

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΤΟΥ ΠΛΑΤΑΜΩΝΑ*

M. ΧΑΤΖΗΑΓΓΕΛΟΥ¹, Β. ΧΡΗΣΤΑΡΑΣ¹, Γ. ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ¹, Γ. ΣΟΥΛΙΟΣ¹,
Α. ΚΙΛΙΑΣ¹, Β. ΜΑΝΩΛΑΚΟΣ²

ΣΥΝΟΨΗ

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στη διερεύνηση της ποιότητας της βραχομάζας όπου κατασκευάζεται η σιδηροδρομική σήραγγα του Πλαταμώνα. Περιγράφεται η γεωλογία της περιοχής όπως αποτυπώθηκε κατά τη διάνοιξη της σήραγγας και ταξινομείται ποιοτικά η βραχομάζα με εφαρμογή των μεθόδων RMR (Bieniawski, 1976) και GSI (Hock, 1974, Hock et al., 1998). Τέλος, τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων συγκρίνονται για όλους τους σχηματισμούς της περιοχής μελέτης και διατυπώνεται εμπειρική σχέση με ικανοποιητικό συντελεστή συσχέτισης.

ABSTRACT

The present paper refers to the investigation of the rock mass at the area of the under construction railway tunnel of Platamon. The new railway line connects the northern boundaries of Greece with Athens. The height of the tunnel is 13m. The tunnel is 2666m long and consists the following parts: a) 2+430 - 3+818: Tunnel, b) 3+818 - 3+880: Cut and Cover, c) 3+880 - 4+345: Tunnel, d) 4+345 - 4+412: Cut and Cover, e) 4+412 - 5+096: Tunnel.

For the construction and the safe support of the tunnel, the rock mass was investigated using the RMR and GSI geomechanical methods. According to our investigation, the rockmass is generally characterized as poor to very poor. However, in some parts the quality could be characterized as good or intermediate. The results were compared and empirical relationships were established.

KEY WORDS: Σήραγγα (tunnel), ταξινόμηση βραχομάζας (rock mass classification), σήραγγα Πλαταμώνα (tunnel of Platamon)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διάνοιξη της σήραγγας του Πλαταμώνα έγινε για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες μιας διπλής σιδηροδρομικής γραμμής υψηλής ταχύτητας με ηλεκτροκίνηση. Η σήραγγα είναι μονού κλάδου και διπλής κατεύθυνσης. Η χάραξη της νέας γραμμής ξεκινά από τα όρια των Νέων Πόρων και του Πλαταμώνα και κατευθύνεται βόρεια διασχίζοντας τον Πλαταμώνα (Εικ. 1). Το ύψος της σήραγγας είναι περίπου 13m. Η σήραγγα, η οποία έχει συνολικό μήκος 2666 m, ξεκινά από τη Χ.Θ. 2+430 του έργου και περιλαμβάνει τα παρακάτω τμήματα:

1. Χ.Θ. 2+430 - 3+818: Υπόγεια εκσκαφή μήκους 1.388m
2. Χ.Θ. 3+818 - 3+880: Cut and Cover (ανοικτό όρυγμα με επανεπίχωση) μήκους 62m
3. Χ.Θ. 3+880 - 4+345: Υπόγεια εκσκαφή μήκους 465m
4. Χ.Θ. 4+345 - 4+412: Cut and Cover μήκους 67m
5. Χ.Θ. 4+412 - 5+096: Υπόγεια εκσκαφή μήκους 684m

