

Πρακτικά		3ου Συνεδρίου		Μάιος 1986	
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	σελ.	Αθήνα		
Bull. Geol. Soc. Greece	XX/3	163-175	1988		
	Vol.	pag.	Athens		

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ ΣΤΗ
ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΑΡΤΑΣ-ΤΡΙΚΑΛΩΝ*****

Θ. ΔΕΡΜΕΝΤΖΟΠΟΥΛΟΣ*, Χ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ,
Ν. ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ**, Γ. ΤΣΙΑΜΠΟΣ****

ΣΥΝΟΨΗ

Στα πλαίσια μελέτης και κατασκευής οδικών σηράγγων της νέας εθνικής οδού Άρτας-Τρικάλων, έγιναν γεωλογικές εργασίες υπαίθρου, προσδιορισμός των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών της βραχομάζας και εκτίμηση των υδρογεωλογικών συνθηκών. Με βάση τα στοιχεία αυτά έγινε προσπάθεια για ταξινόμηση της βραχομάζας πριν τη διάνοιξη των σηράγγων και επίσης κατά την κατασκευή της πρώτης σήραγγας, που έδωσαν χρήσιμα συμπεράσματα για την εφαρμογή των συστημάτων ταξινόμησης στη συγκεκριμένη περιοχή.

ABSTRACT

The paper deals with some engineering geological considerations related to rock mass classification and tunneling along Arta-Trikala road. Site investigations including field measurements and testing were carried out to ascertain basic geotechnical features of the rock masses encountered. An effort was made to classify rock mass before and after the construction of the proposed tunnels. Finally, some useful conclusions were drawn, referring to the application of the classification systems for the above mentioned area.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σχεδιασμός οδικών αξόνων με γεωμετρικά χαρακτηριστικά εθνικών οδών, που διέρχονται από "δύσκολες" περιοχές της χώρας έχει

*** CONCLUSIONS ON THE APPLICATION OF ROCK MASS CLASSIFICATION
SYSTEMS FOR TUNNELING IN ARTA-TRIKALA ROAD

* Δ/ση Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών, ΥΠ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

**Δ/ση Ερευνών Εδαφών, Κ Ε Δ Ε, ΥΠ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

οδηγήσει, τα τελευταία χρόνια, στην αναγκαιότητα κατασκευής μικρών ή μεγάλων οδικών σηράγγων.

Μία απ'αυτές τις γεωτεχνικά δύσκολες περιοχές είναι η οροσειρά της Πίνδου στη Δυτική Ελλάδα.

Ένα μεγάλο τμήμα της νέας εθνικής οδού (ΝΕΟ) Άρτας-Τρικάλων, που θα συνδέσει τη Δυτική με την Κεντρική Ελλάδα, διέρχεται από τη ζώνη της Πίνδου που παρουσιάζει έντονο μορφολογικό ανάγλυφο και πολυσύνθετη γεωλογική δομή. Στο τμήμα αυτό της οδού έχουν σχεδιασθεί και βρίσκονται στο στάδιο κατασκευής τους, 16 σήραγγες μήκους η κάθε μια από 50 μέχρι 150 μέτρα.

Όλες σχεδόν οι σήραγγες πρόκειται να διανοιχθούν μέσα στους ασβεστολιθικούς και κερατολιθικούς σχηματισμούς και σε σχετικά μικρό βάθος (πάχος υπερκελμένου πετρώματος μικρότερο των 30 μέτρων).

Η συλλογή και αξιολόγηση των τεχνικογεωλογικών στοιχείων για τη μελέτη των σηράγγων, όπως αποδείχθηκε και από την κατασκευή της πρώτης σήραγγας, ήταν μεγάλης σπουδαιότητας, αφού τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν είχαν σχέση κυρίως με τη γεωλογική σύσταση και δομή της περιοχής. Προβλήματα που να έχουν σχέση με ανάπτυξη ψηλών επιτόπου τάσεων ή με τη μεταβολή της εντατικής κατάστασης της βραχομάζας κατά τη διάνοιξη, δεν παρατηρήθηκαν κι'αυτό οφείλεται στο μικρό βάθος των σηράγγων.

