλισμένοι           | ΟΔΟ-2731             | B-26.2                             | m              | 18.496    | 99,50      | 1.840.352      |
| 10  | Διάτρηση και σκυροδέτηση Φρεατοπασσάλων διαμέτρου Φ1,00 m οπλισμένοι           | ΟΔΟ-2731             | B-26.3                             | m              | 6.240     | 122,00     | 761.280        |
| 11  | Σκυρόδεμα C25/30 πλακών πλήρων & μεσοβάθρων                                    | ΟΔΟ-2551             | B-29.4.24                          | m <sup>3</sup> | 42.892,00 | 114,00     | 4.889.688      |
| 12  | Οπλισμένο σκυρόδεμα C30/37 τοίχων κεφαλοδέσμων                                 | ΟΔΟ-2551             | B-29.5.3                           | m <sup>3</sup> | 1747      | 133,00     | 232.351        |
| 13  | Σκυρόδεμα C20/25 πεζοδρομίων-στηθαίων (μικροκατασκευές)                        | ΟΔΟ-2551             | B-29.4.4                           | m <sup>3</sup> | 1290,6    | 119,00     | 153.581        |

Τεχνική και Οικονομική αξιολόγηση υπογειοποίησης τμήματος του ποταμού Κηφισού στην περιοχή των Αγ. Αναργύρων

| Α/Α | ΥΠΟΓΕΙΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ                                | ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΑΡΘΡΟΥ | Α/Α ΤΙΜΟΛΟΓΙΟΥ                            | ΜΟΝΑΔΟΣ        |          |       | ΔΑΠΑΝΗ Α/Α        |
|-----|--|-------------------|---|----------------|----------|-------|-------------------|
|     |  |                   |   | Είδος          | Ποσότητα | Τιμή  |                   |
| 14  | Σιδηροί οπλισμοί STAL III (S400) ή ST IV (S500s) | ΟΔΟ-2612          | B-30.2                                    | kg             | 8904720  | 0,95  | 8.459.484         |
| 15  | Αγκύρια ρητινικής πάκτωσης                       | ΥΔΡ-7025          | Σ-63                                      | m              | 8.320    | 19,50 | 162.240           |
|     |  |                   |   |                |          |       |                   |
|     | <b>ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΑ</b>                               |                   |   |                |          |       |                   |
| 16  | Επένδυση με γαιοκυψέλες & φυτικές γαίες          | ΟΔΟ-1610          | A-24.2                                    | m <sup>2</sup> | 4.940    | 9,50  | 46.930            |
| 17  | Γεωϋφασμα έδρασης επιχωμάτων για "μαλακά εδάφη"  | ΟΙΚ-7914          | B-64.3                                    | m <sup>2</sup> | 3.744    | 1,90  | 7.114             |
|     |  |                   | <b>ΣΥΝΟΛΟ ΔΑΠΑΝΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Β</b>        |                |          |       | <b>16.553.020</b> |
|     |  |                   | <b>ΣΥΝΟΛΟ ΔΑΠΑΝΩΝ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ</b> |                |          |       | <b>17.282.456</b> |

Πίνακας 5: Εκτίμηση προϋπολογισμού του επιφανειακού τμήματος του έργου.

| Α/Α   | ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ                             | ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΑΡΘΡΟΥ | Α/Α ΤΙΜΟΛΟΓΙΟΥ | ΜΟΝΑΔΟΣ        |          |      | ΔΑΠΑΝΗ €       |
|---|---|-------------------|----------------|----------------|----------|------|----------------|
|   |   |                   |                | Είδος          | Ποσότητα | Τιμή |                |
| <b>Γ. ΚΡΑΣΠΕΔΑ - ΠΛΑΚΟΣΤΡΩΣΕΙΣ</b>            |   |                   |                |                |          |      |                |
| 18  | Πρόχυτα κράσπεδα από σκυρόδεμα με τη βάση τους    | ΟΔΟ-2921          | B-51           | m              | 4.780    | 8,00 | 38.240         |
| 19  | Πλακοστρώσεις πεζοδρομίων, νησίδων                | ΟΔΟ-2922          | B-52           | m <sup>2</sup> | 8.604    | 6,36 | 54.721         |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΔΑΠΑΝΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Γ</b>            |   |                   |                |                |          |      | <b>92.961</b>  |
| <b>Δ. ΟΔΟΣΤΡΩΣΙΑ</b>                          |   |                   |                |                |          |      |                |
| 20  | Υπόβαση συμπυκνωμένου πάχους 0,10m της ΠΤΠ Ο-150  | ΟΔΟ-3111B         | Γ-1.2          | m <sup>2</sup> | 49.920   | 0,90 | 44.928         |
| 21  | Βάση συμπυκνωμένου πάχους 0,10m της ΠΤΠ Ο-155     | ΟΔΟ-3211B         | Γ-2.2          | m <sup>2</sup> | 18.200   | 1,00 | 18.200         |
| 22  | Βάση από πορώδες ασφαλτόμειγμα για ποδηλατόδρομο  | ΟΔΟ-3121B         | Γ-3            | m <sup>3</sup> | 676      | 9,00 | 6.084          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΔΑΠΑΝΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Δ</b>            |   |                   |                |                |          |      | <b>69.212</b>  |
| <b>Ε. ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ</b>                           |   |                   |                |                |          |      |                |
| 23  | Ασφαλτική προεπάλειψη                             | ΟΔΟ-4110          | Δ.3            | m <sup>2</sup> | 18200    | 1,00 | 18.200         |
| 24  | Ασφαλτική στρώση βάσης συμπυκνωμένου πάχους 0,05m | ΟΔΟ-4231B         | Δ-5.1          | m <sup>2</sup> | 18.200   | 5,90 | 107.380        |
| 25  | Αντιολισθηρή ασφαλτική στρώση πάχους 0.04 cm      | ΟΔΟ-4521B         | Δ-9.1          | m <sup>2</sup> | 8329,5   | 7,20 | 59.972         |
| 26  | Ασφαλτική συγκολλητική επάλειψη                   | ΟΔΟ-4120          | Δ-4            | m <sup>2</sup> | 6760     | 0,38 | 2.569          |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΔΑΠΑΝΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Ε</b>            |   |                   |                |                |          |      | <b>188.121</b> |
| <b>ΣΥΝΟΛΟ ΔΑΠΑΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ</b> |   |                   |                |                |          |      | <b>350.295</b> |

Όμως σύμφωνα με το ΦΕΚ στις τιμές μονάδος που υπολογίσαμε δε συμπεριλαμβάνονται τα ακόλουθα:

- Γενικά Έξοδα (ΓΕ) και Όφελος Εργολάβου (ΟΕ) 18%
- Απρόβλεπτα 9%
- Πρόβλεψη αναθεώρησης
- ΦΠΑ 23%

Επομένως στον Πίνακα 6 θα υπολογίσουμε σταδιακά τις νέες τιμές για το υπόγειο τμήμα και στον Πίνακα 7 για το επιφανειακό, αφού συνυπολογίσουμε τα παραπάνω έξοδα.

Πίνακας 6: Συνολική εκτίμηση του προϋπολογισμού του υπόγειου τμήματος της κατασκευής.

| <b>ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΕΡΓΟΥ</b> |                 |                   |
|--|-----------------|-------------------|
| ΓΕ και ΟΕ 18%                                      | 0,18*17.282.456 | 3.110.842         |
| Μερικό άθροισμα                                    |                 | <b>20.393.298</b> |
| Απρόβλεπτα 9%                                      | 0,09*20.393.298 | 1.835.397         |
| Μερικό άθροισμα                                    |                 | <b>22.228.695</b> |
| Πρόβλεψη αναθεώρησης                               |                 | 273.000           |
| Μερικό άθροισμα                                    |                 | <b>22.501.695</b> |
| ΦΠΑ 23%  | 0,23*22.501.695 | 5.175.390         |
| <b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>                             |                 | <b>27.677.084</b> |

Πίνακας 7: Συνολική εκτίμηση του προϋπολογισμού του επιφανειακού τμήματος της κατασκευής.

| <b>ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ</b> |              |                |
|--|--------------|----------------|
| ΓΕ και ΟΕ 18%  | 0,18*350.295 | 63.053         |
| Μερικό άθροισμα  |              | <b>413.348</b> |
| Απρόβλεπτα 9%  | 0,09*413.348 | 37.201         |
| Μερικό άθροισμα  |              | <b>450.549</b> |
| Πρόβλεψη αναθεώρησης                                   |              | 273.000        |
| Μερικό άθροισμα  |              | <b>723.549</b> |
| ΦΠΑ 23%  | 0,23*723.549 | 166.416        |
| <b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>                                 |              | <b>889.965</b> |

Επομένως το συνολικό κόστος κατασκευής της υπογειοποίησης του ποταμού Κηφισού στην περιοχή των Αγίων Αναργύρων ανέρχεται στα **27.677.084 ευρώ**. Και κατ' επέκταση εάν συμπεριλάβουμε και την επιφανειακή διαμόρφωση το κόστος κατασκευής ανέρχεται στα  $27.677.084 + 889.965 = 28.567.049$  ευρώ.

