

Έργο Ευρείας Παράκαμψης της πόλης των Πατρών. Τεχνικογεωλογικές –Γεωτεχνικές συνθήκες και σχεδιασμός των υπόγειων έργων

Patras Ring Road project. Engineering geological – geotechnical conditions and design of the underground works

ΚΟΥΚΗ, Α.

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, ΥΠΟΜΕΔΙ, ΕΥΔΕ – Αυτοκινητόδρομος ΠΑΘΕ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η κατασκευή του έργου της Ευρείας Παράκαμψης Πατρών σε μαργαϊκούς σχηματισμούς ή “νεογενή” με την ευρύτερη έννοια (ιζήματα Πλειοπλειστοκαινικής ηλικίας) αποτέλεσε πρωτόγνωρη εμπειρία για τα Ελληνικά δεδομένα. Στην εργασία παρουσιάζονται για τις οκτώ διπλές σήραγγες που κατασκευάστηκαν τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά, οι λιθολογικές ενότητες που συναντήθηκαν και η μέθοδος διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης. Επιπλέον, αξιολογούνται οι γεωτεχνικές συνθήκες που αναμένονταν από τις έρευνες που πραγματοποιήθηκαν, λαμβάνοντας υπόψη και τη νέα θεώρηση για την ύπαρξη δυο διακριτών γεωτεχνικών ενότητων στα ανωτέρω ιζήματα, της Ανώτερης και Κατώτερης, με την παρεμβολή κατά θέσεις της Μεταβατικής ζώνης.

ABSTRACT: The Patras Ring Road project comprised a new experience for the Greek underground construction, since different support methods were applied for the first time in marly formations or neogene sediments of Plio-pleistocene age. In the present paper all eight twin tunnels constructed are examined, regarding geometry, geological environment, construction method, along with the support measures used. Moreover, the geotechnical conditions expected from the investigations that were carried out, are evaluated, based on a new approach of the differentiation of the fine grained Plio-pleistocene sediments into two separate geotechnical units, the Upper and the Lower one, as well as an intermediate at places zone.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το έργο της Ευρείας Παράκαμψης της πόλης των Πατρών κατασκευάστηκε από την ΕΥΔΕ – Αυτοκινητόδρομος ΠΑΘΕ την περίοδο από 1996 έως 2003 και είναι μεγάλης σπουδαιότητας, καθώς μειώνει τον κυκλοφοριακό φόρτο του αστικού και περιαστικού δικτύου και αναλαμβάνει την κυκλοφορία από και προς το Νέο Λιμένα αυτής μέσω τεσσάρων ανισόπεδων κόμβων, ενώ παράλληλα ελαχιστοποιεί το χρόνο διέλευσης από την Πάτρα (Σχήμα 1).

Το μήκος της αρτηρίας είναι 18,5km, μαζί δε με τους κόμβους και τις οδούς εξυπηρέτησης το μήκος αυτής φθάνει τα 63,1km, ενώ με τις συνδετήριες οδούς προς την πόλη και το λιμάνι θα φθάσει τελικώς τα 81,4km. Αποτελεί έργο με πολλές ιδιαιτερότητες και δύσκολο τεχνικά, λόγω μορφολογικού ανάγλυφου, γεωλογικής σύστασης και δομής των σχηματισμών

της περιοχής, αλλά και της σημασίας που δόθηκε στην προστασία του περιβάλλοντος, με στόχο να μείνει σχεδόν ανέπαφη η ζώνη που περιβάλλει ανατολικά την πόλη. Έτσι, σε μήκος τμήματος μόνο 8 km περίπου, γνωστό ως τμήμα Κ1-Κ4, περιλαμβάνονται οκτώ (8) διπλές σήραγγες συνολικού μήκους 4.700m απλού κλάδου, πέντε (5) διπλές κοιλαδογέφυρες, συνολικού μήκους 2.700m απλού κλάδου, ενώ παράλληλα η αρτηρία διέρχεται και από τον παλιό σκουπιδοτόπο της πόλης των Πατρών σε μήκος 400m.

Όσον αφορά στα υπόγεια τεχνικά έργα σημειώνεται ότι έχει ιδιαίτερη επιστημονική σημασία η κατασκευή τους σε δυσχερείς γεωλογικούς σχηματισμούς, όπως είναι αυτοί των μαργαϊκών ή “νεογενών” με την ευρύτερη έννοια σχηματισμών, , δεδομένου ότι αυτό αποτελεί πρωτόγνωρη εμπειρία για τα Ελληνικά δεδομένα. Ειδικότερα, εφαρμόστηκε μέθοδος

εύκαμπτης αντιστήριξης για πρώτη φορά παγκοσμίως σε τέτοιους σχηματισμούς καθώς και μέθοδος ολομέτωπης διάνοιξης για πρώτη φορά στη Χώρα μας σε οδικές σήραγγες.

Μετά την ολοκλήρωση των έργων διερευνήθηκαν λεπτομερώς οι τεχνικογεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής και συντάχθηκε ο αντίστοιχος χάρτης και οι γεωτεχνικές μηκοτομές των δύο κλάδων (Σχήματα 2 και 3), (Κούκη, 2006; Kouki and Rozos, 2010; Κούκη και Σαμπατακάκης, 2010). Με βάση τα στοιχεία αυτά προέκυψε μια νέα θεώρηση για τη λεπτομερή φάση των παραπάνω ιζημάτων, στα οποία φιλοξενούνται κυρίως τα υπόγεια τεχνικά έργα. Έτσι, αυτά διαχωρίστηκαν σε δύο διακριτές γεωτεχνικές ενότητες, στρωματογραφικά επάλληλες, την Ανώτερη και την Κατώτερη, με την παρεμβολή ενίοτε Μεταβατικής ζώνης.