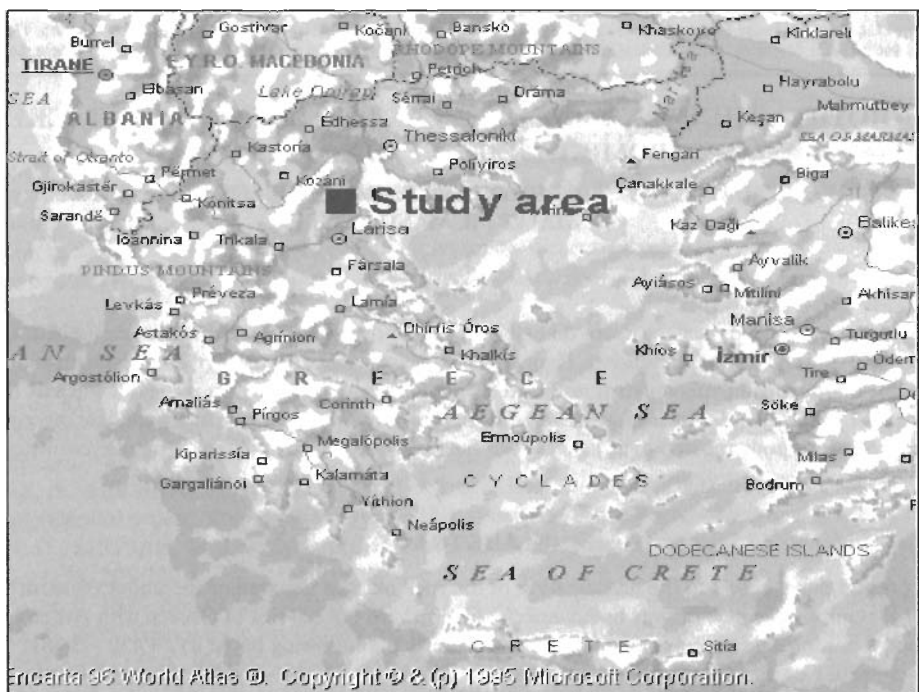
ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή αποτελείται από οφειόλιθους επωθημένους στα Τριαδιζοιούρασιακά πετρώματα του ανθρακικού καλύμματος της Πελαγονικής καθώς και επιζυλωγενείς τοποθετημένους κρητιδικούς ασβεστόλιθους. Κατά την επώθηση, που έλαβε χώρα στο Άνω Ιουραϊκό, σχηματίστηκε χαρακτηριστικό οφειολιθικό μίγμα (melange, Μουντράκης, 1985, ΙΓΜΕ, 1987). Η διάταξη των γεωλογικών σχηματισμών κατά μήκος της σήραγγας, δίδεται την γεωλογική τομή της Εικόνας 2.

* ROCK MASS QUALITY ALONG THE TUNNEL OF PLATAMON UNDER CONSTRUCTION

1. Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

2. ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε., Καρόλου 27, Αθήνα



Ειχ. 1. Γεωγραφική θέση της περιοχής
Fig. 1. Location of the study area

Η σήραγγα, στην είσοδο της (Χ.Θ. 2+430) διαπερνά έναν έντονα τεκτονισμένο οφειολιθικό σχηματισμό αποτελούμενο, στη θέση αυτή, κυρίως από αμφιβολίτες. Από τη Χ.Θ. 2+550 μέχρι τη Χ.Θ. 2+800 περίπου, η σήραγγα διαπερνά παραποτάμια αποθέσεις του Τεταρτογενούς, οι οποίες βρίσκονται σε τεκτονική επαφή με τους οφειόλιθους, του οποίους η σήραγγα συναντά εκ νέου στο τμήμα από Χ.Θ. 2+800 μέχρι 2+900 περίπου.

Στη συνέχεια, η σήραγγα διασχίζει, σε μήκος περίπου 100 m, γκριζούς - γκριζόλευκούς λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις κρητιδικούς ασβεστόλιθους, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι επάνω σε νεογενείς σχηματισμούς (Χ.Θ. 3+000 - Χ.Θ. 3+350).

Τα Νεογενή ιζημάτα της περιοχής αποτελούνται από αποθέσεις ορηχής θάλασσας, οι οποίες αποτελούνται από στρώσεις πολύ σπαιρών και σκληρών καστανών αμμοδών αργίλων και υλός με καστανοκίτρινες και τοπικά γκριζοπράσινες πυκνές αργιλώδεις άμμοις με χάλιζες και μικρά τεμάχια κρυσταλλικών ασβεστόλιθων και υπερβασιικών πετρωμάτων. Ένας όγκος Κρητιδικού ασβεστόλιθου πιθανόν να ολόσθησε γιατί το νεογενές από γειτονική περιοχή. Τα ιζήματα του Νεογενούς εμφανίζονται στις θέσεις από Χ.Θ. 2+950 μέχρι Χ.Θ. 3+450.

Από τα στοιχεία που έχουμε συλλέξει, είναι πιθανό ο παραπάνω σχηματισμός που χαρακτηρίστηκε ως «νεογενή ιζήματα» να μην είναι τίποτα άλλο παρά τεκτονικό λατιποπαγείς των ασβεστόλιθων στην επαφή τους με τον οφειολιθικό σχηματισμό. Η διερεύνηση όμως αυτού του γεωλογικού προβλήματος αποτελεί ξεχωριστό θέμα, πέραν των ορίων και του στόχου της παρούσας έρευνας.