Αναλυτικότερα στο Παράρτημα παρουσιάζονται οι υπολογισμοί των τεμαχίων και των τρεχόντων μονάδων μέτρησης.

### **5.3 Χρονοδιάγραμμα εργασιών**

Λόγω του μεγάλου μήκους του έργου οι κατασκευές θα πραγματοποιηθούν σταδιακά προκειμένου να υπάρχει συνεχής ροή των εργασιών και επίσης να αποφευχθούν προβλήματα στο κοντινό τμήμα της πόλης. Επομένως θα υπολογιστεί η διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών, οι οποίες θα γίνονται με κυλιόμενο τρόπο. Θεωρείται ότι οι εργασίες θα εκτελούνται σταδιακά ανά 300 m μήκους. Για την εκτίμηση του συνολικά απαιτούμενου χρόνου κατασκευής χρησιμοποιούνται τα γραμμικά χρονοδιαγράμματα τύπου Gantt (Πίνακας 8 & 9), τα οποία παρατίθεται στη συνέχεια και στα οποία παρουσιάζεται η ανάλυση του έργου σε επιμέρους δραστηριότητες, εκτιμάται η χρονική διάρκεια κάθε δραστηριότητας καθώς και η κατάλληλη στιγμή έναρξής της.

Το χρονοδιάγραμμα βασίζεται στις φάσεις κατασκευής που έχουν προβλεφθεί στην επιλεγείσα λύση. Βασικό κριτήριο είναι ο περιορισμός στο ελάχιστο του απαιτούμενου χρόνου κατασκευής, προκειμένου να περιορισθεί η όχληση στη λειτουργία της πόλης, καθώς και η αποφυγή διακοπής της κυκλοφορίας στην οδό Α. Κατσώνη και των κάθετων σε αυτήν κυρίων οδών.

Ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για την κατασκευή 300 m μήκους διατομής τύπου Α' εκτιμάται σε τέσσερις (4) μήνες και στην τύπου Β' εκτιμάται πέντε (5) μήνες, από την ημερομηνία υπογραφής της σύμβασης. Αυτό συμβαίνει διότι οι εργασίες είναι κυλιόμενες και καθώς εκτελείται το έργο πολλές από αυτές γίνονται ταυτόχρονα σε διαφορετικές θέσεις.

Προβλέπεται αρχικά χρονικό διάστημα ενός μήνα κατά το οποίο θα γίνουν όλες οι απαραίτητες προκαταρκτικές ενέργειες (μετατόπιση δικτύων κοινής ωφέλειας, καθαιρέσεις εμποδίων και κρασπέδων, αποξηλώσεις φερτών υλικών και αυτοφουός βλάστησης από τη κοίτη του ποταμού κλπ.) για την απόδοση «καθαρού» εργοταξιακού χώρου. Κατά το ίδιο διάστημα θα συνταχθούν και οι μελέτες εφαρμογής του έργου (κατασκευαστικά σχέδια). Θα γίνουν τέλος οι απαραίτητες κυκλοφοριακές ρυθμίσεις για

την πρώτη φάση κατασκευής του έργου. Η πρώτη φάση κατασκευής του έργου περιλαμβάνει την κατασκευή των δύο σειρών πασσάλων κατά μήκος των δύο πρανών, την τοποθέτηση αγκυρίων, όπου απαιτείται, και την ολική ή σταδιακή εκσκαφή των πρανών. Έπειτα θα κατασκευαστούν όπου είναι απαραίτητο τοιχία αντιστήριξης και θα γίνουν οι κατάλληλες επιχωματώσεις. Στη συνέχεια ακολουθούν η κατασκευή της πλάκας του πυθμένα, των τοιχίων στις παρειές της κοίτης, το ενδιάμεσο τοιχίο και τέλος η πλάκα επικάλυψης.

Όσο οι τελευταίες διαδικασίες ολοκληρώνονται στο πρώτο τμήμα, τόσο οι αρχικές διαδικασίες θα εκτελούνται στα επόμενα 300 m μέτρα του έργου. Οπότε με αυτό το ρυθμό θα συνεχίζει όλο το έργο έως ότου ολοκληρωθεί. Πρέπει να επισημάνουμε ότι στο μισό περίπου τμήμα του έργου εφαρμόζεται η διατομή τύπου Α' και στο υπόλοιπο η διατομή τύπου Β'.

Στους Πίνακες που ακολουθούν οι εργασίες κατανέμονται σε διάστημα τεσσάρων και πέντε μηνών αντίστοιχα, ενώ δεν υπολογίζονται οι διαδικασίες οδοστρωσίας, σήμανσης, Η/Μ εξοπλισμού και οι νέες κυκλοφοριακές ρυθμίσεις, διότι αυτές δε θα εκτελούνται ανά 300 m, αλλά θα γίνουν συνολικά σε τρεις φάσεις. Κάθε φάση θα εκτελείται μετά το πέρας κατασκευής του ενός τρίτου του έργου. Υπολογίζεται ότι ο χρόνος ολοκλήρωσης της τελευταίας φάσης αυτών των εργασιών είναι περίπου 8 μήνες.

Συνεπώς μελετώντας το χρονοδιάγραμμα και το μήκος του έργου συμπεραίνεται ότι η χρονική διάρκεια ολοκλήρωσης του έργου μαζί με τις τελικές διαμορφώσεις είναι περίπου 3 – 3,5 χρόνια, εφόσον διατίθενται επαρκώς μηχανήματα πασσαλώσεων και αγκυρώσεων και φυσικά η παρουσία ικανοποιητικού σε πλήθος αλλά και έμπειρου και καταρτισμένου ανθρώπινου δυναμικού.

Επισημαίνεται ότι στο χρονοδιάγραμμα που παρουσιάζεται στη συνέχεια δεν περιλαμβάνεται το έργο ανάπλασης της περιοχής. Εκτιμάται ότι η διάρκεια του έργου αυτού της ανάπλασης μπορεί να είναι της τάξεως των 10 μηνών και έτσι η συνολική διάρκεια κατασκευής του πλήρους έργου εκτιμάται ότι θα ανέλθει στα 4 χρόνια περίπου. Η πραγματική διάρκεια κατασκευής του έργου θα επηρεασθεί από την οργανωτική ικανότητα του Εργολάβου, από την ικανότητα διαχείρισης της σύμβασης από την Επιβλέπουσα Υπηρεσία και ασφαλώς από τη διαθεσιμότητα των χρημάτων από την πλευρά του Κυρίου του Έργου.



Πίνακας 8: Χρονοδιάγραμμα εργασιών για μήκος 300 m, κατασκευή διατομής τύπου Α'.

