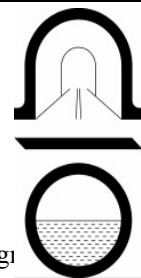


Το δελτίο των Σηράγγων



Ε.Ε.Σ.Υ.Ε. Μέλος της Ι.Τ.Α.

Δ/νση δελτίου: Ε.Μ.Π., Τομέας Μεταλλευτικής, 157 80 Ζωγράφου, Fax: 210-7722160, e-mail:sofianos@metal.ntua.gr

Διοικητικό Συμβούλιο:

• Δ. Νικολάου	Πρόεδρος	☎ 210-6412432/433	Fax: 210 6450782	
• Ν. Καζίλης	Αντιπρόεδρος	☎ 2310-470.312	Fax: 2310 475936	
• Α. Σοφιανός	Γ. Γραμματέας, Εκδότης	☎ 210-7722200	Fax: 210- 7722199	✉ sofianos@metal.ntua.gr
• Δ. Γεωργίου	Ταμίας	☎ 210-64.12.454	Fax: 210- 6450782	
• Κ. Ανδρικοπούλου	Μέλος	☎ 210-8134290	Fax:	
• Π. Μαρίνος	Μέλος	☎ 210-7723430, 7723434	Fax: 210- 7723770	✉ marinos@central.ntua.gr
• Χ. Τσατσανίφως	Μέλος	☎ 210-6929484, 6915.926	Fax:	

Λογαριασμός Τραπέζης: ALPHA ΤΡΑΠΕΖΑ ΠΙΣΤΕΩΣ, 364002002002090/ΕΕΣΥΕ
<http://www.metal.ntua.gr/tunnelling/GTS>

Ιανουάριος & Φεβρουάριος 2003

Από το εκδότη

Παρακάτω δίνουμε κάποια στοιχεία από διανοίξεις μετρό σε πόλη αντίστοιχης ιστορίας με την Αθήνα, καταρρεύσεις σε σήραγγα, και επιτυχή διάνοιξη σήραγγας βάσης στις Άλπεις την οποία επισκεφτήκαμε τελευταία.

Επέκταση του Μετρό της Ρώμης κατά 43 χιλιόμετρα.

Η ιταλική υπηρεσία μεταφορών (ATAC) προχωρεί στη διαδικασία προσφοράς μειοδότη για την εργασία κατασκευής δύο σημαντικών επεκτάσεων στο μετρό της Ρώμης, που περιλαμβάνουν μια καινούργια γραμμή και πάνω από 43km σήραγγων. Το έργο περιλαμβάνει την ταυτόχρονη κατασκευή της γραμμής B1 και της γραμμής C. Η γραμμή B1 είναι μια επέκταση 3.8km στην υπάρχουσα γραμμή B στα βορειοανατολικά της πόλης από την πλατεία Μπολόνια στην πλατεία Conca d'Ora, ενώ η γραμμή C θα εκταθεί 39.3km υπόγεια από το Pantano στα νοτιοανατολικά, προς το Tor di Quinto στα βορειοδυτικά. Η διαδικασία προσφοράς για τη γραμμή B1 θα αρχίσει στους επόμενους έξι μήνες, ενώ της γραμμής C θα αρχίσει μέχρι το τέλος 2003. Η πιθανή μέθοδος διάνοιξης θα είναι με EPBMs, και προκατασκευασμένα στοιχεία, μολονότι ο ανάδοχος που θα επιλεγεί θα έχει τον τελικό λόγο στο σχεδιασμό.