Η Ανώτερη ενότητα περιλαμβάνει οριζόντες αργίλων, αργιλόμαργων, αμμούχων μαργών, αμμοιλύων-άμμων, ψαμμιτών, κροκαλοπαγών ή και μικτές φάσεις αυτών, χρώματος καστανό-τεφρου έως καστανοκίτρινου, οι οποίοι υπέρκεινται των κατώτερων τεφρών - τεφροκύανων οριζόντων στο μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης. Το πάχος της κυμαίνεται από 2 έως 37m.

Η Κατώτερη ενότητα αντιπροσωπεύει τον οριζόντα των τεφρών-τεφροκύανων μαργών - αργιλικών μαργών - αργιλόμαργων του Πλειοπλειστόκαινου, με ενστρώσεις κατά θέσεις αμμοιλύων - άμμων, που αποτελούν και τον βαθύτερο οριζόντα των “νεογενών” ιζημάτων της περιοχής έρευνας. Το πάχος τους εκτιμάται ότι ξεπερνά τα 60m.

Τα προβλήματα που συνδέονται με την Ανώτερη ενότητα αναφέρονται στη συχνή εναλλαγή των επιμέρους λιθολογικών ενστρώσεων, που χαρακτηρίζονται για το μεγάλο εύρος στη συνεκτικότητα, τη διάρρηξη και αποσάθρωση, καθώς και την υδροπερατότητα. Έτσι, παρατηρήθηκε ότι οι αμμούχοι - ψαμμιτικοί οριζόντες, συνήθως κορεσμένοι με νερό, δημιουργούν μικρής γενικά δυναμικότητας επικρεμάμενους υδροφόρους οριζόντες, με σοβαρές επιπτώσεις στο έργο. Επίσης, οι οριζόντες αυτοί συνήθως δημιουργούν μεγάλου πάχους ζώνες κερματισμού και αποσάθρωσης, στις οποίες είναι δυνατόν να εκδηλωθεί αστάθεια, στοιχείο πολύ αρνητικό στα μικρού πάχους υπερκείμενα των υπόγειων έργων.

Αντίθετα, η Κατώτερη ενότητα θεωρείται πρακτικά στεγανός και πολύ συνεκτικός σχηματισμός και γενικά επιδεικνύει ομοιόμορφη και πολύ καλή μηχανική συμπεριφορά στη διά-

νοιξη υπόγειων έργων. Επισημαίνεται βέβαια ότι ο σχηματισμός αυτός διακρίνεται για την πυκνή στρώση, που κατά θέσεις γίνεται και φυλλώδης. Το στοιχείο αυτό λειτουργεί θετικά σε συνθήκες κανονικής φυσικής υγρασίας (αυξημένη συνοχή) και αρνητικά στην περίπτωση διαβροχής του σχηματισμού, όπου η πρόσληψη νερού μεταξύ των φύλλων της δομής οδηγεί προοδευτικά σε κατάρρευση αυτής. Η τελευταία αυτή περίπτωση συμβαίνει όταν οι σχηματισμοί αυτοί διαβρέχονται συνεχώς και σε βάθος από τα νερά της υπερκείμενης ενότητας, στις θέσεις που διατέμνονται από ρήγματα.



Σχήμα 1. Διάταξη των έργων της Ευρείας Παράκαμψης Πατρών (ΕΠΠ), (Πηγή: ΕΥΔΕ-Αυτοκινητόδρομος ΠΑΘΕ).

Figure 1. Patras Ring Road project layout (from EYDE – Motorway PATHE).

2. ΥΠΟΓΕΙΑ ΕΡΓΑ

2.1 Σήραγγες Μποζαϊτικών “Αγ. Βαρβάρα”

Το έργο περιλαμβάνει στο αρχικό τμήμα C+C σε δύο κλάδους, μήκους 175m και στη συνέχεια τη δίδυμη σήραγγα “Αγ. Βαρβάρα” από Χ.Θ. 2+005 έως Χ.Θ. 2+642 (δεξιός κλάδος) και από Χ.Θ. 2+005 έως Χ.Θ. 2+709 (αριστερός κλάδος).

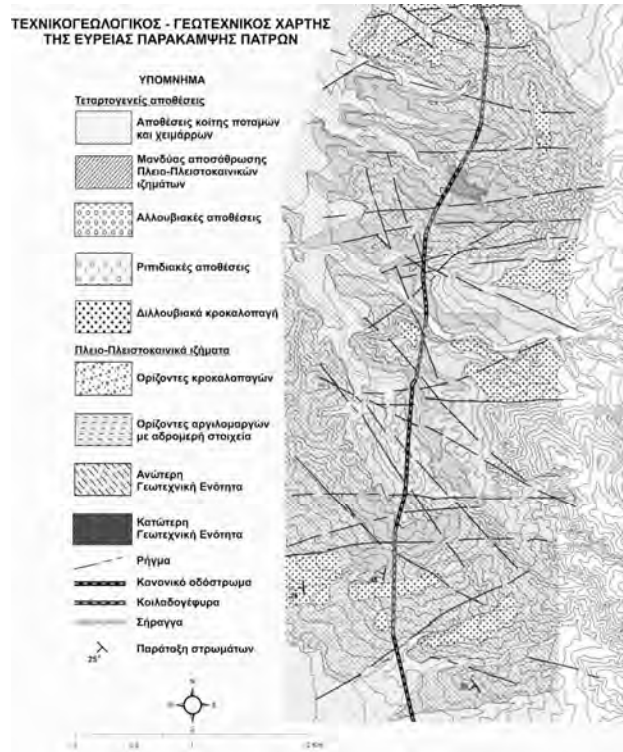
Η διατομή κάθε κλάδου είναι τοξοειδής, πλάτους 10.2m και ύψους 9.6m και εμβαδού 111m². Η απόσταση ανάμεσα στους δύο κλάδους είναι μεγαλύτερη των 15m, ενώ το ύψος των υπερκείμενων κυμαίνεται από 5 έως 57m (Sofianos et al, 1999).