Μετά τα νεογενή ιζήματα η σήραγγα διαπερνά οφειόλιθους αντίστοιχους με αυτούς της Χ.Θ. 2+430. Στη συνέχεια, και μέχρι τη Χ.Θ. 3+750, οι οφειόλιθοι αναταξιώνονται με ανθρακικά τριαζιζο-ιουρακικά πετρώματα δίνοντας την εντύπωση ενός τεκτονικού μίγματος (melange) που σχηματίστηκε γιατί την επόθεση των οφειόλιθων επάνω στο ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής.

Οι σχηματισμοί της Πελαγονικής αποτελούνται από εναλλαγές μαύρων και λευκών μαρμάρων με πλήθος τεκτονικών ασυνχειών, γκριζόμαυρου χρώματος ασβεστόλιθους, λατιποπαγείς ασβεστόλιθους, καστανόλευκους κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, κατακεραματισμένα τεμάχια μαρμάρων ανάμεσα στα οποία υπάρχει λεπτόκοκκο υλικό ανθρακικής σύστασης καθώς και λευκά έντονα αποσαθρωμένα μάρμαρα. Οι ανθρακικοί αυτοί σχηματισμοί παρουσιάζουν ποικίλες διευθύνσεις κλίσεως, έντονο τεκτονισμό και πτύχωση. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι μεσοστρωματώδεις και κατά θέσεις παχυστρωματώδεις και αποτελούν τμήμα του Ανατολικού ανθρακικού καλύμματος. Η περιοχή που ασχολείται στο παρόν άρθρο είναι η περιοχή της Πύλης Γεωλογίας Α.Π.Θ.

Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α

Τεταρτογενείς

- Αλλουβιακές αποθέσεις
- Παραποτάμιες αποθέσεις

Νεογενείς

- Χερσαίοι και λιμναίοι σχηματισμοί (βλέπε σχολιασμό στο κείμενο)

Κρητιδικό

- Γκρίζοι-γκριζόλευκοι λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι

(Ηωελληνικό τεκτονικό κάλυμμα)

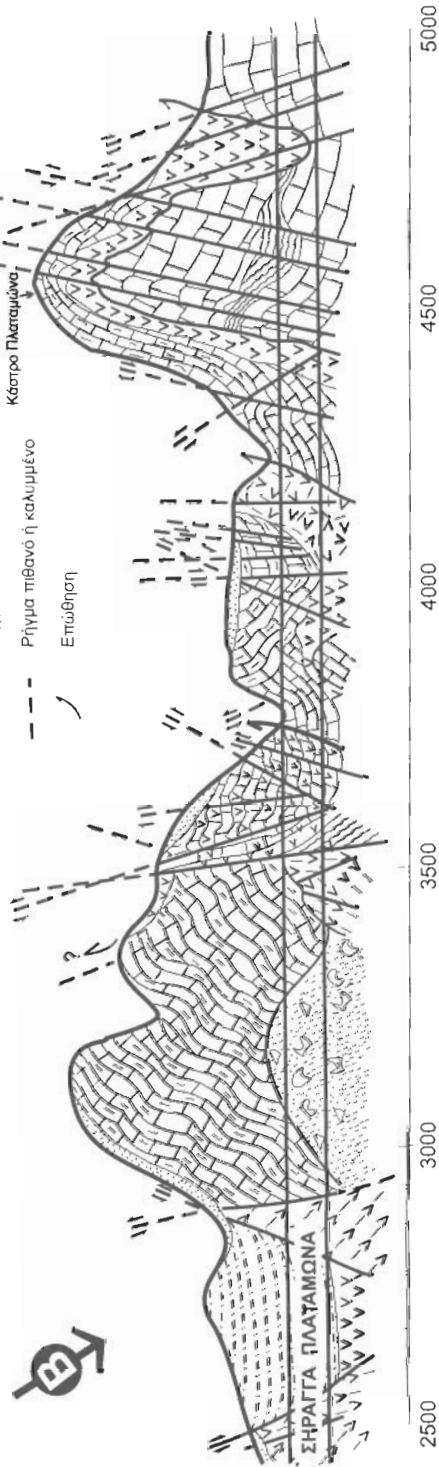
- Σερπεντινίτες
- Αμφιβολίτες
- Οφειόλιθοι
- Οφειολιθικό μίγμα

Τριαδικό - Ιουρασικό ανθρακικό κάλυμα της Πελαγονικής ζώνης

- Μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι
- Παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι
- Σχιστόλιθοι

