

ΔΙΗΜΕΡΙΔΑ "ΟΙ ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ"

**ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΩΔΩΝΗΣ ΣΕ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΟΥΣ
ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥΣ ΜΕ ΚΑΡΣΤΙΚΑ ΕΓΚΟΙΛΑ –
ΕΜΠΕΙΡΙΕΣ, ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ**

Εισηγητές : Η. Κατσιβέλης - Ι. Μάλιος

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

ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΩΔΩΝΗΣ ΣΕ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΟΥΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥΣ ΜΕ ΚΑΡΣΤΙΚΑ ΕΓΚΟΙΛΑ – ΕΜΠΕΙΡΙΕΣ, ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά τη διάνοιξη της σήραγγας Δωδώνης διαπιστώθηκαν πληρωμένα καρστικά έγκοιλα και ρήγματα που οδήγησαν σε εισροή υλικών στη σήραγγα. Για την αντιμετώπιση των δυσμενών αυτών συνθηκών ήταν αναγκαία η τοποθέτηση στοιχείων προπορείας που λειτουργούν για τη γεφύρωση των δυσμενών συνθηκών και την ασφαλή θεμελίωση σε υγιές υπόβαθρο. Τα μέτρα αντιστήριξης προσαρμόστηκαν στις επί τόπου συνθήκες μέσω ενός συστήματος αξιολόγησης των γεωλογικών / γεωτεχνικών παραμέτρων. Για την πρόβλεψη των τεχνικογεωλογικών συνθηκών μπροστά από το μέτωπο χρησιμοποιήθηκαν ερευνητικές διατρήσεις προπορείας σε τακτά διαστήματα κατά την πρόοδο των εργασιών.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σήραγγα Δωδώνης βρίσκεται στην περιοχή της Ηπείρου στο Δυτικό Τομέα της Εγνατίας Οδού. Αποτελείται από δύο κλάδους μήκους 3,350 m έκαστος, εννέα εγκάρσιες στοές επικοινωνίας και τρία πλατύσματα στάθμευσης στον κάθε κλάδο. Η σήραγγα προσβάλλεται από δύο μέτωπα (Βόρειο και Νότιο) με ολομέτωπη εκσκαφή και χρήση κυρίως εκρηκτικών μέσων. Κατά τη σύνταξη της παρούσης έχουν διανοιχτεί 1968 m και 390 m του δεξιού κλάδου (Βόρειο και Νότιο Μέτωπο) ενώ αντίστοιχα έχουν διανοιχτεί 1187 m και 350 m του αριστερού κλάδου.

2. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η ευρύτερη περιοχή της σήραγγας Δωδώνης εντάσσεται στη Γεωτεκτονική ενότητα της Ιονίου.

Σήραγγα Δωδώνης σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστικά έγκοιλα – εμπειρίες, αντιμετώπιση

Επιφανειακά στη ζώνη ανάπτυξης της σήραγγας συναντώνται αποκλειστικά ασβεστολιθικά πετρώματα (Παλαιοκαινικοί - Ηωκαινικοί Ασβεστόλιθοι, Ασβεστόλιθοι Σενωνίου, Ασβεστόλιθοι Ανώτερου Ιουρασικού), του Αλπικού υποβάθρου. Νεώτερες αλλουβιακές αποθέσεις παρατηρούνται μόνο σε μικρή έκταση στο βορειοανατολικό άκρο της σήραγγας, όπου καλύπτουν τα ασβεστολιθικά στρώματα.

2.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

2.2.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

Προκειμένου να επιτευχθεί η περάτωση του έργου εντός 24 μηνών σύμφωνα με τη σύμβαση, η εκσκαφή και αντιστήριξη της σήραγγας από δύο μέτωπα έπρεπε να ολοκληρωθεί σε 10 μήνες, κάτι που συνεπάγεται ταχύτητα εκσκαφής και αντιστήριξης 170 m ανά μήνα.

Η εκσκαφή και αντιστήριξη με τη μέθοδο μετώπου και βαθμίδας (top heading και bench) ύστερα από την εκπόνηση ολοκληρωμένης μελέτης λειτουργικής ανάλυσης φάνηκε ότι δεν ικανοποιεί αυτή την απαίτηση και επελέγη η μέθοδος της ολομέτωπης προσβολής της σήραγγας κάτι που με τη σειρά του επέβαλε την επιλογή σύγχρονου μηχανικού εξοπλισμού βαρέως τύπου. Κατ' αυτόν τον τρόπο εξασφαλίστηκε η ολοκλήρωση κάθε διατομής με ταχύτητα, ασφάλεια και οικονομικότητα της κατασκευής.

Η καλή ποιότητα της βραχόμαζας που προέκυψε από τις δειγματοληπτικές γεωτρήσεις της γεωτεχνικής μελέτης ήταν το πρώτο ενθαρρυντικό στοιχείο για να γίνει ο σχεδιασμός της προαναφερθείσας μεθόδου εκσκαφής. Τα υπόλοιπα προβλήματα που έπρεπε να λυθούν για να γίνει πραγματικότητα η ολομέτωπη προσβολή ήταν: η εξεύρεση κατάλληλου εξοπλισμού, κατασκευαστικών διαδικασιών και παραγωγικότητας του κυρίως μετώπου. Διαπιστώθηκε ότι η μικρή υστέρηση σε προχώρηση (διανοιγόμενο μήκος) υπερκαλύπτεται από τον εξορυσσόμενο όγκο και είναι δυνατόν μετά από ικανοποιητική απόσταση να εργάζονται συνεργεία κατασκευής εγκαρσίων στοών, θεμελίων, αποστραγγίσεων, μεμβρανών, οπλισμού και τελικής επένδυσης. Άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα της ολομέτωπης εκσκαφής είναι η μείωση του χρόνου που χρειάζεται για τον αερισμό της σήραγγας ύστερα από ανατίναξη και η αύξηση του χώρου με αποτέλεσμα τα

Σήραγγα Δωδώνης σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστικά έγκοιλα – εμπειρίες, αντιμετώπιση

μηχανήματα στη σήραγγα να κινούνται με μεγαλύτερη ευκολία, ταχύτητα και ασφάλεια.

Με τα όσα αναφέρονται ανωτέρω επισπεύδεται το χρονοδιάγραμμα διάνοιξης από ένα μέτωπο ούτως ώστε εφ' ενός δεν απαιτείται η διάνοιξη σήραγγας άρα και εγκατάσταση εργοταξίου σε δεύτερο μέτωπο, αφ' ετέρου τα έσοδα είναι αυξημένα λόγω του ότι γίνονται παράλληλες εργασίες.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την ολομέτωπη διάνοιξη με χρήση εκρηκτικών φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

ΕΙΔΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ	ΤΥΠΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
Υδραυλικός εκσκαφέας	LIEBHERR 932	1
Πρέσα εκτοξ. σκυροδέματος	Normet Spraymec	1
Ανατρεπόμενα	Mercedes 3538K	3
Ανατρεπόμενα	Tamrock Toro 40	2
Αναμικτήρες	Mercedes 3538 CIFA 110	3
Φορτωτής	Tamrock Toro 650D	1
Φορτωτής	Caterpillar 980	1
Διατρητικό Jumbo	Tamrock Maxi 306T	1
Διατρητικό φορείο	Tamrock Robolt H350	1
Διατρητικό φορείο	Tamrock Ranger 700	1

Πίνακας 1. Εξοπλισμός για τη διάνοιξη της σήραγγας με ολομέτωπη εκσκαφή.