Ανάδοχος του έργου ήταν η Τεχνική Εταιρία Κ.Ι. Σαραντόπουλος Α.Ε., ενώ για τη μελέτη και κατασκευή συνεργάστηκαν το Νορβηγικό

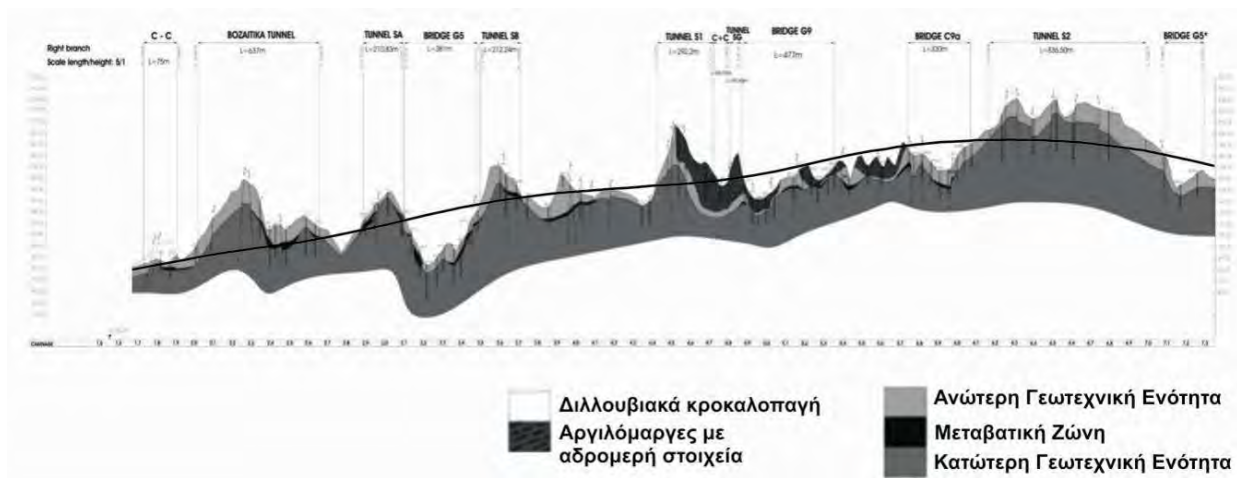
Γεωτεχνικό Ινστιτούτο του Όσλο (NGI) και ο Όμιλος Συμβούλων Axon Ltd. Οι γεωλογικές – γεωτεχνικές έρευνες και αξιολογήσεις εκτελέστηκαν από την Εδαφομηχανική ΕΠΕ.

Με βάση τη νέα θεώρηση σχετικά με την παρουσία διακριτών γεωτεχνικών ενότητων (Κούκη, 2006) προκύπτουν τα εξής:

- Το C+C διανοίχθηκε κυρίως στους σχηματισμούς του Διλουβιακού κροκαλοπαγούς, ενώ αποκαλύφθηκαν και αυτοί της Ανώτερης και Κατώτερης ενότητας. Η κύρια σήραγγα διανοίχθηκε κατά το μεγαλύτερο τμήμα της στην Κατώτερη ενότητα και στα τμήματα εισόδου και εξόδου, τα οποία αποτελούν και τις περιοχές χαμηλών υπερκειμένων (μέχρι 15m πάχος) συμμετείχαν οι σχηματισμοί της Ανώτερης ενότητας, καθώς και της Μεταβατικής ζώνης. Οι σχηματισμοί των δύο τελευταίων ενότητων παρουσιάζουν ζώνη κερματισμού και αποσάθρωσης σημαντικού πάχους, γεγονός που αναδεικνύει τη δυσκολία υποστήριξης στις περιοχές χαμηλών υπερκειμένων.



Σχήμα 2. Τεχνικογεωλογικός-Γεωτεχνικός Χάρτης Ευρείας Παράκαμψης Πατρών
Figure 2. Engineering Geological – Geotechnical map of Patras Ring Road.



Σχήμα 3. Γεωτεχνική Μηκοτομή του δεξιού κλάδου της Ευρείας Παράκαμψης Πατρών.
Figure 3. Geotechnical longitudinal profile of Patras Ring Road.

- Στους παραπάνω σχηματισμούς, ακόμα και σε αυτούς της Κατώτερης ενότητας διαπιστώθηκε η παρουσία αμμωδών οριζόντων, φακοειδούς κυρίως μορφής και πάχους συνήθως μέχρι 3m, οι οποίοι κατά τη διάνοιξη ήταν πιθανό να οδηγήσουν σε καταπτώσεις περιορισμένης ή και διευρυμένης κλίμακας. Επιπλέον, οι αμμώδεις αυτοί οριζόντες ήταν κορεσμένοι με νερό και αποτελούσαν ως εκ τούτου επικρεμάμενους υδροφόρους, με αποτέλεσμα

την πιθανότητα εμφάνισης κατά τη διάνοιξη ροής νερού, από μερικές σταγόνες μέχρι υδροφορία υψηλής πίεσης.