Κλίμακα
20
200

- Γεωλογικό όριο
- Ρήγμα
- Ρήγμα πιθανό ή καλυμμένο
- Επιώθηση



Εικ. 2. Γεωλογική τομή κατά μήκος της σήραγγας Πλαταμόνα
Fig. 2. Geological section along the tunnel of Platamon

Κατά την επίλυση του Μ.-Α. Κρητιδικού, μαύροι και γκριζοί έως γκριζόλευκοι (λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις) ασβεστόλιθοι τοποθετήθηκαν, σε ασυμφωνία, επάνω στα προϋπάρχοντα ανθρακικά πετρώματα (Χ.Θ. 3+850 – 4+100). Στο τμήμα από Χ.Θ. 4+100 μέχρι 4+200 η σήραγγα συναντά σεορπεντινίτες του τεκτονικού καλύμματος. Τέλος, από Χ.Θ. 4+200 μέχρι την έξοδο της σήραγγας (Χ.Θ. 5000) η σήραγγα τριαδικούς μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθους, επωθημένους οφειόλιθους (Χ.Θ. 4+400 και Χ.Θ. 4+800) και τριαδικούς παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους με ενοτρώσεις σχιστολίθων. Επί των σχηματισμών αυτών, τοποθετούνται κρητιδικοί ασβεστόλιθοι.

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΚΑΤΑ RMR (BIENIAWSKI, 1976)

Για την ταξινόμηση της βραχομάζας κατά RMR χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω πληροφορίες: Η αντοχή του συμπαγούς πετρώματος, η παρουσία του υπογείου νερού, η ποιότητα του πετρώματος RQD και η κατάσταση των ασυνεχειών. Η κατάσταση των ασυνεχειών περιγράφεται με την απόσταση των ασυνεχειών, το μήκος τους, το άνοιγμά τους, την τραχύτητα των τοιχωμάτων τους, την αποσάθρωση των τοιχωμάτων και τη σκληρότητα του υλικού πλήρωσης.

Τα παραπάνω στοιχεία συλλέχθηκαν σε κάθε βήμα της εξοραφής, με στόχο τη συστηματική ταξινόμηση της βραχομάζας κατά μήκος της σήραγγας. Από την αξιολόγηση των μετρήσεων πεδίου διαπιστώνεται ότι η ποιότητα της βραχομάζας, στο τμήμα από Χ.Θ.2+430 έως Χ.Θ.4+222, είναι φτωχή έως πολύ φτωχή με μερικές θέσεις μόνο μέτριας ποιότητας. Στις θέσεις αυτές συναντώνται οφειολιθικοί σχηματισμοί, χαλαρά ιζήματα του Τεταρτογενούς, ιζήματα του Νεογενούς, έντονα καταζεματισμένοι ασβεστόλιθοι της Πελαγονικής ζώνης ηλικίας Τριαδικού-Ιουρασικού, και γκριζος έως γκριζόλευκος ασβεστόλιθος του Κρητιδικού.

Από Χ.Θ.4+222 έως Χ.Θ.4+459 οι ασβεστόλιθοι της Πελαγονικής και οι οφειόλιθοι που συναντώνται χαρακτηρίζονται μέτριας έως φτωχής ποιότητας. Από Χ.Θ. 4+459 έως Χ.Θ. 4+696 συναντώνται παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι του Κρητιδικού, ενδιαστρώσεις σχιστολίθων. Η βραχομάζα σ' αυτή τη θέση χαρακτηρίζεται ως μέσης ποιότητας βραχομάζα με θέσεις καλής αλλά και φτωχής ποιότητας. Η φτωχή ποιότητα της βραχομάζας οφείλεται στην εμφάνιση των σχιστολιθικών σχηματισμών. Από Χ.Θ.4+696 έως Χ.Θ.4+782 η βραχομάζα είναι φτωχή και κατά θέσεις πολύ φτωχή εξαιτίας της επώθησης του οφειολιθικού σχηματισμού στον παχυστρωματώδη ασβεστόλιθο. Τέλος στις Χ.Θ.4+782 έως Χ.Θ.5+079 ξανασυναντάται ο παχυστρωματώδης ασβεστόλιθος του Κρητιδικού και γι' αυτό η βραχομάζα χαρακτηρίζεται μέσης έως καλής ποιότητας. Τέλος, από Χ.Θ.5+079 έως Χ.Θ. 5+096 οι ασβεστόλιθοι που εμφανίζονται είναι ισχυρά κεραμοποιημένοι και η βραχομάζα χαρακτηρίζεται φτωχής έως πολύ φτωχής ποιότητας. Άρα, οι παραποτάμιες αποθέσεις του Τεταρτογενούς, οι χερσαίοι και λιμναίοι σχηματισμοί του Νεογενούς, οι σχιστολίθοι και οι σχηματισμοί που συνιστούν το οφειολιθικό μίγμα (melange), απαιτούν πρόσθετα μέτρα υποστήριξης. Δευτερογενώς ευαίσθητοι σχηματισμοί είναι οι οφειολιθικοί σχηματισμοί, ο γκριζόχρωμος κρυσταλλικός ασβεστόλιθος του Κρητιδικού, και οι λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι Τριαδικού-Ιουρασικού (Πίνακας 3).