**ΥΠΟΓΕΙΟΠΟΙΗΣΗ ΟΔΟΥ Λ. ΚΑΤΣΩΝΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΑΓΙΩΝ  
ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ**

**ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ**

| α/α | ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ   | ΔΙΑΡΚΕΙΑ       | ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΠΟΓΕΙΟΠΟΙΗΣΗ |    |    |    |                       |    |    |    |                       |     |     |     |     |
|-----|--|----------------|---------------------------------|----|----|----|-----------------------|----|----|----|-----------------------|-----|-----|-----|-----|
|     |  |                | 1 <sup>ος</sup> ΜΗΝΑΣ           |    |    |    | 2 <sup>ος</sup> ΜΗΝΑΣ |    |    |    | 3 <sup>ος</sup> ΜΗΝΑΣ |     |     |     |     |
|     |  |                | 1η                              | 2η | 3η | 4η | 5η                    | 6η | 7η | 8η | 9η                    | 10η | 11η | 12η | 13η |
|     | <b>ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΑ 300 m</b>   | <b>4 μήνες</b> | Χρονοδιάγραμμα εργασιών         |    |    |    |                       |    |    |    |                       |     |     |     |     |
| 1.  | Προκαταρκτικές Εργασίες (μελέτες εφαρμογής, μετατοπίσεις δικτύων ΟΚΩ, αποξηλώσεις, κυκλοφοριακές ρυθμίσεις κλπ.) | 4 εβδ.         |                                 |    |    |    |                       |    |    |    |                       |     |     |     |     |
| 2.  | Κατασκευή πασσάλων και στα δύο πρανή   | 8 εβδ.         |                                 |    |    |    |                       |    |    |    |                       |     |     |     |     |
| 3.  | Εκσκαφή  | 8 εβδ.         |                                 |    |    |    |                       |    |    |    |                       |     |     |     |     |
| 4.  | Κατασκευή πλάκας πυθμένα   | 5 εβδ.         |                                 |    |    |    |                       |    |    |    |                       |     |     |     |     |
| 5.  | Κατασκευή τοιχίων  | 4 εβδ.         |                                 |    |    |    |                       |    |    |    |                       |     |     |     |     |
| 6.  | Κατασκευή πλάκας επικάλυψης  | 6 εβδ.         |                                 |    |    |    |                       |    |    |    |                       |     |     |     |     |
| 7.  | Οδοστρωσία - 1η φάση   |                |                                 |    |    |    |                       |    |    |    |                       |     |     |     |     |
| 8.  | Οδοστρωσία - 2η φάση   |                |                                 |    |    |    |                       |    |    |    |                       |     |     |     |     |
| 9.  | Τελικές διαμορφώσεις και Νέες κυκλοφοριακές ρυθμίσεις  |                |                                 |    |    |    |                       |    |    |    |                       |     |     |     |     |
| 10. | Σήμανση, ασφάλιση  |                |                                 |    |    |    |                       |    |    |    |                       |     |     |     |     |
| 11. | Αστική ανάπλαση (εκτός χρονοδιαγράμματος)  | 10 μήνες       |                                 |    |    |    |                       |    |    |    |                       |     |     |     |     |

| ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ                   | ΥΠΟΜΝΗΜΑ |
|---------------------------------------|----------|
| Κυκλοφοριακές ρυθμίσεις κλπ.          |          |
| Κατασκευή πασσάλων                    |          |
| Κατασκευή πλάκας επικάλυψης & πυθμένα |          |







# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6





## **6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η αστικοποίηση και η συνεχόμενη αύξηση δόμησης στο λεκανοπέδιο Αττικής σε συνδυασμό με την κλιματική αλλαγή, την αύξηση των έντονων καιρικών φαινομένων, όπως καταιγίδες και μεγάλης διάρκειας βροχές, έχουν σαν αποτέλεσμα κάθε χρόνο να σημειώνονται ακραία φαινόμενα πλημμυρών. Τα φαινόμενα αυτά εκτός των παραπάνω αιτιών οφείλονται είτε στο ανύπαρκτο είτε στο ανεπαρκές αποχετευτικό δίκτυο των πόλεων και στην έλλειψη συντήρησής του.

Επιπλέον λόγω της ύπαρξης των ποταμών και των χειμάρρων που διασχίζουν το λεκανοπέδιο, και κυρίως του ποταμού Κηφισού που διασχίζει το μεγαλύτερο και πιο πυκνοκατοικημένο τμήμα της Αττικής, τα τελευταία χρόνια συνεχώς καταγράφονται υπερχειλίσεις των δικτύων, που έχουν σαν αποτέλεσμα ολόκληρες περιοχές να «πνίγονται» κυριολεκτικά από τον όγκο του νερού. Επίσης συχνά προκαλούνται μεγάλες ζημιές στην κοίτη του, στα οδικά δίκτυα αλλά και στις ιδιωτικές περιουσίες των κατοίκων. Οι περιοχές που πλήττονται λόγω αυτών των φαινομένων βρίσκονται κυρίως στα δυτικά προάστια του λεκανοπεδίου, μία εκ των οποίων είναι και η περιοχή των Αγ. Αναργύρων που διερευνήθηκε.

Η σκοπιμότητα του μελετώμενου έργου της παρούσας διπλωματικής έγκειται στην αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργούνται εξαιτίας των έντονων πλημμυρικών φαινομένων. Οι ζημιές οφείλονται στην υπερχειλίση του ποταμού και στην ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων ροής των υδάτων. Αυτές εντοπίζονται τόσο στην κοίτη του ποταμού, όσο και σε άλλα έργα υποδομής, στις ιδιωτικές περιουσίες ακόμα και στην καταγραφή απωλειών ανθρώπινων ζωών. Ο σχεδιασμός της υπογειοποίησης έχει στόχο την ενίσχυση των πρανών εκατέρωθεν της κοίτης, τη διασφάλιση της ευστάθειας της Εθνικής οδού, της Λ. Κατσώνη καθώς και των οποιοδήποτε γειτονικών κτισμάτων ή γεωτεμαχίων υπάρχουν παραπλεύρως αυτής. Επιπλέον στοχεύει στη διεύρυνση της κοίτης για αύξηση της παροχετευτικότητας καθώς και στη βελτίωση των χαρακτηριστικών της και των συνθηκών ροής των υδάτων.

Επιπρόσθετα σημαντικό κίνητρο στην κατασκευή του έργου αποτελεί η δυνατότητα αστικής και περιβαλλοντικής ανάπλασης της τελικής επιφάνειας, η οποία θα περιλαμβάνει κατασκευή ποδηλατόδρομου, διαπλάτυνση της οδού και των πεζοδρομίων καθώς και διαμόρφωση χώρων πρασίνου και αναψυχής. Επομένως αναμένεται η βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών της Λ. Κατσώνη και η αναβάθμιση της περιοχής τόσο

περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά, λόγω αύξησης της αντικειμενικής αξίας των γύρω περιοχών.

Παρόμοια έργα υπογειοποίησης ποταμών σημειώνονται κυρίως σε πόλεις του εξωτερικού, όπου παρατηρούνται παρόμοια ζητήματα υπερχειλίσης των ποταμών που διασχίζουν μεγάλα αστικά κέντρα. Τέτοιου είδους έργα συχνά κρίνονται αρνητικά από κάποιους ανθρώπους που υπερασπίζονται το περιβάλλον και την ύπαρξη ποταμών εντός της πόλης, αλλά στην παρούσα διπλωματική εργασία υπερασπίζεται το έργο της υπογειοποίησης του ποταμού Κηφισού, διότι εκτός από την ασφάλεια της κοίτης, των ανθρώπινων ζώων και περιουσιών, έχει στόχο να διατηρήσει και την ύπαρξη ζώνης πρασίνου.

Το έργο θα ωφελήσει έμμεσα τους κατοίκους της ευρύτερης περιοχής, καθώς θα αποτρέψει τα νοικοκυριά τους από υλικές καταστροφές τόσο των κατοικιών όσο και των επιχειρήσεων που εδρεύουν εκεί. Επιπλέον θα αποτραπεί η καταστροφή των οχημάτων που συχνά παρασύρονται λόγω της έντονης μεταφοράς των νερών. Ακόμη η τελική διαμόρφωση της επιφάνειας της οδού Λ. Κατσώνη, αποτελεί ένα σημαντικό επιπλέον παράγοντα για τη σπουδαιότητα του έργου, διότι θα αναβαθμίσει την περιοχή και θα βελτιώσει την ποιότητα ζωής των κατοίκων, που θεωρείται από τις πιο πυκνοδομημένες και πυκνοκατοικημένες περιοχές της Αθήνας. Με την αστική και περιβαλλοντική ανάπλαση θα δοθεί μία «ανάσα ζωής» στη περιοχή, δίνοντας στους κατοίκους τη δυνατότητα να ζουν σε μια όμορφη πόλη που θα συνδυάζει τη διευκόλυνση των μετακινήσεων και την ύπαρξη χώρου πρασίνου και αναψυχής.