Για την καλλίτερη κατανόηση και αξιολόγηση των τεχνικογεωλογικών χαρακτηριστικών, σε σχέση με τον τεχνικό σχεδιασμό των σηράγγων, τα χαρακτηριστικά αυτά συγκεντρώθηκαν και παρουσιάστηκαν σε μορφή πινάκων ταξινόμησης. Αυτό βοήθησε σημαντικά στη τεχνική ταξινόμηση της βραχομάζας κατά μήκος των σηράγγων, σύμφωνα με τα διεθνώς παραδεκτά συστήματα, καθώς και στην εποικοδομητική συνεργασία του τεχνικού γεωλόγου και του μηχανικού σχεδιασμού των έργων.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

2.1. Λιθολογική σύσταση και τεκτονική

Η περιοχή στην οποία αναμένεται να ολοκληρωθεί η κατασκευή των σηράγγων, αποτελεί τμήμα των πρανών της δεξιάς όχθης κατά την διεύθυνση ροής του ποταμού Αχελώου. Η διάνοιξη των σηράγγων θα γίνει σε θέσεις όπου τα πρανά αυτά είναι πολύ απότομα και είναι αδύνατη η κατασκευή της οδού σε ανοικτή διατομή (Φωτ. 1).

Ο κύριος λιθολογικός σχηματισμός της περιοχής συνίσταται από κρητιδικούς ασβεστολίθους οι οποίοι αποτελούν τμήμα των βραχωδών

μαζών της ζώνης της Πίνδου που διαμορφώνουν αλληπάλληλες επωθή - σεις με διεύθυνση N-NW, πάνω στα ιζήματα της ζώνης του Γαβρόβου. Οι ασβεστολιθικές στρώσεις στην περιοχή εμφανίζονται με την μορφή συγκλίνων και αντικλίνων, διεύθυνσης NNE~NNW με μικρότερης κλίμακας μικροπτυχώσεις και καλά ανεπτυγμένα συστήματα διακλάσεων. Η διεύθυνση της παράταξης των στρώσεων κυμαίνεται από N-S μέχρι NE-SW και κλίση από 45° έως 75° (Φωτ.2).

Κατά μήκος του άξονα των σηράγγων οι ασβεστόλιθοι είναι κυρίως λεπτοστρωματώδεις και σπάνια μεσοστρωματώδεις, λεπτοκοκκώδεις μέχρι λιθογραφικοί. Σε ορισμένες θέσεις, μεταξύ των ασβεστολιθικών στρωμάτων παρεμβάλλονται πολύ λεπτές στρώσεις γκριζόμαυρου αργιλικού σχιστολίθου. Επίσης κατά θέσεις παρεμβάλλονται λεπτές στρώσεις κερατολίθου και το πέτρωμα διασχίζεται από φλέβες ασβεσίτη. Σε συμφωνία με τους λεπτοστρωματώδεις ασβεστολίθους εμφανίζονται, κατά σχετικά αραιά διαστήματα, παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι, το συνολικό πάχος των ζωνών των οποίων σπάνια υπερβαίνει τα 10 μέτρα. Μεταξύ των ζωνών διαφορετικού πάχους εμφανίζονται έντονα φαινόμενα διάτμησης των στρώσεων.

2.2. Υδρογεωλογικές συνθήκες

Το ύψος του ετήσιου κύκλου βροχόπτωσης είναι περίπου 170mm. Η υδροπερατότητα των ασβεστολιθικών σχηματισμών αναμένεται μεγάλη κυρίως σε μικρά βάθη μέχρι 20 μέτρα, σε συνάρτηση και με την καρστική διάβρωση η οποία εμφανίζεται κυρίως επιφανειακά και λιγότερο στα βαθύτερα στρώματα. Λόγω της διάρρηξης και του κερματισμού που διακρίνει τους ασβεστολίθους της περιοχής, η περατότητα που αναπτύσσεται είναι κυρίως δευτερογενής αν και η πλήρωση των ασυνεχειών με αργιλικό υλικό συντελεί στην στεγανοποίηση της βραχομάζας.