2.2.2 ΚΑΡΣΤΙΚΑ ΕΓΚΟΙΛΑ

Κατά τη διάνοιξη της σήραγγας Δωδώνης διαπιστώθηκαν δυσμενείς γεωλογικές / γεωτεχνικές συνθήκες οι οποίες οδήγησαν σε τέσσερις μεγάλου μεγέθους καταπτώσεις με εισροή υλικών στη σήραγγα και ορισμένες ολισθήσεις μετώπου. Σε μια περίπτωση δημιουργήθηκε κρατήρας στην επιφάνεια του εδάφους σε υπερκείμενο 76 m περίπου (Χ.Θ. 9+293 αριστερός κλάδος) ενώ κρατήρας βάθους

Σήραγγα Δωδώνης σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστικά έγκοιλα – εμπειρίες, αντιμετώπιση

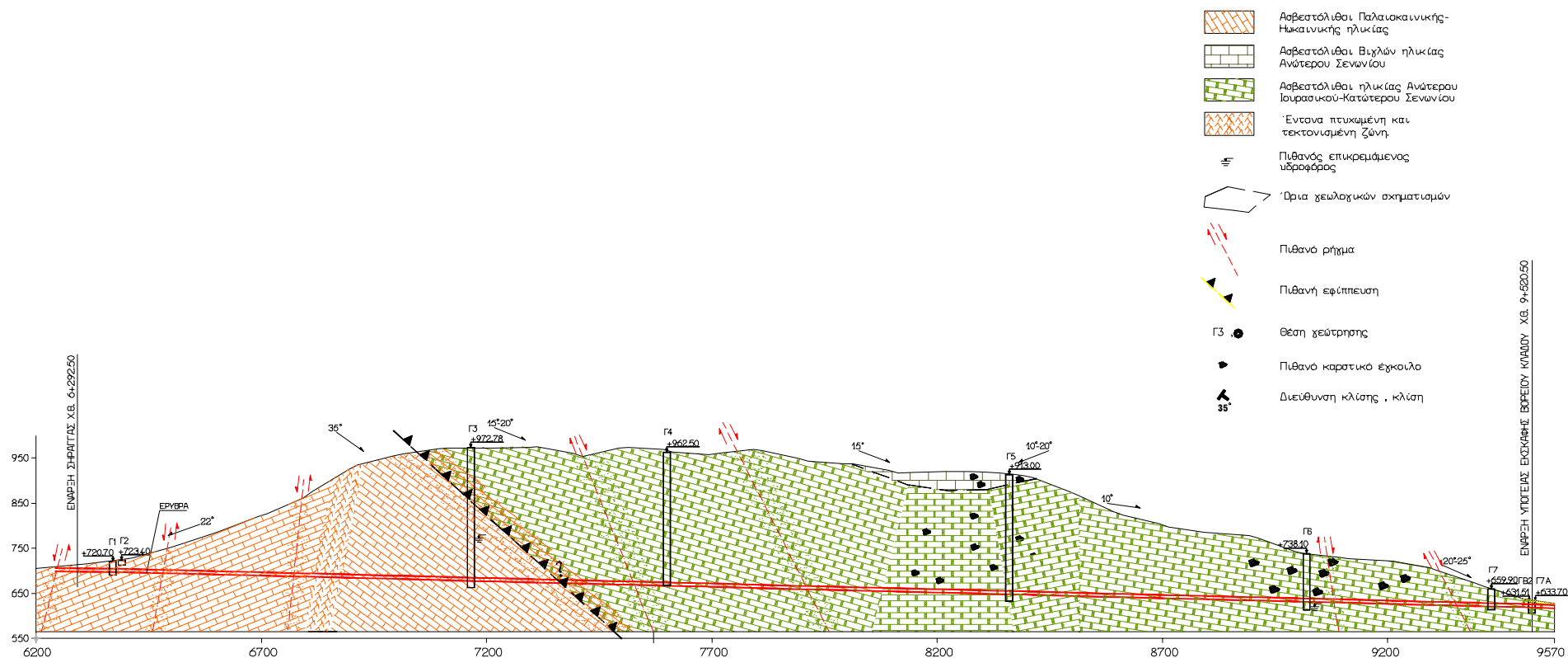
10 m σχηματίστηκε στη Χ.Θ. 9+168 (δεξιός κλάδος). Ο όγκος των υλικών που εισέρευσε στη σήραγγα ήταν κυμαινόμενος από 700 m³ (Χ.Θ. 9+168 δεξιός κλάδος και Χ.Θ. 9+293 αριστερός κλάδος) έως 1500 m³ (Χ.Θ. 9+390 δεξιός κλάδος). Επίσης κατά τη διάνοιξη της σήραγγας παρατηρήθηκαν αρκετές υπερεκσκαφές έως και 2 m.

Σε γενικές γραμμές η εισροή υλικών στη σήραγγα οφείλεται σε ρήγματα ή καρστικά έγκοιλα τα οποία συνοδεύονται από ερυθροκάστανα, υγρά, χαλαρά εδαφικά υλικά και καταλαμβάνουν ένα μέρος ή κατά θέσεις ολόκληρο το μέτωπο εκσκαφής.

