

ΔΙΗΜΕΡΙΔΑ "ΟΙ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ"

**ΜΕΛΕΤΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ CUT & COVER ΣΤΟ
ΤΜΗΜΑ 1.1.3 ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ
Χ.Θ. 11+730 ΕΩΣ Χ.Θ. 11+995**

**Εισηγητής: Σ. ΚΑΒΟΥΝΙΔΗΣ*
Β. ΔΕΔΕ***

***ΕΔΑΦΟΣ ΕΠΕ**

**Ιωάννινα, 7 & 8/12/2001
"ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε."
& Ε.Ε.Σ.Υ.Ε.**

ΜΕΛΕΤΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ CUT & COVER ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ 1.1.3

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Παρουσιάζεται η γεωτεχνική μελέτη για τη διέλευση της Ε.Ο. σε μέρος του τμήματος 1.1.3 της Ε.Ο. Η διέλευση γίνεται σε υλικό φλύσχη σε βάθος μεγαλύτερο των 30m από το φυσικό έδαφος. Χρησιμοποιείται με τεχνική τύπου Cut & Cover και επιλέχθηκε και εφαρμόστηκε τελικώς ανοιχτή εκσκαφή με σχετικά ήπια μέτρα αντιστήριξης που ελέγχθηκαν ως προς την ευστάθειά τους.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιοχή του έργου υπάγεται στην Περιφέρεια Ηπείρου στο Νομό Θεσπρωτίας και απέχει περί τα 14 km από την Ηγουμενίτσα. Γεωγραφικά περικλείεται από τις συνισταμένες: $X = 20^{\circ}.15' - 20^{\circ}.30'$ και $Y = 39^{\circ}.25' - 39^{\circ}.35'$. Το τεχνικό οριοθετείται μεταξύ των Χ.Θ. 11+730 έως 11+995 (Σχήμα 1).

2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η περιοχή του Cut & Cover (Χ.Θ. 11+730 έως Χ.Θ. 11+995), από όπου διέρχεται η χάραξη, χαρακτηρίζεται ως λοφώδης ημιορεινή, με υψόμετρα που κυμαίνονται μεταξύ 300 – 400m. Συγκεκριμένα διέρχεται μεταξύ υψομέτρων επιφανείας +310 και +345, ενώ η ερυθρά κινείται μεταξύ απολύτων υψομέτρων +308 και +330. Χαρακτηριστικό είναι το σχετικά έντονο μορφολογικό ανάγλυφο με κλίσεις φυσικών πρανών περί τις 25° - 28° προς Ν και διεύθυνση περίπου Δ-Α.

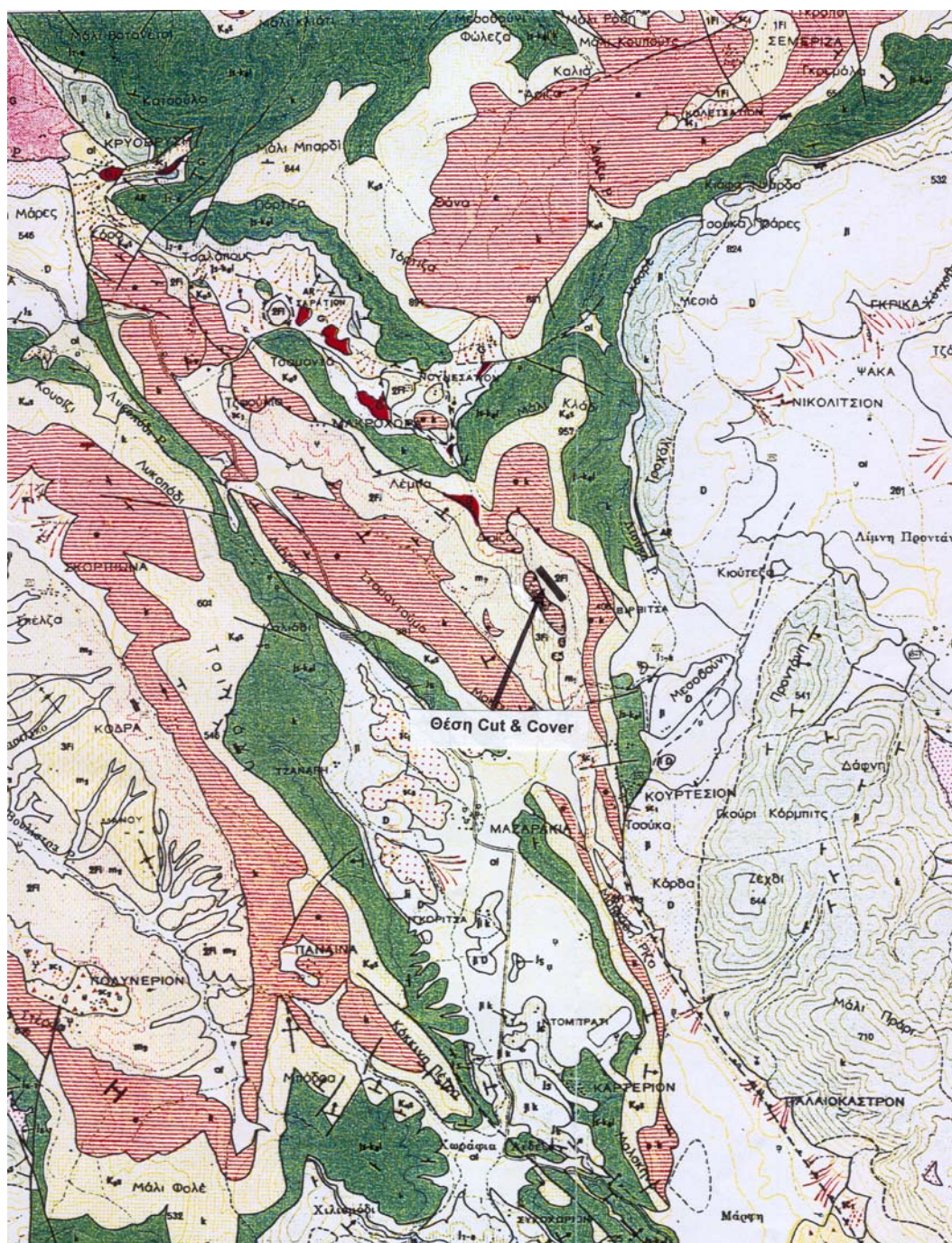
Ιδιαίτερο υδρογραφικό δίκτυο δεν διαμορφώνεται. Εκτός του ρέματος Λυκοπόδι κατάντη της χάραξης, το οποίο αναπτύσσεται με γενική κατεύθυνση ΒΑ - ΝΔ, αναπτύσσονται δύο μικρο-χείμαρροι, με διεύθυνση ανάπτυξης Β-Ν, οι οποίοι συμβάλλουν στο προαναφερθέν, σε απόσταση εκτός της χαρτογραφηθείσης ζώνης.

Η φυτοκάλυψη της περιοχής είναι μέτρια, συνίσταται από άγρια θαμνώδη βλάστηση (πουνάρια) και αναπτύσσεται επάνω σε υλικό του μανδύα αποσάθρωσης του φλύσχη. Εμποδίζει σε μεγάλο βαθμό την διάβρωση, αλλά και δημιουργεί επιπρόσθετη αυξημένη πρόσφυση με το υγιές βραχώδες υπόβαθρο.

Τη γεωλογική δομή κατά μήκος του άξονα της οδού όπου προβλέπεται η κατασκευή του Cut & Cover, χαρακτηρίζουν οι εμφανίσεις των υλικών του μανδύα αποσάθρωσης του ιλυολιθικού φλύσχη της Ιόνιας ζώνης, πάχους από 3.0 ως 4.0 μέτρων περίπου. Πρόκειται για υλικά του φλύσχη τα οποία έχουν υποστεί μια in situ αποσάθρωση (ελουβιακός μανδύας) όπως φαίνεται και στις Φωτογραφίες 1 και 2. Η δομή αυτή συνεχίζει να εκτείνεται προς τα νότια και νοτιοδυτικά, μέχρι το ρέμα Λυκοπόδι.

Κάτω από το βάθος αυτό εμφανίζεται άμεσα το βραχώδες υπόβαθρο, το οποίο στα πρώτα 5.00 μ. περίπου είναι έντονα αποσαθρωμένο (Φωτογραφία 3). Το υπόβαθρο σύμφωνα με τα στοιχεία εκτελεσθεισών γεωτρήσεων, δομείται αποκλειστικά από υλικά της ιλυολιθικής φάσης του φλύσχη, τα οποία κατά θέσεις εμφανίζουν λεπτόκοκκες ψαμμιτικές ενστρώσεις μικρού

Μελέτη σήραγγας Cut & Cover στο τμήμα 1.1.3 της Ε.Ο. (Χ.Θ. 11+730 έως 11+995)



Σχήμα 1: Ευρύτερη περιοχή του έργου (απόσπασμα από το γεωλογικό χάρτη ΙΓΜΕ, Φύλλο Πάργα, Κλίμακα 1:50000).



Φωτογραφία 1: Γενική άποψη εισόδου του Cut & Cover στη Χ.Θ. 11+730. Διακρίνεται ο επιφανειακός μανδύας αποσάθρωσης (ελουβιακός μανδύας).



Φωτογραφία 2: Γενική άποψη εισόδου του Cut & Cover στη Χ.Θ. 11+995. Διακρίνεται ο επιφανειακός μανδύας αποσάθρωσης (ελουβιακός μανδύας).

πάχους ή ψαμμιτικούς ορίζοντες που το πάχος τους δεν ξεπερνά τα 3.0 – 4.0 μ. Ανάντη του άξονα εμφανίζεται κάπως αυξημένη η συμμετοχή των αδρομερών του φλύσχη (ψαμμίτες), σε σχέση με την λοιπή περιοχή. Το γεγονός αυτό όμως δεν αλλοιώνει την γενική εικόνα περί λεπτομερούς φάσης (ιλυολιθικής) του φλύσχη (Φωτογραφία 4).

Οι στρώσεις του φλύσχη παρουσιάζουν ελαφρές πτυχώσεις και διεύθυνση κλίσης από Β.Δ μέχρι Β.ΒΑ, ενώ εμφανίζουν γωνίες κλίσης κυμαινόμενες μεταξύ 15° - 45° . Η γενική εικόνα των στρώσεων δίνει μέση τιμή περίπου $35^{\circ}/40^{\circ}$ (κλίση / διεύθυνση). Ύπαρξη συστηματικών ομάδων άλλων ασυνεχειών, εκτός από τις στρώσεις, τόσο κατά τη χαρτογράφηση όσο και από την εξέταση των πυρήνων των ερευνητικών γεωτρήσεων στην περιοχή δεν φαίνεται να διακρίνουν την περιοχή του έργου.

Στο τμήμα εισόδου των δύο κλάδων του Cut & Cover (περί την Χ.Θ. 11+900), όπου κυριαρχούν μονότονα τα υλικά της λεπτομερούς φάσης του Ολιγοκαινικού φλύσχη, παρατηρούνται - ανάντη προς τα βόρεια - περιορισμένης έκτασης φαινόμενα ολισθήσεων και μικροερπυσμών στον ελουβιακός μανδύα του ιλυολιθικού φλύσχη. Επίσης η περιοχή κατάντη και ΝΔ της Χ.Θ. 11+730 (θέση εισόδου του Cut & Cover), που περικλείεται από τις ισοϋψείς +300 έως +285 από Χ.Θ.11+620 έως Χ.Θ. 11+750, εμφανίζει εδαφικές αστάθειες (μικροολισθήσεις και ερπυσμούς). Η κατείσδυση μικρών ποσοτήτων επιφανειακού νερού κατά τη βροχερή περίοδο, η κυκλοφορία του νερού μέσω των παραπλεύρων εκτεινομένων ασβεστολιθικών κορημάτων, αργιλικών υλικών του μανδύα αποσάθρωσης και λείων επιφανειών ασυνεχειών που εμφανίζουν οι ιλυόλιθοι, ευνοούν το φαινόμενο αυτό.

Στο τμήμα των βορείων ανάντη κλιτύων της εξόδου του Cut & Cover έχουν αποτεθεί ασβεστολιθικά πλευρικά κορήματα, τα οποία καταλαμβάνουν έκταση περικλειόμενη μεταξύ του νοτίου κατάντη ορίου του επωθημένου επάνω στον ιλυολιθικό Ιόνιο φλύσχη ασβεστολιθικού καλύμματος, από την ισοϋψή +430 μέχρι την ισοϋψή +336. Το πάχος τους κυμαίνεται από 1.5 έως 3.0m. Αυτά προέρχονται από τους βορείως και ανάντη εμφανισθέντες ανθρακικούς σχηματισμούς και δεν αναμένεται να συναντηθούν κατά την εκσκαφή του Cut & Cover.

Αρκετά ανάντη του ρέματος Λυκοπόδι, ανάντη στην αντίπερα κλιτύ, σημειώνεται μία ακόμα ασβεστολιθική εμφάνιση, η οποία αποτελεί κάλυμμα το οποίο έχει επιππεύσει τον φλύσχη, ενώ το ενδιάμεσο τμήμα στο ρέμα Λυκοπόδι έχει διαβρωθεί και απουσιάζει. Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται οριζοντιογραφία της γεωλογίας της περιοχής του έργου ενώ στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται χαρακτηριστική γεωλογική διατομή.