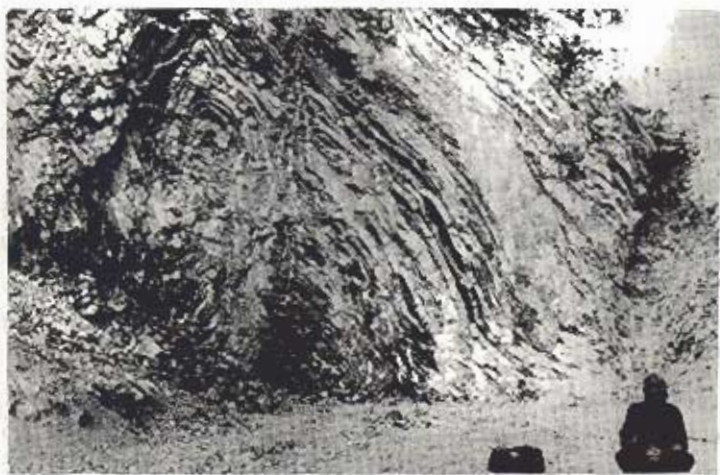
Μόνιμος υδροφόρος ορίζοντας δεν υπάρχει στο ύψος της θέσης των σηράγγων. Οι πηγές που υπάρχουν στην περιοχή, εμφανίζονται κυρίως κοντά στο επίπεδο της κοίτης του ποταμού. Γενικά τα εποχιακά κατεισδύοντα νερά, αναμένεται να συναντώνται με την μορφή "υγρασίας" ή πολύ μικρής παροχής μέσα στις σήραγγες, χωρίς όμως να αποκλείονται οι κατά θέσεις μεγάλες κατεισδύσεις νερού όπου η βραχομάζα εμφανίζεται περισσότερο κερματισμένη.

2.3. Σεισμικότητα της περιοχής

Η οροσειρά της Πίνδου θεωρείται από σεισμική άποψη σχετικά ενεργή. Στην ευρύτερη περιοχή οι σεισμικές εντάσεις που έχουν ση-



Φωτ. 1. Γενική άποψη περιοχής σπηραγγων
Ph. 1. General view of tunnels region



Φωτ. 2. Δομή ασβεστολίθων στην είσοδο της σπηραγγας Σκορλίγκα.
Ph. 2. Limestones structure in the portal of Skorlīga tunnel.

μειωθεί, κυμαίνονται από VI έως IX της κλίμακας Mercalli-Sieberg, ενώ τα μεγέθη των σεισμών που έχουν καταγραφεί ήταν από 6,5 μέχρι 6,9 της κλίμακας Richter.

3. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

3.1. Δομή Βραχομάζας-Ασυνέχειες

Τα ασβεστολιθικά στρώματα στη περιοχή είναι πτυχωμένα (άξονες πτυχών με διεύθυνση συνήθως NE) και διαρρηγμένα από συστήματα διακλάσεων, συχνά εγκάρσια στη στρώση. Τοπικά παρατηρούνται και μικροπτυχώσεις σε κλίμακα μέτρου.

Τα χαρακτηριστικά των ασυνεχειών της βραχομάζας, μελετήθηκαν σε θέσεις εισόδων-εξόδων των προβλεπομένων σηράγγων και σε χαρακτηριστικά σημεία κατά μήκος του άξονά τους. Οι μετρήσεις του προσανατολισμού των ασυνεχειών και η στατιστική τους ανάλυση, έδειξαν ότι υπάρχουν 3 κύριες οικογένειες ασυνεχειών (joint sets) και τοπικά μόνο αναπτύσσονται τυχόν δευτερεύουσες. Οι κύριες οικογένειες είναι α) η στρώση (P) και β) οι οικογένειες διακλάσεων J_1 και J_2 . Τα χαρακτηριστικά των ασυνεχειών αυτών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1. ενώ στο Σχήμα 3.1. δίνεται το γενικό μοντέλλο της βραχομάζας με τις ασυνέχειες της, σε εγκάρσια διατομή και σε θέση σήραγγας.

3.2. Γεωτεχνικά δεδομένα περιοχής-Συστήματα ταξινόμησης

Εκτός των μακροσκοπικών παρατηρήσεων και μετρήσεων υπαίθρου που έγιναν στην περιοχή των προβλεπομένων σηράγγων, επί τόπου δοκιμές σε ειδικά για το λόγο αυτό ανοιγμένες ερευνητικές στοές έδωσαν τη δυνατότητα για εκτιμήσεις της συμπεριφοράς της βραχομάζας αλλά και της αντοχής της.