Η γραμμή C κόστους 3.84 δισεκατομμυρίων US\$ είναι χωρισμένη σε επτά τμήματα και περιλαμβάνει 42 σταθμούς. Το μέγιστο μέρος της γραμμής θα είναι δίδυμες σήραγγες διαμέτρου 5.8m, εκτός από το μήκος 10.3km τμήμα T1, το οποίο θα είναι μονής σήραγγας διαμέτρου 9.8m μονής διάτρησης διπλής τροχιάς. Αρχικά η κατασκευή θα αρχίσει στα τμήματα T4 και T5 στο κέντρο της πόλης, εκτεινόμενη από το San Giovanni στα δυτικά προς το Alessandrino στα ανατολικά. Με συνολικό προϋπολογισμό 639.38 εκατομμύρια US\$, τα τμήματα T4 και T5

έχουν 7.24km δίδυμες σήραγγες και εννέα σταθμούς. Το χρονοδιάγραμμα προβλέπει εξήντα έξι μήνες για την οριστική μελέτη και την κατασκευή των δύο αυτών τμημάτων, τα οποία θεωρούνται ως εργασίες προτεραιότητας εθνικού συμφέροντος. Η σύμβαση για τη γραμμή B1 προϋπολογισμού 393.9 εκατομμυρίων US\$ περιλαμβάνει την οριστική μελέτη της διαδρομής, τα πολιτικά (πολιτικού μηχανικού) έργα και τον Η/Μ εξοπλισμό. Η ολοκλήρωση αναμένεται το 2008.

Αν και 200 δοκιμές έχουν πραγματοποιηθεί ήδη κατά μήκος της χάραξης B1, για τον έλεγχο των γεωλογικών συνθηκών και της σταθερότητας των κτηρίων, η πρόοδος αναμένεται να είναι αργή. Σύμφωνα με τον επικεφαλής ανώτερο οικονομικό υπάλληλο της ATAC, Carlo Scoppola: "Κάθε φορά που προχωράμε 5m... βρίσκουμε κάποια ρωμαϊκά χαλάσματα και οι εργασίες σταματούν για να πραγματοποιηθούν αρχαιολογικές έρευνες." Η γραμμή A 14.5km, που είναι όλη σχεδόν υπόγεια, διάρκεσε δέκα έτη για να ολοκληρωθεί. Σε 20m βάθος, η γραμμή C βρίσκεται κάτω από το εκτιμώμενο αρχαιολογικό στρώμα, αν και αναμένεται οι εργασίες να διακόπτονται από την ανακάλυψη αντικειμένων χειροτεχνίας ιστορικής αξίας. Η ιταλική κυβέρνηση χρηματοδοτεί 60% του προγράμματος, με το δήμο της Ρώμης να χρηματοδοτεί το υπόλοιπο 40%.

Καταρρεύσεις σε σήραγγα της Taiwan.

Δύο καταρρεύσεις τους προηγούμενους μήνες σε σήραγγα έχουν εμποδίσει τις λειτουργίες στην, ύψους προϋπολογισμού 12 δισεκατομμυρίων US\$, σιδηροδρομική σύνδεση υψηλών ταχυτήτων στην Taiwan. Και οι δύο συνέβησαν στη σήραγγα Hokou μήκους 4.3km στο νομό Taoyuan, ευτυχώς δίχως να τραυματιστεί κανένας.

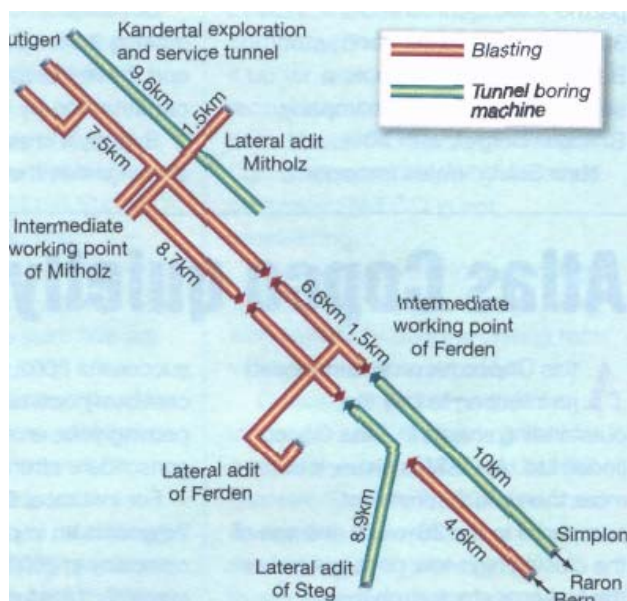
Η σύμβαση C215 περιλαμβάνει την κατασκευή μέρους της σήραγγας Hokou και του σταθμού Taoyuan. Η κατάρρευση όγκου 100m³, συνέβη στην αρχή του Δεκεμβρίου του 2002. Αυτό προηγήθηκε μιας δεύτερης μικρότερης κατάρρευσης περίπου δύο εβδομάδες μετά, και αφορά τη σύμβαση