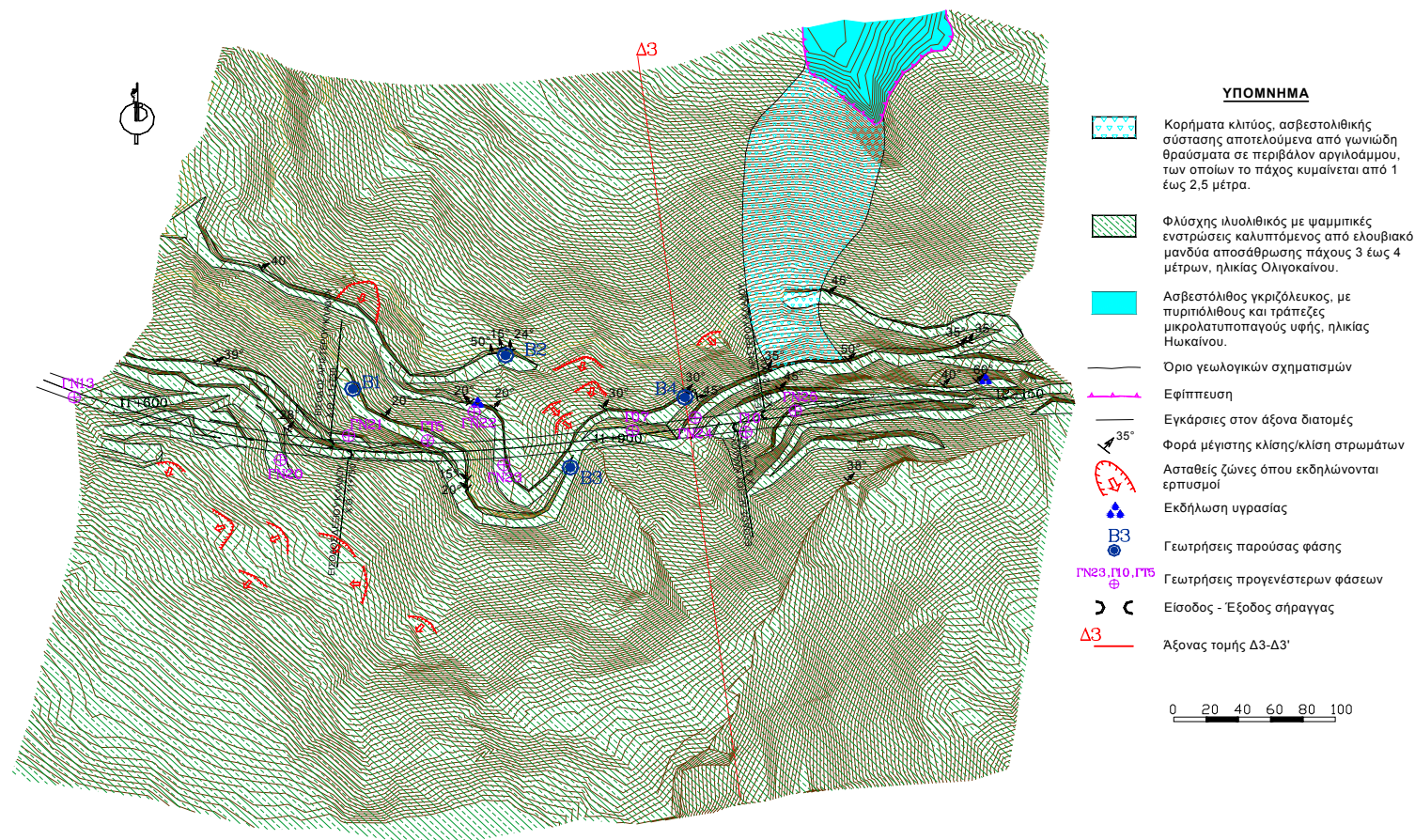
Από πλευράς τεκτονικής στην ευρύτερη περιοχή της μελέτης επικρατεί γενικά ο πτυχογόνος τεκτονισμός. Οι κύριες διευθύνσεις των ρηγμάτων είναι ΒΔ-ΝΑ και σχετίζεται με τις μεγάλες τεκτονικές γραμμές Δ.ΝΔ-Α.ΒΑ. Οι τεκτονικές αυτές διεργασίες έχουν επηρεάσει σημαντικά τη διαμόρφωση του ανάγλυφου και έχουν δημιουργήσει κερματισμό στους βραχώδεις σχηματισμούς με επίδραση στις μηχανικές τους ιδιότητες.



Φωτογραφία 3: Έντονα αποσαθρωμένος ιλυόλιθος με χαρακτηριστική στρώση.

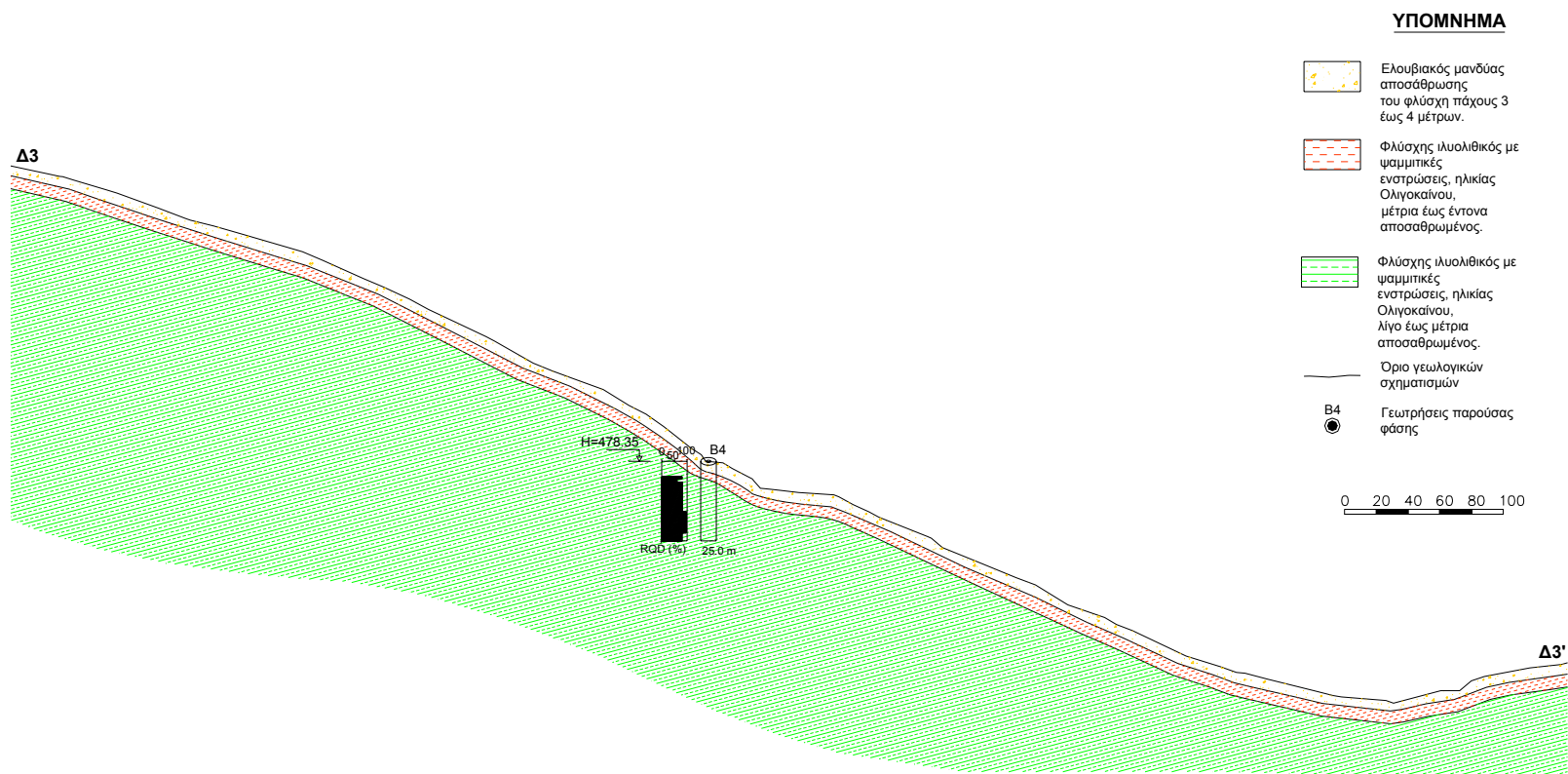


Φωτογραφία 4: Πρανή εκσκαφής όπου διακρίνεται το ιλυολιθικό υπόβαθρο, πολυπτυχωμένο στη θέση αυτή.



Σχήμα 2: Γεωλογία περιοχής μελέτης και θέσεις γεωτρήσεων.

Μελέτη σήραγγας Cut & Cover στο τμήμα 1.1.3 της Ε.Ο. (Χ.Θ. 11+730 έως 11+995)



Σχήμα 3: Γεωλογική τομή Δ3-Δ3'

Εξαιτίας των πτυχώσεων και της διαφορετικής ελαστικότητας μεταξύ του σχηματισμού των ιλυολίθων και ψαμμιτών παρατηρούνται εναλλαγές αποσαθρωμένων ιλυολίθων κυρίως στις καμπές των πτυχώσεων, με κερματισμένες ζώνες ψαμμιτών. Τα επίπεδα ασυνεχειών βαίνουν παράλληλα και κάθετα με τη στρώση, είναι πυκνά, ενώ οι επιφάνειες τους στην πλειοψηφία τους λείες και αποσαθρωμένες.

Ως προς την υδρογεωλογική τους συμπεριφορά τα ασβεστολιθικά κορήματα συμπεριφέρονται ως υδροπερατοί σχηματισμοί, οι χαλαρές εδαφικές αποθέσεις ως ημιπερατοί σχηματισμοί (αναλόγως της συμμετοχής των λεπτομερών υλικών) και οι ιλυόλιθοι ως πολύ μικρής περατότητας σχηματισμοί.

Η στάθμη του υδροφόρου βρίσκεται συστηματικά κάτω από την ερυθρά της οδού το οποίο είναι άλλωστε συμβατό με την παρουσία γεωυλικού μικρής περατότητας. Σύμφωνα λοιπόν και με τις μετρήσεις που έγιναν προκύπτει η θεώρηση στάθμης υδροφόρου ορίζοντα κάτω από το δάπεδο εκσκαφής. Πάντως, συντηρητικά και για τις ανάγκες των αναλύσεων κρίθηκε σκόπιμο να υιοθετηθεί στάθμη υδροφόρου ορίζοντα 5m πάνω από το δάπεδο εκσκαφής (δηλ. 1.50 έως 2.00m. πάνω από την ερυθρά), ώστε να καλυφθεί το ενδεχόμενο απότομης αύξησης της παρατηρηθείσης από τις γεωτεχνικές έρευνες στάθμης.

3. ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ

Στο μεγαλύτερο μήκος του τμήματος αυτού η ερυθρά της χάραξης είναι τοποθετημένη σημαντικά χαμηλότερα του φυσικού εδάφους (30 m και πλέον). Κατά συνέπεια, καθώς το ύψος των δημιουργούμενων πρανών υπερβαίνει τα 25 m και σύμφωνα με τις επιταγές της Απόφασης Έγκρισης των Περιβαλλοντικών Όρων για το ευρύτερο τμήμα "Ηγουμενίτσα – Βροσίνια", η διέλευση στο τμήμα αυτό της Οδού επιβάλλεται να γίνει με τη μέθοδο Cut & Cover ή με σήραγγα.

Η λύση διέλευσης με σήραγγα θα παρουσίαζε μεγάλα τεχνικά προβλήματα (πολύ μικρή επικάλυψη του αριστερού κλάδου σε όλο το μήκος λόγω υποπαράλληλης διάταξης της χάραξης με αυτήν του πρανούς, σχετικά ασθενείς γεωλογικοί σχηματισμοί, δυσχερής διαμόρφωση μετώπων κλπ). Κατά συνέπεια, κρίθηκε ότι δεν είναι σκόπιμη η περαιτέρω εξέταση της παραπάνω λύσης, καθώς μάλιστα εκτιμήθηκε ότι και το κόστος της θα ήταν δυσανάλογα υψηλό.

Στα πλαίσια της Προμελέτης είχε διερευνηθεί η δυνατότητα διέλευσης της οδού με εφαρμογή της μεθόδου Cut & Cover. Για την μείωση της έκτασης των εκσκαφών, η Προμελέτη πρότεινε την εφαρμογή της τεχνικής "Τοίχου Βερολίνου", ύψους έως 15m στα όρια του τεχνικού από σκυρόδεμα και την δημιουργία ανοικτών πρανών με σχετικά ήπιες κλίσεις καθώς και ενδιάμεσου αναβαθμού πάνω από τον "Τοίχο Βερολίνου".

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης επανεξετάστηκε η αναγκαιότητα της εφαρμογής της τεχνικής "Τοίχου Βερολίνου" για την κατασκευή του Cut & Cover, καθώς μάλιστα η εν λόγω τεχνική είναι χρονοβόρα και δαπανηρή. Διερευνήθηκε εν προκειμένω η δυνατότητα υλοποίησης προσωρινής ανοικτής εκσκαφής, με χρήση συμβατικών μέτρων αντιστήριξης.