Συνοπτικά αναφέρεται ότι για τη σύνταξη της παρούσας διπλωματικής έγινε ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης της περιοχής, καταγραφή των προβλημάτων που παρατηρούνται στις παρειές της κοίτης και διερεύνηση του υδρογεωλογικού και γεωτεχνικού υποβάθρου της περιοχής παρόλο που τα στοιχεία για τη δεδομένη περιοχή ήταν ελλιπή.

Κατά μήκος της κοίτης του ποταμού εντοπίστηκαν διαφοροποιήσεις ως προς την υψομετρική διαφορά των δύο πρανών, επομένως σχεδιάστηκαν δύο τύποι αρχικών διατομών και προτάθηκε η τεχνική λύση υπογειοποίησης του ποταμού. Αρχικά προτάθηκε η τοποθέτηση σειράς πασσάλων στα πρανή εκατέρωθεν της κοίτης, έχοντας προτεραιότητα την ευστάθεια του Εθνικού δικτύου και έπειτα τα υπόλοιπα τμήματα των πρανών. Έπειτα ακολουθεί η εκσκαφή με σκοπό τη διεύρυνση της κοίτης σε ορθογωνικό σχήμα, η υποβίβαση του πυθμένα κατά 0,50 m και τέλος η επικάλυψη της με πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με σκοπό την κατασκευή δίδυμου ορθογωνικού οχετού.

Συνοψίζοντας τα οφέλη της υπογειοποίησης του Κηφισού είναι:

- Η αύξηση της παροχετευτικότητας του ποταμού λόγω διεύρυνσης και υποβάθμισης της στάθμης του πυθμένα της κοίτης.
- Η βελτίωση των χαρακτηριστικών της κοίτης και των συνθηκών ροής των υδάτων.
- Η ενίσχυση των πρανών και η διατήρηση της καλής λειτουργίας και ευστάθειας της Εθνικής οδού.
- Η κατασκευή ενός έργου που θα έχει διάρκεια στο χρόνο και δε θα φθείρεται από συχνά καταστροφικά φαινόμενα πλημμυρών.
- Η διαπλάτυνση και οι καλύτερες κυκλοφοριακές συνθήκες της οδού Λ. Κατσώνη, εφόσον αποτελεί μία από τις κυριότερες οδούς που ενώνει τους δήμους των Αγίων Αναργύρων και της Νέας Φιλαδέλφειας.
- Η αστική και περιβαλλοντική ανάπτυξη της περιοχής που πρόκειται να αναβαθμίσει την περιοχή δημιουργώντας χώρους πρασίνου και αναψυχής για τους κατοίκους και δημιουργώντας μια πόλη πιο φιλική στους ανθρώπους.
- Η οικονομική ανάπτυξη της περιοχής, η οποία θα ωφελήσει τους ήδη υπάρχοντες κατοίκους, αλλά θα αποτελέσει σημαντικό κίνητρο και για τους κατοίκους που θέλουν να μετακινηθούν στη περιοχή καθώς και πόλο έλξης για τις επιχειρήσεις εφόσον θα είναι σημείο προσέλκυσης των κατοίκων. Ταυτόχρονα θα βελτιώσει την ποιότητα ζωής και την εικόνα της πόλης και θα επιφέρει αύξηση στις τιμές των ακινήτων.

Το κόστος κατασκευής του έργου ανέρχεται στα 27.680.000 ευρώ περίπου (με αναθεώρηση και ΦΠΑ), χωρίς την επιφανειακή διαμόρφωση, με τιμές που προέκυψαν από τα Αναλυτικά Τιμολόγια του ΥΠΕΧΩΔΕ το 2013. Ο χρόνος κατασκευής του έργου ανέρχεται στα 3- 3,5 χρόνια και μαζί με την επιφανειακή διαμόρφωση στα 4 χρόνια περίπου.

Συγκρίνοντας λοιπόν τον ανωτέρω προϋπολογισμό της υπογειοποίησης του Κηφισού με τον προϋπολογισμό των επειγόντων εργασιών αποκατάστασης των πρανών παρά της οδού Λ. Κατσώνη που δημοπρατήθηκε το 2016 από τη Γενική Γραμματεία Υποδομών του ΥΠΥΜΕΔΙ, ο οποίος ανέρχεται στα 8.184.000 ευρώ (με αναθεώρηση και ΦΠΑ), διαπιστώνουμε ότι το κόστος της υπογειοποίησης είναι περίπου τριπλάσιο αυτού.

Παρ' όλα αυτά το υψηλό κόστος δεν πρέπει να αποτελέσει ανασταλτικό παράγοντα της κατασκευής του έργου διότι η υπογειοποίηση αποσκοπεί στη δημιουργία ενός νέου έργου υποδομής. Πρόκειται να αντικαταστήσει μία παλιά και ξεπερασμένη υποδομή, για την οποία υπολογίζεται ότι ανά 10 χρόνια περίπου χρειάζεται να δαπανηθούν σημαντικά ποσά για την παρηγορητική συντήρηση και αποκατάστασή της. Επομένως το έργο αυτό θα αποτελέσει επένδυση για την περιοχή και το κράτος κι όχι μία επείγουσα και πιθανόν προσωρινή λύση που σε περίπτωση συχνής επανάληψης των πλημμυρικών φαινομένων θα αντιμετωπιστούν τα ίδια προβλήματα.

Για την αντιμετώπιση του ζητήματος του κόστους, προτείνεται σαν μια εναλλακτική και βοηθητική λύση, η σύνταξη ερωτηματολογίου από τους ΟΤΑ προς τα νοικοκυριά, με το οποίο θα εξωτερικευτεί η προθυμία ή όχι των κατοίκων να συνεισφέρουν οικονομικά στην κατασκευή του έργου. Θα πρέπει να τονισθεί ότι το έργο θα διαφυλάξει την ιδιωτική τους αλλά και δημόσια περιουσία, καθώς επίσης και την ατομική τους ακεραιότητα, από τα πλημμυρικά φαινόμενα τα οποία συνεχώς εντείνονται στη συγκεκριμένη περιοχή.

Τελειώνοντας προτείνεται η αναλυτικότερη μελέτη της υπογειοποίησης του ποταμού Κηφισού, η σύγκριση όλων των παραγόντων που εμπλέκονται στην κατασκευή ενός τέτοιου έργου και η επιλογή της καλύτερης, από όλες τις απόψεις, λύση. Άλλωστε η οικονομία, οι κοινωνικές ανάγκες και απαιτήσεις συνεχώς αυξάνονται επομένως και η πολεοδομική ανάπτυξη πρέπει συνεχώς να εξελίσσεται.

# **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**





## **Ελληνική βιβλιογραφία**

Αραβαντινός, Α., 2007, *Πολεοδομικός Σχεδιασμός για μια Βιώσιμη Ανάπτυξη του Αστικού Χώρου*, Αθήνα, Εκδόσεις Συμμετρία.

Γάκη- Παπαναστασίου, Κ., Καρύμπαλης, Ε., Μαρουκιάν, Χ., Τσερμέγκα, Ε., 2015, «Ο ρόλος των μορφομετρικών παραμέτρων και των ανθρωπογενών επεμβάσεων στην εκδήλωση πλημμυρών στον κάτω ρου του Κηφισού ποταμού (Λεκανοπέδιο Αττικής)», *Πρακτικά από το 7ο Ελληνικό Υδρογεωλογικό Συνέδριο*, Αθήνα, Βιβλιοθήκη ΙΓΜΕ.

Γεωργαντόπουλος, Δ., 2012, *Διερεύνηση πλήρους υπογειοποίησης σιδηροδρομικού άξονα Αγίων Αναργύρων- Σ.Κ.Α.*, Διπλωματική εργασία, Σχολή Μεταλλείων- Μεταλλουργών, Αθήνα, ΕΜΠ.

Δαμβέργης, Χ., Μαχαίρας, Γ., 2004, «Ειδικά έργα αντιπλημμυρικής προστασίας Αττικής Οδού», *Πρακτικά Ημερίδας «Αντιπλημμυρική προστασία Αττικής»*, Αθήνα, ΤΕΕ.

Δανδουλάκη, Μ., Σαπουντζάκη, Κ., 2015, *Κίνδυνοι και Καταστροφές, Έννοιες και Εργαλεία Αξιολόγησης, Προστασίας, Διαχείρισης*, Αθήνα, Εκδόσεις Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα.