Στο σύνολό της η ποιότητα της βραχομάζας χαρακτηρίζεται φτωχή έως πολύ φτωχή με τοπικές θέσεις καλής έως μέτριας ποιότητας.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΔΕΙΚΤΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (GSI)

Η γεωτεχνική ταξινόμηση σύμφωνα με τον Γεωλογικό Δείκτη Αντοχής (GSI, Hoek et al, 1998) στηρίζεται στην ποιοτική εκτίμηση του συνολού της βραχομάζας και όχι μόνο των μηχανικών χαρακτηριστικών της. Ο χαρακτηρισμός της βραχομάζας βασίζεται στην ταξινόμηση της δομής των πετρώματος, όσον αφορά τους όγκους που σχηματίζονται εξαιτίας των καταμήσεων και των διακλάσεων, καθώς και την επιφανειακή κατάσταση των ασυνεχειών. Έτσι, γνωρίζοντας την κατάσταση των τοιχωμάτων των διακλάσεων και τη δομή της επιφάνειας δημιουργείται μια βάση για την περιγραφή μιας ευρείας σειράς τύπων βραχωδών μαζών από όπου μπορεί να εκτιμηθεί η τιμή του Δείκτη Γεωλογικής Αντοχής (Hoek, 1994).

Έναντι της μεθόδου RMR, η μέθοδος αυτή στηρίζεται περισσότερο στην γεωλογική παρατήρηση φαίνεται όμως να καταλήγει σε περισσότερα συντηρητικά αποτελέσματα. Έτσι, σύμφωνα με τη μελέτη των Hoek et al, 1998, για το σχιστολίθο της περιοχής Αθηνών, η μέθοδος GSI έδωσε τιμές μικρότερες από τις τιμές που έδωσε η μέθοδος RMR.

Πίνακας 1. Τιμές ταξινόμησης κατά RMR και GSI κατά μήκος της σήραγγας (τιμές RMR: από αρχείο «ΕΡΓΟΣΕ»)
 Table 1. RMR and GSI rock mass classification along the tunnel (RMR values: according to "ERGOSE Co" archives)

X.Θ. - X.Θ.	RMR	GSI	X.Θ. - X.Θ.	RMR	GSI
2+430-2+525	0-20	10-20	4+445-4+459	42-47	40-45
2+525-2+884	0-20	<10	4+459-4+464	40	35-40
2+884-2+930	35-38	30-35	4+464-4+492	30-38	30-35
2+930-2+979	25-27	30-35	4+492-4+502	29	30-35
2+979-3+349	0-20	10-20	4+502-4+581	0-20	20-25
3+349-3+354	26	20-25	4+581-4+621	45-51	45-50
3+354-3+386	30-32	35-40	4+621-4+641	32-35	35-40
3+386-3+480	25-28	25-30	4+641-4+683	45-52	35-40
3+480-3+550	0-20	10-20	4+683-4+696	21-29	30-35
3+550-3+583	0-20	20-25	4+696-4+752	0-20	10-20
3+583-3+608	25	20-25	4+752-4+760	42	40-45
3+608-3+668	0-20	20-25	4+760-4+765	69	50-55
3+668-3+685	21-29	25-30	4+765-4+780	50	45-50
3+685-3+703	41-45	35-40	4+780-4+782	70	50-55
3+703-3+755	0-20	20-25	4+782-4+792	57-60	45-50
3+750-3+800	0-20	15-25	4+792-4+795	47	40-45
3+800-3+818	0-20	15-20	4+795-4+802	60	45-50
3+880-3+933	16-18	20-25	4+802-4+815	66-69	50-55
3+933-3+946	16-18	20-25	4+815-4+825	57	45-50
3+946-3+955	31	30-35	4+825-4+829	47-48	40-45
3+955-4+005	18-19	20-25	4+829-4+900	0-20	20-25
4+005-4+025	30-38	35-40	4+900-4+909	0-20	25-30
4+025-4+076	41-45	40-45	4+909-4+911	34	30-35
4+076-4+175	0-20	15-20	4+911-5+012	43-51	40-45
4+175-4+189	21-23	25-30	5+012-5+051	61-64	50-55
4+189-4+216	0-20	20-25	5+051-5+064	45-49	40-45
4+216-4+222	22-24	25-30	5+064-5+073	61	50-55
4+222-4+345	0-20	20-25	5+073-5+079	48	40-45
4+407-4+439	0-20	25-30	5+079-5+089	36-38	35-40
4+439-4+445	36-37	35-40	5+089-5+095	0-29	25-35