C210, για το υπόλοιπο της σήραγγας που κατασκευάζεται σε συνδυασμό με τη C215. Ο ανάδοχος, K/Ξ Obayashi/Futsu, έχει σταματήσει την κατασκευή και έρευνα την κατάρρευση με τον πελάτη, την εταιρία σιδηροδρομών υψηλών ταχυτήτων της Ταϊβάν, και τους συμβούλους του.

Η γεωλογία κατά μήκος της χάραξης είναι καλά τεκμηριωμένη, με προσεκτική παρακολούθηση των υψηλών υδρογεωλογικών συνθηκών σε μερικές σήραγγες. Οι σήραγγες ορύσσονται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο διαδοχικής εκσκαφής και υποστήριξης. Η προσωρινή υποστήριξη επιτεύχθηκε με ηλώσεις βράχου από τα πλευρά προς τη στέψη, δικτυωτά πλαίσια σε αποστάσεις 1m - 1.5m και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάχους από 175mm ως 350mm. Η τελική επένδυση σιδηράγων είναι τυπικά ένα κέλυφος από οπλισμένο σκυρόδεμα που έχει σχεδιαστεί να υποστηρίζει τη σήραγγα χωρίς να λαμβάνει υπόψη της την άμεση επένδυση.

Διάνοξη της σήραγγας βάσης του Loetschberg

Η μήκους 35km σιδηροδρομική σήραγγα υψηλών ταχυτήτων του Loetschberg της Ελβετίας διαιρείται σε τρία κύρια μέρη: Mitholz, Ferden και Steg/Raron. Στο βόρειο και στο μεσαίο τμήμα, δηλ. το Mitholz και το Ferden αντίστοιχα, η σήραγγα βάσης εκσκάπτεται με τη μέθοδο διάτρησης-ανατίναξης. Τα TBMs χρησιμοποιούνται μόνο στο νότιο τμήμα που συνίσταται από τα τμήματα Steg και Raron. Αυτά ήταν αρχικά δύο χωριστά μέρη. Το Steg, που περιλαμβάνει 9.25km σήραγγας διαμέτρου 9.4m, κατακυρώθηκε στην κοινοπραξία Matrans τον Νοέμβριο του 1999 για 179 εκατομμύρια US\$. Από την έκβαση των προσφορών για το τμήμα Raron, τα τμήματα Steg και Raron συνδυάστηκαν σε ένα ενιαίο τμήμα (με 21.3km σήραγγας διαμέτρου 9.4m συν δύο επιλογές 1km) και κατακυρώθηκαν στην K/Ξ Matrans για 359.7 εκατομμύρια US\$. Αυτή η συνδυασμένη σύμβαση τέθηκε σε ισχύ στο τέλος του Μαΐου του 2000 και η σύμβαση για το τμήμα Steg μόνο διακόπηκε. Η MaTrans είναι διεθνής K/Ξ τεσσάρων εταιρών κάτω από την ηγεσία της Marti Tunnelbau AG της Ελβετίας, μαζί με τις Balfour Beatty του Ηνωμένου Βασιλείου, Porr Tunnelbau GmbH της Αυστρίας και Walter Group της Γερμανίας.