Δανιήλ, Α., Λαζαρίδου, Π., Μίχας, Σ., 2004, «Γενικές αρχές περιβαλλοντικού σχεδιασμού αντιπλημμυρικών έργων», *Πρακτικά Ημερίδας «Αντιπλημμυρική προστασία Αττικής»*, Αθήνα, ΤΕΕ.

Κάζος, Ξ., Σωτηρόπουλος, Ν., 2011, *Διερεύνηση υπογειοποίησης κόμβου Ιεράς Οδού και Πειραιώς*, Διπλωματική εργασία, Σχολή Μεταλλείων- Μεταλλουργών, Αθήνα, ΕΜΠ.

Καλιαμπάκος, Δ., Μπενάρδος, Α., 2010, *Σημειώσεις μαθήματος Υπόγεια Έργα*, Αθήνα, ΕΜΠ.

Κουμαντάκης, Ι., 1997, *Έρευνα υδρογεωλογικών συνθηκών και καθεστώτος εκμετάλλευσης υπόγειων νερών λεκανοπεδίου Αθηνών*, Κυρίως Τεύχος, Αθήνα, Βιβλιοθήκη ΙΓΜΕ.

Κουμαντάκης, Ι., 1997, *Κεφάλαια Υδρογεωλογίας*, Εκδόσεις Ε.Μ.Π.

Λαζαρίδης, Λ., Ναλμπάντης Ι., 2004, «Αντιπλημμυρική προστασία λεκάνης ρέματος Ραφήνας», *Πρακτικά Ημερίδας «Αντιπλημμυρική προστασία Αττικής»*, Αθήνα, ΤΕΕ.

Δρ. Λέκκας, Ε., 2010, «Επιχειρησιακή οργάνωση των Δήμων του ΑΣΔΑ για την πολιτική προστασία & αντιμετώπιση φυσικών & περιβαλλοντικών κινδύνων, Α' Φάση: Δράσεις μείωσης πλημμυρικού κινδύνου», *Αναπτυξιακός Σύνδεσμος Δυτικής Αττικής*, Αθήνα, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας- Τομές Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας.

Μαλατέστας, Ν., 2004, «Αντιπλημμυρική προστασία λεκανοπεδίου Αθήνας (Κηφισός–Ιλισός)», *Πρακτικά Ημερίδας «Αντιπλημμυρική προστασία Αττικής»*, Αθήνα, ΤΕΕ.

Μαρίνος, Π., Παπούλη Δ., Παντελιάδου Μ., 2008, «Τα υπόγεια νερά της λεκάνης του Κηφισού», *Πρακτικά 1ης Επιστημονικής Διημερίδας για τον Κηφισό ποταμό με θέμα «Ολοκληρωμένη προσέγγιση στα προβλήματα του Κηφισού»*, Αθήνα.

Μπιτζιλέκη, Χ., *Οριοθέτηση ζώνης υφαλμύρωσης υπόγειων νερών μετώπου Μοσχάτου – Γλυφάδας Νομού Αττικής*, Διπλωματική εργασία, Σχολή Μεταλλείων- Μεταλλουργών, Αθήνα, ΕΜΠ.

Νικολοπούλου, Μ., 2014, “Τρία ρέματα πνίγουν εδώ και δεκαετίες τη Δυτική Αττική”, *Έθνος*, 27 Οκτωβρίου.

Ντούνας, Δ., Μπάγκαβος, Χ., Τραγάκη, Α., 2015, *Περί Δημογραφίας και Πληθυσμιακών Εξελίξεων*, Αθήνα, Εκδόσεις Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα.

Πάνου, Κ., Καλιαμπάκος, Δ., Μπενάρδος, Α., Σοφινός, Α., 2005, «Η Περιβαλλοντική Σημασία των Υπογείων Έργων», Τιμητικός τόμος για τον Ομ. Καθηγητή Α.Ζ. Φραγκίσκο, pp. 187-197.

Πολύζος, Γ., 1985, «Η Αθήνα πρωτεύουσα του ελληνισμού 1900- 1940», ΥΠΠΟ, Πολιτιστική Πρωτεύουσα της Ευρώπης 1985, Αθήνα.

Σάρρος, Μ., 2004, «Αντιπλημμυρική προστασία λεκανοπεδίου Αθήνας (Κηφισός–Ιλισός)», *Πρακτικά Ημερίδας «Αντιπλημμυρική προστασία Αττικής»*, Αθήνα, ΤΕΕ.

Τεχνική Περιγραφή, 2016, “Προκήρυξη με θέμα «Επείγουσες εργασίες πρανών στον Κηφισό ποταμό (παρά την οδό Λ. Κατσώνη, από Τρεις Γέφυρες μέχρι τεχνικό εκβολής ρέματος Αχαρνών) Περιφέρειας Αττικής για άρση επικινδυνότητας»”, Γενική Γραμματεία

Υποδομών- Γενική Διεύθυνση Υδραυλικών και Κτιριακών Υποδομών- Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων Κατασκευής Υδραυλικών Υποδομών, Αθήνα, ΥΠΥΜΕΔΙ.

ΥΠΥΜΕΔΙ, Γενική Γραμματεία Υποδομών του Υπουργείου Υποδομών Μεταφορών και Δικτύων, Διεύθυνση Οδικών Υποδομών.

‘Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος’, Κλίμακα 1: 50000, Φύλλο Αθήναι- Ελευσίς, Έκδοση 1986, Αθήνα, ΙΓΜΕ.

‘Υδρογεωλογικός χάρτης της Ελλάδος’, Κλίμακα 1: 250000, Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής (06), Ψηφιακή Μορφή, Αθήνα, ΙΓΜΕ.

2002, «Γενικές Οδηγίες για Ποδηλατόδρομους», Αθήνα, Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.

19 Φεβρουαρίου 2013, Αρ. Φύλλου 363, Τεύχος Δεύτερο, «Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας», Ενιαία Τιμολόγια Έργων Οδοποιίας, Υδραυλικών Λιμενικών, Οικοδομικών, Πρασίνου και Ηλεκτρομηχανολογικών Εργασιών Οδοποιίας, Υδραυλικών και Λιμενικών.

### **Ξένη βιβλιογραφία**

Abramovitz, J.N, 2001, *Unnatural Disasters*, Worldwatch Paper 158, Washington, WorldWatch Institute.

Abramovitz, J.N., Flavin, F., Witt, J. L., 2001, “Human Actions Worsen Natural Disasters”, *WorldWatch Institute*, 18 October 2001.

Guha- Sapir, D., Hoyois, P., Below, R., 2013, *Annual Disaster Statistical Review 2013, The numbers and trends*, Brussels, Belgium, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Institute of Health and Society (IRSS), Université catholique de Louvain.

Kaliampakos, D.C., Mavrikos, A.A., 2006, “Underground development in urban areas: the birth, the evolution and the perspectives of the trend”, presented in the *4th International Conference on Urban Regeneration and Sustainability*, Tallinn, Estonia, 17 - 19 July, Proceedings of 3rd International Conference on Sustainable Development and Planning, pp. 219-228.

Kaliampakos, D., Benardos, A., 2008, “Underground Space Development: Setting Modern Strategies”, *Underground Spaces 2008*, New Forest, UK, September 8-10, pp. 1-10.

Kaliampakos, D., Benardos, A., Mavrikos, A. 2016, “A review on the economics of underground space utilization”, *Tunnelling and Underground Space Technology (Special Issue)*, Volume 55, pp. 236–244.

Nuhu, I., 2016, *Flood occurrence, smart tunnel operating system and traffic flow: a case of Kuala Lumpur smart tunnel Malaysia*, A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirement for the Award of the Degree of Masters of Science in Technology Management», Malaysia, Faculty of Technology Management and Business University Tun Hussein Onn Malaysia.

Santhiman, M.S., Weei L.H., 2006, *ITS of SMART*, Proceedings of PIARC International Seminar on Intelligent Transport System (ITS) In Road Network Operations, Kuala Lumpur, Malaysia, 14-16 August 2006.

Saw Hin Seang, 2009, *A Case Study of Mitigating Flooding in City Centre of Kuala Lumpur*, Bangkok, Asia Water Environment Plc.