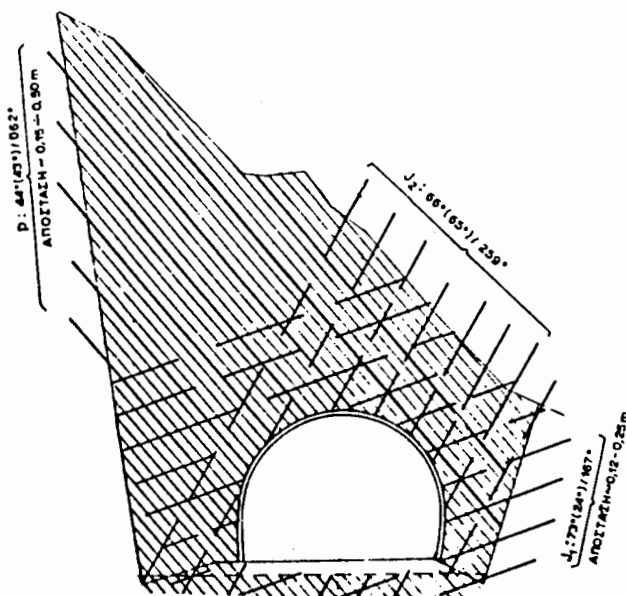
Οι σχηματισμοί έχουν τυπική συμπεριφορά βράχου και μόνο σε περιοχές ενστρώσεων κερατολίθων, παρουσιάζουν πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά.

Η ευστάθεια και γενική κατάσταση της βραχομάζας, ελέγχεται κύρια από τη διατμητική αντοχή κατά μήκος των ασυνεχειών της. Αυτές παρουσιάζονται είτε πληρωμένες με αργιλικό υλικό και σχετικά ήπια τραχύτητα (δυσμενείς συνθήκες ευστάθειας), είτε χωρίς αργιλικό υλικό και περισσότερο τραχείες. Στον Πίνακα 3.2. παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά διατμητικής αντοχής κατά μήκος επιφανειών στρώσεως ασβεστολίθων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: Χαρακτηριστικά ασυνεχειών βραχομάζας. (Στατιστική επεξεργασία μέσω των τιμών από όλες τις θέσεις μετρήσεων).

TABLE 3.1: Rockmass discontinuities features

Κύριες οικογένειες	Κλίση(°)	Δ/νση Μέγιστης Κλίσης(°)	Απόσταση ασυνεχειών (cm)
Στρώση P	44 ± 63 (54)	028 ± 062 (049)	8 ± 35 (20)
J ₁	38 ± 79 (59)	150 ± 173 (164)	17 ± 130 (30)
J ₂	48 ± 79 (63)	219 ± 293 (256)	10 ± 30 (20)



Σχ.3.1. Χαρακτηριστική εγκάρσια διατομή σε θέση σήραγγας.

Fig.3.1. Typical cross-section in a tunnel area.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2. Χαρακτηριστικά διατμητικής αντοχής ασυνεχειών

TABLE 3.2. Discontinuities Shear strength parameters

Παράμετροι Αντοχής	Οικογένειες ασυνεχειών	
	Αργιλικό υλικό πληρώσεως και ήπια τραχύτητα	Χωρίς αργιλικό υλικό πλήρώσεως και περισσότερο τραχείες
Γωνία τραχύτητας $i(^{\circ})$	4 - 5	16 - 20
Κορυφαία αντοχή c (kg/cm ²) φ (°)	8 35	3.5 46
Παραμένουσα αντοχή c_r (kg/cm ²) φ_r (°)	4 35	0 46

Σχετικά με τη ταξινόμηση της βραχομάζας στη περιοχή ενδιαφέροντος, έγινε προσπάθεια για την επιλογή των περισσότερο σημαντικών παραμέτρων, αφού είναι γνωστό ότι δεν υπάρχει μία και μοναδική που να δίνει πλήρη εικόνα της συμπεριφοράς της.

Συνδυασμός παραμέτρων διαφορετικής σημασίας δίνει μια πληρέστερη εικόνα και προς τη κατεύθυνση αυτή κρίθηκε απαραίτητη η μελέτη παραμέτρων όπως :

- η αντοχή του βραχώδους υλικού
- η πυκνότητα, προσανατολισμός και κατάσταση των ασυνεχειών
- το υπόγειο νερό και η επίδρασή του στη βραχομάζα
- το πεδίο των τάσεων στη βραχομάζα.

Η προσπάθεια για ταξινόμηση έγινε σύμφωνα με τα δύο περισσότερο χρησιμοποιούμενα συστήματα διεθνώς, τη Γεωμηχανική ταξινόμηση κατά BIENIAWSKI 1979 (RMR-System), και τη ταξινόμηση του Νορβηγικού Γεωτεχνικού Ινστιτούτου (N.G.I.) κατά BARTON, LIEN και LUNDE, 1978 (Q-system).