Από την μελέτη των λύσεων προέκυψε ότι η διέλευση του τεχνικού με ανοικτή εκσκαφή και με χρήση συμβατικών μέτρων αντιστήριξης είναι εφικτή, καθώς το συνολικό ύψος των προσωρινών πρανών με την λύση αυτή δεν υπερβαίνει κατά πολύ, λόγω της μορφολογίας της περιοχής, αυτό που προκύπτει με την εφαρμογή της τεχνικής "Τοίχου Βερολίνου". Βεβαίως, οι όγκοι εκσκαφής οι οποίοι προκύπτουν με τη λύση αυτή είναι μεγαλύτεροι, πλην όμως σημαντικό ποσοστό των προϊόντων εκσκαφής χρησιμοποιείται για την κατασκευή της επανεπίχωσης του τεχνικού, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις της παρ. 8 της Απόφασης Έγκρισης των Περιβαλλοντικών Όρων.

Κατά συνέπεια, η λύση η οποία τελικά προκρίθηκε, μελετήθηκε και ήδη κατασκευάζεται είναι αυτή της διέλευσης της Οδού με χρήση της μεθόδου Cut & Cover σε ανοικτή εκσκαφή και με χρήση συμβατικών μέτρων αντιστήριξης.

4. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

Στην εν λόγω περιοχή είχαν αρχικά πραγματοποιηθεί γεωτεχνικές έρευνες από το Γραφείο Μάλιου. Στη συνέχεια, προκειμένου να καλυφθούν ορισμένα κενά ως προς τις απαραίτητες γεωτεχνικές πληροφορίες για την εκπόνηση της μελέτης πραγματοποιήθηκε νέα έρευνα από την εταιρεία igi Niedermeyer Institute GmbH.

Η πρώτη γεωτεχνική έρευνα περιελάμβανε την εκτέλεση των γεωτρήσεων και φρεάτων ΓΝ21, ΓΤ5, ΓΝ22, Φ3, Φ4, ΓΤ6, ΓΝ23, ΓΟ7, ΓΝ24 και Γ10 (Γραφείο Μάλιου 1999). Κατά τη δεύτερη γεωτεχνική έρευνα εκτελέστηκαν οι γεωτρήσεις Β1, Β2, Β3 και Β4 με βάθη 25.60m, 45.30m, 25.00m, και 25.00m αντίστοιχα (igi Niedermeyer Institute GmbH., 2000). Οι θέσεις των γεωτρήσεων φαίνονται στο Σχήμα 2.

Εν γένει υπάρχουν τρεις ζώνες: (α) μανδύας αποσάθρωσης-επιφανειακά, (β) έντονα αποσαθρωμένος ιλυόλιθος (φλύσχος) και (γ) ελαφρά αποσαθρωμένος ιλυόλιθος (φλύσχος). Οι έρευνες έδειξαν ότι τα πάχη των γεωτεχνικών ζωνών δεν διαφοροποιούνται ουσιαστικά στην περιοχή του έργου. Για τον καθορισμό των τιμών των γεωτεχνικών παραμέτρων σχεδιασμού κάθε ζώνης, έγινε χρήση αφ' ενός των αξιολογημένων αποτελεσμάτων των γεωτεχνικών ερευνών και σχετικών εργαστηριακών δοκιμών, και αφετέρου των σχετικών κριτηρίων από τη διεθνή βιβλιογραφία.

Για τα υλικά του μανδύα αποσάθρωσης του φλύσχη τα αποτελέσματα της πρώτης γεωτεχνικής έρευνας έδειχναν ότι:

- Η συνοχή c' (όπως προέκυψε από δοκιμές διάτμησης) κυμαίνεται από 4.5 έως 53.5 kPa με μέση τιμή 29 kPa, ενώ από δοκιμές Curp προέκυψε διακύμανση από 13.7 έως 24.5 kPa, με μέση τιμή 19.1 kPa.
- Η γωνία διατμητικής αντοχής ϕ' κυμαίνεται από 17.7° έως 34.6° με μέση τιμή 26.7° σε δοκιμές διάτμησης και από 23.5° έως 25.6°, με μέση τιμή 24.6° σε δοκιμές Curp.
- Η αστράγγιστη διατμητική αντοχή c_u κυμαίνεται από 50 έως 140 kPa.
- Το υγρό φαινόμενο βάρος γ κυμαίνεται από 20.0 kN/m³ έως 21.6 kN/m³ με μέση τιμή 20.6 kN/m³.

Για την εκτίμηση των παραμέτρων σχεδιασμού κρίθηκε σκόπιμο να δοθεί βάρος στα αποτελέσματα των τριαξονικών δοκιμών οι οποίες συνήθως είναι πλέον αξιόπιστες και έτσι προτάθηκαν οι τιμές του γεωτεχνικού προσομοιώματος που παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.

Όσον αφορά τον έντονα αποσαθρωμένο ιλυόλιθο, η τιμή του δείκτη $I_s(50)$ κυμαίνεται από 91 έως 165 kPa, με μέση τιμή 128 kPa. Ως εκ τούτου, η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη q_u που εκτιμάται εμμέσως συναρτήσει του δείκτη $I_s(50)$ κυμαίνεται από 2173 kPa έως 3962 kPa (μέση τιμή 3068 kPa) σύμφωνα με τη σχέση $q_u = 24 \cdot I_s(50)$. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές του δείκτη $I_s(50)$ κρίνονται χαμηλές και πιθανόν οφείλονται στην αποκόλληση κατά μήκος των ασθενέστερων επιφανειών στρώσης του ιλυόλιθου κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Εξάλλου σημειώνεται ότι και η βιβλιογραφία (Bieniawski, 1989) συνιστά σε μαλακούς βράχους (κάτω των 25 MPa), η αντοχή να προκύπτει από δοκιμές αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη (οι οποίες δεν κατέστη δυνατόν να εκτελεστούν λόγω αδυναμίας απόληψης άθικτων πυρήνων βράχου), και όχι από δοκιμές σημειακής φόρτισης. Οι τιμές των διατμητικών παραμέτρων του υλικού αυτού προσδιορίστηκαν βάσει του κριτηρίου Hoek – Brown (Hoek et. al 1995), για βάθος επιφάνειας ολίσθησης έως 8m καθώς το βάθος του εν λόγω σχηματισμού από το φυσικό έδαφος δεν υπερβαίνει τα 8 m. Οι χαρακτηριστικές τιμές παραμέτρων για την εφαρμογή του κριτηρίου ελήφθησαν ως ακολούθως :

- Δείκτης GSI = 25
- Σταθερά $m_i = 9$ (ιλυόλιθος)
- Αντοχή πυρήνος σε ανεμπόδιστη θλίψη $\sigma_c = 5$ MPa
- Φαινόμενο βάρος βραχώμαζας $\gamma = 24$ kN/m³

Έτσι προέκυψαν $c' = 30$ kPa, $\phi' = 38.57^\circ$ και $E = 530$ MPa ως μέσες τιμές μηχανικών παραμέτρων του βράχου. Για τον σχεδιασμό όμως του έργου επιλέχθηκε ένα ασφαλές και ταυτόχρονα ρεαλιστικό κάτω όριο των τιμών των μηχανικών ιδιοτήτων όπως αυτό παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.

Οι δοκιμές σε δείγματα του ελαφρά αποσαθρωμένου ιλυόλιθου έδειξαν ότι το υγρό φαινόμενο βάρος γ κυμαίνεται από 23.8 kN/m³ έως 25.4 kN/m³ με μέση τιμή 24.5 kN/m³, το ξηρό φαινόμενο βάρος γ_d , από 23.0 kN/m³ έως 24.8 kN/m³ με μέση τιμή 23.7 kN/m³, και η υγρασία από 1.7% έως 4.3%, με μέση τιμή 3.1%. Σύμφωνα με τις εργαστηριακές δοκιμές ο δείκτης $I_s(50)$ κυμαίνεται από 168 έως 600 kPa με μέση τιμή 408 kPa (αντοχή σε σημειακή φόρτιση), η αντοχή q_u από 12121 έως 72010 kPa, με μέση τιμή 34366 kPa (ανεμπόδιστη θλίψη) και η αντοχή σ_i από 973 έως 2066 kPa, με μέση τιμή 1521 kPa (Brazilian test). Βάσει των αποτελεσμάτων των δοκιμών σημειακής φόρτισης, εκτιμήθηκε έμμεσα η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη q_u ($q_u = 24 \cdot I_s(50)$), η οποία υπολογίστηκε από 4033 kPa έως 14463 kPa, με μέση τιμή 9796 kPa. Το μέτρο ελαστικότητας σε αποφόρτιση (όπως εκτιμήθηκε στο εργαστήριο) κυμαίνεται από 10134 MPa έως 89226 MPa, με μέση τιμή 35243 MPa, ενώ το μέτρο ελαστικότητας σε επαναφόρτιση από 4677 MPa έως 33991 MPa, με μέση τιμή 10093 MPa. Οι τιμές των διατμητικών παραμέτρων του υλικού αυτού προσδιορίστηκαν βάσει του κριτηρίου Hoek – Brown, για μεταβαλλόμενα βάθη επιφάνειας ολίσθησης (έως 10m, 20m, και 30m αντίστοιχα). Οι χαρακτηριστικές τιμές παραμέτρων που λήφθηκαν για την εφαρμογή του είναι:

- Δείκτης GSI = 35
- Σταθερά $m_i = 9$ (ιλυόλιθος)
- Αντοχή πυρήνος σε ανεμπόδιστη θλίψη $\sigma_c = 20$ MPa
- Φαινόμενο βάρος βραχώμαζας $\gamma = 25$ kN/m³

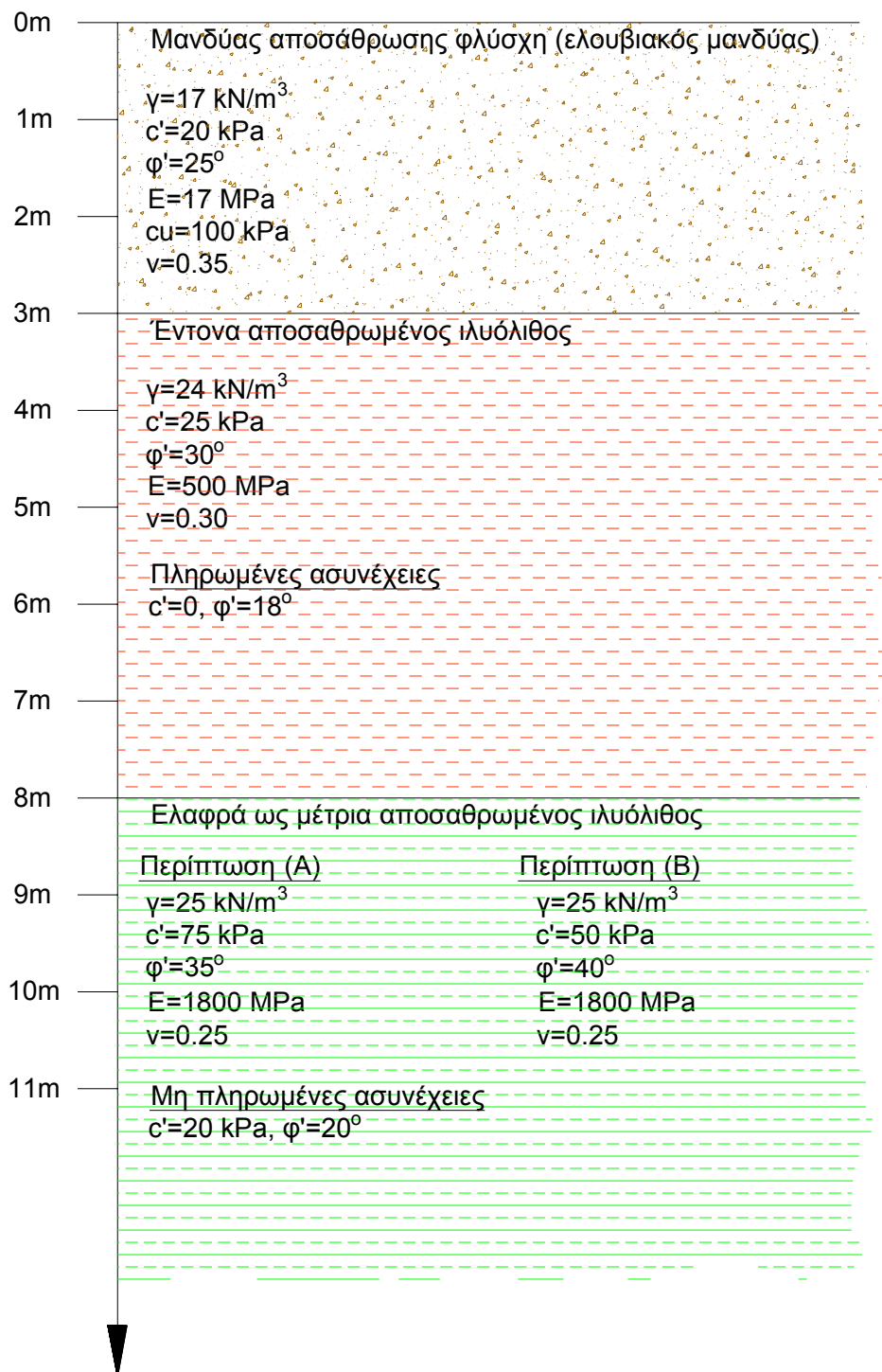
Με βάση αυτά εξήχθηκαν ορισμένοι συνδυασμοί παραμέτρων, τελικά δε υιοθετούνται ως βασικές παράμετροι $c' = 100$ kPa, $\phi' = 40^\circ$ και $E = 1800$ MPa.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι για την εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής του βράχου, ως πλέον αξιόπιστες θεωρούνται οι δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης, ότι οι τιμές του μέτρου ελαστικότητας, όπως προσδιορίστηκαν στο εργαστήριο, αφορούν σε μέγιστες σημειακές τιμές του μέτρου ελαστικότητας άθικτων πυρήνων βράχου κατά την αποφόρτιση των δειγμάτων (ως πλέον αντιπροσωπευτικές θεωρούνται οι τιμές του μέτρου επαναφόρτισης) και ότι εντός της εν λόγω ζώνης είναι πιθανή η παρουσία ασθενών ή εντονότερα αποσαθρωμένων περιοχών πετρώματος κρίθηκε σκόπιμο οι αναλύσεις ευσταθείας να εκτελεστούν με τους δύο συνδυασμούς τιμών παραμέτρων που παρουσιάζονται στο Σχήμα 4. Οι επιλεγμένες παράμετροι αντιπροσωπεύουν ένα ασφαλές κάτω όριο για τα υλικά της υπόψη ζώνης και με τον προσδιορισμό δύο ενδεχόμενων περιπτώσεων εξετάζεται η επιρροή στις αναλύσεις της μείωσης της μέσης τιμής συνοχής κατά 25% με μείωση της τιμής της γωνίας τριβής κατά 5° και η μείωση κατά 50% της συνοχής χωρίς μείωση της γωνίας τριβής.

