

Ο Μ Ο Ε – ΤΕΥΧΟΣ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

ΕΡΓΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

Σακκάς Ιωάννης
Πολιτικός. Μηχανικός, πρόεδρος

Αγγέλης Επαμεινώντας,
Πολ. Μηχανικός

Μπακογιάννης Ιωάννης
Μεταλλειολόγος Μηχανικός

Καζίλης Νικόλαος
Τεχνικός Γεωλόγος

Ροζενμπερκ Αλέξιος
Μεταλλειολόγος Μηχανικός

Σοφianos Αλέξανδρος
Πολιτικός. Μηχανικός, Αναπλ.Καθηγητής Ε.Μ.Π

Ηλίας Μιχάλης
Πολιτικός Μηχανικός-Γεωτεχνικός, Μελετητής

Αντωνίου Γεώργιος
Πολιτικός. Μηχανικός, Μελετητής

ΙΟΥΛΙΟΣ 2002

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

σελ.

Άρθρο 1	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΟΔΗΓΙΑΣ	1
Άρθρο 2	ΣΚΟΠΟΣ	1
Άρθρο 3	ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ.	1
Άρθρο 4	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΑΛΛΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΟΔΟΥ ΠΟΥ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΙ ΣΗΡΑΓΓΑ Η΄ ΣΗΡΑΓΓΕΣ	2
Άρθρο 5	ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	3
Άρθρο 6	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ.	21
Άρθρο 7	ΤΕΧΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	24
Άρθρο 8	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	24
Άρθρο 9	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΚΑΙ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	29
Άρθρο 10	ΓΕΝΙΚΕΣ ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ	35
Άρθρο 11	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΝΟΡΓΑΝΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ	40
Άρθρο 12	ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ: ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΥΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	41
Άρθρο 13	ΟΡΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ: ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΥΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	53

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Ορολογία που χρησιμοποιείται στις σήραγγες

72

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: προσδιορισμός απαιτούμενου μήκους ορατότητας για στάση

76

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ- καθορισμός προτύπου οχήματος

78

ΑΡΘΡΟ 1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΟΔΗΓΙΑΣ

- 1.1** Η παρούσα οδηγία αναφέρεται στις μελέτες έργων πολιτικού Μηχανικού οδικών σηράγγων και των συνοδών τους έργων (στοές, φρεάτια αερισμού, στοές διαφυγής κλπ.)
Με την οδηγία καθορίζονται οι γενικοί τεχνικοί όροι εκπόνησης μελετών σηράγγων και τα υποβλητέα.
- 1.2** Οι μελέτες των οδικών σηράγγων και των συνοδών έργων τους συνδυάζονται με τις μελέτες της οδού στην οποία εντάσσονται καθώς και τις λοιπές μελέτες στα πλαίσια αυτών.
- 1.3** Δεν αποτελούν αντικείμενο της παρούσας οι μελέτες οδικών σηράγγων που διανοίγονται με μηχανήματα ολομέτωπης κοπής, καθώς και τα τεχνικά με εκσκαφή και επανεπίχωση (C+C).

ΑΡΘΡΟ 2. ΣΚΟΠΟΣ

Οι μελέτες των έργων Πολιτικού Μηχανικού των οδικών σηράγγων και των συνοδών έργων τους αποσκοπούν στην διερεύνηση και επιλογή της βέλτιστης λύσης για την εκσκαφή, άμεση υποστήριξη και την τελική επένδυση με γνώμονα την ασφάλεια και την οικονομία τόσο κατά την κατασκευή όσο και κατά τη λειτουργία της.

ΑΡΘΡΟ 3.ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ.

Η βασική αρχή της σύνταξης των μελετών κατά στάδια αρχίζοντας από μία γενική θεώρηση και προχωρώντας προς λεπτομερέστερο σχεδιασμό εφαρμόζεται και στις μελέτες των οδικών σηράγγων λαμβάνοντας υπόψη τον ιδιαίτερο χαρακτήρα αυτών και το γεγονός ότι ενσωματώνονται στον συνολικό σχεδιασμό και μελέτη του οδικού έργου.

Δεδομένου ότι οι οδικές σήραγγες είναι κατασκευές γενικά υψηλού κόστους θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά τη διαδικασία τόσο της επιλογής της χάραξης κατά το στάδιο αναγνώρισης οδοποιίας όσο και κατά τον καθορισμό του άξονα της οδού στο στάδιο της προμελέτης οδοποιίας.

Η μελέτη σήραγγας συντάσσεται σε δύο μόνο στάδια, το στάδιο της προκαταρκτικής μελέτης και το στάδιο της οριστικής μελέτης.