- Η παρουσία ρηγμάτων διαμορφώνει κλιμακωτή και απότομη μορφολογία. Στη ζώνη μάλιστα των χαμηλών υπερκειμένων παρατηρήθηκαν φαινόμενα παλαιότερων κατολισθητικών κινήσεων, η έκταση και το βάθος των οποίων διερευνήθηκαν με την εκτέλεση γεωτρήσεων και την τοποθέτηση αποκλισιομέτρων και πιε-

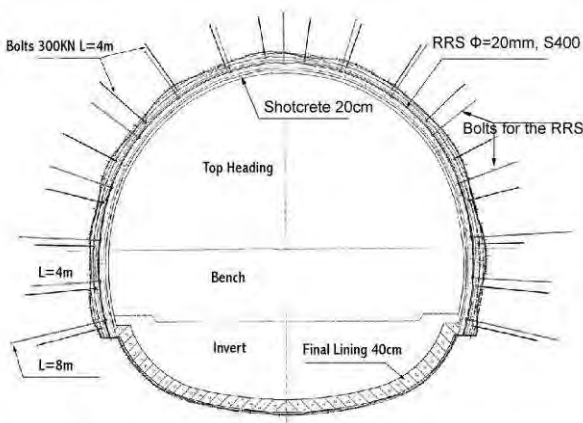
ζομέτρων.

Για τη διάνοιξη της σήραγγας επιλέχθηκε η Νορβηγική Μέθοδος (N.M.T.), η οποία βασίζεται στο σύστημα ταξινόμησης της βραχομάζας Q (Barton et al, 1974, Chryssanthakis et al, 1998). Η φύση των σχηματισμών, σε συνδυασμό με το μέγεθος της διατομής, επέβαλαν τελικά τη διάνοιξη της δίδυμης σήραγγας με μηχανικά μέσα και σε τρεις επιμέρους φάσεις, την εκσκαφή του θόλου (Α φάση), του δαπέδου της σήραγγας (B.I φάση) και του ανεστραμμένου τόξου (B.II φάση). Με τον τρόπο αυτό μπορούν να περιοριστούν οι υπερεκσκαφές, η διατάραξη και η μικρορηγματώση του σχηματισμού.

Τα μέτρα άμεσης υποστήριξης που χρησιμοποιήθηκαν γενικά κατά την εκσκαφή δίνονται στο Σχήμα 4, (Sofianos and Aranitits, 1997, Sofianos et al, 1999).

2.2 Δίδυμες σήραγγες ΣΑ και ΣΒ

Οι σήραγγες ΣΑ και ΣΒ ακολουθούν χιλιομετρικά τις σήραγγες Μποζαϊτικών - "Αγ. Βαρβάρα", συνδέονται δε μεταξύ τους με την κοιλαδογέφυρα Γ5, μήκους 385 περίπου μέτρων. Η σήραγγα ΣΑ εκτείνεται από τη Χ.Θ. 2+898 έως Χ.Θ. 3+101 για τον αριστερό κλάδο (μήκους 203m) και Χ.Θ. 2+873,91 έως Χ.Θ. 3+084,74 για το δεξιό κλάδο (μήκους 210,83m). Αντίστοιχα, η σήραγγα ΣΒ εκτείνεται από Χ.Θ. 3+542 έως Χ.Θ. 3+717 για τον αριστερό κλάδο (μήκους 175m) και Χ.Θ. 3+486,8 έως Χ.Θ. 3+699,04 για το δεξιό κλάδο (μήκους 212,24m).



Σχήμα 4. Τυπική διατομή εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας Μποζαϊτικών "Αγ. Βαρβάρα", στην οποία φαίνονται τα μέτρα υποστήριξης που εφαρμόστηκαν.

Figure 4. Typical cross section of the Bozaitika tunnel, where the support measures applied are shown.

Η διατομή των σήραγγων έχει ύψος 11m και πλάτος 13m (εμβαδού 105m²) και η απόσταση ανάμεσα στους δύο κλάδους κυμαίνεται από 22 έως 29m. Το ύψος υπερκειμένων κυμαίνεται από 6 έως 27m από την οροφή του έργου και για τις δύο σήραγγες (Zacas and Rahaniotis, 2000).

Ανάδοχος του έργου ήταν η Τεχνική Εταιρία Παντεχνική Α.Ε., ενώ οι μελέτες εκπονήθηκαν από το μελετητικό γραφείο Πανγαία ΕΠΕ. Ειδικότερα, σύμφωνα με τη νέα θεώρηση:

- Οι σήραγγες διανοίχθηκαν στο μεγαλύτερο τμήμα τους στα ιζήματα της Κατώτερης ενότητας, με την Ανώτερη ενότητα και τη Μεταβατική ζώνη να εμφανίζονται στις περιοχές εισόδου και εξόδου, οι οποίες αποτελούν συγχρόνως και περιοχές χαμηλών υπερκειμένων.

- Τα ιζήματα της Κατώτερης ενότητας αποτελούνται κυρίως από αργιλικές μάργες- αργιλόμαργες με αμμώδεις και ιλυώδεις ενστρώσεις. Αυτά είναι μάλλον σφιγρά, με εξαίρεση την ανώτερη ζώνη κερματισμού και αποσάθρωσης πάχους έως περίπου 3m. Η θέση, ο προσανατολισμός και το πάχος των αμμοιλυωδών ενστρώσεων παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά τους κατά τη διάνοιξη της σήραγγας, καθώς διακόπτουν τη συνέχεια και επιτρέπουν την κυκλοφορία νερού.

- Η σήραγγα ΣΒ συνάντησε σχηματισμούς της Ανώτερης ενότητας των ιζημάτων σε μεγαλύτερο τμήμα και οι συνθήκες διάνοιξης, ιδιαίτερα στο στόμιο εξόδου αυτής θεωρήθηκαν δυσμενέστερες σε σχέση με τη σήραγγα ΣΑ, λόγω κυρίως και της παρουσίας πολλών ενδιάμεσων αμμωδών οριζόντων.