Sterling, R., 1997, “Underground Technologies for Livable Cities”, *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol.12, No.4, pp.479-490.

Sterling, R., Nelson, P., 2012, “City Resiliency and Underground Space Use”, *Proceedings of 13th World Conference of ACUUS*, Singapore.

Sterling, R.L., Godard, J.P., 2001, “Geoengineering Considerations in the Optimum Use of Underground Space”, ITA- AITES Position Papers.

Stu Robarts, 2015, “Work begins on London's huge "super sewer" construction project”, *New Atlas*.

2015, “Creating a River Thames fit for our future, An updated strategic and economic case for the Thames Tideway Tunnel”, *Department for Environment Food and Rural Affairs*, Government of UK.

Kaushik, 2013, “G-Cans: Tokyo’s Massive Underground Storm Drain”, *Amusing Planet*, 21 March. Available from: <http://www.amusingplanet.com/2013/03/g-cans-tokyo-massive-underground-storm.html>.

Zolbert, A., 2012, “How giant tunnels protect Tokyo from flood threat”, *CNN*, 01 November. Available from: <http://edition.cnn.com/2012/10/31/world/asia/japan-flood-tunnel/>.

“G-Cans Project, Kasukabe, Saitama, Greater Tokyo Area, Japan”, *Water-technology.net*, Available from: <http://www.water-technology.net/projects/g-cans-project-tokyo-japan/>.

March 2013, “WORLD-CLASS UNDERGROUND DISCHARGE CHANNEL”, *Trends in Japan*, Available from: [http://web-japan.org/trends/11\\_tech-life/tec130312.html](http://web-japan.org/trends/11_tech-life/tec130312.html).

2012, “Success of Kuala Lumpur's dual purpose tunnel”, *ITS International*, Available from: <http://www.itsinternational.com/categories/detection-monitoring-machine-vision/features/success-of-kuala-lumpurs-dual-purpose-tunnel/>.

### **Διαδικτυακοί τόποι**

Γαλάνης, Δ., Χαραλαμπίδου, Β., 2000, «Η αύξηση του πληθυσμού, η μόλυνση του περιβάλλοντος και οι παγίδες θανάτου- Η ζωή στις πόλεις τον 21ο αιώνα», *Το Βήμα*, 02 Απριλίου 2000, Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <http://www.tovima.gr/politics/article/?aid=120847>.

Γλαράκης Α., Δευτεραίος, Π., 2013, «Στα άδυτα του ρέματος του Καλαμά (Ποδονίφτης)», Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα Αστική Σπηλαιολογία- Ερευνώντας την άγνωστη κρυμμένη Ελλάδα: <http://urbanspeleology.blogspot.gr/2013/11/blog-post.html>

Δευτεραίος, Π., 2016, «Οι υπόγειες στοές στον “κόμβο” Φιλοθέης- Αμαρουσίου- Χαλανδρίου», Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα Αστική Σπηλαιολογία- Ερευνώντας την άγνωστη κρυμμένη Ελλάδα: <http://urbanspeleology.blogspot.gr/search/label/%CE%A0%CE%9F%CE%94%CE%9F%CE%9D%CE%99%CE%A6%CE%A4%CE%97%CE%A3> (4-5/11/2016).

Καραμάνου, Α., 2016, «Τι είναι φυσική καταστροφή; Βασικές έννοιες και ερμηνείες», *Περιοδικό για την Πυρόσβεση και τη Διάσωση Fire.gr*, (02/12/2016) Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.fire.gr/?p=5379>.

Κατσαχνιάς, Π., «Διευθέτηση Ρέματος Εσχατιάς», *Εργοταξιακά Θέματα*, Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <http://www.ergotaxiaka.gr/article.php?ID=310>.

Σπίρτζης, Χ., 2016, Δελτίο τύπου, Υπουργείο Υποδομών Μεταφορών και Δικτύων, Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <http://www.yme.gr/index.php?tid=21&aid=4917> (17/05/2016).

2014, «Έως την Δευτέρα η καταγραφή των ζημιών από την καταιγίδα», *Το Βήμα*, 24 Οκτωβρίου, Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <http://www.tovima.gr/society/article/?aid=644263>.

Ορισμός του «Metropolitan Area Outer Underground Discharge Channel», Ηλεκτρονική εγκυκλοπαίδεια «Wikipedia», Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: [https://en.wikipedia.org/wiki/Metropolitan\\_Area\\_Outer\\_Underground\\_Discharge\\_Channel](https://en.wikipedia.org/wiki/Metropolitan_Area_Outer_Underground_Discharge_Channel)

Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας Ελλάδας, Υπουργείο Δημόσιας Τάξης και Προστασίας του Πολίτη. Διαθέσιμη ιστοσελίδα: <http://www.gscp.gr/ggpp/site/home/ws/promote/fisikes/plimires.csp>.

«Εργαστήριο Μεταλλευτικής Τεχνολογίας και Περιβαλλοντικής Μεταλλευτικής», Διαθέσιμη ιστοσελίδα: [http://www.minetech.metal.ntua.gr/research\\_fields/ugdev](http://www.minetech.metal.ntua.gr/research_fields/ugdev).

Κατασκευαστική εταιρία Intrakat. Διαθέσιμη ιστοσελίδα: <http://www.intrakat.gr/activities/settlement-of-the-eshatia-stream-part-1-from-the-ilion-square-up-to-the-efpyridon-conduit-junction/>.

Κατασκευαστική εταιρεία J&P ΑΒΑΞ, Διαθέσιμη ιστοσελίδα: <http://www.jp-avax.gr/jp/default.aspx?pid=286&prjid=287>.

Υπουργός Μιχάλης Χρυσοχοϊδης, Διαθέσιμη ιστοσελίδα: <http://www.chrisochoidis.gr/2659/diefthetisi-rematos-eschatias/>.

Παγκόσμια βάση δεδομένων φυσικών καταστροφών, EM- DAT, The International Disaster Database, Διαθέσιμη ιστοσελίδα: <http://www.emdat.be/about>.

Επίσημη ιστοσελίδα πληροφόρησης τελευταίων νέων σχετικά με πλημμύρες από όλο τον κόσμο. <http://floodlist.com/asia/smart-tunnel-kuala-lumpur-malaysia>.

Κατασκευαστική εταιρεία GAMUDA στη Μαλαισία, Διαθέσιμη ιστοσελίδα: <http://gamuda.com.my/engineering-construction/smart/>.

«Stormwater Management and Road Tunnel (SMART)» Flood and Traffic Congestion Solutions for KL City Centre. Διαθέσιμες ιστοσελίδες:  
<http://smarttunnel.com.my/smart/what-is-smart/>,  
[http://www.smarttunnel.com.my/construction/project\\_smart.htm](http://www.smarttunnel.com.my/construction/project_smart.htm).

Κατασκευαστική εταιρεία MMC Corporation Berhad στη Μαλαισία, Διαθέσιμη ιστοσελίδα: <http://www.mmc.com.my/page50.html>.

Ιστοσελίδα του Thames Tideway Tunnel, <https://www.tideway.london/>.

<https://el.wikipedia.org/wiki>

[www.elpais.com](http://www.elpais.com)

<http://www.stathmosioanninon.gr/>

<http://www.aftodioikisi.gr/>

<http://www.zougla.gr>

<http://www.allhleggyi.gr/>

<http://www.versustravel.eu/>

<http://www.huffingtonpost.gr/>

<http://www.ethnos.gr/>

<http://www.economy365.gr/>

<http://www.railsystem.net/>

<http://www.meteoclub.gr/themata/egkyklopaideia/920-1887>

[http://www.ltp.ntua.gr/lavrion\\_park/environment](http://www.ltp.ntua.gr/lavrion_park/environment)





# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



## ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

### 1. Χωματουργικά

- Μετατοπίσεις δικτύων ΟΚΩ

Γενικά η ύπαρξη των δικτύων ΟΚΩ εμποδίζουν την κατασκευή ενός υπόγειου έργου. Οπότε αυτά τα οποία βρίσκονται μέσα στο εύρος κατάληψης του νέου έργου πρέπει να μετακινηθούν πριν από την έναρξη των εργασιών κατασκευής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρειάζονται μετακίνηση κάποια δίκτυα της ΔΕΗ που εκτείνονται κατά μήκος του δυτικού πρανούς. Το κόστος μετατόπισης των δικτύων ΟΚΩ, συμπεριλαμβανομένων και των εργασιών που πρέπει να γίνουν για την αποκατάστασή τους, εκτιμάται στα 100.000 ευρώ.