Στο στάδιο της προμελέτης οδοποιίας η συμβολή του μελετητή της σήραγγας στην οριστικοποίηση του άξονα της οδού είναι σημαντική. Στο στάδιο αυτό προβλέπεται η σύνταξη της προκαταρκτικής μελέτης σήραγγας. Η προκαταρκτική μελέτη σήραγγας συντάσσεται μετά την εκπόνηση της γεωλογικής μελέτης και την εκτέλεση των προβλεπόμενων στο στάδιο αυτό γεωτεχνικών ερευνών και μετά την επιλογή του άξονα της οδού.

Η μελέτη σήραγγας ολοκληρώνεται με την οριστική μελέτη (δεν προβλέπεται δηλαδή στάδιο προμελέτης) η οποία συντάσσεται μετά την ολοκλήρωση της οριστικής μελέτης οδοποιίας ή και μετά την έγκριση αυτής.

Στο στάδιο της αναγνωριστικής μελέτης οδοποιίας δεν θεωρείται σκόπιμη, η εκπόνηση κάποιου σταδίου μελέτης σήραγγας. Τα αναγκαία στοιχεία σχετικά με τις σήραγγες θα διερευνώνται και θα δίδονται από τον γεωλόγο και γεωτεχνικό του μελετητικού οχήματος. Συνιστάται όμως στο μελετητικό σχήμα να υπάρχει ως σύμβουλος και μελετητής σηράγγων.

Για την επιλογή της βέλτιστης χάραξης θα ακολουθηθούν γενικά, με προσαρμογές στις εκάστοτε συνθήκες, οι προτάσεις της PIARC (Report of Technical Committee of Road Tunnels, XVII World Road Congress 1983), για την αποτίμηση της κατασκευής

σήραγγας ή μιας εναλλακτικής κατασκευής στη βάση μιας πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Για την οικονομοτεχνική αποτίμηση των διαφόρων εναλλακτικών χαράξεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον μελετητή στοιχεία βάσεων δεδομένων που έχουν μορφοποιηθεί είτε από αυτόν είτε από τον Εργοδότη.

ΑΡΘΡΟ 4. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΑΛΛΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΟΔΟΥ ΠΟΥ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΙ ΣΗΡΑΓΓΑ Η΄ ΣΗΡΑΓΓΕΣ

- Η ύπαρξη σήραγγας ή σηράγγων στην μελέτη ενός οδικού έργου συνεπάγεται (ανάλογα και με το μήκος και το πλήθος των προβλεπόμενων σηράγγων) την πρόβλεψη εγκαταστάσεων και έργων που είναι αναγκαία:

α)για τη λειτουργία αυτής ταύτης της σήραγγας (π.χ. φωτισμός, αερισμός κ.λ.π.)

β)για τον έλεγχο και την ασφάλεια της κυκλοφορίας (π.χ. ειδικές σημάσεις σταθερού ή μεταβλητού μηνύματος, φωτεινές σηματοδοτήσεις, συστήματα ελέγχου της κυκλοφορίας κ.λ.π.)

γ)για την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών όπως ατυχήματα ή πυρκαγιά (π.χ. εγκαταστάσεις πυρόσβεσης, έξοδοι και οδοί διαφυγής, πρόβλεψη για αναστροφή οχημάτων, οδικό δίκτυο για την άμεση πρόσβαση ασθενοφόρων, οχημάτων Π.Υ. κ.λ.π.).

- Σε περιπτώσεις μεγάλου μήκους σήραγγας ή πολλών στη σειρά σηράγγων υπάρχει ανάγκη πρόβλεψης κτιρίων όπου θα στεγάζονται οι απαιτούμενες Η/Μ εγκαταστάσεις (ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη, μετασχηματιστές κ.λ.π.) καθώς και τα συστήματα ελέγχου της κυκλοφορίας και το αντίστοιχο προσωπικό όπως επίσης και το προσωπικό άμεσης επέμβασης.
- Η μελέτη των ανωτέρω αναφερόμενων εγκαταστάσεων και έργων δεν αποτελεί αντικείμενο της μελέτης της σήραγγας αλλά αντικείμενο του μελετητή εγκαταστάσεων και του οδοποιού του μελετητικού σχήματος και ισχύουν γι' αυτές οι σχετικές οδηγίες για Η/Μ εγκαταστάσεις σηράγγων, για την σήμανση – ασφάλιση και για την οδοποιία.
- Θα πρέπει να τονιστεί ότι για τη σύνταξη των υπόψη μελετών όπως και της μελέτης σήραγγας απαιτείται συνεχής και ουσιαστική συνεργασία των επί μέρους αρμοδίων μελετητών του μελετητικού σχήματος σ' όλα τα στάδια αυτών. Η ίδια συνεργασία απαιτείται μεταξύ όλων των μελετητών του μελετητικού σχήματος για την τοποθέτηση των κτιρίων Η/Μ εγκαταστάσεων και συστημάτων ελέγχου της κυκλοφορίας.
- Επισημαίνεται ότι οι ανωτέρω μελέτες θα πρέπει να εκπονούνται παράλληλα προς την μελέτη σηράγγων και σε αντίστοιχα στάδια ώστε να αλληλοτροφοδοτούνται με τις αναγκαίες για την αρτιότητα των μελετών πληροφορίες και στοιχεία
- Ειδικά οι μελέτες των Η/Μ συστημάτων της σήραγγας θα πρέπει να προηγούνται της μελέτης των έργων πολιτικού μηχανικού σηράγγων έτσι ώστε να μπορούν να γίνουν οι αναγκαίες ενσωματώσεις των προβλέψεων της μελέτης Η/Μ συστημάτων στα έργα πολιτικού μηχανικού της σήραγγας. .