Η εκσκαφή των σήραγγων βασίστηκε στη Νέα Αυστριακή Μέθοδο (NATM), βασική αρχή της οποίας αποτελεί η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση της βραχομάζας για αυτοϋποστήριξη, και πραγματοποιήθηκε με μηχανικά μέσα σε τρία στάδια, την Α' φάση εκσκαφής του θόλου, με ύψος 5.8m, τη Β' φάση με ύψος εκσκαφής τα 4m και τέλος την εκσκαφή του ανεστραμμένου τόξου (ύψους 1.2m). Το βήμα εκσκαφής ήταν 1m για την Α' φάση και από 1.8 έως 4m για τη Β' και Γ' φάση (Zakas and Rahaniotis, 2000).

Τα μέτρα άμεσης υποστήριξης που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας ήταν τα ακόλουθα:

- Lattice girders 95/32/25 ανά 0.6 έως 1.0m.
- Ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 25-30cm
- Πλέγμα T131
- Αγκύρια πλήρους πάκτωσης Φ25, μήκους 6m και $P_u=44t$ στις παρειές της Α' φάσης εκ-

σκαφής, ενώ για τη στήριξη των πλαισίων στα elephant feet χρησιμοποιήθηκαν αγκύρια πλήρους πάκτωσης Φ25, μήκους 7m και $P_u = 11tn$.

Η διάνοιξη της σήραγγας ΣΒ βασίσθηκε στα ίδια μέτρα άμεσης υποστήριξης με τη σήραγγα ΣΑ, με τη διαφορά ότι σε αυτήν έγινε επιπρόσθετα χρήση forepoles Ø25, μήκους 5-6m στις περιοχές των στομιών και όπου αλλού αυτό κρίθηκε απαραίτητο, κυρίως στα τμήματα εκείνα στα οποία συναντήθηκαν αμμώδεις ενστρώσεις στην οροφή της διατομής (Πανγαία ΕΠΕ, 1998).

2.3. Έργα Αρχαιολογικού Χώρου (Σήραγγα Σ1 – C+C – Σήραγγα ΣΓ).

Η σήραγγα Σ1, μήκους περίπου 293m, συνδέεται στη συνέχεια μέσω ενός Cut and Cover (μήκους περίπου 70m για το δεξιό και 50m για τον αριστερό κλάδο) με τη σήραγγα ΣΓ (μήκους περίπου 80m για το δεξιό και 90m για τον αριστερό κλάδο).

Ο παραπάνω σχεδιασμός υπογειοποίησης των έργων σε ενιαία ενότητα έγινε για τη διατήρηση και προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς στο ανώτερο μορφολογικά τμήμα της ζώνης αυτής.

Η διατομή της σήραγγας του Αρχαιολογικού χώρου, ανάλογη με αυτή της μεγάλης σήραγγας του Γηροκομείου, έχει εμβαδό $105m^2$, ενώ το μέγιστο ύψος υπερκειμένων είναι 48m (Sofianos et al, 1999).

Ανάδοχος του έργου της σήραγγας αυτής ήταν η Κοινοπραξία ΑΕΓΕΚ - Τρίτων ΙΙ, ενώ μελετητής του έργου ήταν το γραφείο ΟΜΕΤΕ Α.Ε. Οι γεωλογικές – γεωτεχνικές έρευνες και μελέτες εκτελέστηκαν από το γραφείο Κάστωρ ΕΠΕ.

Όσον αφορά στις γεωλογικές – τεχνικογεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες σημειώνονται τα εξής:

- Η διάνοιξη της σήραγγας έγινε σχεδόν στο σύνολό της στα ιζήματα των δύο ενότητων, Ανώτερης και Κατώτερης, που αποτελούν λεπτομερείς φάσεις, καθώς και σε αυτά της ενότητας των αργιλομαργών με κατά θέσεις αδρομερή στοιχεία. Εξαιρέση αποτελεί η περιοχή της εισόδου, όπου συναντήθηκαν πρόσφατες αποθέσεις πλευρικών κορημάτων και υλικών παλαιών κατολισθήσεων.

- Η γενική κλίση των στρωμάτων είναι προς τα ΝΔ, ευμενής προς τον άξονα των σηράγγων. Οι σχηματισμοί αυτοί αξιολογήθηκε ότι παρουσιάζουν κάποια χαλάρωση μόνο στις ζώνες ρηγμάτων, καθώς και στις περιπτώσεις

όπου το πάχος τους είναι μικρό (ζώνη κερματισμού και αποσάθρωσης).

- Η κυκλοφορία του νερού, η οποία συναρτάται με τη φάση των αδρομερών στοιχείων, εμφανίζεται μόνο με τη μορφή επικρεμάμενων υδροφόρων στις επαφές των στοιχείων αυτών με υποκείμενους τοπικά ορίζοντες αδιαπέρατων λεπτομερών ενστρώσεων (οι οποίες και αποσφηνώνονται πλευρικά), χωρίς να αναμένεται η παρουσία μόνιμου υδροφόρου ορίζοντα.

- Τα ρήγματα που καταγράφηκαν στην περιοχή έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ/κή και ΒΑ-ΝΔ/κή, με τα τελευταία να χαρακτηρίζονται από νεοτεκτονική δράση. Παρόλα αυτά δεν αξιολογήθηκαν ως επικίνδυνα, κυρίως λόγω του προσανατολισμού τους σε σχέση με το έργο.

- Παρόλο που η σήραγγα διέρχεται από περιοχή με έντονο μορφολογικό ανάγλυφο και με παρουσία, κατά θέσεις, επιφανειακών χαλαρών υλικών (κυρίως στις περιοχές των βορείων στομιών), οι ασταθείς ζώνες λόγω παλαιότερων κατολισθήσεων κρίθηκε ότι επηρεάζουν μόνο την επιφανειακή ζώνη των σχηματισμών και δεν επεκτείνονται μέχρι το βάθος διάνοιξης των σηράγγων.