Τα προϊόντα εκσκαφών εκτιμήθηκαν ως ιλυολιθικής σύστασης, βαθμού αποσάθρωσης ελαφρού έως έντονου, με γαιώδη υφή στο μεγαλύτερο ποσοστό τους και γωνία διαμητικής αντοχής μετά τη συμπύκνωση ελαφρώς ανώτερη από αυτή του αποσαθρωμένου επιφανειακού καλύμματος (ελουβιακού μανδύα). Η συνοχή του υλικού επίχωσης εκτιμήθηκε ότι θα είναι ελάχιστη και οι τιμές που υιοθετήθηκαν για τις γεωτεχνικές παραμέτρους παρουσιάζονται στον Πίνακα 1, μαζί με τις αντίστοιχες τιμές για τα προϊόντα δανειοθαλάμων-λατομείων για τις οποίες η εκτίμηση είναι συντηρητική και βασίστηκε κυρίως στη σχετική εμπειρία.

Πίνακας 1: Παράμετροι σχεδιασμού για υλικά εκσκαφών και δανειοθαλάμων-λατομείου

Προϊόντα	γ (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E (MPa)	ν
Εκσκαφών	20	28	5	20	0.25
Δανειοθαλάμων	20	38	0	40	0.30



Σχήμα 4: Γεωτεχνικό προσομοίωμα

5. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΣΩΡΙΝΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ

5.1 Κριτήρια σχεδιασμού πρανών

Για την κατασκευή του τεχνικού απαιτείται η εκτέλεση ανοικτών εκσκαφών, με δημιουργία πρανών συνολικού ύψους της τάξης των 50m. Το σχετικά μεγάλο ύψος πρανών προκύπτει κατά κύριο λόγο από το γεγονός ότι το υψόμετρο της ερυθράς στο εύρος κατάληψης της οδού (άκρο αριστερού κλάδου) είναι περίπου 30m κάτω από το φυσικό έδαφος αλλά και από το ότι εμφανίζεται απότομη μορφολογία σε τμήμα της περιοχής, σε συνδυασμό με την ανάγκη εφαρμογής σχετικά ήπιων κλίσεων στα ανώτερα τμήματα των πρανών λόγω της σχετικής χαλαρότητας των επιφανειακών σχηματισμών.

Τα πρανή των εκσκαφών διακρίνονται σε "προσωρινά", αυτά δηλαδή που επανεπιχώνονται μετά την κατασκευή του τεχνικού και σε "μόνιμα". Έτσι ως μόνιμα χαρακτηρίζονται κατ' αρχήν τα πρανή στο τμήμα της οδού εκτός των Χ.Θ. 11+724 και 11+996 του αριστερού κλάδου (αν και τμήμα τουλάχιστον των εν λόγω πρανών επανεπιχώνεται, λόγω της προβλεπόμενης κατασκευής καθοδηγητικών τοίχων σε επέκταση των τεχνικών). Τα λοιπά πρανή (μεταξύ δηλ. των Χ.Θ. 11+724 και 11+996 του αριστερού κλάδου) θεωρούνται ως προσωρινά, με την εξαίρεση των τμημάτων των πρανών κλίσης 1:1 τα οποία υπέρκεινται του δημιουργούμενου αναβαθμού πλάτους 5m, καθώς σημαντικό τμήμα τους δεν επανεπιχώνεται, και κρίθηκε σκόπιμο συντηρητικά αυτά να ελεγχθούν ως μόνιμα.

Ο σχεδιασμός των πρανών του αριστερού κλάδου της χάραξης έγινε λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη δημιουργίας επί της επιφάνειας των εκσκαφών προσπελάσεων για την εκσκαφή και επανεπίχωση του τεχνικού, με τήρηση κατά μήκος κλίσεων που να επιτρέπουν την κυκλοφορία μηχανικού εξοπλισμού, καθώς και κατασκευής τάφρων απορροής ομβρίων, σε θέσεις που αυτό επιβάλλεται από την γεωμετρία των εκσκαφών. Για τον λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (πλάτος - κατά μήκος και εγκάρσια κλίση) του αναβαθμού που δημιουργείται πάνω από τα προσωρινά πρανή κλίσης 1:1.5 (ο:κ) να είναι τέτοια που να επιτρέπουν την επ' αυτού κυκλοφορία μηχανικού εξοπλισμού, ώστε να διευκολυνθεί η επιθεώρηση των πρανών και η απορροή των ομβρίων κατά τη διάρκεια της κατασκευής, οι εργασίες επανεπίχωσης, οι εργασίες φύτευσης των υπερκειμένων μόνιμων πρανών κλπ. Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η οριζοντιογραφία των εκσκαφών.

Τα επί μέρους κριτήρια που εφαρμόστηκαν για τον σχεδιασμό τόσο των μόνιμων όσο και των προσωρινών πρανών της χάραξης ήταν τα ακόλουθα :

Μόνιμα πρανή

- Γεωμετρία πρανούς (κλίσεις κλπ) η οποία να διασφαλίζει την ευστάθεια των εκσκαφών και για τις δυσμενέστερες εκτιμηθείσες τιμές γεωτεχνικών παραμέτρων, με τήρηση των απαιτήσεων του ΟΣΜΕΟ προκειμένου περί γαιωδών ή βραχωδών πρανών αντίστοιχα. Εν προκειμένω, επελέγη γενικώς στα εν λόγω πρανή τήρηση κλίσης 1:1.
- Τήρηση συνολικού ύψους μόνιμων πρανών χαμηλότερων των 30 m, με κατασκευή ενδιάμεσου αναβαθμών πλάτους 3 m ανά 15 m, για περιβαλλοντικούς λόγους.

- Όπου οι εκσκαφές είναι σε βράχο, χρήση μεθόδου προρρηγμάτωσης στις ανατινάξεις για την αποφυγή της διαταραχής της βραχομάζας των αποκαλυπτόμενων πρανών και για την επίτευξη ομαλής τελικής επιφάνειας εκσκαφής.
- Πρόβλεψη συστήματος αποστράγγισης των πρανών (με διάτρηση αποστραγγιστικών οπών και κατασκευή τάφρων ομβρίων), προβλέποντας την απαγωγή των υδάτων σε ασφαλείς θέσεις (φυσικοί αποδέκτες κλπ).
- Φυτοκάλυψη για την διασφάλιση της επιφανειακής ευστάθειας των πρανών και για την εναρμόνιση με το φυσικό περιβάλλον (στόμια τεχνικών κλπ).

Προσωρινά πρανή

- Σχεδιασμός των πρανών με κριτήρια την επίτευξη αφενός οικονομικής λύσης, αφετέρου δε αποδεκτών τιμών συντελεστών ασφαλείας για την βραχυχρόνια ευστάθεια (με χρήση και μέτρων προστασίας) και για τις δυσμενέστερες αναμενόμενες τιμές γεωτεχνικών παραμέτρων των υλικών (ύψη πρανών χωρίς ενδιάμεσους αναβαθμούς έως 25m, σχετικά απότομες κλίσεις πρανών).
- Μετά την κατασκευή του Cut & Cover και την επανεπίχωση της κατασκευής επίτευξη συντελεστών ασφαλείας ίσων με αυτούς που ο ΟΣΜΕΟ ορίζει ως αποδεκτούς για μόνιμα πρανή.
- Χρήση μεθόδου προρρηγμάτωσης στα βραχώδη τμήματα των πρανών, για αποφυγή διαταραχών της βραχομάζας.
- Εφαρμογή μέτρων προσωρινής υποστήριξης (εκτοξ. σκυρόδεμα – ηλώσεις βράχου - αγκυρώσεις κλπ) στα τμήματα με απότομες κλίσεις (πλέον απότομες της 1:1), λαμβάνοντας βεβαίως υπόψη ότι τα πρανή επανεπιχώνονται και κατά συνέπεια τα υπόψη μέτρα δεν θα είναι ορατά κατά την λειτουργία της οδού.
- Διάνοιξη καννάβου αποστραγγιστικών οπών στα πρανή για την απαγωγή κατεισδύοντων ομβρίων, τυχόν εγκλωβισμένων οριζόντων κλπ.

Τα πρανή του δεξιού κλάδου, τα οποία στο σύνολό τους σχεδόν είναι προσωρινά, σχεδιάστηκαν χωρίς την εφαρμογή κάποιων μέτρων προστασίας αλλά με ιδιαίτερα ήπια κλίση (3:1, ο:κ), λόγω της γεωμετρίας των στρώσεων του ιλυολιθικού φλύσχη της περιοχής (ομόρροπες προς το πρανές και με ήπια κλίση). Σημειώνεται ότι λόγω της μορφολογίας του φυσικού εδάφους η εφαρμογή ηπιότερων κλίσεων πρανών δεν συνεπάγεται αναλογική αύξηση των ποσοτήτων εκσκαφών.

Ο καθορισμός του υψομέτρου του δαπέδου της γενικής εκσκαφής έγινε σε κάθε διατομή ξεκινώντας από το υψόμετρο της χαμηλότερης ερυθράς των δύο κλάδων, αφαιρώντας στη συνέχεια την σταθερή απόσταση ερυθράς – δαπέδου τεχνικού από σκυρόδεμα και τέλος αφήνοντας επιπλέον περιθώριο 0.20m για την διάστρωση σε επαφή με τη θεμελίωση σκυροδέματος καθαριότητας αλλά και για την διασφάλιση κάποιου πρόσθετου περιθωρίου ασφαλείας. Επιπλέον, κρίθηκε σκόπιμο να αφεθεί οριζόντιο περιθώριο 2.00m στο δάπεδο εκσκαφής, μεταξύ εξωτερικής παρειάς σκυροδέματος του τεχνικού και του πρανούς, για τη διευκόλυνση του καλουπώματος, των εργασιών επανεπίχωσης κλπ. Έτσι, η οριζόντια απόσταση μεταξύ του άξονα της Οδού και του ποδός του πρανούς (και στους δύο κλάδους) προέκυψε ίση με 13.85m.



5.2 Αναλύσεις ευσταθείας

Στα πλαίσια της διερεύνησης της ευστάθειας των δημιουργούμενων πρανών, εξετάστηκε κατ' αρχήν η μορφολογία πέντε διατομών από τις οποίες δύο είναι τοποθετημένες σε αντιπροσωπευτικές θέσεις των στομιών εισόδου και εξόδου αντίστοιχα, άλλες δύο κείνται στις κατά προσέγγιση θέσεις δημιουργίας των μεγίστου ύψους πρανών του αριστερού κλάδου της οδού και μία ακολουθεί μικρή μορφολογική ταπείνωση. Για την εκτέλεση των σχετικών αναλύσεων ευσταθείας χρησιμοποιήθηκε η πλέον κρίσιμη από πλευράς συνολικής ευστάθειας των πρανών διατομή. Προκειμένου να οριστικοποιηθεί η γεωμετρία των εκσκαφών στην διατομή αυτή εξετάστηκαν διάφορες γεωμετρίες πρανών, με κριτήρια αφ' ενός την επιθυμία διαμόρφωσης του κατώτερου τμήματος του πρανούς με ενιαία κλίση και στο σύνολό του εντός της γεωτεχνικής ζώνης 3 (ελαφρά αποσαθρωμένος ιλυόλιθος), αφ' ετέρου τη δημιουργία ενδιάμεσου αναβαθμού πλάτους 5m (ώστε να είναι δυνατή η επ' αυτού κυκλοφορία κλπ). Για την διαμόρφωση του ανώτερου τμήματος του πρανούς επελέγη επίσης η τήρηση ενιαίας κλίσης. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συνδυασμοί κλίσεων πρανών που εξετάστηκαν και τα αντίστοιχα ύψη των επί μέρους πρανών εκσκαφής τα οποία προέκυψαν.