ΑΡΘΡΟ 5: ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

5.1 Γενικά

Οι σήραγγες είναι τμήματα οδών, με ιδιαίτερες απαιτήσεις όσον αφορά στην ασφάλεια κυκλοφορίας και έχουν υψηλό κόστος κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας, πρέπει να μελετώνται με ιδιαίτερη προσοχή και επιμέλεια.

Γενικά ο γεωμετρικός σχεδιασμός οδού είναι αντικείμενο του μελετητή οδοποιίας σε συνεργασία με τους μελετητές των άλλων κατηγοριών του μελετητικού σχήματος. Ειδικότερα, όσον αφορά τον γεωμετρικό σχεδιασμό σηράγγων, η παραπάνω συνεργασία που είναι αναγκαία για την ανοικτή χάραξη επιβάλλεται να είναι σαφώς στενότερη, συνεχής και ουσιαστική.

Το παρεχόμενο επίπεδο ασφαλείας σε μια σήραγγα είναι συνάρτηση πλήθους παραγόντων οι κυριότεροι εκ των οποίων συνοψίζονται στους εξής :

- χρήστης
- γεωμετρικός – λειτουργικός σχεδιασμός
- δομική διάρθρωση καθώς και η συντήρηση
- συμμετοχή βαρέων οχημάτων στην κυκλοφορία

Σε κάθε περίπτωση, η ασφάλεια, η οποία αποτελεί άλλωστε και τον κυρίαρχο στόχο, κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και λειτουργίας μιας σήραγγας, διαχωρίζεται σε δύο κύριους τομείς (Economic Commission for Europe, 2001) :

- πρόληψη, η οποία αφορά στην αποφυγή κρίσιμων καταστάσεων
- ελαχιστοποίηση συνεπειών σε περίπτωση αστοχίας

Στα εδάφια που έπονται, αναλύονται οι μεταβλητές που αφορούν την πρώτη περίπτωση ενώ οι ενέργειες, οι οποίες συνιστούν τη δεύτερη περίπτωση εντάσσονται σε ένα γενικότερο σχεδιασμό.

5.2 Γεωμετρική Θεώρηση

Η μελέτη χάραξης των οδικών τμημάτων σε σήραγγα πρέπει να εκπονείται σύμφωνα με τις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).

Ειδικότερα στις σήραγγες η τιμή της ταχύτητας μελέτης V_e πρέπει να εξισώνεται με το όριο ταχύτητας $V_{\text{επιτρ}}$ και την λειτουργική ταχύτητα V_{85} .

Για τον καθορισμό του ορίου ταχύτητας είναι απαραίτητη η ανάλυση των διατιθέμενων Μηκών Ορατότητας για Στάση (ΜΟΣ). Για τον υπολογισμό δε του διατιθέμενου μήκους ορατότητας ο χρόνος αντίληψης - αντίδρασης πρέπει να ληφθεί ίσος με 2sec. Εν γένει το όριο ταχύτητας σε σήραγγες κυμαίνεται από 80 km/h έως 100 km/h.