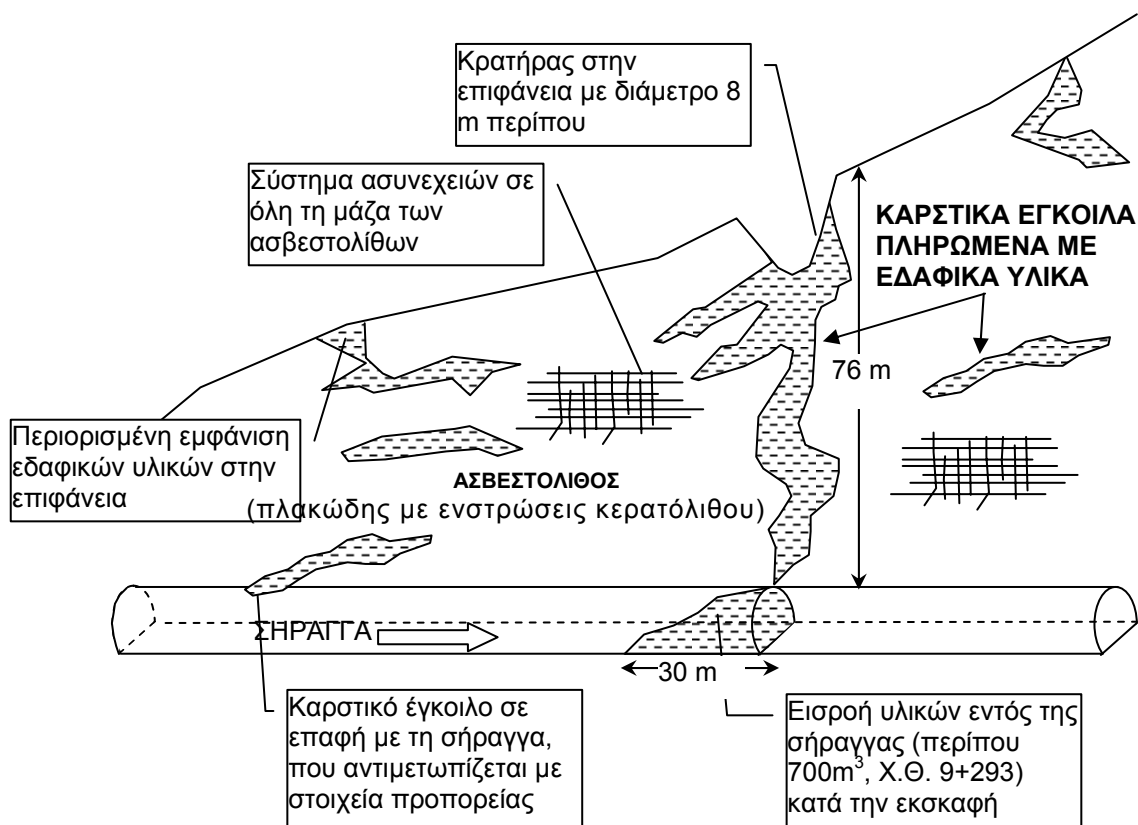
Από τις μετρήσεις συγκλίσεων και τη μακροσκοπική παρατήρηση προέκυψε ότι σε καμία περίπτωση οι καταπτώσεις δεν επηρέασαν τη συμπεριφορά της σήραγγας. Επίσης σε καμία περίπτωση δεν υπήρχε τραυματισμός ή άλλη επίπτωση στο ανθρώπινο δυναμικό.

Στα επόμενα σχήματα δίδεται η γεωλογική μηκοτομή της σήραγγας καθώς και η σχηματική απεικόνιση των συνθηκών διάνοιξης σήραγγας σε περιοχή καρστικών εγκοίλων.

Σήραγγα Δωδώνης σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστικά έγκοιλα – εμπειρίες, αντιμετώπιση



Σχήμα 1: Γεωλογική μηκτομή σήραγγας και εκδηλωθείσες καταπτώσεις.



Σχήμα 2: Απεικόνιση των συνθηκών διάνοιξης σήραγγας σε περιοχή καρστικών εγκοίλων.

3. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

3.1 ΣΤΟΜΙΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Για την προσωρινή ευστάθεια των στομίων της σήραγγας κατασκευάστηκε τοίχος τύπου «Βερολίνου» που συνίσταται από χαλύβδινες δοκούς που ηλώνονται και καλύπτονται από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Στα στόμια των δύο κλάδων της σήραγγας κατασκευάστηκαν προπλάισια μήκους 3,00 m για την προστασία από καταπτώσεις και την εν γένει ασφάλεια κατά τη διάρκεια των υπόγειων εκσκαφών οι οποίες διεξήχθησαν μέσα από προπλάισιο.

Οι εφαρμοσθείσες κατηγορίες αντιστήριξης FP1, FP2 και FP3 εκτός από τα «κλασικά» μέτρα αντιστήριξης (εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, πλαίσια, ηλώσεις)

Σήραγγα Δωδώνης σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστικά έγκοιλα – εμπειρίες, αντιμετώπιση

περιλαμβάνουν σωλήνες προπορείας (forepoling), ηλώσεις fiberglass στο μέτωπο, μικροπασσάλους, elephant foot και μόνιμο ανεστραμμένο πυθμένα (invert).

3.2 ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΣΕ ΕΥΝΟΪΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η προσωρινή αντιστήριξη της σήραγγας έχει σκοπό να προστατέψει την διανοιγόμενη κοιλότητα έως ότου τοποθετηθεί η τελική επένδυση. Τα μέτρα αντιστήριξης και το βήμα προχώρησης κάθε μιας από τις κατηγορίες προσωρινής αντιστήριξης B1, B2 και C προσαρμόστηκαν στις γεωτεχνικές συνθήκες και τη γεωμετρία των σχηματισμών. Τα τυπικά μέτρα αντιστήριξης περιλαμβάνουν εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, πλαίσια και ηλώσεις ενώ το βήμα εκσκαφής κυμαίνεται από 1,50 m έως 3,0 m.

Σε περιοχές πλατυσμάτων στάθμευσης εφαρμόστηκε κυρίως η κατηγορία αντιστήριξης LB1 η οποία δε διαθέτει στοιχεία προπορείας και βρίσκεται σε αντιστοιχία με την τυπική διατομή αντιστήριξης C της κύριας σήραγγας.

Τα μέτρα αντιστήριξης για κάθε τυπική διατομή σε περιοχές ευνοϊκών συνθηκών παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Διατομή Μέτρων αντιστήριξης		Βήμα εκσκαφής (m)	Προσωρινή & μόνιμη επένδυση και ανοχές συγκλίσεων (cm)			Πλαίσια ανά βήμα	Αγκυρώσεις	
Διατομή	Περιγραφή		Ε.Σ. ¹ (cm)	Α.Σ. ² (cm)	Μ.Ε. ³ (cm)	IPB	Τύπος αγκυρίων	Σύνολο αγκυρίων
A	Ανοιχτή	>3	5	4	30	-	Πλήρους πακτώσεως Μήκους 3m	Σποραδικά
B1	Ανοιχτή	2.50~3.00	10 (θόλος), 5 (παρειές)	6	30	-	Πλήρους πακτώσεως Μήκους 3m	12 τεμ./βήμα
B2	Ανοιχτή	2.00~2.50	15 (θόλος), 10 (παρειές)	8	30	-	Πλήρους πακτώσεως Μήκους 3m και 4m	14 τεμ./βήμα
C	Ανοιχτή	1.50~2.00	20 (θόλος), 15 (παρειές)	10	40	120	Πλήρους πακτώσεως Μήκους 4m	16 τεμ./βήμα