Πίνακας 2. Εκτίμηση του μέτρου παραμόρφωσης
Table 2. Estimation of the deformation modulus.

Είδος σχηματισμού	Μονοαξονική αντοχή σ_d (MPa)	Μέτρο Παραμόρφωσης, E_m (GPa)	Κατηγορία βραχομάζας
Παραποτάμιες αποθέσεις Τεταρτογενούς	4	0,2-0,35	C
Χερσαίοι και λιμναίοι σχηματισμοί Νεογενούς	6	0,24-0,43	B ⁻ - C ⁺
Σερπεντινίτες Ησέλλητικού τεκτονικού καλύμματος	29	0,54-1,71	B
Γκριζοί-γκριζόλευκοι λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι Κρητιδικού	21	0,83-3,45	A ⁻ - B
Παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι Κρητιδικού	52	2,28-9,6	A ⁻ - B
Εναλλαγές μαύρων και λευκών μαρμάρων Τριαδικού-Ιουρασικού	52	1,28-1,71	B ⁺
Γραφιτικός σχιστόλιθος Τριαδικού-Ιουρασικού	24	0,64-0,76	B ⁻

Πίνακας 3: Ταξινόμηση της ποιότητας των γεωλογικών σχηματισμών κατά RMR και GSI κατά μήκος της σήραγγας.

Table 3. Rock mass classification according to methods of RMR and GSI.

Γεωλογικός σχηματισμός	Εύρος GSI	Κατηγορία ταξινόμησης RMR	Εύρος RMR
Παραποτάμιες αποθέσεις	<10	V	0-20
Χερσαίοι και λιμναίοι σχηματισμοί	10-20	V	0-20
Σερπεντινίτες	10-30	V - IV	0-23
Αμφιβολίτες	25-35	V - IV	0-38
Οφειόλιθοι	10-35	V - IV	0-29
Σχιστόλιθοι	10-20	V	0-20
<i>Ασβεστολιθικά πετρώματα Πελαγονικής ζώνης</i>			
Γκριζόχρωμος κρυσταλλικός ασβεστόλιθος	20-25	V	16-18
Εναλλαγές μαύρων και λευκών μαρμάρων	20-30	V - IV	0-25
Λατοποπαγής ασβεστόλιθος	25-40	IV - III	21-45
Τεμάχη μαρμάρου σε αμμόδες υλικό	10-20	V	0-20
Έντονα κατακεραματισμένοι λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι	20-25	V	16-18
Τεκτονικό λατοποπαγές	10-20	V	0-20
Εξαλλειωμένα μάρμαρα χωρίς στρώση	10-20	V	0-20
<i>Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού</i>			
Γκριζοί-γκριζόλευκοι λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι	20-45	III - IV - V	0-48
Παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι	30-55	IV - III - II	21-70

Οι τιμές που προέκυψαν από την ταξινόμηση που πραγματοποιήσαμε στη σήραγγα του Πλαταμιώνα, φανερώνονται στον Πίνακα 1. Σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά GSI η βραχομάζα μπορεί να χαρακτηριστεί στο σύνολό της ως βραχομάζα μέσης έως μικρής αντοχής.

Η τιμή του GSI σε συνάρτηση με τη μονοαξονική συμπίεσιμη τάση σ_c μπορεί να οδηγήσει στην εκτίμηση του μέτρου παραμόρφωσης E_m της βραχομάζας σύμφωνα με τη σχέση:

$$E_m = (\sigma_c / 100)^{1/2} \times 10^{(0,88E_{GSI} - 10)/304} \quad (E_m \text{ σε GPa, και ισχύει για } \sigma_c < 100 \text{ MPa, Poek \& Brown, 1998})$$

Λαμβάνοντας υπ' όψη και τα αποτελέσματα της δοκιμής ομιακής φόρτισης που πραγματοποιήσαμε σε αντιπροσωπευτικά δείγματα, εκτιμήσαμε το μέτρο παραμόρφωσης E_m που δίνεται στον Πίνακα 2, για τους σχηματισμούς που μελέτησαμε κατά μήκος της σήραγγας.

Φηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

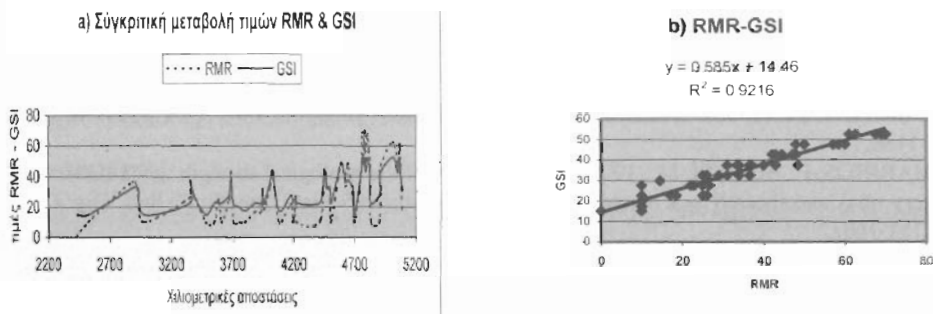
Στον Πίνακα 3 δίνεται συνοπτικά συγκεντρωτική ποιότητα ταξινόμησης βάσει των μεθόδων RMR και GSI, και

γεωλογικό σχηματισμό όπου μπορούν να διαγνωστούν οι ασθενέστεροι σχηματισμοί.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων για τους διάφορους σχηματισμούς, που δίδονται στον Πίνακα 3, φαίνεται ότι το εύρος των τιμών GSI είναι πιο περιορισμένο από το εύρος των τιμών RMR δίνοντας έτσι πιο λεπτομερή και συγχρόνως πιο ρεαλιστική περιγραφή των πραγματικών συνθηκών ποιότητας της βραχομάζας. Τοποθετώντας τις τιμές RMR και GSI (που εκτιμήθηκαν κατά μήκος της σήραγγας, στις ίδιες χιλιομετρικές θέσεις) σε διάγραμμα αντιστάσεως προκύπτει η σχέση $GSI = 0,585RMR + 14,46$ με συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 0,92$ (Εικ.3).

Σύμφωνα με την παραπάνω εμπειρική σχέση, οι τιμές GSI και RMR ταυτίζονται για πτωχής ποιότητας βραχομάζα, στα όρια των κατηγοριών IV - III ($GSI \cong RMR \cong 35$). Η παραπάνω εμπειρική σχέση εκτιμήθηκε από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν τόσο σε οφειολιθικά όσο και σε ανθρακικά πετρώματα.



Εικ. 3. Διαγράμματα a) συγκριτικής μεταβολής και b) συσχέτισης των τιμών RMR και GSI, κατά μήκος της σήραγγας του Πλαταμόνα.

Fig. 3. Diagrams of a) comparable change and b) correlation of RMR and GSI values along the tunnel

Με βάση τα αποτελέσματα των δύο παραπάνω ταξινομήσεων, ο σχηματισμός των οφειολίθων στις Χ.Θ.2+540-2+870 και Χ.Θ.3+500-3+550 απαιτεί αυξημένα μέτρα υποστήριξης. Στο συμπέρασμα αυτό καταλήγουν και οι δυο ταξινομήσεις. Οι οφειόλιθοι στις Χ.Θ.4+200-4+350 και Χ.Θ. 4+830-4+900 απαιτούν ισχυρότερα μέτρα υποστήριξης σύμφωνα με τη μέθοδο RMR, ενώ οι αβεστολίθοι που βρίσκονται στις Χ.Θ.3+680, Χ.Θ.3+900-4+000, Χ.Θ.4400, Χ.Θ.4+580-4+700 (παχυστρωματώδης αβεστολίθος), Χ.Θ.4+750-4+830, Χ.Θ.4+900-5+100 δεν χρειάζονται άμεση υποστήριξη σύμφωνα και με τις δύο μεθόδους. Περισσότερο αυξημένη υποστήριξη σύμφωνα με τη μέθοδο GSI απαιτούν οι αβεστολίθοι των θέσεων Χ.Θ.2+900-3+000 και Χ.Θ.3+300-3+500. Αντίθετα, σύμφωνα με τη μέθοδο RMR ο αβεστολιθικός όγκος της θέσης Χ.Θ.4+350-4+500 απαιτεί ισχυρότερη υποστήριξη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η περιοχή της σήραγγας του Πλαταμόνα αποτελείται από οφειόλιθους επωθημένους πάνω στα Τριαδικο-ουρακικά ανθρακικά πετρώματα του καλύμματος της Πελαγονικής ζώνης. Η σήραγγα διαπερνά οφειολιθικούς σχηματισμούς, Κρητιδικό αβεστολίθο, ιζήματα του Νεογενούς, σχηματισμούς του οφειολιθικού μίγματος, Τριαδικο-ουρακικούς αβεστολίθους του ανθρακικού καλύμματος της Πελαγονικής ζώνης, σχηματισμούς οφειόλιθων επωθημένους επάνω στον παχυστρωματώδη αβεστολίθο της Πελαγονικής ζώνης.