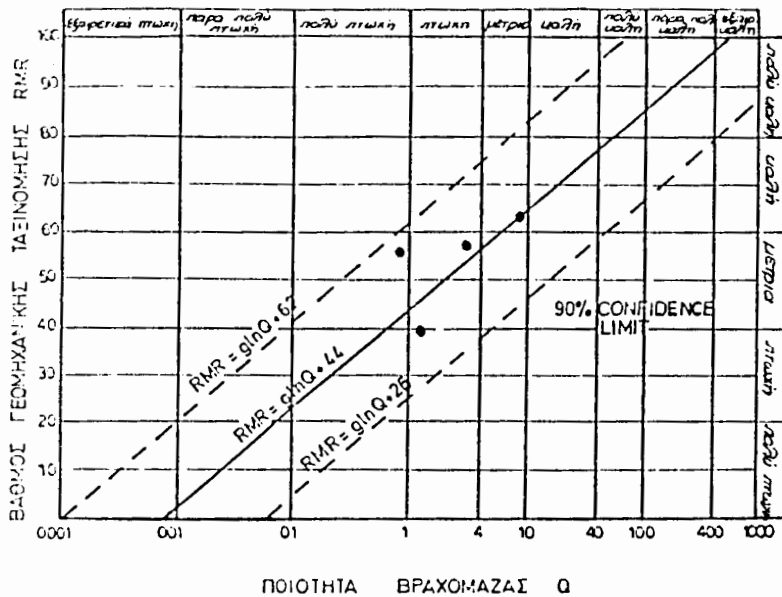
Και τα δύο συστήματα έχουν τη δυνατότητα να δώσουν ποσοτικά στοιχεία, σχετικά με τις μεθόδους εκσκαφής και υποστήριξης της διατομής των σηράγγων.

Η ταξινόμηση της βραχομάζας στις θέσεις προβλεπόμενων σηράγγων, έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα σύμφωνα με τα δύο συστήματα:

σύστημα BIENIAWSKI: Από R.M.R. = 40 (Κατηγορία IV, πτωχή βραχομάζα) με μέσο χρόνο διατήρησης της διατομής 10 ώρες για 2,5 μέτρα άνοιγμα έως RMR=64 (Κατηγορία II, Καλή βραχομάζα) με μέσο χρόνο διατήρησης της διατομής 6 μήνες για 8 μέτρα άνοιγμα.

σύστημα BARTON et al: Από $Q=0.94$ (πολύ πτωχή βραχομάζα) και απαιτήσεις για υποστήριξη με συστηματικές κοχλιώσεις, shotcrete και ενίσχυση με πλέγμα, έως $Q=8.9$ (Μέτρια βραχομάζα) με απαιτήσεις για υποστήριξη συστηματικές κοχλιώσεις με προένταση 1-1,5 μέτρα και αλυσιδωτό πλέγμα.

Στο Σχήμα 3.2 γίνεται προσπάθεια συσχετισμού μεταξύ των 2 συστημάτων ταξινόμησης, για όλες τις περιοχές των προβλεπόμενων σηράγγων.



Σχ. 3.2. Συσχετισμός συστημάτων RMR και Q
Fig.3.2. Correlation of RMR and Q systems

3.3. Περίπτωση σήραγγας Σκάλας Σκορλίγκα

Η σήραγγα της Σκάλας Σκορλίγκα ήταν η πρώτη της σειράς των σήραγγων της Ν.Ε.0 Άρτας Τρικάλων και η κατασκευή της ολοκληρώθηκε μέσα στο 1984. Η διατομή της ήταν πεταλοειδής διαμέτρου 9 περίπου μέτρων, ύψους 4,5 περίπου μέτρων και το προβλεπόμενο μήκος της 115 μέτρα. Η διάνοιξη έγινε με την χρήση διατρημάτων σε δύο φάσεις : η πρώτη και σημαντικότερη περιλάμβανε την διάτρηση του ανώτερου τμήματος της διατομής ύψους 2.50 περίπου μέτρων, που ολοκληρώθηκε τον Ιούλιο του 1984, και η δεύτερη το κατώτερο και μικρότερο τμήμα.