¹. Ε.Σ. : Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με ίνες

². Α.Σ. : Ανοχές συγκλίσεων

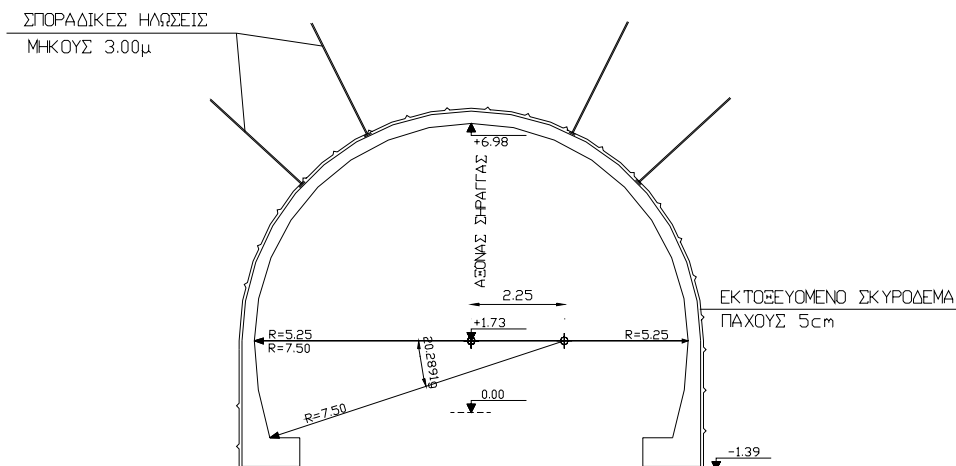
³. Μ.Ε. : Μόνιμη επένδυση

Πίνακας 2. Μέτρα αντιστήριξης για κάθε τυπική διατομή σε περιοχές ευνοϊκών συνθηκών.

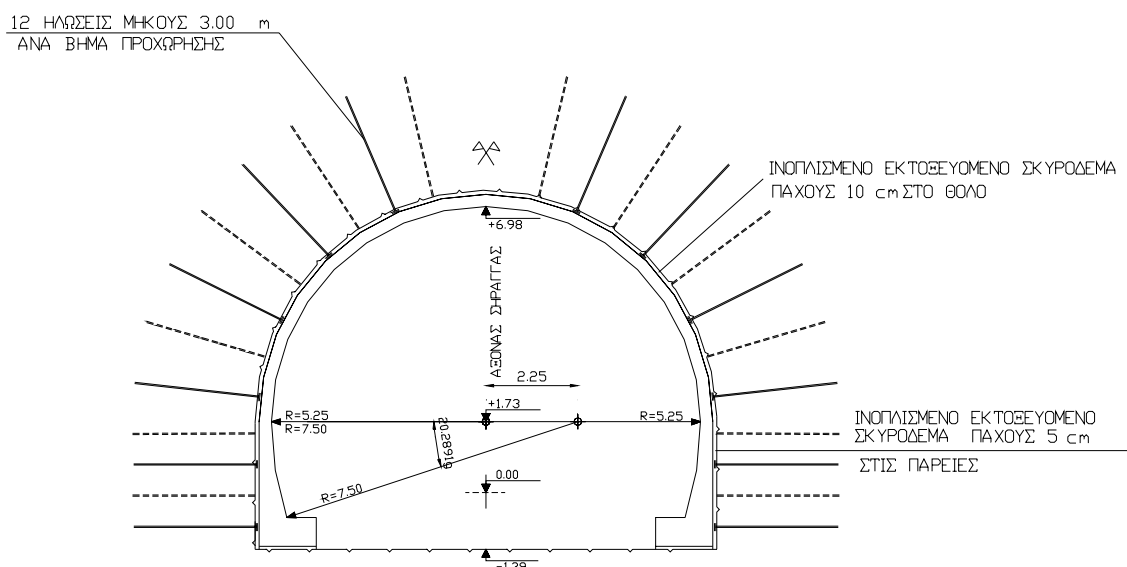
Σήραγγα Δωδώνης σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστικά έγκοιλα – εμπειρίες, αντιμετώπιση

Στα επόμενα σχήματα παρουσιάζονται οι τυπικές διατομές προσωρινής αντιστήριξης A, B1, B2 και C.

ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ Α
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:125

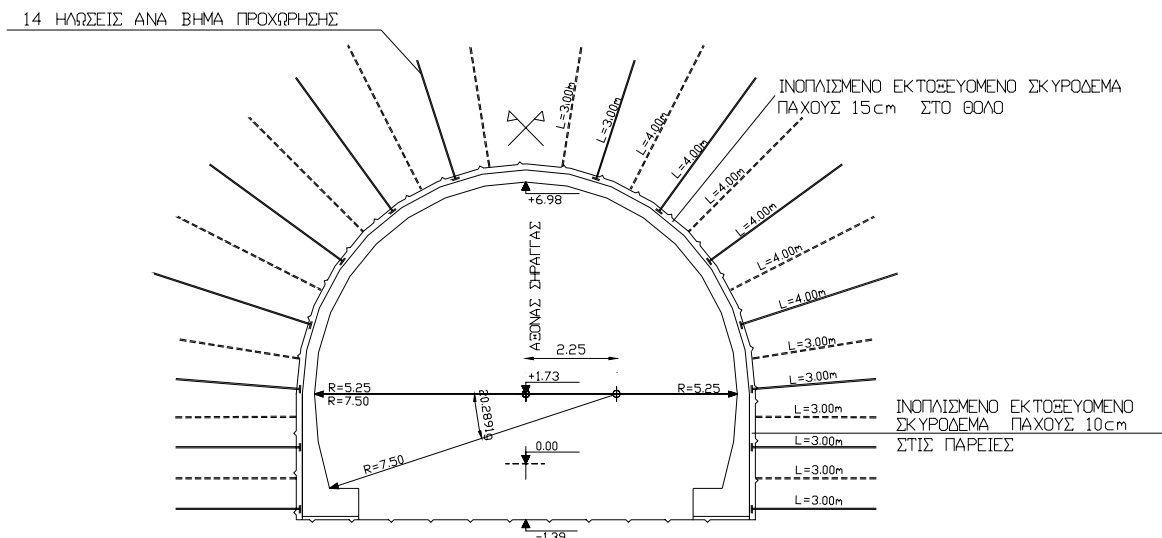


ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ Β1
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:125