Πίνακας 2: Συνδυασμοί κλίσεων πρανών που εξετάστηκαν και τα αντίστοιχα ύψη των επί μέρους πρανών εκσκαφής.

Εξετασθείσα περίπτωση	Κλίση ανώτερου τμήματος πρανούς (ο:κ)	Κλίση κατώτερου τμήματος πρανούς (ο:κ)	Ύψος ανώτερου τμήματος πρανούς (m)	Ύψος κατώτερου τμήματος πρανούς (m)
1	1.25:1	1:2	30.28	23.86
2	1:1	1:2	26.02	23.86
3	1.25:1	1:1.5	30.72	25.78
4	1:1	1:1.5	25.98	25.78
5	1.25:1	1:1.25	30.66	28.81
6	1:1	1:1.25	24.54	28.81

Πρέπει επίσης να τονιστεί ότι προκειμένου τα αποτελέσματα να είναι αντιπροσωπευτικά για όλο το εξεταζόμενο μήκος των πρανών, όλες οι αναλύσεις των αριστερών (υψηλών) πρανών έγιναν με θεώρηση ενιαίας κλίσης (1:1) του ανώτερου τμήματος των πρανών, αν και κατά θέσεις ο τελικός σχεδιασμός επιβάλλει την υλοποίηση ενδιάμεσου αναβαθμού, με εκσκαφή πέραν της θεωρηθείσας κατά τις αναλύσεις γραμμής κλίσης 1:1, για λόγους καλύτερης περιβαλλοντικής προσαρμογής και υποβοήθησης της ανάπτυξης της βλάστησης. Είναι προφανές ότι σε αυτές τις περιπτώσεις η προαναφερθείσα θεώρηση προσφέρει ένα μικρό επιπλέον περιθώριο

ασφαλείας, καθώς στις θέσεις όπου υλοποιείται πρόσθετος αναβαθμός, αφαιρείται ένα μικρό τμήμα της κινούσας μάζας από το ανώτερο τμήμα των πρανών.

Ιδιαίτερες αναλύσεις κρίθηκε σκόπιμο να εκτελεστούν για την ευστάθεια των πρανών εκσκαφής του αριστερού κλάδου στις περιοχές των στομιών του εφόσον τα πρανά αυτά στο μεγαλύτερο ύψος δεν επανεπιχώνονται και άρα αντιμετωπίζονται στο σύνολό τους ως μόνιμα πρανά οδοποιίας. Στις περιοχές αυτές υιοθετήθηκε η πρόβλεψη ενδιάμεσου αναβαθμού, ώστε τα επί μέρους τμήματα των πρανών να έχουν ύψη όχι άνω των 15m, καθώς και η τήρηση εκατέρωθεν του αναβαθμού κλίσης πρανών 1:1.

Πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί ευσταθείας των πρανών για όλους τους συνδυασμούς φορτίσεων που προβλέπει ο ΟΣΜΕΟ προκειμένου για πρανά οδοποιίας. Κατά τις αναλύσεις ελέγχθηκαν οι ακόλουθοι συνδυασμοί τιμών διατμητικών παραμέτρων:

Συνδυασμός Α Ζώνη 1 : $\gamma = 17 \text{ KN/m}^3$, $c' = 20 \text{ kPa}$, $\phi' = 25^\circ$
 Ζώνη 2 : $\gamma = 24 \text{ KN/m}^3$, $c' = 30 \text{ kPa}$, $\phi' = 35^\circ$
 Ζώνη 3 : $\gamma = 25 \text{ KN/m}^3$, $c' = 100 \text{ kPa}$, $\phi' = 40^\circ$

Συνδυασμός Β Ζώνη 1 : $\gamma = 17 \text{ KN/m}^3$, $c' = 20 \text{ kPa}$, $\phi' = 25^\circ$
 Ζώνη 2 : $\gamma = 24 \text{ KN/m}^3$, $c' = 25 \text{ kPa}$, $\phi' = 30^\circ$
 Ζώνη 3 : $\gamma = 25 \text{ KN/m}^3$, $c' = 75 \text{ kPa}$, $\phi' = 35^\circ$

Συνδυασμός Γ Ζώνη 1 : $\gamma = 17 \text{ KN/m}^3$, $c' = 20 \text{ kPa}$, $\phi' = 25^\circ$
 Ζώνη 2 : $\gamma = 24 \text{ KN/m}^3$, $c' = 25 \text{ kPa}$, $\phi' = 30^\circ$
 Ζώνη 3 : $\gamma = 25 \text{ KN/m}^3$, $c' = 50 \text{ kPa}$, $\phi' = 40^\circ$

Για τις αναλύσεις στις περιοχές των στομιών, όπου τα πρανά θεωρούνται μόνιμα, συντηρητικά κρίθηκε σκόπιμο οι έλεγχοι να γίνουν μόνο με τις τιμές διατμητικών παραμέτρων του δυσμενέστερου συνδυασμού Γ. Για τους ελέγχους ευσταθείας επί δυνατών επιφανειών ολίσθησης που ταυτίζονται με ασυνέχειες στρώσης του πετρώματος, λήφθηκαν οι παράμετροι $c' = 0$, $\phi' = 18^\circ$ (Ζώνη 2) και $c' = 20 \text{ kPa}$, $\phi' = 20^\circ$ (Ζώνη 3).

Τα πρανά του δεξιού κλάδου, τα οποία είναι σαφώς μειωμένου ύψους εν σχέσει με τα αντίστοιχα του αριστερού, διαμορφώθηκαν στο σύνολό τους με κλίση 3:1 (ο:κ), καθώς σύμφωνα με τη γεωλογική χαρτογράφηση η στρώση του ιλυολίθου εμφανίζεται εκεί περίπου παράλληλη με την διεύθυνση του πρανούς και με σχετικά ήπια κλίση (μεταβαλλόμενη από 20° έως 40° περίπου), ώστε να μην υφίσταται ανάγκη προσφυγής στην εφαρμογή εκτεταμένων, δαπανηρών και χρονοβόρων στην υλοποίηση μέτρων προστασίας.

Έλεγχοι ευσταθείας πρανών έγιναν με δύο διαφορετικές θεωρήσεις. Η πρώτη εξέτασε την πιθανότητα θραύσης των πρανών, θεώρηση η οποία δεν μπορεί να αποκλειστεί λόγω των εκτιμώμενων σχετικά χαμηλών τιμών των γεωτεχνικών παραμέτρων διατμητικής αντοχής της φλυσχικής βραχομάζας. Η δεύτερη θεώρηση, με δεδομένο ότι σύμφωνα με τη γεωλογική χαρτογράφηση η διεύθυνση των πρανών είναι περίπου παράλληλη με το επικρατούν σύστημα ασυνεχειών (στρώση) καθώς και το γεγονός ότι η ανάπτυξη άλλων συστημάτων ασυνεχειών στον ιλυόλιθο είναι περιορισμένη έως ασήμαντη, εξέτασε την περίπτωση εκδήλωσης επιπέδων ολισθήσεων στα πρανά επί του επιπέδου της στρώσης. Όσον αφορά τα πρανά του αριστερού κλάδου λόγω της αντίρροπης προς τα πρανά κατεύθυνσης του κύριου συστήματος ασυνεχειών

της περιοχής, δεν υφίσταται θέμα δημιουργίας συνθηκών επίπεδης ολίσθησης. Όσον αφορά τα πρηνή του δεξιού κλάδου του τεχνικού, αυτά είναι ομόρροπα με την στρώση και συνεπώς ευνοείται απόλυτα η δημιουργία επιπέδων ολισθήσεων. Προς αντιμετώπιση του προβλήματος, κρίθηκε σκόπιμη η εκσκαφή των πρηνών του δεξιού κλάδου με ήπια κλίση (3:1, ο:κ, ή 18° περίπου), δηλ. κλίση ηπιότερη από αυτήν των στρώσεων, οπότε απαλείφθηκε η δυνατότητα δημιουργίας επιπέδων ολισθήσεων.

Και οι δύο θεωρήσεις περιέλαβαν ελέγχους και με σεισμό, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στην παράγραφο 4.3.2. του ΟΣΜΕΟ. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον ΝΕΑΚ / 95 η ευρύτερη περιοχή του έργου υπάγεται στη ζώνη σεισμική επικινδυνότητας ΙΙΙ (σεισμική επιτάχυνση εδάφους $a=0.24$ g). Επίσης σύμφωνα με την § 5.4. του ΝΕΑΚ / 95 και προκειμένου περί φυσικών ή τεχνητών πρηνών, η ευστάθεια των πρηνών πρέπει να εξετάζεται με τη θεώρηση ταυτόχρονης επιβολής οριζόντιας (α_h) και κατακόρυφης επιτάχυνσης (α_v), ίσων αντίστοιχα με το 0.50 και το ± 0.25 της επιτάχυνσης α. Εν προκειμένω και για $a = 0.24$ g προκύπτει $a_h = 0.12$ g και $a_v = \pm 0.06$ g.

Όπως έχει προαναφερθεί ο υπόγειος ορίζοντας σε όλο το μήκος της χάραξης είναι κάτω από το δάπεδο εκσκαφής, ώστε να εκτιμάται κατ' αρχήν ότι τα πρηνή δεν επηρεάζονται από διακυμάνσεις της στάθμης του υδροφόρου, έστω και για την προβλεπόμενη από τον ΟΣΜΕΟ περίοδο επαναφοράς των πενήντα ετών. Εντούτοις, έγιναν πρόσθετοι έλεγχοι σε όλα τα πρηνή στην ευστάθεια των οποίων υπεισέρχεται η επιρροή της ανύψωσης του υδροφόρου (δηλ. σε όλα πλην του ανωτέρου τμήματος των πρηνών) και στους συνδυασμούς που εμφάνισαν τις χαμηλότερες τιμές συντελεστών ασφαλείας, για την περίπτωση ανύψωσης του υδροφόρου ορίζοντα κατά 5m πάνω από το δάπεδο εκσκαφής, παρ'ότι αυτή δεν κρίνεται πιθανή. Η ως άνω θεώρηση εκτιμάται ως ιδιαίτερα συντηρητική για τον επιπρόσθετο λόγο ότι σε όλα τα πρηνή θα διαταχθεί σύστημα αποστραγγιστικών οπών.

Ελήφθη επίσης υπόψη ανάπτυξη υδροστατικών πιέσεων λόγω πλήρωσης με όμβρια εφελκυστικών ρωγμών (tension cracks), οι οποίες ενδέχεται να εκδηλωθούν λόγω χαλάρωσης κλπ κατά την διαδικασία της εκσκαφής στο ανώτερο τμήμα των πρηνών. Η εφελκυστική ρωγμή θεωρήθηκε, επί το δυσμενέστερο, ως παράλληλη προς τα πρηνή, βάθους 5m και πλήρης νερού.

Σε όλες τις αναλύσεις ελέγχθηκε η τήρηση των επιβαλλομένων από τον ΟΣΜΕΟ ελαχίστων συντελεστών ασφαλείας, τόσο για τα θεωρούμενα ως γαιώδη ανώτερα τμήματα των πρηνών όσο και για τα λοιπά βραχώδη πρηνή εκσκαφής και για τους προβλεπόμενους συνδυασμούς φορτίσεων. Πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι η παραπάνω θεώρηση είναι συντηρητική, καθώς σημαντικό τμήμα των δημιουργούμενων πρηνών θα επανεπιχωθεί μετά την σκυροδέτηση του Cut & Cover, δηλ. σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα από την εκσκαφή. Κατά συνέπεια η τήρηση των απαιτούμενων από τον ΟΣΜΕΟ ελαχίστων συντελεστών για μόνιμα πρηνή εκσκαφών δημιουργεί στις περιπτώσεις αυτές ένα επί πλέον περιθώριο ασφαλείας.