Στον Πίνακα 3.3 φαίνεται η βαθμονόμηση της βραχομάζας στην περιοχή της σήραγγας όπως εκτιμήθηκε πριν την διάνοιξη και συγκεκριμένα στο στάδιο της μελέτης του έργου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3. Γεωμηχανική ταξινόμηση βραχομάζας στην περιοχή σήραγγας Σκάλας Σκορλίγκα.

TABLE 3.3. Rock Mass Classification in Skorliga tunnel.

	Περιγραφή		Βαθμός	
	α	β	α	β
1. Αντοχή ανέπαφου πετρώματος σε μοναξονική θλίψη (M Pa)	30 - 40	30 - 40	4	4
2. Δείκτης ποιότητας πετρώματος R.Q.D. (%)	50 - 75	0	13	3
3. Απόσταση ασυνεχειών (m)	0.11	<0.06	8	5
4. Κατάσταση διακλάσεων	Ελαφρά τραχείες. Κλειστές-Ασυνεχείς	Κερματισμένο χαλαρό πέτρωμα	25	0
5. Υπόγειο νερό	<10 l/min	24-125l/min	10	4
6. Προσανατολισμός ασυνεχειών	Δυσμενής	Πολύ δυσμενής	-10	-12
		Βαθμονόμηση	50	4
		Κατηγορία	III	V
		Περιγραφή ποιότητας βραχομάζας	Μέτρια	Πολύ πτωχή
		Μέσος χρόνος αυτο-υποστήριξης	1 εβδομάδα για 5m άνοιγμα	10 min για 1m άνοιγμα

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η βραχομάζα ήταν δυνατό να χωριστεί σε μία κατηγορία "μέτριας" ποιότητας που θα αποτελούσε και το μεγαλύτερο τμήμα της σήραγγας και σε μια "πολύ πτωχής" ποιότητας που αντιπροσώπευε τις περιοχές των εισόδων και τις ζώνες ρηγματώσεως. Η δεύτερη αυτή κατηγορία εκτιμήθηκε ότι θα αποτελούσε το 20-30% του συνολικού μήκους της σήραγγας.

Κατά την διάρκεια της διάνοιξης του ανώτερου τμήματος της διατομής της σήραγγας, γινόταν επί τόπου μέτρηση των γεωλογικών, γεωτεχνικών παραμέτρων της βραχομάζας, καθώς επίσης και καταγραφή του είδους και του τρόπου της αποστήλωσής της.

Στον Πίνακα 3.4 φαίνεται η βαθμονόμηση της βραχομάζας με τα δύο κύρια συστήματα ταξινομήσεως σε διαδοχικά διαστήματα μήκους κατά την διάνοιξη της σήραγγας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4. Ταξινόμηση βραχομάζας κατά μήκος της σήραγγας Σκορλίγκα
TABLE 3.4. Rock mass classification along Skorliğa tunnel.

Ο Ε Σ Η	Σύστημα R.M.R.	Κατηγορία Βραχομάζας	Q Σύστημα	Κατηγορία Βραχομάζας
Περιοχή εισόδου	10	Πολύ πτωχή	0.03	Πάρα πολύ πτωχή
Είσοδος-25m	10	Πολύ πτωχή	0.16	Πολύ πτωχή
25m-45m	19	Πολύ πτωχή	0.16	Πολύ πτωχή
45m-50m	40	Πτωχή	2.33	Πτωχή
50m-60m	52	Μέτρια	2.66	Πτωχή
60m-85m	37	Πτωχή	1.77	Πτωχή
Περιοχή εξόδου	43	Μέτρια	1.33	Πτωχή

Η υποστήλωση της σήραγγας έγινε ως εξής :

0 - 15 m : α. Σιδηρά πλαίσια σε απόσταση 90cm.

β. Αγκύρια ρητίνης μήκους 3 μέτρων που η πυκνότητα τοποθέτησής τους ήταν ανάλογη με τις επί τόπου συνθήκες.

γ. Τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος και εκτόξευση σκυροδέματος (shotcrete) στις περισσότερες ασταθείς ζώνες.

δ. Άμεση τελική σκυροδέτηση μέχρι η διατομή να πάρει την προσχεδιασμένη της μορφή.