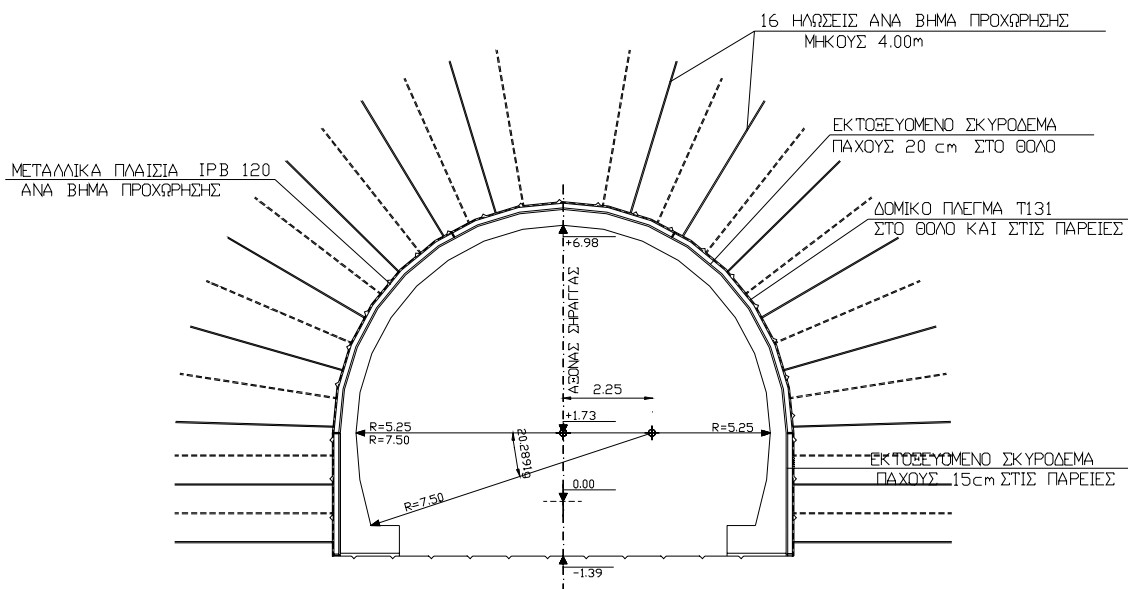


Σχήμα 3: Τυπικές διατομές αντιστήριξης A, B1 ευνοϊκών συνθηκών.

ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ Β2
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:125



ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ C
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:125

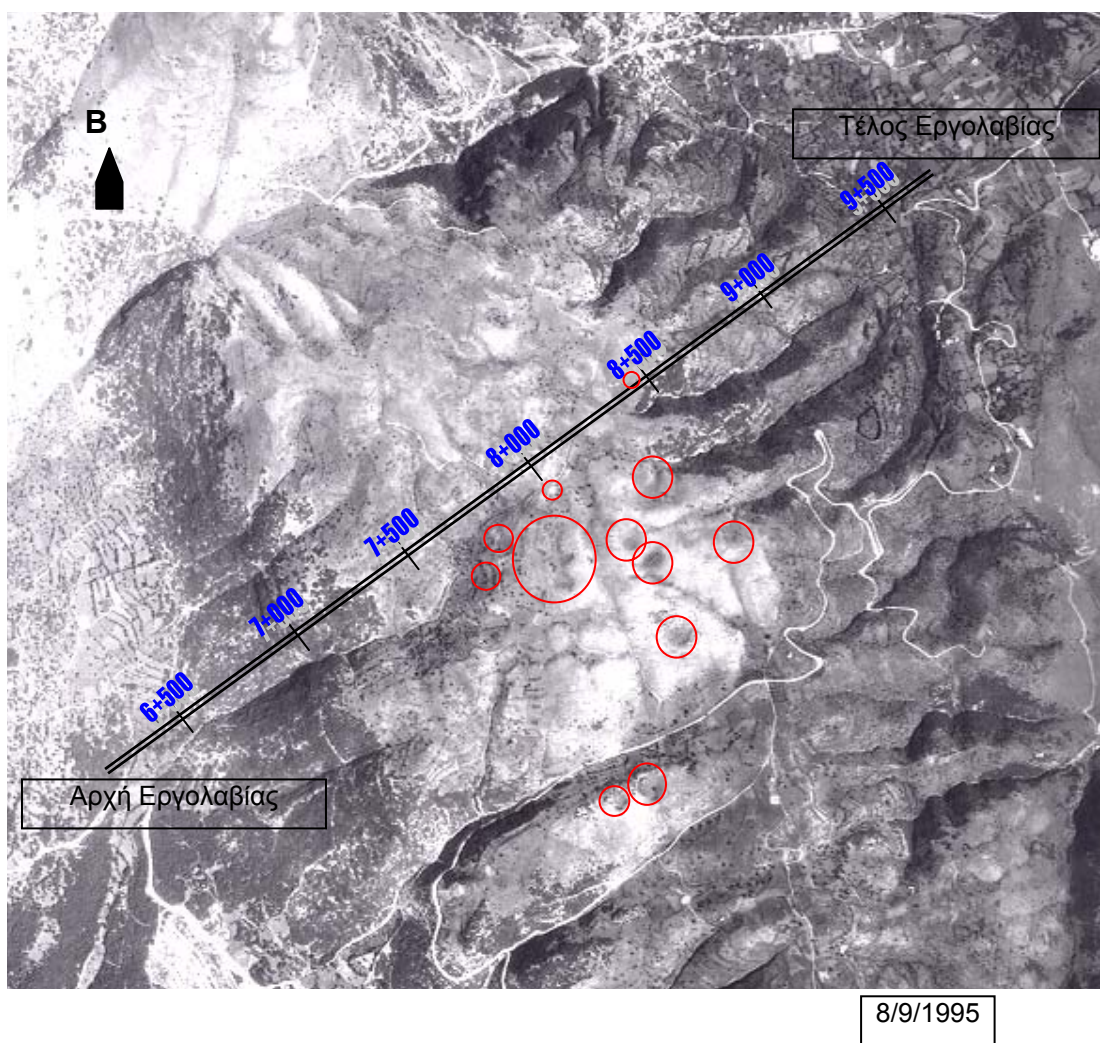


Σχήμα 4: Τυπικές διατομές αντιστήριξης Β2, C ευνοϊκών συνθηκών.

3.3 ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΣΕ ΔΥΣΜΕΝΕΙΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

3.3.1 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ – ΦΩΤΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ

Για τη γεωμορφολογική - φωτογεωλογική αναγνώριση της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν ορθο – αεροφωτογραφίες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού οι οποίες εξετάσθηκαν στερεοσκοπικά με σκοπό να αναγνωρισθούν τα σημαντικά γεωμορφολογικά στοιχεία της περιοχής.



Σχήμα 5: Αεροφωτογραφία περιοχής έργου.

Κατά τη στερεοσκοπική εξέταση των αεροφωτογραφιών εντοπίσθηκαν τα εξής :

α) Καρστικές μορφές τύπου δολίνης (sinkholes).

Οι δολίνες έχουν διάμετρο περί τα 50 - 100 m, ενώ σε μια περίπτωση αναγνωρίσθηκε και μεγαλύτερη καρστική μορφή τύπου ουβάλας (συνένωση

Σήραγγα Δωδώνης σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστικά έγκοιλα – εμπειρίες, αντιμετώπιση

δολινών) με διάμετρο που ξεπερνά τα 200 m. Συνολικά εντοπίστηκαν περίπου δώδεκα (12) μεγάλες καρστικές μορφές στην περιοχή της χάραξης ενώ στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν περισσότερες καρστικές μορφές αντίστοιχου μεγέθους. Εκτός από τις αεροφωτογραφίες οι καρστικές μορφές αναγνωρίστηκαν και με πτήση με ελικόπτερο πάνω από την περιοχή της χάραξης.

β) Ρήγματα

Τα πιθανά ρήγματα που εντοπίστηκαν μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες : παράλληλα και κάθετα στη χάραξη.