Οι γεωτεχνικές ταξινομήσεις της βραχομάζας σύμφωνα με τη μέθοδο του RMR (Beniawski, 1976) και με τη μέθοδο του Δεύτερου Γεωλογικής Αντοχής (GSI, Hoek et al, 1998) έδειξαν πως ο σχηματισμός των οφειόλιθων απαιτεί αυξημένα μέτρα υποστήριξης στις Χ.Θ.2+540-2+870 και Χ.Θ.3+500-3+550, ενώ οι θέσεις του παχυστρωματώδους αβεστολίθου δεν απαιτούν άμεση υποστήριξη. **Ισχυρή υποστήριξη σύμφωνα με τη μέθοδο RMR** απαιτούν οι οφειόλιθοι στις Χ.Θ.4+200-4+350 και Χ.Θ.4+830-4+900 καθώς και ο αβεστολίθος της Χ.Θ.4+350-4+500. Η μέθοδος του Δεύτερου Γεωλογικής Αντοχής (GSI) προτείνει ισχυρότερη υποστήριξη για τους αβεστολίθους των Χ.Θ.2+900-300 και Χ.Θ.3+300-3+500. Οι αβεστολίθοι που δεν χρειάζονται άμεση υποστήριξη, σύμφωνα με τις δύο μεθόδους, περιλαμβάνονται στην Χ.Θ.4+750-4+830, Χ.Θ.3+900-4+000, Χ.Θ.4400,

X.Θ.4+580-4+700 (παχυστρωματώδης ασβεστόλιθος), X.Θ.4+750-4+830, X.Θ.4+900-5+100.

Συγκρίνοντας τις τιμές των δύο μεθόδων προκύπτει ότι οι τιμές GSI έχουν μικρότερο εύρος από τις τιμές RMR με αποτέλεσμα η μέθοδος του Δείκτη Γεωλογικής Αντοχής να δίνει πιο λεπτομερή και πιο ρεαλιστική περιγραφή των πραγματικών συνθηκών της βραχομάζας γεγονός που αντανακλά και στη λεπτομερέστερη περιγραφή των μέτρων υλοστηρίξης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας η μεταβολή των τιμών RMR και GSI ορίζεται από τη σχέση $GSI = 0,585RMR + 14,46$ εμφανίζοντας σημαντική συσχέτιση. $R^2 = 0,92$.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε την ΕΡΓΟΣΕ για τα στοιχεία που μας διέθεσε, τα οποία αξιολογήσαμε κατάλληλα με στόχο την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AFROUZ, A. (1992): "Rock Mass Classification Systems and Modes of Ground Failure", *CRC Press, Inc., 2000 Corporate Blvd., N.W., Boca Raton, Florida*, p.p.195.
- BENIAWSKI, Z.T. (1976): "Rock mass classification in rock engineering", *Proc. Symp. Exploration Engineering*, Johannesburg, pp. 97-106.
- HOEK, E. (1994): "Strength of rock and rock masses", *ISRM News J*, V2, pp. 4-16.
- HOEK, E. & BROWN, ET. (1998): "Practical estimates of rock mass strength", *Int J Rock Mech Min Sci*, V34, pp. 1165-1186.
- HOEK, E., MARINOS, P., BENISSI, M. (1998): "Applicability of the geological strength index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses. The case of the Athens Schist Formation", *Bull. Eng. Geol. Env.*, V57, pp. 151-160.
- Ι.Γ.Μ.Ε. (1987): "Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδος, κλίμακας 1:50.000 - Φύλλο Ραψάνη"
- Μουντράκης, Δ. (1985): "Γεωλογία της Ελλάδας", University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 207p.