Συγκεκριμένα, στην πλέον συνήθη περίπτωση (Περίπτωση 4) όπου το ανώτερο τμήμα του πρηνούς έχει κλίση 1:1 και το κατώτερο 1:1.5 (Σχήμα 6) προκύπτουν οι συντελεστές ασφαλείας που αναγράφονται στον Πίνακα 3. Σημειώνεται ότι για την ευστάθεια του ανωτέρου τμήματος του πρηνούς υιοθετήθηκε συντηρητικότερη αντιμετώπιση και οι έλεγχοι έγιναν μόνο για τον δυσμενέστερο συνδυασμό (Συνδυασμός Γ) καθώς πρόκειται για το πλέον επιφανειακό τμήμα

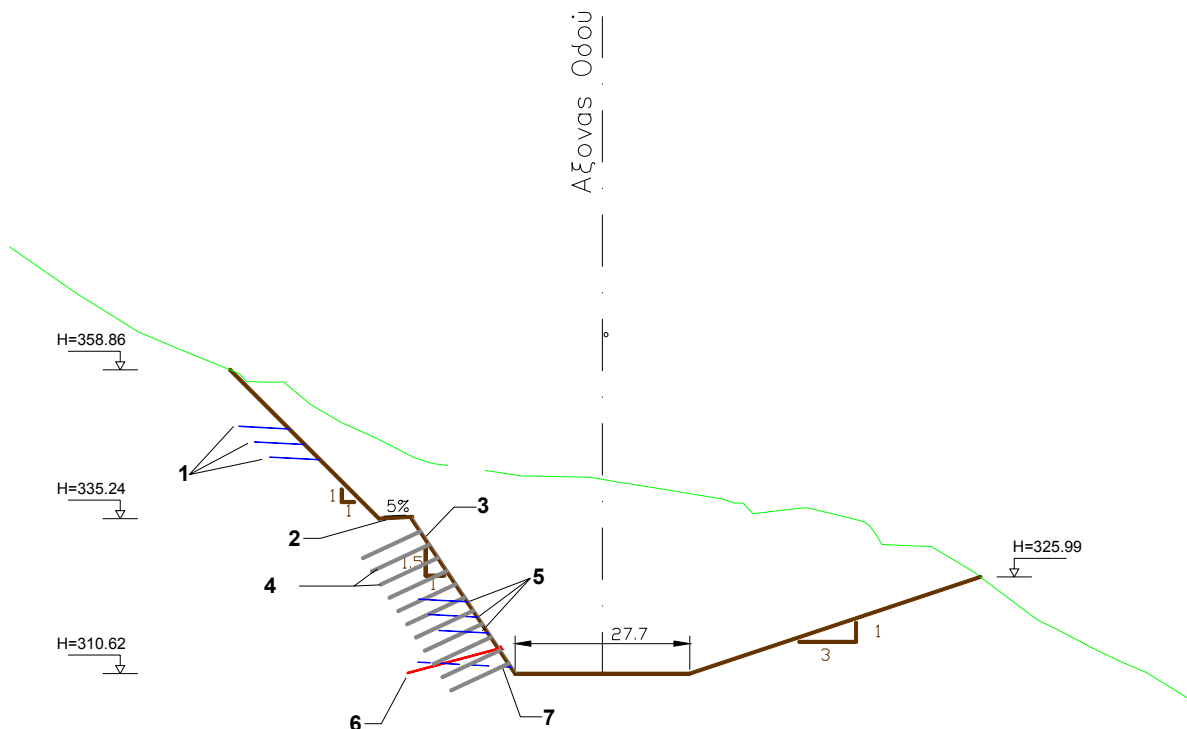
των πρανών που δεν επανεπιχώνεται πλήρως. Οι συντελεστές που παρουσιάζονται για την ευστάθεια του κατώτερου προσωρινού πρανού αναφέρονται σε αναλύσεις που δεν λαμβάνουν υπόψη τα μέτρα προστασίας του πρανού. Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν για μήκη αγκυρίων 7, 10 και 14m έδωσαν μεγαλύτερους συντελεστές ασφαλείας (επαύξηση από 2.3 έως 10.2%).

Πίνακας 3: Συντελεστές ασφαλείας για την Περίπτωση 4.

	Συνδυασμός Α	Συνδυασμός Β	Συνδυασμός Γ
ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΠΡΑΝΟΥΣ			
Κανονικές συνθήκες	1.674	1.348	1.344
Σεισμός	1.405	1.130	1.118
Εφελκυστική ρωγμή	1.655	1.329	1.319
ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΠΡΑΝΟΥΣ			
Κανονικές συνθήκες	-	-	1.667
Σεισμός	-	-	1.431
Εφελκυστική ρωγμή	-	-	1.462
ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΚΑΤΩΤΕΡΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΠΡΑΝΟΥΣ (ΠΡΟΣΩΡΙΝΟ)			
Κανονικές συνθήκες	2.036	1.608	1.469
Σεισμός	1.746	1.376	1.243
Εφελκυστική ρωγμή	1.929	1.520	1.381

5.3 Μέτρα προστασίας

Στα προσωρινά πρανή εκσκαφής, κλίσης πλέον απότομης της 1:1 (ο:κ), προβλέπεται η τοποθέτηση μέτρων προστασίας παράλληλα με την εκσκαφή (Σχήμα 6, Φωτογραφίες 5, 6) τα οποία συνίστανται κατ' αρχήν από μία πρώτη στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος (Ε.Σ.) πάχους 30-40mm. Στόχος της εφαρμογής στρώσης Ε.Σ. είναι η παρεμπόδιση της αποσάθρωσης και χαλάρωσης του πρανού λόγω έκθεσης στις ατμοσφαιρικές συνθήκες, καθώς και η δημιουργία ασφαλούς περιβάλλοντος εργασίας στην υποκείμενη περιοχή κατά την κατασκευή του τεχνικού από σκυρόδεμα.



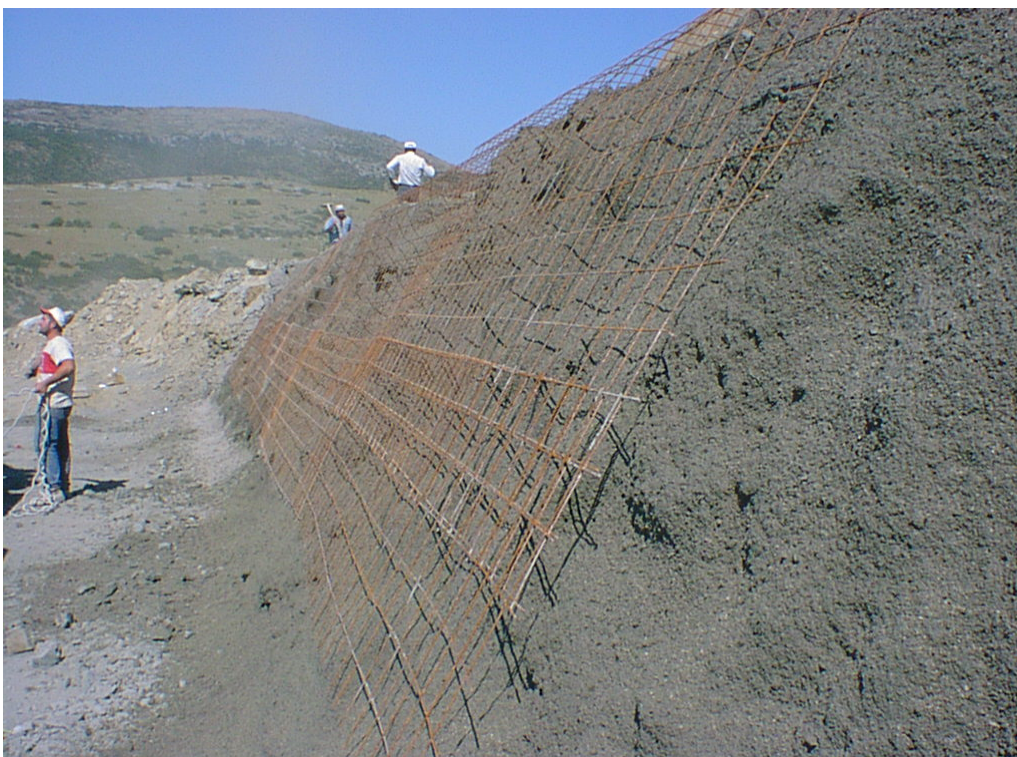
1. Αποστραγγιστικές οπές Φ3" μήκους 8m σε κάνναβο 2.5x2.5 επί των πρανών με κλίση 3° ως προς την οριζόντιο.
2. Αναβαθμός Α επικαλυπτόμενος προσωρινά με στρώση σκυροδέματος Β15 πάχους 0.10m.
3. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 0.10m σε δύο στρώσεις (0.03m έως 0.04m και 0.06m έως 0.07m) με δομικό πλέγμα Τα-131 στη δεύτερη στρώση.
4. Ηλώσεις Still, Φ25 πλήρως πακτωμένες με ένεμα σε κάνναβο 2.5x2.5 με κλίση 25° ως προς την οριζόντιο.
5. Αποστραγγιστικές οπές Φ3" μήκους 8m σε κάνναβο 2.5x2.5 επί των πρανών με κλίση 3° ως προς την οριζόντιο.
6. Προεντεταμένες αγκυρώσεις των 400kN ανά 5m με κλίση 15° ως προς την οριζόντιο συνδεόμενες με δοκό σκυροδέματος Β25. Μήκος πάκτωσης 5m.
7. Σειρά αποστραγγιστικών οπών Φ3" μήκους 15m ανά 10m ως προς την οριζόντιο.

Σχήμα 6: Τυπική διατομή εκσκαφής

Μελέτη σήραγγας Cut & Cover στο τμήμα 1.1.3 της Ε.Ο. (Χ.Θ. 11+730 έως 11+995)



Φωτογραφία 5: Όψη πρανών εκσκαφών και μέτρων προσωρινής αντιστήριξης.



Φωτογραφία 6: Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με τοποθέτηση δομικού πλέγματος ανάμεσα από τις στρώσεις του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Στη συνέχεια τοποθετούνται ηλώσεις βράχου, οι οποίες είναι απλές ράβδοι δομικού χάλυβα St III, Φ25, μήκους 10m, πλήρως πακτωμένες με ένεμα, φέρουσας ικανότητας 100 KN, τοποθετούμενες σε κάνναβο 2.50x2.50m, παράλληλα με τις εργασίες εκσκαφής. Η επιλογή του μήκους ηλώσεων 10m κρίθηκε αναγκαία, δεδομένου ότι οι πιθανές ολισθήσεις κατά τις αναλύσεις εμφανίζονται σε αυτό το πάχος. Τέλος, τοποθετείται δομικό πλέγμα T-131 το οποίο στερεώνεται με το περικόχλιο επί της πλάκας των ηλώσεων, και αυτό καλύπτεται με δεύτερη στρώση Ε.Σ. πάχους 60-70mm.

Επίσης, στα εν λόγω πρανή και 4.00m υψηλότερα του δαπέδου της εκσκαφής προβλέπεται η τοποθέτηση μιας σειράς προεντεταμένων αγκυρώσεων συνδεόμενων μεταξύ τους με δοκό από σκυρόδεμα, μήκους 15.00m και φορτίου λειτουργίας 400kN εκάστης, σε αποστάσεις ανά 5.00m. Στόχος των αγκυρώσεων είναι η επίτευξη καλύτερης συνολικής συνεργασίας των μέτρων προστασίας (η οποία επιτυγχάνεται μέσω της συνδετήριας δοκού από σκυρόδεμα) και ο έλεγχος τυχόν βαθύτερων επιφανειών ολίσθησης (ασθενών ζωνών του βράχου κλπ).

Σε όλη την έκταση των πρανών (προσωρινών και μονίμων) διατάσσονται αποστραγγιστικές οπές μήκους 8m σε κάνναβο 2.50x2.50m, ενώ στην βάση των πρανών διατάσσεται σειρά αποστραγγιστικών οπών μήκους 15.00m ανά 10.00m, παρά το γεγονός ότι, όπως προαναφέρθηκε, αναμένεται ότι η στάθμη του υδροφόρου είναι πολύ χαμηλή. Στόχος των εν λόγω οπών είναι η στράγγιση τυχόν εγκλωβισμένων οριζόντων, κατεισδυόντων ομβρίων καθώς και η όχι ιδιαίτερα πιθανή περίπτωση ανύψωσης του υδροφόρου πάνω από το επίπεδο της ερυθράς. Σε κάθε περίπτωση η εκτέλεση των εν λόγω εργασιών κρίνεται ως τεχνικά εύκολη και όχι δαπανηρή.

Όλα τα μόνιμα πρανή εκσκαφών τα οποία δεν θα επανεπιχωθούν προβλέπεται να φυτευτούν (Φωτογραφία 7) με εφαρμογή της μεθόδου της υδροσποράς, καθώς η τελευταία έχει πεδίο εφαρμογής σε πρανή κλίσης έως 1:1 (όση δηλ. είναι και η κλίση των εν λόγω πρανών). Η απόσταση των πλέον απομακρυσμένων σημείων των πρανών από θέση προσέγγισης του εξοπλισμού υδροσποράς είναι μικρότερη των 50m, οπότε είναι δυνατή η εφαρμογή της μεθόδου. Για τα πρανή της επίχωσης του τεχνικού εκτιμάται ότι η στρώση της φυτικής γης που θα τοποθετηθεί επιφανειακά μπορεί να υποβοηθήσει την ανάπτυξη της βλάστησης με φυσικό τρόπο, χωρίς δηλ. περαιτέρω επεμβάσεις.

Τέλος, φύτευση με συμβατικές μεθόδους, αφού προηγηθεί η τοποθέτηση επιφανειακά στρώσης φυτικής γης, προβλέπεται να εφαρμοστεί στο χώρο του αποθεσιοθαλάμου, μετά την ολοκλήρωση της επίχωσης του τεχνικού.



Φωτογραφία 7: Φύλλα Γιούτας στα πρανή των εκσκαφών και σκυροδέτηση αναβαθμού με τοποθέτηση δομικού πλέγματος.