Τα πρώτα επηρεάζουν σε μεγαλύτερο μήκος αλλά σε μικρότερο βαθμό τις εργασίες διάνοιξης της σήραγγας, ενώ τα δεύτερα είναι δυνατόν να δημιουργήσουν ξαφνικά μικρού μήκους αλλά έντονα δυσχερείς συνθήκες, λόγω πτωχών γεωμηχανικών ιδιοτήτων και δυσμενούς υδρογεωλογικού καθεστώτος.

Τα πιθανά ρήγματα που αναγνωρίστηκαν παράλληλα στη χάραξη είναι χαρακτηριστικά διότι καθορίζουν το υδρογραφικό δίκτυο και δημιουργούν έντονες γεωμορφολογικές ανωμαλίες. Τα ρήγματα αυτά είναι υποκατακόρυφα (κλίνουν ελαφρά προς τα ΒΔ) και είναι εντονότερα στο τελικό τμήμα της χάραξης από ότι στο αρχικό τμήμα της.

Τα πιθανά ρήγματα κάθετα στη διεύθυνση της σήραγγας δεν συνοδεύονται από έντονες γεωμορφολογικές ενδείξεις αλλά συνάγονται από το γενικότερο τεκτονικό γεωλογικό καθεστώς.

γ) Κατά βάθος διάβρωση.

Έντονη κατά βάθος διάβρωση εντοπίστηκε στο αρχικό και το τελικό τμήμα της χάραξης όπου έχει δημιουργήσει βαθείς χείμαρρους με διεύθυνση παράλληλη της χάραξης (ΒΑ – ΝΔ). Στο τελικό τμήμα οι χείμαρροι είναι περισσότεροι και βαθύτεροι.

3.3.2 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΔΥΣΜΕΝΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

3.3.2.1 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΡΗΣΕΙΣ ΠΡΟΠΟΡΕΙΑΣ

Οι ερευνητικές διατρήσεις προπορείας χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση, εκτίμηση και αξιολόγηση των δυσμενών γεωτεχνικών συνθηκών, που οφείλονται στην παρουσία καρστικών εγκοίλων, ρηγμάτων ή ζωνών διάτμησης. Με αυτόν τον

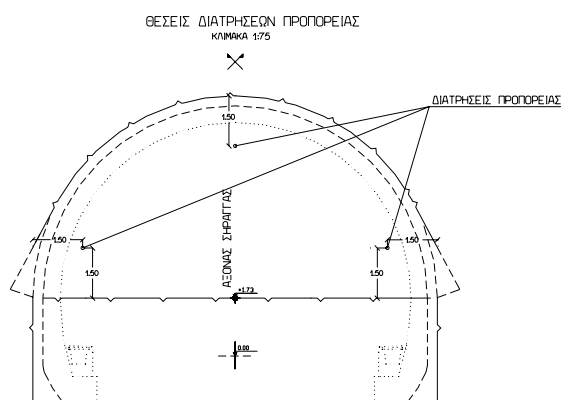
Σήραγγα Δωδώνης σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστικά έγκοιλα – εμπειρίες, αντιμετώπιση

τρόπο είναι δυνατός ο εντοπισμός της έκτασης των προβληματικών περιοχών που θα συναντηθούν κατά την εκσκαφή της σήραγγας και κατόπιν η επιλογή των κατάλληλων μέτρων αντιστήριξης σύμφωνα με τα αντίστοιχα κριτήρια επιλογής.

➤ Χαρακτηριστικά Διατρήσεων

Εκτελούνται τρεις διατρήσεις προπορείας (δύο στις παρειές και μία στην οροφή), χωρίς πυρηνοληψία, μήκους 20 - 30 m έκαστη, στην άνω ημιδιατομή της σήραγγας. Οι διατρήσεις εκτελούνται κάθε 15-25 m περίπου, ώστε να διατηρείται σε όλες τις περιπτώσεις επαρκές διερευνημένο μήκος.

Σε περίπτωση που οι πρώτες τρεις διατρήσεις δεν συναντήσουν εδαφικά υλικά ή κενά, συνεχίζονται κανονικά οι εργασίες εκσκαφής και αντιστήριξης. Πρόσθετες ταχείες διατρήσεις κατάλληλου μήκους στην προβληματική περιοχή απαιτούνται εάν από τα ευρήματα των αρχικών διατρήσεων προκύπτουν καρστικά κενά ή υλικά, με πτωχά γεωμηχανικά χαρακτηριστικά. Έκτακτες διατρήσεις μπορεί να απαιτηθούν εάν εμφανισθούν δυσμενείς συνθήκες στο μέτωπο εκσκαφής.



Σχήμα 6: Θέσεις διατρήσεων προπορείας.

➤ Επεξεργασία και Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

Από τις διατρήσεις προπορείας μπορεί να εκτιμηθεί η κατάσταση των περιβαλλόντων σχηματισμών με ικανοποιητική ακρίβεια, ώστε να γίνει η επιλογή των κατάλληλων μέτρων αντιστήριξης σύμφωνα με τα αντίστοιχα κριτήρια επιλογής.

Η ταχύτητα διάτρησης καθώς και τα επιστρεφόμενα υλικά εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά των διατρηθέντων σχηματισμών:

Σήραγγα Δωδώνης σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστικά έγκοιλα – εμπειρίες, αντιμετώπιση

- Εάν κατά τη διάτρηση συναντηθούν καρστικά έγκοιλα, τότε η ταχύτητα διάτρησης είναι πολύ υψηλή και δεν υπάρχουν επιστρεφόμενα υλικά.
- Σε βραχώδεις σχηματισμούς η ταχύτητα διάτρησης είναι υψηλή και τα επιστρεφόμενα υλικά είναι υπό τη μορφή πούδρας.
- Σε εδαφικά, μαλακά (αργιλικά) υλικά παρατηρείται μείωση της ταχύτητας και φρακάρισμα των στελεχών.
- Σε περίπτωση που η διάτρηση συναντήσει τον υδροφόρο ορίζοντα τότε στα επιστρεφόμενα υλικά παρουσιάζονται σταγονίδια και παρατηρείται φρακάρισμα των στελεχών.

Στην περίπτωση που οι αρχικές διατρήσεις εντοπίσουν προβληματικές συνθήκες, οι εργασίες γίνονται με ιδιαίτερη προσοχή. Ειδικότερα, αν συναντηθούν σε μία (1) διάτρηση προπορείας εδαφικά υλικά ή κατακερματισμένος βράχος ή κενά με μήκος <1,5 m, θεωρείται ότι υπάρχει κίνδυνος δυσμενών συνθηκών (καρστικό έγκοιλο, ρήγμα, ζώνη διάτμησης) και επιλέγεται το ελάχιστο βήμα προχώρησης θόλου ή παρειών. Εάν στις διατρήσεις προπορείας συναντηθούν εδαφικά υλικά ή κατακερματισμένος βράχος ή κενά, τότε σε απόσταση 5 m περίπου πριν από την προβληματική περιοχή, είναι δυνατόν να απαιτηθεί διεύρυνση της διατομής με στοιχεία προπορείας Ø 63,5.