Τα μέτρα άμεσης υποστήριξης που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας ήταν τα ακόλουθα:

- Δοκίδες προπορείας (forepoles) Ø3,5", μήκους 12m, κυρίως στις περιοχές των στομιών εισόδου και εξόδου, καθώς και στις περιοχές χαμηλών υπερκειμένων.

- Θυσιαζόμενα αγκύρια fiberglass 160KN, μήκους 12m, όπου χρειαζόταν.

- Χαλύβδινα πλαίσια HEA 240 ανά 0.75 με 0.95m.

- Ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 30cm

- Ολοκλήρωση της σκυροδέτησης της μόνιμης επένδυσης του πυθμένα με την προχώρηση (με σπλισμένο, έγχυτο σκυρόδεμα).

Η σήραγγα ΣΓ εκτείνεται από τη Χ.Θ. 4+803,5 έως Χ.Θ. 4+891 για τον αριστερό κλάδο και Χ.Θ. 4+780 έως Χ.Θ. 4+861 για το δεξιό κλάδο.

Ανάδοχος του έργου ήταν η Τεχνική Εταιρία Παντεχνική Α.Ε., ενώ οι μελέτες εκπονήθηκαν από το μελετητικό γραφείο Πανγαία ΕΠΕ.

Από τεχνικογεωλογικής – γεωτεχνικής πλευράς η σήραγγα ΣΓ διέρχεται από λοφοειδή περιοχή, όπου συναντώνται κυρίως επιφανειακά και στα ανώτερα στρώματα οι φάσεις των αργιλομαργών με αδρομερή στοιχεία, ενώ υποκείμενοι βρίσκονται οι ορίζοντες των αργιλικών και αργιλο-ίλυωδών μαργαϊκών ιζημά-

των της Ανώτερης ενότητας. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών αυτών επηρεάζονται α) από το βαθμό συμπύκνωσης και διαγένεσής τους, β) τη θέση, την έκταση και το πλήθος των “ψευδοασυνχειών” (μορφής στρωσιγένειας ή διακλάσεων) και γ) την παρουσία, τη σχετική θέση και την έκταση στο χώρο των μαργαϊκών ενστρώσεων (Παναγία ΕΠΕ, 2001).

Η εκσκαφή της σήραγγας ΣΓ πραγματοποιήθηκε, όπως οι ΣΑ και ΣΒ, με βάση τη Νέα Αυστριακή Μέθοδο (NATM) με χρήση μηχανικών μέσων σε δύο φάσεις, την Α' φάση εκσκαφής ύψους 5.8m και τη Β' φάση εκσκαφής βαθμίδας και ανάστροφου τόξου.

Η ιδιαιτερότητα της σήραγγας ΣΓ είναι ότι, σύμφωνα με τη χάραξη του αυτοκινητοδρόμου, σε ένα μήκος περίπου 60m, ο δεξιός της κλάδος βρίσκεται κατά το ήμισυ περίπου της διατομής (περιοχή του θόλου) εκτός εδαφικού πρσανούς. Δυνατότητα κατασκευής του κλάδου αυτού σε όρυγμα ή με εκσκαφή και επανεπίχωση δεν υπήρχε λόγω περιορισμών της Αρχαιολογικής Υπηρεσίας για την αποφυγή διατάραξης των αρχαιολογικών ευρημάτων. Η λύση που τελικά προκρίθηκε ήταν επίχωση του εν λόγω πρσανούς για τη δημιουργία θόλου πάνω από τον δεξιό κλάδο της σήραγγας και ενίσχυση των επιχώσεων αυτών με ειδικές τεχνικές (jet grouting - εδαφοπάσσαλοι, fiberglass rods).

Αναλυτικότερα, τα μέτρα άμεσης υποστήριξης που εφαρμόστηκαν κατά τη διάνοιξη της σήραγγας (για τον αριστερό κλάδο και το τμήμα του δεξιού με πλήρη εδαφική κάλυψη) είναι τα εξής:

- Lattice girders 115/32/25 ανά 0.8 έως 1.0m. για τον αριστερό κλάδο και ανά 0.6 έως 0.8m για το δεξιό κλάδο.
- Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους 30cm.
- Πλέγμα T131 (δύο στρώσεις)
- Αγκύρια πλήρους πάκτωσης Φ25, μήκους 6m και $P_u=44tn$ στις παρειές της Α' φάσης εκσκαφής.
- Ράβδοι fiberglass, μήκους 11 με 16m από τη δυτική παρειά του αριστερού κλάδου και μήκους 6m από τη δυτική παρειά του δεξιού κλάδου.
- Δοκοί προπορείας μήκους 5 έως 6m στο θόλο του αριστερού κλάδου.
- Αυτοδιατρούμενα αγκύρια (ράβδοι προπορείας) μήκους 6 έως 8m στο θόλο του δεξιού κλάδου.
- Αγκύρια fiberglass ενίσχυσης μετώπου εκσκαφής δεξιού κλάδου, μήκους 12m.

2.4. Σήραγγα Γηροκομείου (Σ2)

Η δίδυμη σήραγγα του Γηροκομείου, αποτελεί την τελευταία χιλιομετρικά σήραγγα της Ευρείας Παράκαμψης Πατρών, με μήκος περίπου 820m για το δεξιό κλάδο και 766m για τον αριστερό.