5.4 Παρακολούθηση

Για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς των εκσκαφών, τόσο κατά την διάρκεια των εκσκαφών, όσο και για το διάστημα πριν την ολοκλήρωση της επανεπίχωσης του τεχνικού, κρίθηκε σκόπιμη η τοποθέτηση συστήματος οργάνων (Φωτογραφία 8). Συγκεκριμένα, προβλέφθηκε η τοποθέτηση 16 βάθρων παρακολούθησης επιφανειακών μετακινήσεων, 5 αποκλισιομέτρων βάθους 25m έκαστο και 5 μηχανοσυστοιχιών των τεσσάρων σημείων, μήκους ράβδων 1, 5, 10 και 20m. Τα αποκλισιόμετρα και τα μηχανοσυστοιχία έχουν τοποθετηθεί σε ζεύγη, με κριτήριο τον έλεγχο των σημαντικού ύψους πρανών στις θέσεις αυτές. Τα αποκλισιόμετρα τοποθετούνται επί του προσπελάσιμου αναβαθμού και κοντά στον πόδα του ανώτερου πρανού εκσκαφής, ενώ τα μηχανοσυστοιχία επί του κατώτερου πρανού εκσκαφής, 2.00 m πάνω από το τελικό δάπεδο εκσκαφής, με κλίση 5° ως προς την οριζόντιο και προς τα πάνω. Τα βάθρα παρακολούθησης επιφανειακών μετακινήσεων έχουν τοποθετηθεί σε ζεύγη και το πρώτο εκ των βάθρων κάθε ζεύγους τοποθετείται στο φρύδι των πρανών εκσκαφής, ενώ το δεύτερο στο άκρο του προσπελάσιμου αναβαθμού και προς το μέρος της εκσκαφής. Για την επιλογή των θέσεων των οργάνων λήφθηκε πρόνοια να είναι κατά το δυνατόν άμεσα προσεγγίσιμες χωρίς την ανάγκη διάνοιξης πρόσθετων προσπελάσεων.



Φωτογραφία 8: Γεώτρηση για την τοποθέτηση οργάνων παρακολούθησης (κλισιόμετρο).

Προβλέφθηκε επίσης η προμήθεια επιπλέον οργάνων (5 βάθρων παρακολούθησης μετακινήσεων – 2 αποκλισιομέτρων, μήκους 30m έκαστο και 2 μηχανοσυστοιχίες των 4 σημείων με ράβδους μήκους 1, 5, 10 και 20m) τα οποία θα είναι διαθέσιμα στο χώρο του έργου κατά την διάρκεια των εργασιών προκειμένου να τοποθετηθούν σε θέσεις εκτός των προβλεπόμενων, για την παρακολούθηση τυχόν φαινομένων αστάθειας που θα εκδηλωθούν εκεί.

Οι μετρήσεις σε όλα τα όργανα, και εφόσον δεν υπάρχει υπέρβαση των ορίων εγρήγορσης θα γίνονται σε εβδομαδιαία βάση έως την ολοκλήρωση της κατασκευής της επίχωσης, εκτός εάν στην υποκείμενη των οργάνων περιοχή ευρίσκονται σε εξέλιξη εργασίες εκσκαφών, οπότε μετρήσεις θα διεξάγονται σε ημερήσια βάση. Ως όρια εγρήγορσης υιοθετήθηκαν δύο επίπεδα μετακινήσεων από τα οποία το χαμηλότερο αποτελεί τα όρια προειδοποίησης ενώ το υψηλότερο τα όρια συναγερμού. Βάσει απλουστευμένων μεθόδων ελαστικότητας και με ορισμένες παραδοχές κυριότερη των οποίων εκείνη που αφορά στο συντελεστή k (λόγος οριζόντιων προς κατακόρυφες ενεργές τάσεις) εκτιμήθηκε η αναμενόμενη μετακίνηση λόγω αποφόρτισης. Η υπέρβαση αυτής ενδέχεται να υποδηλώνει την έναρξη εκδήλωσης φαινομένων αστάθειας και έτσι τα όρια προειδοποίησης προσδιορίστηκαν ως:

- τιμές μέγιστων οριζοντίων μετακινήσεων έως 10mm από μετρήσεις βάθρων παρακολούθησης επιφανειακών μετακινήσεων
- τιμές μέγιστων οριζοντίων μετακινήσεων έως 5mm από μετρήσεις μηχανοσυστοιχιών

- μέγιστη τιμή σχετικής οριζόντιας μετακίνησης μεταξύ δύο σημείων μέτρησης έως 2.50 mm/m (με την προϋπόθεση ότι η εν λόγω μετακίνηση περιορίζεται σε μήκος όχι μεγαλύτερο των δύο μέτρων) από καταγραφές αποκλισιομέτρων ή απόλυτη τιμή μετακινήσεων στην κεφαλή του οργάνου όχι άνω των 10mm

Εφόσον η μετακίνηση σε κάποια θέση μέτρησης υπερβεί τα 30mm και με την προϋπόθεση ότι υφίστανται σαφείς επιφανειακές ενδείξεις ασταθείας (ρωγματώσεις κλπ), θεωρείται ότι οι μετακινήσεις θα έχουν φτάσει στα όρια συναγερμού.

Πέραν της ενόργανης παρακολούθησης προτάθηκε και οπτική επιθεώρηση τόσο των πρανών εκσκαφής όσο και του άμεσα υπερκείμενου της στέψης των πρανών φυσικού εδάφους, σε όλο το μήκος της εκσκαφής και σε ζώνη εύρους 30m τουλάχιστον από τη στέψη των πρανών. Οι εν λόγω επιθεωρήσεις προτάθηκε να γίνονται σε ημερήσια βάση, εφόσον στην περιοχή διεξάγονται εκσκαφές, και πάντως όχι αραιότερα από μία φορά την εβδομάδα έως την ολοκλήρωση της κατασκευής της επίχωσης. Κατά τις επιθεωρήσεις θα πρέπει να καταγράφεται και να αποτυπώνεται σε σχέδιο κάθε παρατηρούμενη μεταβολή (πχ. εμφάνιση ρωγμών στο υπερκείμενο των πρανών φυσικό έδαφος ή στα μόνιμα πρανή, ρωγματώσεων η αποκολλήσεων στο εκτόξευόμενο σκυρόδεμα, εμφάνιση υγρασίας ή ροής νερού σε οποιαδήποτε θέση, μεταβολή στην παροχή νερού αποστραγγιστικής οπής κλπ).

6. ΤΕΧΝΙΚΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

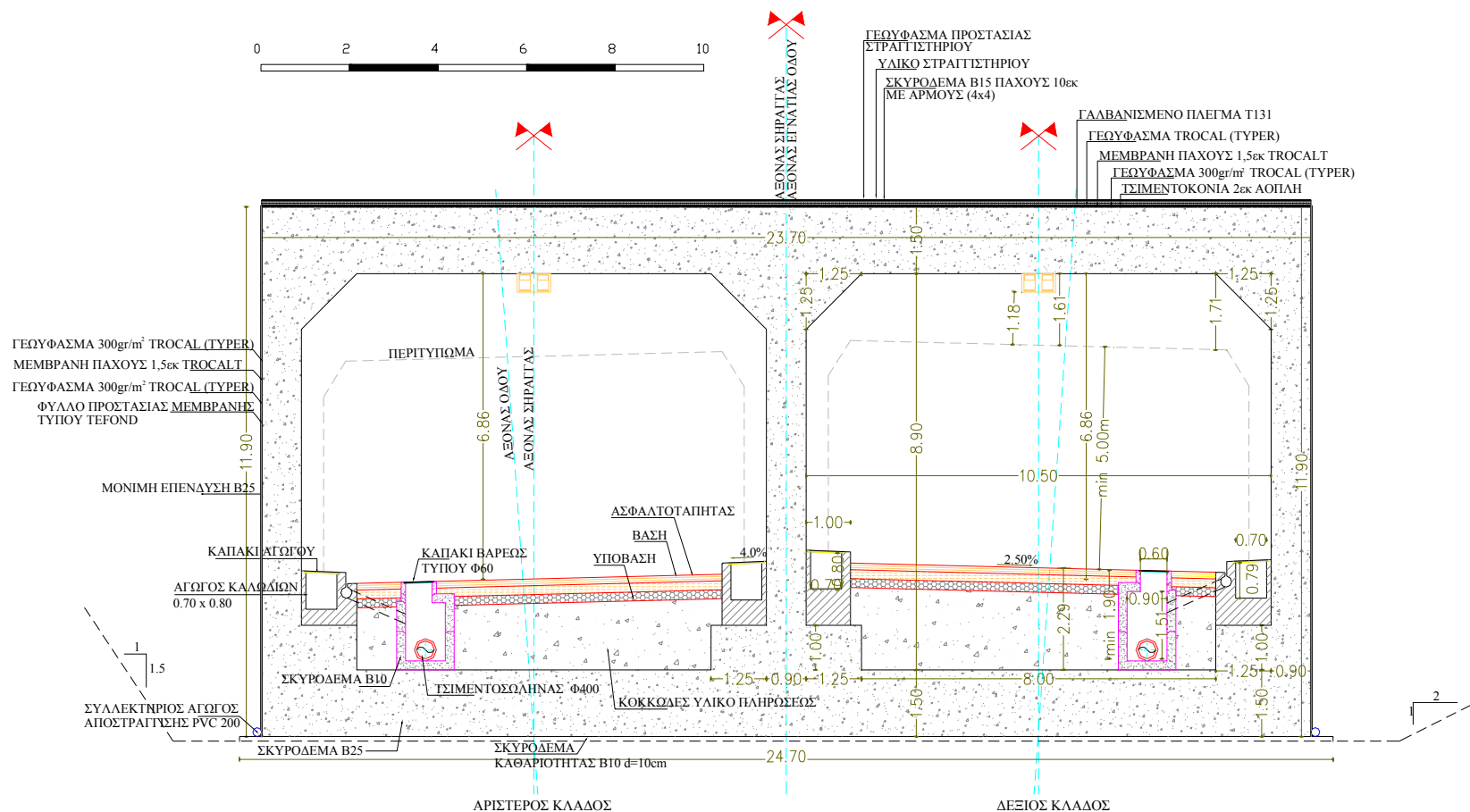
Το τεχνικό από σκυρόδεμα αποτελείται από δύο κλάδους συνολικού πλάτους 24.70m και ύψους 11.90m. Η πλάκα σκυροδέματος έχει πάχος 1.5m. Μια τυπική διατομή του τεχνικού παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.

Ο αριστερός κλάδος του τεχνικού (σε πλήρη διατομή) οριοθετήθηκε μεταξύ των Χ.Θ. 11+724.60 και 11+996.18 ενώ ο δεξιός μεταξύ των Χ.Θ. 11+753.48 και 11+996.65. Πέραν των θέσεων αυτών προβλέφθηκαν τοίχοι αντιστήριξης, για τον εγκιβωτισμό της επίχωσης. Το μέγιστο ύψος της προβλεπόμενης επίχωσης πάνω από το δάπεδο της γενικής εκσκαφής ανέρχεται σε 35.50m περίπου, ενώ το μέγιστο ύψος επίχωσης αμέσως πάνω από την οροφή του τεχνικού από σκυρόδεμα αντίστοιχα προκύπτει 17m περίπου.

7. ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗ

Ο σχεδιασμός της επανεπίχωσης έγινε με στόχο τη μεγιστοποίηση της επανεπίχωσης, για την επίτευξη καλύτερης προσαρμογής με το περιβάλλον, αλλά και για την μεγιστοποίηση της χρήσης των προϊόντων εκσκαφής. Η οριζοντιογραφία της παρουσιάζεται στο Σχήμα 8 ενώ στο Σχήμα 9 φαίνεται μια τυπική διατομή.

Μελέτη σήραγγας Cut & Cover στο τμήμα 1.1.3 της Ε.Ο. (Χ.Θ. 11+730 έως 11+995)



Σχήμα 7: Τυπική διατομή Cut & Cover, διπλός κλάδος σήραγγας

Τα υλικά της επίχωσης του τεχνικού (πλην αυτών της διαπερατής επίχωσης που περιβάλλει το τεχνικό και η οποία θα κατασκευαστεί από δάνεια υλικά) προβλέπεται να είναι τα προϊόντα εκσκαφών (ιλυολιθικός φλύσχος). Τα εν λόγω υλικά εκτιμήθηκε ότι θα έχουν σχετικά υποβαθμισμένες γεωτεχνικές ιδιότητες για τον λόγο αυτό η επίχωση πάνω από το τεχνικό σχεδιάστηκε με ήπιες κλίσεις (2.5 :1, ο :κ ή ηπιότερες).

Η επίχωση θα κατασκευαστεί σε στρώσεις πάχους 0.30 m, οι οποίες θα συμπυκνώνονται με χρήση κατάλληλου εξοπλισμού, ώστε η επιτυγχανόμενη ξηρή πυκνότητα να μην είναι μικρότερη του 90% της μέγιστης ξηρής πυκνότητας της τροποποιημένης δοκιμής Proctor. Σε κάθε περίπτωση πάντως δεν θα επιτραπεί η χρήση βαρέως εξοπλισμού σε απόσταση μικρότερη των 0.50 m από την στρώση επιφανειακής προστασίας. Η συμπύκνωση στις θέσεις αυτές θα γίνεται με χρήση ελαφρού εξοπλισμού, σε στρώσεις μικρού πάχους.