3.3.2.2 ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Με δεδομένη την άμεση (απροειδοποίητη) εκδήλωση των αστοχιών λόγω της φύσης των γεωλογικών / γεωτεχνικών συνθηκών (καρστικά έγκοιλα, ρήγματα), ήταν απαραίτητη αφενός η εκ των προτέρων αξιολόγηση των συνθηκών και αφετέρου η τοποθέτηση της κατάλληλης αντιστήριξης βάσει των επί τόσπου συνθηκών.

Η μέθοδος των διατρήσεων προπορείας εφαρμόστηκε για την αναγνώριση των ανωτέρω γεωλογικών / γεωτεχνικών συνθηκών. Επίσης εφαρμόστηκαν νέες κατηγορίες αντιστήριξης που περιλαμβάνουν στοιχεία προπορείας και άλλα πρόσθετα μέτρα για προοδευτική αύξηση της αντιστηρικτικής ικανότητάς τους. Με αυτόν τον τρόπο καθίσταται δυνατή η αντιμετώπιση ευρέως φάσματος γεωλογικών / γεωτεχνικών συνθηκών. Οι τυπικές διατομές προσωρινής αντιστήριξης που εφαρμόστηκαν για την αντιμετώπιση των δυσμενών γεωλογικών / γεωτεχνικών συνθηκών δίδονται παρακάτω.

Σήραγγα Δωδώνης σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστικά έγκοιλα – εμπειρίες, αντιμετώπιση

Διατομή Μέτρων αντιστήριξης	Βήμα εξσκαφής (m)	Προσωρινή & μόνιμη επένδυση και ανοχές συγκλίσεων (cm)			Πλαίσια ανά βήμα	Αγκυρώσεις		Προστασία θόλου ⁵		Προστασία μετώπου		Πρόσθετα μέτρα
Διατομή/Περιγ- ραφή		Ε.Σ. ¹ (cm)	Α.Σ. ² (cm)	Μ.Ε. ³ (cm)	IPB	Τύπος αγκυρίων	Σύνολο αγκυρίων	Στοιχεία Προπορείας	Π.Ε. ⁴	Ε.Σ. ¹ cm	FG ⁶	
D0/ Κλειστή, Ο.Α. Top Heading- Bench Ο.Α.	1.00~1.50	25	12	40	120	Πλήρους πακτώσεως Μήκους 4m	14 τεμ./βήμα	Sp Φ25, αξον.αποστ. α: 25cm<α<40cm, L=3-4 m ανά βήμα έως 60°	όχι	όχι	όχι	Προσωρινό invert Ο.Α.
D1/ Κλειστή, Ο.Α. Top Heading- Bench Ο.Α.	0.80~1.00	30	20	50	140	Πλήρους πακτώσεως Μήκους 4m	16 τεμ./βήμα	Fp Φ63.5/55.5, αξον.αποστ. α: 25cm<α<40cm, L=5m ανά 2,40 ~3,00m έως 90°	Ο.Α. ⁷	κεκλ. μετ., 5~10 cm Ο.Α. ⁷	Μήκους 13,40 m, ανά 8 m, κάνναβος 1.50~2.00 m ² , Ο.Α.	Αποστράγγιση Ο.Α. ⁷ Προσωρινό invert Ο.Α.
D2/ Κλειστή, Ο.Α. Top Heading- Bench	0.80~1.00	30	20	50	160	Πλήρους πακτώσεως Μήκους 6 m	18 τεμ./βήμα	Fp Φ114/100, αξον.αποστ. α: 25cm<α<40cm, L=12 m ανά 8 m έως 120°	Ο.Α. ⁷	κεκλ. μετ., 5~10 cm, Ο.Α.	Μήκους 13,40 m, ανά 8 m, κάνναβος 1.50~2.00 m ² , Ο.Α.	Αποστράγγιση Ο.Α. ⁷ , Σιμεντέσεις Ο.Α. ⁷ , Μικροπιάσσαλοι ⁸ Top Heading Ο.Α. ⁷ Προσωρινό invert Ο.Α.
D3/ Κλειστή, Ο.Α. Top Heading- Bench .	0.80~1.00	30	20	50	160	Πλήρους πακτώσεως Μήκους 6m	20 τεμ./βήμα	Fp Φ159/139, αξον.αποστ. α: 35cm<α<50cm, L=12 m ανά 8 m έως 130°	ναι	κεκλ. μετ. και min 10 cm, Ο.Α.	Μήκους 13,40 m, ανά 8 m, κάνναβος 1.50~2.00 m ² Ο.Α.	Αποστράγγιση, Σιμεντέσεις Ο.Α., Μικροπιάσσαλοι ⁸ Top heading και bench Ο.Α. ⁷ , Προσωρινό invert Ο.Α. ⁷