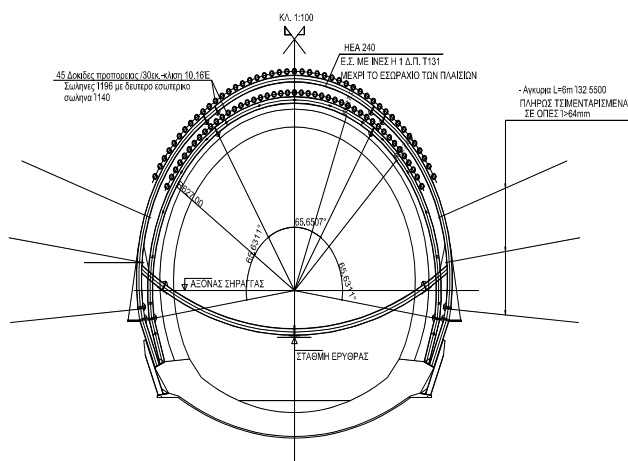
Η διατομή της σήραγγας έχει εμβαδόν $105m^2$. Το ύψος των υπερκειμένων κυμαίνεται από 10 έως 45m περίπου, ενώ η απόσταση ανάμεσα στους δύο κλάδους από 4m (στην περιοχή του νοτίου μετώπου) έως 50m (Sofianos et al, 1999).

Ανάδοχος του έργου ήταν η Κοινοπραξία ΑΕΓΕΚ - Τρίτων ΙΙ, ενώ μελετητής του έργου το μελετητικό γραφείο ΟΜΕΤΕ Α.Ε. Οι γεωλογικές – γεωτεχνικές έρευνες και μελέτες εκτελέστηκαν από το γραφείο Κάστωρ ΕΠΕ.

Με βάση τη διερεύνηση των γεωλογικών – τεχνικογεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών στο πλαίσιο της νέας θεώρησης, καθώς και από τα στοιχεία της μελέτης του έργου σημειώνονται τα εξής:

- Η διάνοιξη πραγματοποιήθηκε στο μεγαλύτερο μέρος στα ιζήματα των μαργών και αργιλόμαργων της Κατώτερης ενότητας, με ενστρώσεις αμμωδών - αμμοίλυωδών οριζόντων. Στα τμήματα εισόδου και πολύ περισσότερο (μεγαλύτερο μήκος) της εξόδου επικρατούν οι σχηματισμοί της Ανώτερης ενότητας και της Μεταβατικής ζώνης.
- Πρακτικά, οι σχηματισμοί της Κατώτερης ενότητας θεωρούνται αδιαπέρατοι, μπορούν όμως να σχηματίσουν τοπικά επικρεμάμενους υδροφόρους ορίζοντες στις αδρομερείς φάσεις αυτών, ακόμη και υπό πίεση, με πιθανή κατά θέσεις υδραυλική επικοινωνία. Το γεγονός αυτό οδήγησε σε κάποιες θέσεις σε ροή υλικού στη σήραγγα κατά τη διάνοιξη.
- Η περιοχή κατασκευής του έργου χαρακτηρίζεται από έντονο μορφολογικό ανάγλυφο, με ίχνη κατά θέσεις παλαιών, αλλά και πρόσφατων κατολισθήσεων και ερπυστικών κινήσεων. Τα υλικά αυτά των κατολισθήσεων εμφανίζονται επιφανειακά κυρίως στην περιοχή των στομιών εισόδου (βόρειο στόμιο) των σηράγγων και δεν επεκτείνονται μέχρι το βάθος διάνοιξης των σηράγγων.
- Η ζώνη διέλευσης της σήραγγας διατέμνεται βασικά από τέσσερα παράλληλα ρήγματα ΝΔ-ΒΑ διεύθυνσης, τα οποία όμως δεν αξιολογήθηκαν ως επικίνδυνα για τη σήραγγα. Αποτελούν βέβαια ζώνες όπου οι γεωλογικοί σχηματισμοί εμφανίζονται περισσότερο καταπονημένοι και ασταθείς.

Για την κατασκευή του έργου επιλέχθηκε η εφαρμογή μιας όσο το δυνατόν πιο κυκλικής διατομής της σήραγγας, με στόχο τον περιορισμό των καμπτικών ροπών και των αστοχιών λόγω λυγισμού (ΟΜΕΤΕ Α.Ε., 1998). Η διάνοιξη της σήραγγας πραγματοποιήθηκε με ολομέτωπη εκσκαφή με μηχανικά μέσα και ταυτόχρονη σκυροδέτηση της τελικής επένδυσης του πυθμένα σε βήματα των 4.5m, άμεσα μετά την ολοκλήρωση 9m εκσκαφής. Τα μέτρα άμεσης υποστήριξης που υιοθετήθηκαν ήταν αυτά που φαίνονται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5. Τυπική διατομή εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης σήραγγας Σ2, στην οποία φαίνονται τα μέτρα υποστήριξης που εφαρμόστηκαν. Figure 5. Typical cross section of the tunnel S2, where the support measures applied are shown.

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το έργο της Ευρείας Παράκαμψης Πατρών είναι σύνθετο και παράλληλα δύσκολο τεχνικά λόγω μορφολογίας, λιθολογικής σύστασης και δομής των γεωλογικών σχηματισμών στους οποίους φιλοξενείται, καθώς και των περιβαλλοντικών απαιτήσεων. Ιδιαίτερα η κατασκευή των υπόγειων έργων στους σχηματισμούς αυτούς αποτελεί πρωτόγνωρη εμπειρία για τα Ελληνικά δεδομένα.

Για όλα τα υπόγεια έργα της ΕΠΠ δίνονται κατ' αρχήν τα επιμέρους χαρακτηριστικά τους σχετικά με τη γεωμετρία, τον τρόπο διάνοιξης, το γεωλογικό περιβάλλον που φιλοξενήθηκαν (από τεχνικογεωλογικής – γεωτεχνικής πλευράς), τα προβλήματα που προέκυψαν και τα μέτρα υποστήριξης που λήφθηκαν.

Στο πλαίσιο λεπτομερούς διερεύνησης των σχηματισμών της ευρύτερης περιοχής μετά την ολοκλήρωση των έργων και λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία των μελετών του έργου, κα-

θώς και αυτών από την κατασκευή, οι λεπτομερείς φάσεις των παραπάνω ιζημάτων διαχωρίστηκαν σε δύο διακριτές, στρωματογραφικά επάλληλες γεωτεχνικές ενότητες, την Ανώτερη και Κατώτερη, που παρουσιάζουν διαφορετικές ιδιότητες και μηχανική συμπεριφορά.