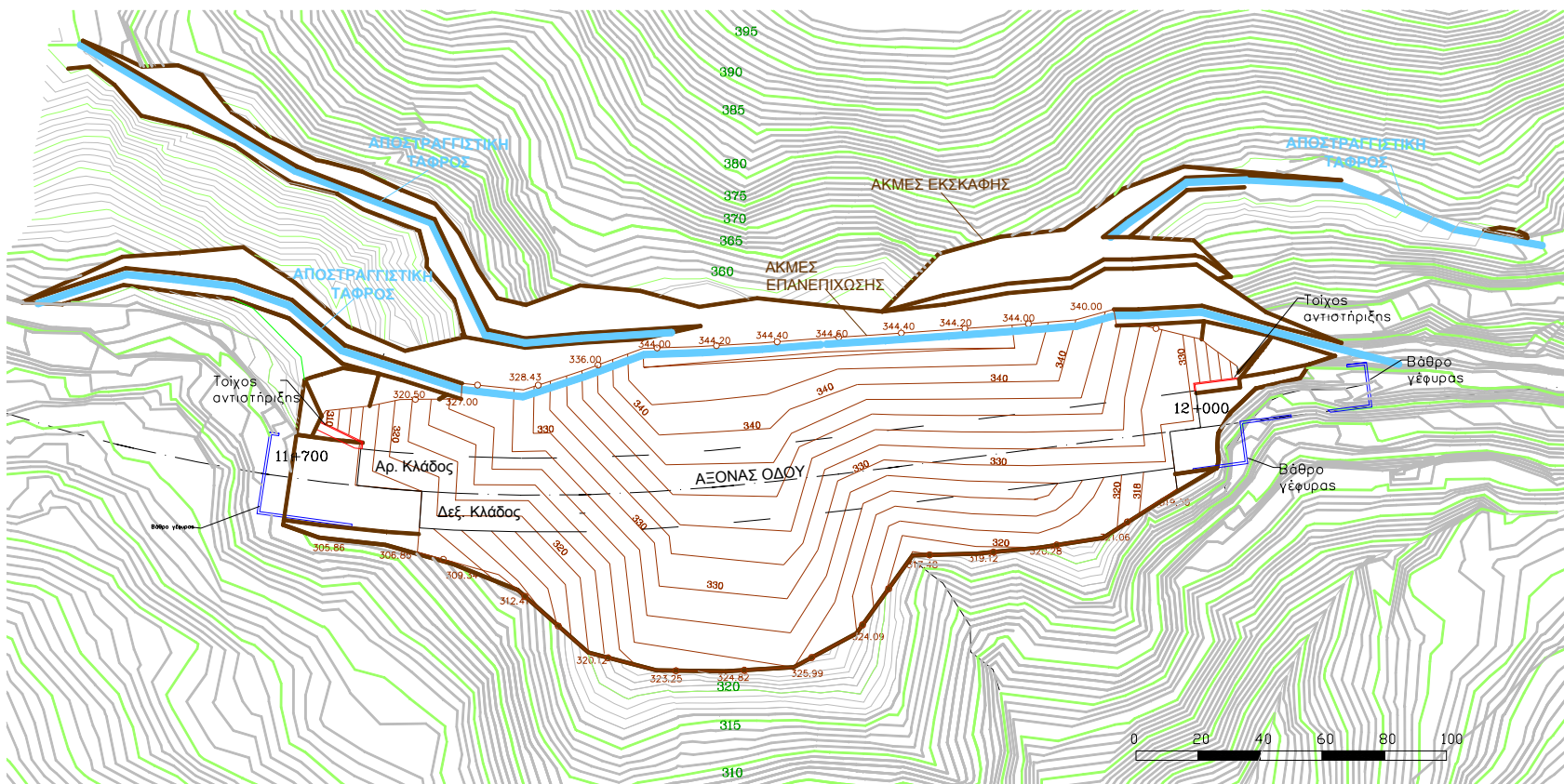
Έλεγχοι ευσταθείας της επίχωσης έγιναν στη διατομή όπου εμφανίζονται τόσο το μέγιστο ύψος (25m περίπου) όσο και η μέγιστη κλίση (2.50:1, ο:κ) της επίχωσης. Οι έλεγχοι έγιναν συντηρητικά με τις επιβαλλόμενες από τον ΟΣΜΕΟ φορτίσεις για πρηνή επιχωμάτων οδοποιίας. Οι τιμές των συντελεστών ασφαλείας προέκυψαν σε κάθε περίπτωση μεγαλύτερες των απαιτούμενων ελαχίστων από τον ΟΣΜΕΟ. Δεν κρίθηκε απαραίτητο να γίνουν αναλυτικοί έλεγχοι συνίζησης της επίχωσης, καθώς δεν προβλέπεται να τοποθετηθούν επ' αυτής κάποιες κατασκευές (πλην τμήματος των τάφρων ομβρίων και με εύκαμπτη επένδυση).

Σε ζώνη η οποία θα περιβάλλει το τεχνικό από σκυρόδεμα προβλέφθηκε η τοποθέτηση διαπερατής επίχωσης μεγίστου κόκκου 0.30m. Το υλικό της διαπερατής επίχωσης θα πρέπει να έχει ποσοστό διερχομένων στο κόσκινο Νο 4 όχι μεγαλύτερο του 60% και όχι άνω του 5% στο κόσκινο Νο 200, το δε λεπτόκοκκο κλάσμα (διερχόμενο στο κόσκινο Νο 200) δεν θα πρέπει να εμφανίζει πλαστικότητα. Με την τήρηση των παραπάνω εκτιμάται ότι το υλικό θα έχει επαρκή διαπερατότητα για την ανεμπόδιση παροχέτευση τυχόν υπογείων νερών ή ομβρίων προς το στραγγιστήριο, ώστε να διασφαλίζεται ότι δεν θα ασκούνται φορτία νερού στον φορέα από σκυρόδεμα του τεχνικού.

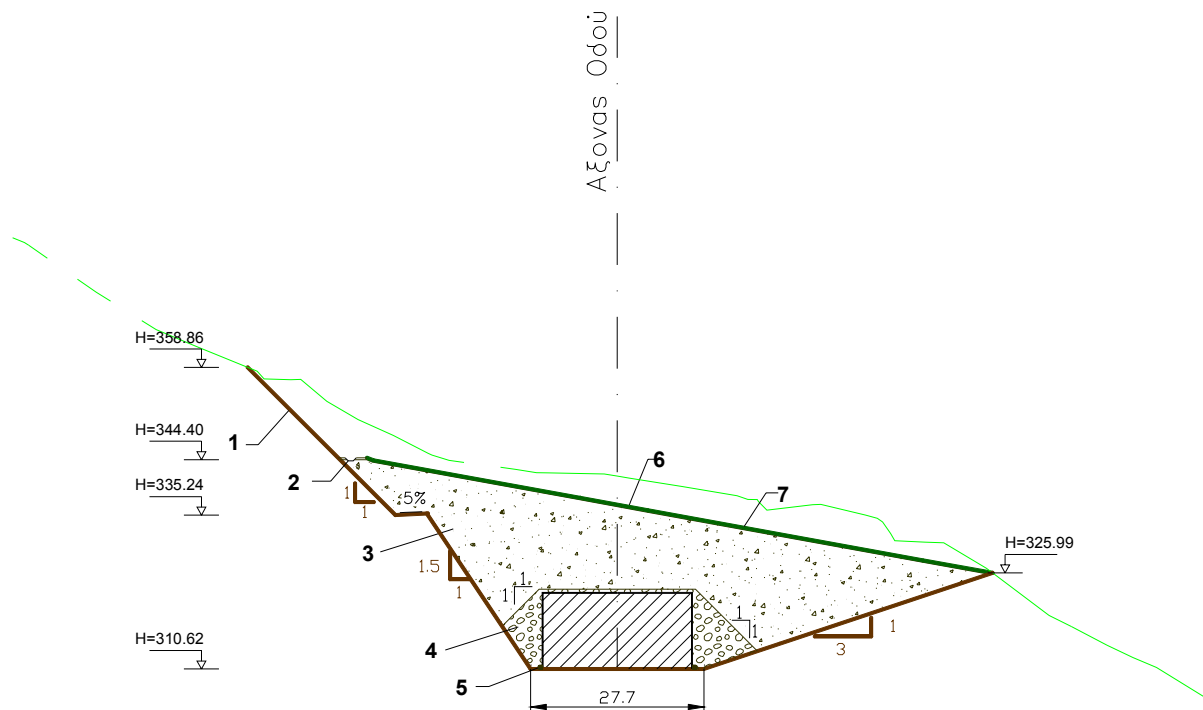
Το πάχος της διαπερατής στρώσης θα είναι 0.50 m στην οροφή του τεχνικού και η πλευρική κλίση της και έως τη στάθμη θεμελίωσης 1:1. Η τήρηση της κλίσης 1:1 έγινε προκειμένου να απεμπλακεί και προηγηθεί της κατασκευής της επίχωσης από προϊόντα εκσκαφών η εν λόγω διαπερατή επίχωση. Στην διεπιφάνεια των δύο τύπων επίχωσης (διαπερατής και από προϊόντα εκσκαφών) θα τοποθετηθεί γεωύφασμα διαχωρισμού.

Εξωτερικά του τεχνικού και στη στάθμη θεμελίωσης, στην βάση της διαπερατής επίχωσης και πριν την τοποθέτησή της προβλέπεται η κατασκευή στραγγιστηρίου. Το στραγγιστήριο θα αποτελείται από διάτρητους τσιμεντοσωλήνες Φ300mm, οι οποίοι θα περιβάλλονται από κοκκώδες υλικό, διάστασης κόκκων από 0.01 έως 0.20 m. Το κοκκώδες υλικό θα περιβάλλεται από γεωύφασμα, με τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το γεωύφασμα διαχωρισμού των δύο τύπων υλικών επίχωσης.

Μελέτη σήραγγας Cut & Cover στο τμήμα 1.1.3 της Ε.Ο. (Χ.Θ. 11+730 έως 11+995)



Σχήμα 8: Οριζοντιογραφία επανεπίχωσης



- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1. Επιφάνεια εκσκαφής. | 5. Διάτρητος τσιμεντοσωλήνας αποστράγγισης Φ300. |
| 2. Τάφος ομβρίων. | 6. Επιφάνεια επανεπίχωσης. |
| 3. Επίχωση από προϊόντα εκσκαφών. | 7. Φυτική γη (πάχος 0.3m). |
| 4. Διαπερατή επίχωση. | |

Σχήμα 9: Τυπική διατομή επανεπίχωσης

Τα υλικά επίχωσης που θα τοποθετηθούν πίσω από τους τοίχους αντιστήριξης στις εισόδους των τεχνικών θα είναι στο σύνολό τους διαπερατά (αμμοχάλικα ποταμού ή θραυστά υλικά λατομείου). Η επιλογή αυτή έγινε προκειμένου αφενός να μειωθούν τα επιβαλλόμενα φορτία (γαιών – νερού) στους τοίχους και αφετέρου ώστε να αυξηθεί τοπικά η κλίση του πρανούς της επίχωσης στις θέσεις αυτές (κατά την έννοια του άξονα της οδού) σε σχέση με την υιοθετηθείσα 2.50 :1 (ο :κ) για την επίχωση του τεχνικού, ώστε αντίστοιχα να μειωθεί και το μήκος των τοίχων αντιστήριξης. Η συμπύκνωση των εν λόγω υλικών, λόγω του περιορισμένου πλάτους του διακένου μεταξύ πρανού εκσκαφής – τοίχου, προβλέπεται να γίνει με χρήση ελαφρού εξοπλισμού, σε στρώσεις περιορισμένου πάχους. Τέλος, η επίχωση του τεχνικού θα καλυφθεί παντού με στρώση φυτικής γης πάχους 0.30m. Η τελική επιφάνεια θα φυτευτεί με χρήση συμβατικών μεθόδων.

7. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η γεωλογική μελέτη εκπονήθηκε από τον Γ. Αρανίτη ενώ η στατική μελέτη του τεχνικού από οπλισμένο σκυρόδεμα από την Εταιρεία μελετών Καρανικόλας-Ζωιόπουλος-Παπαδόπουλος Ε.Π.Ε.. Ανάδοχος του έργου είναι η Τεχνική Ολυμπιακή η οποία είχε την καλοσύνη να παράσχει και φωτογραφίες από τη φάση κατασκευής. Σημαντικό ρόλο στην πρόοδο της μελέτης έπαιξε το τμήμα μελετών της ΕΟΑΕ με διευθυντή τον κ. Χρ. Γεωργιαννόπουλο και ειδικότερα το τμήμα σηράγγων με επικεφαλής τον κ. Ν. Καζίλη. Η γεωτεχνική μελέτη του Cut & Cover πραγματοποιήθηκε από μελετητική ομάδα της ΕΔΑΦΟΣ ΕΠΕ.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΑΛΙΟΥ Α.Ε., (1999). "Προμελέτη τεχνικών από Χ.Θ. 10+000 έως Χ.Θ. 12+700, Σήραγγα που κατασκευάζεται με τη μέθοδο εκσκαφής και επανεπίχωσης (Cut & Cover) από Χ.Θ. 11+730 – 11+995", Τμήμα Εγνατίας Οδού από Λυκοπόδι έως Μακρυχώρα (Χ.Θ. 8+000 – 13+000), Γεωτεχνική Έρευνα
2. Bieniawski, Z.T., (1989). "Engineering Rock mass classifications", John Wiley, New York.
3. Hoek, E., Kaiser, P.K. and Bawden, W.F. (1995). "Support of underground excavations in hard rock", A.A. Balkema.
4. igi Niedermeyer Institute GmbH, (2000). "Καθήκοντα Συμβούλου για την εκτέλεση γεωερευνητικών εργασιών σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της Εγνατίας Οδού, Cut & Cover στο τμήμα 1.1.3 (Χ.Θ. 11+730 – 11+995)) – Τεύχος παρουσίασης αποτελεσμάτων "