Η εργασία σε Steg/Raron περιλαμβάνει τρία μέτωπα διάνοξης σιδηράγων με τις σχετικές εγκάρσιες διαβάσεις και

άλλες υπόγειες εκσκαφές, με την επένδυση από σκυρόδεμα μετά από την εκσκαφή και τις εργασίες δευτέρου σταδίου που συνδέονται με τη βάση, τις διαβάσεις πεζών κ.λπ.

Από το Steg, τον Οκτώβριο του 2000 άρχισε μία διάνοξη με TBM για 8.9km της σήραγγας που ολοκληρώθηκε μέσα στον Σεπτέμβριο 2002. Τον Αύγουστο του 2001, από το Raron άρχισε η διάνοξη από δύο μέτωπα για την κατασκευή δύο σιδηράγων, μιας μήκους 10km με TBM και μιας 4.6km με διάτρηση - ανατίναξη μέχρι τη θέση σύνδεσης, στο Lotschen, με τη σήραγγα από το Steg. Σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα, αναμένεται να είναι πλήρεις κατά τη διάρκεια του δεύτερου εξαμήνου του 2003. Το μήκους 4.6km τμήμα δεν δικαιολογούσε τη δαπάνη ενός τρίτου TBM καθώς η χρησιμοποίηση της μεθόδου διάτρησης-ανατίναξης μπορούσε να προσαρμοστεί στο πρόγραμμα παράλληλα με τη μήκους 10km διάνοξη με TBM.

Η γεωλογία αποτελείται κυρίως από σχηματισμούς ομοιογενείς σκληρού πετρώματος, οι οποίοι είναι κατάλληλοι για TBM. Υπάρχει μια μαλακή ζώνη τριαδικών σχηματισμών, περίπου 0.5km από την οποία περνούν και οι δύο διανοίξεις από το Raron. Για τη σήραγγα που διανοίγεται με TBM, εκσκάφθηκε μια μεγαλύτερη διατομή με διάτρηση - ανατίναξη από σήραγγες οδηγούς πριν το TBM φθάσει στην τριαδική ζώνη. Αυτό επέτρεψε στο TBM να ωθηθεί μέσω της ήδη εκσκαμμένης τριαδικής ζώνης και να ξαναρχίσει τη διάτρηση μετά από αυτή.

Το πέτρωμα στην αρχική ζώνη Gampel - Steg αποτελείται από την ακολουθία ασβεστόλιθων των περιόδων Lias - Dogger - Malm, που κλίνουν προς την κατεύθυνση διάνοξης. Στον κύριο ορεινό όγκο του Aar που ακολουθεί, η διάνοξη περνά μέσα από γρανοδιορίτες, γρανιτογενέσιους, γρανίτες, πολύ σκληρούς γενέσιους, και γενέσιους με σχιστότητα, που περιέχουν αμφιβολίτες, και έχουν παρουσία αμιάντου.

Κατά τη διάρκεια της διάνοξης, τοποθετούνται προκατασκευασμένα στοιχεία στο ανάστροφο τόξο, ενώ η υποστήριξη του πετρώματος αποτελείται από ηλώσεις, πλέγμα και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Με την ολοκλήρωση της διάνοξης, η σήραγγα θα επενδυθεί με σκυρόδεμα, ενώ η βάση της γραμμής, οι διαβάσεις πεζών, η αποστράγγιση κλπ θα πραγματοποιηθούν σε ένα δεύτερο στάδιο.

Τα δύο TBM της Herrenknecht που χρησιμοποιούνται στο έργο είναι ίδια, εκτός από μερικές μικρές διαφορές στη συρόμενη υποστήριξη. Το κάθε TBM αποτελείται από το μέρος των μηχανών, συμπεριλαμβανομένης της κοπτικής κεφαλής, τη ζώνη κίνησης και ασφάλειας L1, και πέντε συρόμενες συνοδευτικές μονάδες. Ο απαραίτητος εξοπλισμός για: την τοποθέτηση των προκατασκευασμένων ανάστροφων τόξων, την εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, την μεταφορά των υλικών, τον εξαερισμό, την ψύξη και όλο τον υδραυλικό και ηλεκτρικό εξοπλισμό για την διάνοξη, βρίσκεται στο συρμό υποστήριξης. Αυτό δίνει στο TBM ένα εντυπωσιακό συνολικό μήκος 145m και ένα συνολικό βάρος 1.400 τόνων.