- Καθαρισμοί κοιτών ποταμών από αυτοφυή βλάστηση

- Πλάτος άνω χείλους κοίτης τύπου Α': 13,50 m
- Μήκος κοίτης τύπου Α': 1560 m
- Πλάτος άνω χείλους κοίτης τύπου Β': 17,50 m
- Μήκος κοίτης τύπου Β': 1040 m

Συνολική επιφάνεια καθαρισμού:  $13,50 \text{ m} * 1560 \text{ m} + 17,50 \text{ m} * 1040 \text{ m} = 39260 \text{ m}^2 =$   
**39,3 στρέμματα.**

- Καθαρισμοί κοιτών ποταμών από φερτά υλικά ή απορρίματα

- Μήκος ποταμού: 2600 m
- Πλάτος πυθμένα: 5,50 m
- Πλάτος άνω χείλους κοίτης: 13,50 m
- Ύψος κοίτης: 4,0 m

Συνολική επιφάνεια καθαρισμού:  $2600 \text{ m} * [(5,50 \text{ m} + 13,50 \text{ m}) * 4,0 \text{ m} / 2] =$  **98800 m<sup>3</sup>.**

- Αποξήλωση κρασπέδων

Πριν τη διαδικασία κατασκευής των πασσάλων στο δυτικό πρανές, πρέπει να γίνει αποξήλωση των κρασπέδων για τη διευκόλυνση της λειτουργίας των μηχανημάτων καθώς και για την κατασκευή των πασσάλων. Το μήκος του έργου είναι 2600 m, οπότε το μήκος των κρασπέδων είναι  $(2 * 2600 \text{ m}) = 5200 \text{ m}$ . Όμως το αριστερό πεζοδρόμιο διακόπτεται από τις 42 κάθετες οδούς, περίπου 10,0 m η κάθε μία, επομένως το κράσπεδο του αριστερού πεζοδρομίου έχει μήκος κατά  $(42 * 10,00 \text{ m} = 420 \text{ m})$  λιγότερο. Άρα:

**Συνολικό μήκος κρασπέδων: 5200 m - 420 m = 4780 m**

- Αποξήλωση πλακοστρώσεων

Επιπλέον θα γίνει αποξήλωση πλακοστρώσεων πεζοδρομίων, οπότε προκύπτει:

- Μήκος έργου: 2600 m.
- Μέσο πλάτος αριστερού πεζοδρομίου: 1,80 m.
- Μέσο πλάτος δεξιού πεζοδρομίου: 1,20 m.

Η επιφάνεια των πεζοδρομίων είναι:  $[(2600 - 420) \text{ m} * 1,80 \text{ m}] + (2600 \text{ m} * 1,20 \text{ m}) = 7044 \text{ m}^2$ .

**Συνολική επιφάνεια πεζοδρομίων : 7044 m<sup>2</sup>**

- Εκσκαφή

Στην κατασκευή του έργου η εκσκαφή που θα γίνει θα είναι υπαίθρια, πιο συγκεκριμένα θα γίνει εκσκαφή γαιώδους εδαφικού υλικού που βρίσκεται στο τμήμα μεταξύ των δύο πασσαλοστοιχιών του έργου, όγκου:

Διατομή τύπου Α':  $[(4,90 + 0,90) \text{ m} * 4,0 \text{ m} / 2,0] * 2 + (0,90 \text{ m} * 5,50 \text{ m}) = 28,15 \text{ m}^2$

Διατομή τύπου Β':  $[(4,90 + 0,90) \text{ m} * 4,0 \text{ m} / 2,0] + (0,90 \text{ m} * 5,50 \text{ m}) + [(8,90 + 0,90) \text{ m} * 8,0 \text{ m} / 2,0] = 55,75 \text{ m}^2$

**Συνολικός όγκος εκσκαφής: 28,15 m<sup>2</sup> \* 1560 m + 55,75 m<sup>2</sup> \* 1040 m = 101894 m<sup>3</sup>**

- Επιχωμάτωση

Στην κατασκευή του έργου στη διατομή τύπου Β' απαιτείται επιχωμάτωση του ανατολικού πρανούς, πιο συγκεκριμένα θα γίνει επιχωμάτωση με εδαφικό υλικό και λιθόδεμα στο τμήμα μεταξύ του τοίχου αντιστήριξης και του ανατολικού πρανούς του έργου, όγκου:

Εδαφικό υλικό:  $(3,60 \text{ m} * 4,90 \text{ m}) * 1040 \text{ m} = 18346 \text{ m}^3$

Λιθόδεμα:  $[(1,30 + 3,75) * 3,60 / 2,0] * 1040 = 9454 \text{ m}^3$  (4727 m<sup>3</sup> εδαφικό υλικό & 4727 m<sup>3</sup> Σκυρόδεμα C16/20).

- Γεωφάσματα

Τοποθετείται γεωφάσμα έδρασης στον πυθμένα της διατομής τύπου Β' προς τη πλευρά του ανατολικού πρανούς μεταξύ των πασσάλων και του τοίχου αντιστήριξης, προκειμένου να γίνει η επιχωμάτωση σε «μαλακά εδάφη» .

- Πλάτος πυθμένα: 3,60 m
- Μήκος πυθμένα: 1040 m

Συνολική επιφάνεια:  $3,60 \text{ m} * 1040 \text{ m} = 3744 \text{ m}^2$

- Γαιοκυψέλες & Φυτική γη

Τοποθετούνται γαιοκυψέλες και φυτική γη στη διατομή τύπου Β', στο τελείωμα του ανατολικού πρανούς μεταξύ της εθνικής οδού και του τοίχου αντιστήριξης. Προκειμένου να συγκρατηθεί το πρανές και κατ' επέκταση να γίνει ανάπλαση του πρανούς.

- Πλάτος: 4,75 m.
- Μήκος: 1040 m

Συνολική επιφάνεια φυτικών γαιών:  $4,75 \text{ m} * 1040 \text{ m} = 4940 \text{ m}^2$ .

## 2. Τεχνικά έργα

- Φρεατοπάσσαλοι

Οι φρεατοπάσσαλοι έχουν μεταβλητό μήκος και διάμετρο και τοποθετούνται ανά 1,0 m από παρειά σε παρειά. Στο φρύδι του δυτικού και ανατολικού πρανού θα τοποθετηθούν πάσσαλοι διαμέτρου Φ80 και Φ100 και μέσου ύψους 8,0 m και 12,0 m αντίστοιχα, αναλόγως τον τύπο της διατομής. Επομένως στη μία περίπτωση η ακτινική απόσταση των δύο πασσάλων Φ80 είναι 1,80 m και η ακτινική απόσταση των δύο πασσάλων Φ100 είναι 2,0 m. Το έργο πρέπει να αρχίζει και να τελειώνει σε οπλισμένο πάσσαλο. Επομένως:

Μήκος οπλισμένων πασσάλων Φ80 :  $867 \text{ πάσ.} * 2 * 8,0 \text{ m} + 578 \text{ πάσ.} * 8,0 \text{ m} = 18496 \text{ m}$

Μήκος οπλισμένων πασσάλων Φ100 :  $520 \text{ πάσ.} * 12,0 \text{ m} = 6240 \text{ m}$

**Συνολικό μήκος οπλισμένων πασσάλων:**  $18496 \text{ m} + 6240 \text{ m} = 24736 \text{ m}$

Οπλισμένο σκυρόδεμα για τους Φ80:  $18496 \text{ m} * (\pi * 0,40^2) * \text{m}^2 = 9297 \text{ m}^3$

Οπλισμένο σκυρόδεμα για τους Φ100:  $6240 \text{ m} * (\pi * 0,50^2) * \text{m}^2 = 4901 \text{ m}^3$

Οπλισμός πασσάλων:  $[(9297 + 4901) \text{ m}^3 * 160 \text{ kg/m}^3] = 2271680 \text{ kg}$

(Θεωρούμε ότι ο οπλισμός που αναλογεί σε  $1 \text{ m}^3$  της κατασκευής ζυγίζει 160 kg).