¹. Ε.Σ. : Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με ίνες

². Α.Σ. : Ανοχές συγκλίσεων

³. Μ.Ε. : Μόνιμη επένδυση

⁴. Π.Ε. : Πόδι Ελέφαντα

⁵. Προστασία θόλου

Sp. (Spilling) : Ράβδοι προπορείας Φ25, S500/550 μήκους 3-4 m ανά βήμα

Fp. (Forepoling tubes) : Σωλήνες προπορείας

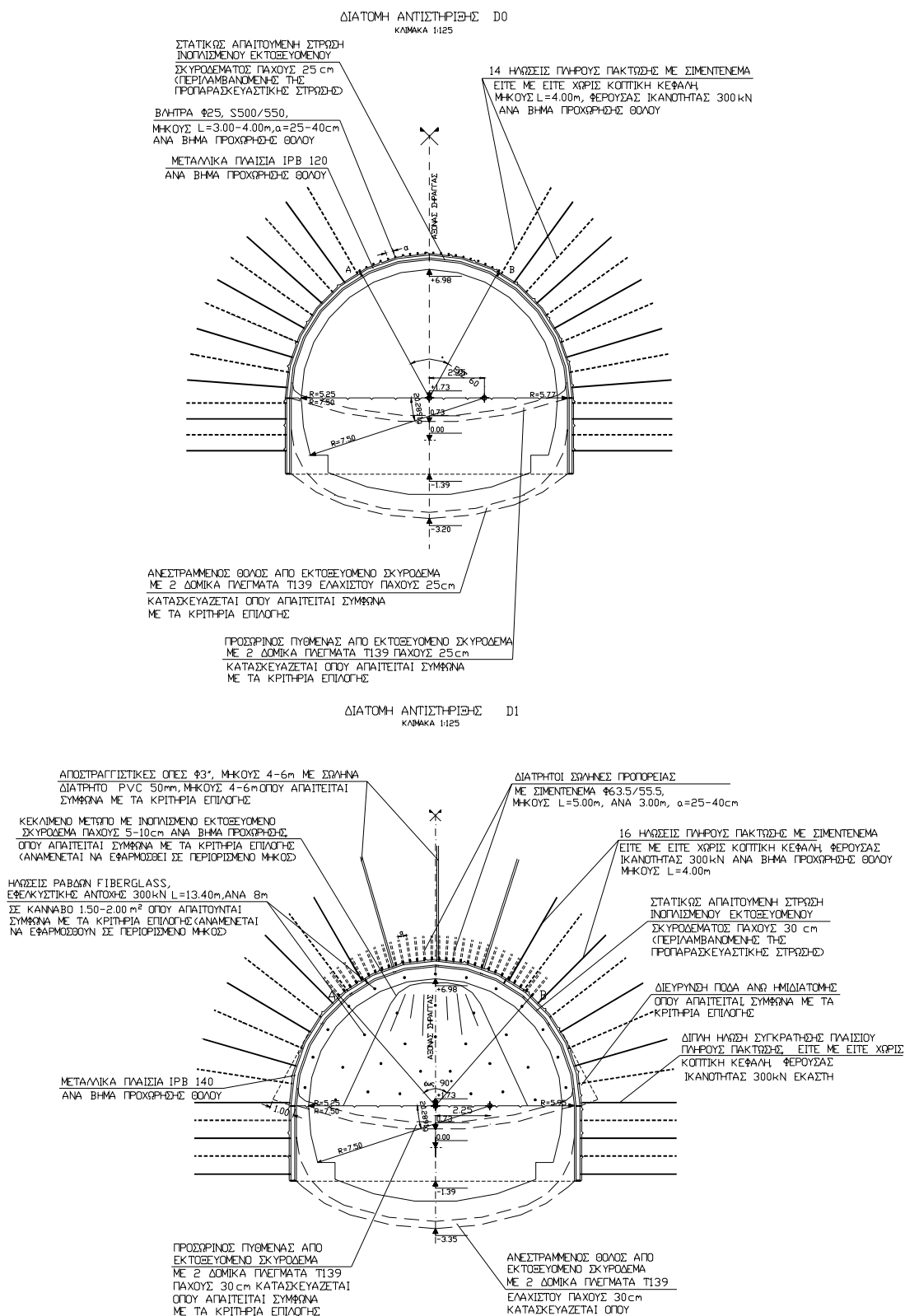
⁶. FG (Fiberglass) : αγκύρια fiberglass

⁷. (Ο.Α.): Όπου απαιτούνται

⁸. Μικροπιάσσαλοι : 2 διπλοί διάτρητοι σωλήνες σε κάθε παρειά, διαμέτρου όπως Fp, με σιμεντένεμα, μήκους 8 m ανά βήμα προχώρησης

Πίνακας 3. Μέτρα αντιστήριξης διατομών σε περιοχές δυσμενών συνθηκών.

Σήραγγα Δωδώνης σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστικά έγκοιλα – εμπειρίες, αντιμετώπιση



Σχήμα 7: Διατομές αντιστήριξης D0, D1 αντιμετώπισης δυσμενών γεωτεχνικών συνθηκών.

Σήραγγα Δωδώνης σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστικά έγκοιλα – εμπειρίες, αντιμετώπιση

Τα στοιχεία προπορείας είναι αναγκαία κυρίως για να εξασφαλισθεί η ευστάθεια του μετώπου εκσκαφής λόγω των φορτίσεων που δέχεται από υπερκείμενους σχηματισμούς με πτωχές ιδιότητες και λόγω δυσμενούς προσανατολισμού της χάραξης. Ειδικότερα τα στοιχεία προπορείας χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση δυσμενών συνθηκών λόγω ρηγμάτων, ζωνών διάτμησης ή καρστικών διεργασιών. Τα στοιχεία προπορείας έχουν σκοπό τη «γεφύρωση» των δυσμενών συνθηκών και την ασφαλή θεμελίωση σε υγιές υπόβαθρο.

Τα χαρακτηριστικά των στοιχείων προπορείας (διάμετρος, εύρος γωνίας εφαρμογής, αξονική απόσταση) μεταβάλλονται μέχρι των ορίων που έχουν τεθεί, ώστε να είναι δυνατή η συνεχής προσαρμογή της αντιστηρικτικής ικανότητας και να αποφεύγονται υπερδιαστασιολογήσεις.

- Τα στοιχεία προπορείας Ø25 προορίζονται για την αποφυγή μεγάλου όγκου υπερεκσκαφών οι οποίες παρουσιάζονται εξαιτίας της παρουσίας πράσινης αργίλου εντός του λεπτοστρωματώδη ασβεστόλιθου.
- Τα στοιχεία προπορείας Ø63,5 προορίζονται για περιοχές όπου το μήκος των εδαφικών υλικών είναι μικρότερο από 1,5 m σύμφωνα με τα ευρήματα των διατρήσεων προπορείας.
- Το μήκος των στοιχείων προπορείας μεγαλύτερης διαμέτρου (π.χ. Ø114, Ø159) επιλέγεται ώστε αφενός να υπάρχει ικανό διάστημα εκσκαφής (8-10 βήματα εκσκαφής) πριν την τοποθέτηση της επόμενης «ομπρέλας» και αφετέρου να υπάρχει επαρκής επικάλυψη ώστε τα φορτία που παραλαμβάνει η «ομπρέλα» να μεταφέρονται αποτελεσματικά στο γεωϋλικό μπροστά από το μέτωπο.

Ο μηχανικός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την τοποθέτηση των στοιχείων προπορείας Ø114 και Ø159 παρατίθεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Σήραγγα Δωδώνης σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς με καρστικά έγκοιλα – εμπειρίες, αντιμετώπιση

ΕΙΔΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ	ΤΥΠΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
Διατρητικό μικροπασσάλων	CASAGRANDE PG125	1
Διατρητικό μικροπασσάλων	CASAGRANDE PG175	1
Υδραυλικός εκσκαφέας	LIEBHERR 932	1
Πρέσα εκτ. σκυροδέματος	Normet Spraymec	1
Ανατρεπόμενα	Mercedes 3538K	3
Ανατρεπόμενα	Tamrock Toro 40	2
Αναμικτήρες	Mercedes 3538 CIFA 110	3
Φορτωτής	Tamrock Toro 650D	1
Φορτωτής	Caterpillar 980	1
Αντλία σιμεντενέσεων	HANY	1

Πίνακας 4. Μηχανικός εξοπλισμός για τη διάτρηση των σωλήνων προπορείας Ø114 και Ø159.

Μέχρι τη χρονική στιγμή συγγραφής του παρόντος, το μήκος εφαρμογής των διατομών προσωρινής αντιστήριξης έχει ως εξής:

ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ	ΜΗΚΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ (m)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΥ ΔΙΑΝΟΙΧΘΕΝΤΟΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ (%)
FP1	120,35	3,1
FP2	17,0	0,5
FP3	72,0	1,8
A	-	-
B1	591,9	15,2
B2	533,8	13,7
C	1949,3	50,1
LB1- LB2	153,6	3,9
D0	127,5	3,3
D1	153,5	3,9
D2	172,0	4,4
D3	4,0	0,1

Πίνακας 5. Μήκος εφαρμογής των διατομών προσωρινής αντιστήριξης.