Η κοπτική κεφαλή είναι το βασικό συστατικό του TBM. Η περιστρεφόμενη κεφαλή κόβει μέσα στο βράχο κάτω από ακραίο φορτίο, ιδιαίτερα στην περίπτωση του σκληρού γρανίτη. Υποβάλλεται σε ακραία πίεση (η ώση είναι 1.600 τόνοι), έτσι ώστε οι 60 κοπτικοί δίσκοι διαχωρίζουν και θραύουν το πέτρωμα. Η κοπτική κεφαλή ζυγίζει 180 τόνους και είναι εξοπλισμένη με 4 διπλούς κοπτικούς δίσκους στο κέντρο, 39 κύριους κοπτικούς δίσκους και 13 περιφερειακούς κοπτικούς δίσκους με ένα διάστημα 90mm. Κάθε κοπτικός δίσκος έχει διάμετρο 17". Η αποκόμιση του θραυσμένου υλικού πραγματοποιείται μέσω 12 ανοιγμάτων.

Οι μέγιστες απαιτήσεις στο TBM είναι κατά τη διάτρηση κρυσταλλικού πετρώματος, που φθάνει τη μηχανή στο όριο της ικανότητας απόδοσής της. Η κοπτική κεφαλή είναι τακτικά κάτω από τα φορτία που τη φέρνουν στις επιτρεπόμενες οριακές τιμές

πίεσης επαφής. Τα καθορισμένα φορτία στους κοπτικούς δίσκους των 267kN μερικές φορές ξεπερνιούνται. Η κοπτική κεφαλή οδηγείται μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων από 10 ελεγχόμενης συχνότητας ηλεκτρικούς κινητήρες, κάθε ένας από τους οποίους έχει μια ισχύ εξόδου 350kW και που συνολικά δίνει μια εγκατεστημένη ισχύ εξόδου 3,500kW. Η μέγιστη δύναμη προχώρησης είναι 22,800kN. Η κοπτική κεφαλή δύναται να περιστρέφεται συνεχώς από 0 έως 6 στροφές ανά λεπτό με μια μέγιστη ροπή 8,825kNm στις 0-3,76 στροφές ανά λεπτό.



Η κοινοπραξία MaTrans έχει επιτύχει τις μέγιστες αποδόσεις στην Ελβετία κατά τη διάρκεια της εκσκαφής της σήραγγας χρησιμοποιώντας τα δύο TBMs της Herrenknecht. Αυτές οι μέγιστες αποδόσεις είναι 43m σε μια εργάσιμη ημέρα (18 ώρες), 204m σε μια εβδομάδα και 747m σε έναν μήνα.

Τη σήραγγα επισκέφτηκαν μεταξύ άλλων υπογείων έργων οι φοιτητές του διατμηματικού προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών «Σχεδιασμός και Κατασκευή Υπογείων Έργων» του ΕΜΠ.

ΠΡΟΣ ΤΑ ΜΕΛΗ

Ενημερώνουμε τα μέλη μας για το internet site της Ε.Ε.Σ.Υ.Ε., το οποίο βρίσκεται στη νέα διεύθυνση:

<http://www.metal.ntua.gr/tunnelling/GTS>

Τα μέλη μας, που είναι σε θέση να μας στείλουν ενημερωτικά σημειώματα με φωτογραφικό υλικό για υπόγεια έργα και σήραγγες που κατασκευάζονται στην Ελλάδα, μπορούν να αποστείλουν κείμενα για δημοσίευση στο site και στο Δελτίο των Σηράγγων.