- Πλάκα πυθμένα:

Συνολική επιφάνεια πλάκας:  $13,50 * 2600 \text{ m}^2 = 35100 \text{ m}^2$

Οπλισμένο σκυρόδεμα πλάκας:  $35100 \text{ m}^2 * 0,40 \text{ m} = 14040 \text{ m}^3$

**Ο οπλισμός της πλάκας πυθμένα:**  $14040 \text{ m}^3 * 160 \text{ kg/m}^3 = 2246400 \text{ kg}$

- Πλάκα επικάλυψης:

Συνολική επιφάνεια πλάκας:  $13,50 * 2600 \text{ m}^2 = 35100 \text{ m}^2$

Οπλισμένο σκυρόδεμα πλάκας:  $35100 \text{ m}^2 * 0,40 \text{ m} = 14040 \text{ m}^3$

**Ο οπλισμός της πλάκας επικάλυψης:**  $14040 \text{ m}^3 * 160 \text{ kg/m}^3 = 2246400 \text{ kg}$

- Τοιχία κοίτης:

Οπλισμένο σκυρόδεμα τοιχίων

**Αριστερό:**  $(0,40 \text{ m} * 4,05 \text{ m} * 2600 \text{ m}) = 4212 \text{ m}^3$

**Δεξί:**  $(0,40 \text{ m} * 4,05 \text{ m} * 2600 \text{ m}) = 4212 \text{ m}^3$

**Μεσαίο:**  $(0,30 \text{ m} * 4,05 \text{ m} * 2600 \text{ m}) - (1,50 * 2,0) * 33 \text{ ανοίγματα} = 3060 \text{ m}^3$

**Συνολικός όγκος οπλισμένου σκυροδέματος:**  $4212 + 4212 + 3060 = 11484 \text{ m}^3$

**Ο οπλισμός των τοιχίων:**  $11484 \text{ m}^3 * 140 \text{ kg/m}^3 = 1607760 \text{ kg}$

- Τοίχος αντιστήριξης

Οπλισμένο σκυρόδεμα τοίχου:  $(8,0 * 0,40 * 1040 \text{ m}^3) = 3328 \text{ m}^3$

**Ο οπλισμός του τοίχου αντιστήριξης:**  $3328 \text{ m}^3 * 160 \text{ kg/m}^3 = 532480 \text{ kg}$

- Κεφαλόδεσμοι:

Ο όγκος του κεφαλόδεσμου για τους πασσάλους είναι:

**Φ80:**  $(0,40 * 0,80 * 1560) * 2 \text{ m}^3 + (0,40 * 0,80 * 1040) \text{ m}^3 = 1331 \text{ m}^3$ .

**Φ100:**  $(0,40 * 1,0 * 1040) \text{ m}^3 = 416 \text{ m}^3$ .

**Συνολικός όγκος κεφαλόδεσμου:**  $1331 \text{ m}^3 + 416 \text{ m}^3 = 1747 \text{ m}^3$

Επομένως ο συνολικός οπλισμός είναι:

– **Ο οπλισμός των πασσάλων:**  $[(9297 + 4901) \text{ m}^3 * 160 \text{ kg/m}^3] = 2271680 \text{ kg}$

– **Ο οπλισμός της πλάκας πυθμένα:**  $14040 \text{ m}^3 * 160 \text{ kg/m}^3 = 2246400 \text{ kg}$



- Ο οπλισμός της πλάκας επικάλυψης:  $14040 \text{ m}^3 * 160 \text{ kg/m}^3 = 2246400 \text{ kg}$
- Ο οπλισμός των τοιχίων:  $11484 \text{ m}^3 * 140 \text{ kg/m}^3 = 1607760 \text{ kg}$
- Ο οπλισμός του τοίχου αντιστήριξης:  $3328 \text{ m}^3 * 160 \text{ kg/m}^3 = 532480 \text{ kg}$

**Συνολικός οπλισμός:**  $2271680 \text{ kg} + (2246400 * 2) \text{ kg} + 1607760 \text{ kg} + 532480 \text{ kg} = 8904720 \text{ kg}$

- Αγκύρια

Στο ανατολικό πρηνές τοποθετούνται δύο σειρές προεντεταμένων αγκυρίων πάνω στους πασσάλους Φ100.

- Διάμετρος αγκυρίου: 0,03 m
- Μήκος αγκυρίων: 8,0 m
- Πλήθος μίας σειράς αγκυρίων: 520

**Συνολικό μήκος αγκυρίων:**  $2 * 520 * 8,0 \text{ m} = 8320 \text{ m}$

- Πεζοδρόμια

Για την επιφανειακή διαμόρφωση θα κατασκευαστούν πεζοδρόμια και στις δύο πλευρές του δρόμου επομένως είναι:

- Μήκος αριστερού πεζοδρομίου:  $(2600 - 420) \text{ m} = 2180 \text{ m}$
- Μήκος δεξιού πεζοδρομίου: 2600 m
- Ύψος πεζοδρομίων: 0,15 m
- Πλάτος πεζοδρομίων: 1,80 m

**Συνολικό σκυρόδεμα για τα πεζοδρόμια:**  $(2600 \text{ m} * 0,15 \text{ m} * 1,80 \text{ m}) + (2180 \text{ m} * 0,15 \text{ m} * 1,80 \text{ m}) = 1290,60 \text{ m}^3$ .

- Κράσπεδα - πλακοστρώσεις

Πρόχυτα κράσπεδα από σκυρόδεμα με μήκος 2600 m και 2180 m.

**Σύνολο πρόχυτων κρασπέδων:**  $(2600 + 2180) \text{ m} = 4780 \text{ m}$

Πλακοστρώσεις πεζοδρομίων με μήκος 2600 m και 2180 m και πλάτος 1,80 m.

**Σύνολο πλακοστρώσεων πεζοδρομίων:**  $(2600 + 2180) \text{ m} * 1,80 \text{ m} = 8604 \text{ m}^2$ .

### 3. Οδοστρωσία

- Δρόμος

Δύο στρώσεις υπόβασης συμπτυκνωμένου πάχους 0,10 m

- Μήκος έργου: 2600 m
- Πλάτος λωρίδων: 7,0 m

**Συνολική επιφάνεια στρώσης υπόβασης:  $2 * 2600 \text{ m} * 7,0 \text{ m} = 36400 \text{ m}^2$ .**

Μία στρώση βάσης συμπτυκνωμένου πάχους 0,10 m

**Συνολική επιφάνεια στρώσης βάσης:  $2600 \text{ m} * 7,0 \text{ m} = 18200 \text{ m}^2$ .**

- Ποδηλατόδρομος

Δύο στρώσεις υπόβασης συμπτυκνωμένου πάχους 0,10 m

- Μήκος έργου: 2600 m
- Πλάτος ποδηλατόδρομου: 2,60 m

**Συνολική επιφάνεια στρώσης υπόβασης:  $2 * 2600 \text{ m} * 2,60 \text{ m} = 13520 \text{ m}^2$ .**

Μία στρώση βάσης από πορώδες ασφαλτόμειγμα ισχνού τύπου πάχους 0,10 m

**Συνολική επιφάνεια στρώσης βάσης:  $2600 \text{ m} * 2,60 \text{ m} = 6760 \text{ m}^2$ .**

### 4. Ασφαλτικά

Η ασφαλική προεπάλειψη είναι μία στρώση άρα

**Συνολική επιφάνεια ασφαλικής προεπάλειψης:  $2600 \text{ m} * 7,0 \text{ m} = 18200 \text{ m}^2$ .**

Μία ασφαλική στρώση βάσης συμπτυκνωμένου πάχους 0,05 m για την οδό

**Συνολική επιφάνεια ασφαλικής βάσης:  $2600 \text{ m} * 7,0 \text{ m} = 18200 \text{ m}^2$ .**

Αντιολισθηρή στρώση με χρήση κοινής ασφάλτου

**Συνολική επιφάνεια αντιολισθηρής στρώσης:  $2600 \text{ m} * 7,0 \text{ m} = 18200 \text{ m}^2$**

Μία στρώση ασφαλικού διαλύματος για τον πεζόδρομο

**Συνολική επιφάνεια ασφαλικής βάσης:  $2600 \text{ m} * 2,60 \text{ m} = 6760 \text{ m}^2$ .**