Πλην όμως, για το σχεδιασμό και την υλοποίηση του έργου οι μαργαϊκοί σχηματισμοί της περιοχής αντιμετωπίστηκαν ως ενιαία ενότητα, χωρίς να αναζητηθεί η τυχόν διαφοροποίησή τους σε επιμέρους ενότητες. Έτσι, δεν υπήρξε κοινός τόπος αξιολόγησης των δεδομένων για όλα τα υπόγεια τεχνικά έργα, αλλά κάθε έργο σχεδιάστηκε ξεχωριστά. Εάν όμως κατά τον αρχικό σχεδιασμό του έργου ήταν γνωστή η διάκριση των μαργαϊκών ιζημάτων σε Γεωτεχνικές Ενότητες, τότε ο επιτυχής σχεδιασμός του θα ήταν αυτό να φιλοξενηθεί στην Κατώτερη Γεωτεχνική ενότητα, η οποία είναι πρακτικά στεγανός και πολύ συνεκτικός σχηματισμός, επιδεικνύοντας γενικά ομοιόμορφη και πολύ καλή μηχανική συμπεριφορά στη διάνοιξη υπόγειων έργων. Αντίθετα, η Ανώτερη Ενότητα χαρακτηρίζεται για τη συχνή εναλλαγή επιμέρους λιθολογικών τύπων, το μεγάλο εύρος στη συνεκτικότητα, στη διάρρηξη και αποσάθρωση, καθώς και μεγαλύτερη υδροπερατότητα.

Σύμφωνα λοιπόν με τη νέα θεώρηση είναι φανερό ότι η έρευνα σε τέτοιους σχηματισμούς θα πρέπει να επικεντρώνεται στην αναζήτηση και λεπτομερή αποτύπωση των επιμέρους ενότητων, τόσο επιφανειακά, όσο και σε βάθος, σε σχέση πάντα με το υπό μελέτη τεχνικό έργο, με στόχο την ανάδειξη των προβλημάτων και την επιτυχή αντιμετώπισή τους.

4. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκφράζονται θερμές ευχαριστίες στην ΕΥΔΕ-Αυτοκινητόδρομος ΠΑΘΕ, καθώς και στις Τεχνικές και Μελετητικές Εταιρίες που αναφέρονται στο κείμενο για τη διάθεση των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Barton, N., Lien, R. and Lund, J. (1974). "Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support". Rock Mech. 6(4) : 189-236.
- Chryssanthakis, P., Barton, N., Lset, F., Dallas, A., Mitsotakis, K. 1998. "Excavating in weak rocks with the Norwegian Method of Tunnelling (NTM)". 8th International IAGG

- Congress. Balkema, Rotterdam, p.p. 3663-3671.
- Εδαφομηχανική ΕΠΕ. (1995, 1997, 1998). Ευρεία Παράκαμψη Πατρών. Γεωτεχνική έρευνα για τις δίδυμες σήραγγες Μποζαϊτικών “Αγ. Βαρβάρα”.
- Ευπαλίνος Τεχνική (1996). Ευρεία Παράκαμψη Πατρών. Οριστική μελέτη της σήραγγας Μποζαϊτικών.
- Κάστρω ΕΠΕ. (1998, 1999). Ευρεία Παράκαμψη Πατρών. Γεωτεχνική έρευνα και μελέτη των δίδυμων σηράγγων Αρχαιολογικού Χώρου και Γηροκομείου.
- Κούκη, Α. (2006). “Τεχνικογεωλογικές – Γεωτεχνικές παράμετροι και μηχανική συμπεριφορά σκληρών εδαφών και μαλακών βράχων στο σχεδιασμό υπόγειων τεχνικών έργων”, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, σελ. 414.
- Κούκη Α. και Σαμπατακάκης Ν. (2010). Διερεύνηση της μηχανικής συμπεριφοράς των μαργαίικων σχηματισμών Αχαιίας με βάση εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές, 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής και Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, Βόλος.
- Kouki, A. and Rozos, D. (2010), “Engineering geological – geotechnical conditions in the wider area of Patras Ring Road. Compilation of the relevant map at a scale of 1:5000”, Bulletin of the Geological Society of Greece - 12th International Congress, Patras, Greece.
- Kouki, A. and Rozos, D. (2010), “The fine grained Plio-Pleistocene deposits in Achaia –Greece and their distinction in characteristic Geotechnical units”, Bulletin of the Geological Society of Greece - 12th International Congress, Patras, Greece.
- ΟΜΕΤΕ Α.Ε., (1998). Ευρεία Παράκαμψη Πατρών. Μελέτη διάνοιξης και προσωρινής υποστήριξης σηράγγων Αρχαιολογικού Χώρου και Γηροκομείου.
- Πανγαία ΕΠΕ, (1998, 1999, 2001). Ευρεία Παράκαμψη Πατρών. Μελέτη διάνοιξης - υποστήριξης κυρίου σώματος Σηράγγων ΣΑ, ΣΒ και ΣΓ.
- Sofianos, A.I., Giannaros, Ch., Kalkantzi, A., Katsaris, D. (1999). Variability in the construction of the soft rock Patra highway deviation tunnels. World Tunnel Congress, Oslo. Balkema, p.p.433-439.
- Sofianos, A., Aranitis, A. (1997). “Spilling the portals of a Patra deviation highway tunnel”. Proc. Underground Construction '97, p.186-189. ITA, Prague.
- Zacas, M., Rahaniotis, N. (2000). “NATM on the Patras ring road”. Tunnels and Tunneling International.