- 15-25m: α. Σιδηρά πλαίσια κάθε 0.90m που στην πραγματικότητα δεν προσέφεραν στην υποστήλωση τοιχωμάτων και οροφής λόγω των μεγάλων υπερεκκαφών κυρίως της οροφής που οφειλόταν στην μέθοδο διάτρησης σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά της βραχομάζας.
 - β. Αγκύρια ρητίνης μήκους 3 μέτρων περιστασιακά.
 - γ. Περιστασιακά, shotcrete και μεταλλικό πλέγμα που η τοποθέτησή του όμως ήταν προβληματική λόγω των υπερεκκαφών.
- 25m-95m:
 - α. Περιστασιακά, αγκύρια ρητίνης σε προβληματικά σημεία.
 - β. Περιστασιακά, shotcrete σε ασταθείς ζώνες.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι από τα 15m μέχρι τα 95m η υποστήλωση της σήραγγας γινόταν με αγκύρια ρητίνης και shotcrete που η τοποθέτησή τους δεν γινόταν συστηματικά αλλά περιστασιακά ανάλογα με τις επί τόπου συνθήκες. Το τμήμα αυτό της σήραγγας παρέμεινε έτσι για τρεις μήνες τουλάχιστον.

Μετά την ολοκλήρωση της πρώτης φάσης διάνοιξης της σήραγγας έγιναν μετρήσεις σύγκλησης των τοιχωμάτων και της οροφής με την τοποθέτηση επτά συνολικά σταθμών εξτενσιομέτρων (tape extensometers).

Τυπικό διάγραμμα των μετρήσεων ενός σταθμού φαίνεται στο Σχήμα 3.3.

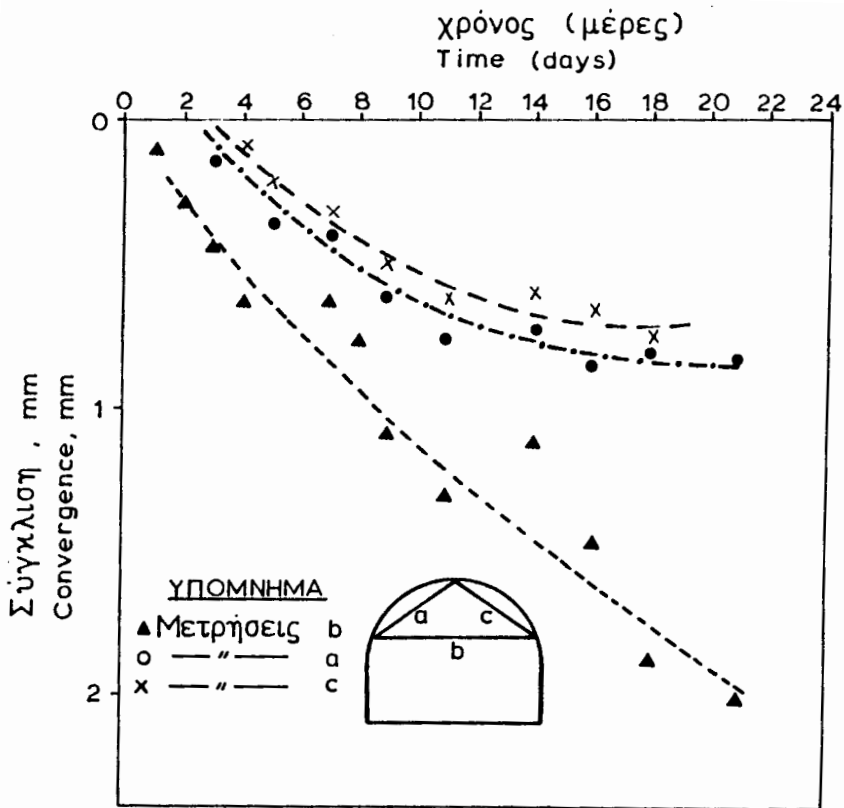
Από την αξιολόγηση των μετρήσεων της επιφανειακής παραμόρφωσης του πετρώματος βγήκαν τα παρακάτω συμπεράσματα :

- α. Η παραμόρφωση βρισκόταν στα αναμενόμενα όρια.
- β. Η εκσκαφή γενικά παρουσίαζε σύμμετρη παραμόρφωση κατά την διεύθυνση του άξονά της.
- γ. Το πέτρωμα παρουσίαζε ήδη σαφείς τάσεις προς ηρεμία (μηδενισμός των παραμορφώσεων) τουλάχιστον στο μικρό βάθος (30-50cm) που αναφέρονται οι μετρήσεις.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΚΡΙΤΙΚΗ

Τα αποτελέσματα ερευνών υπαίθρου και η αξιολόγησή τους μπορούν να οδηγήσουν στις παρακάτω σκέψεις και συμπεράσματα:

- Για τις συγκεκριμένες μικρές και αβαθείς σήραγγες που διανοίγονται στους ασβεστολιθικούς-κερατολιθικούς σχηματισμούς της



Σχ. 3.3. Μετρήσεις συγκλίσεως στη σήραγγα Σκορλίγκα

Fig.3.3. Measurements of convergence in Skorlīga tunnel

ζώνης της Πίνδου πρωταρχικής σημασίας είναι η γνώση των τεχνικο - γεωλογικών συνθηκών. Το μικρό πάχος των ασβεστολιθικών στρώσεων σε συνδυασμό με τα κύρια συστήματα των ασυνεχειών και τη μικροπτύχωση, έχει σαν αποτέλεσμα από την μια τη δημιουργία μικροολισθήσεων-αποκολλήσεων σφηνών και από την άλλη υπερεσκαφή των σηράγγων.

- Σχετικά με τη διάνοιξη των σηράγγων στις συγκεκριμένες συν - θήκες ο πλέον πρόσφορος τρόπος εκσκαφής φαίνεται να είναι η συμβατική μέθοδος με εκρηκτικά. Απαραίτητες βέβαια προϋποθέσεις είναι η σωστή αξιολόγηση των τεχνικογεωλογικών στοιχείων, καθώς και η

εμπειρία και η επιμέλεια του κατασκευαστή.

- Τα συστήματα ταξινόμησης που χρησιμοποιήθηκαν (κατά BENIAWSKI και BARTON) έχουν τη δυνατότητα ποσοτικής έκφρασης της ποιότητας της βραχομάζας και ανάλογα με τον ακολουθούμενο τρόπο εκσκαφής μπορούν να δώσουν στοιχεία σχετικά με τα μέτρα υποστήριξης.

- Οι εκτιμήσεις που έγιναν με βάση τα αποτελέσματα και των δύο συστημάτων ταξινόμησης οδήγησαν σε υποεκτίμηση της ποιότητας της βραχομάζας. Συγκεκριμένα ενώ προβλεπόταν κατά θέσεις η τοποθέτηση σιδηρών πλαισίων, φάνηκε ότι η χρήση και μόνον αγκυρών ρητίνης και ενός λεπτού στρώματος εκτοξευόμενου σκυροδέματος ήταν αρκετά για τη διατήρηση της διατομής πάνω από τρεις μήνες.

- Για τη διατύπωση ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με τον τρόπο και όρια εφαρμογής των παραπάνω συστημάτων ταξινόμησης στις ίδια - ζουσεσ Ελληνικές συνθήκες, απαραίτητη είναι η συλλογή, επεξεργασία και αξιολόγηση ικανού αριθμού στοιχείων από περιπτώσεις σπηράγγων που έχουν ή πρόκειται να διανοιχθούν. Τα στοιχεία αυτά θα μπορούσαν να συγκεντρωθούν με την ευθύνη ενός φορέα για τη δημιουργία σχετικής τράπεζας πληροφοριών.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BARTON, N., LIEN, R. and LUNDE, J., 1974. Engineering Classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock Mechanics, Vol. 6, N°4, pp. 183-236.
- BIENIAWSKI, Z.T., 1979. The Geomechanics classification in rock engineering applications. Proc. 4th Int. Congress Rock Mechanics, Montreux, A.A. Balkema, Rotterdam, Vol. 2, pp. 51-58.
- HOEK, E. and BROWN, E.T., 1980. Underground Excavation in Rock Institution of Mining and Metallurgy, London, 527p.
- KOUKIS, G. and TSIAMBAOS, G., 1982. Engineering geological problems related to tunneling in the Oionos-Pindos zone of Western Greece. In Proceedings, 4th Internl. Congress Internl. Assoc. Engng. Geology, N. Delhi, India, Vol. IV, pp. 117-126.
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Π., 1979. Γεωτεχνική Ταξινόμηση Βραχομάζας και Υποστήριξη Σπηράγγων: Μία επισκόπηση και μία προσπάθεια ελέγχου και κριτικής στις ασβεστολιθικές μάζες Παρνασσού-Γκιώνας. Ορυκτός Πλούτος, 3, σελ. 13-40.