Επειδή αναμένονται μεγάλες διαφορές μεταξύ των τιμών των λειτουργικών ταχυτήτων ($\Delta V_{85} > 10\text{km/h}$) στα οδικά τμήματα που προηγούνται ή έπονται της σήραγγας και του τμήματος σε σήραγγα, και οι οποίες επιφέρουν σημαντική αύξηση της επικινδυνότητας του οδικού τμήματος στις εισόδους των σηράγγων, πρέπει να εξετάζεται η ομοιομορφία και η συνέχεια των λειτουργικών ταχυτήτων ακόμη και στους αυτοκινητόδρομους [ΟΜΟΕ-Χ,

2001, (κριτήριο ασφάλειας II)]. Η σταδιακή μείωση των επιπέδων της λειτουργικής ταχύτητας μέχρι του επιθυμητού επιτυγχάνεται

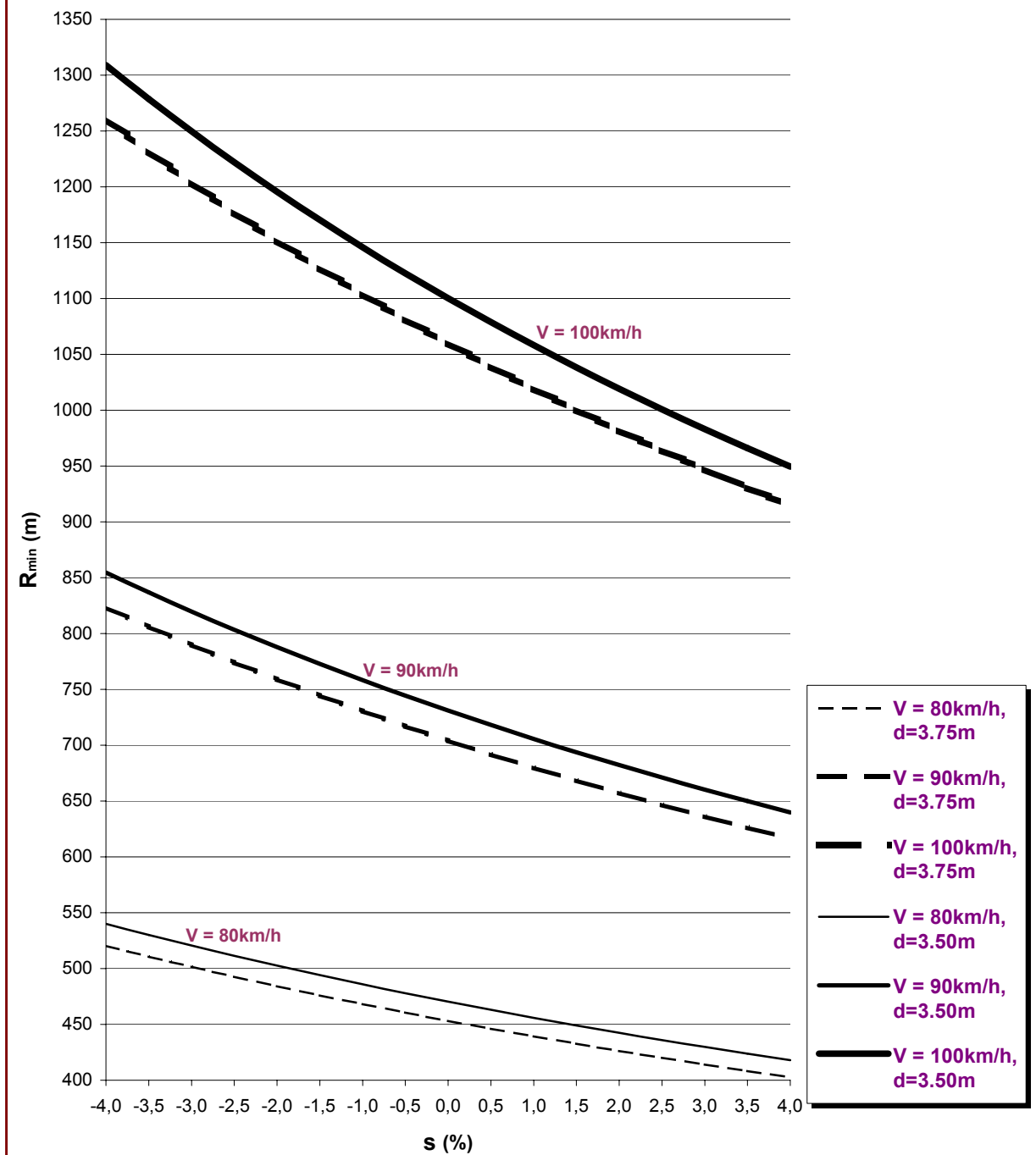
- είτε με την προσαρμογή της χάραξης, που αποτελεί τον καλύτερο και πιο αξιόπιστο τρόπο αντιμετώπισης και ταυτόχρονα υπό προϋποθέσεις μπορεί να συμβάλλει στην μείωση του κόστους του έργου
- είτε με την εφαρμογή συστήματος ειδικής σήμανσης, ιδιαίτερα έντονης και εμφανούς στον οδηγό (γέφυρες σήμανσης, VMS κλπ), η οποία θα καθοδηγεί αξιόπιστα τους οδηγούς στην επιλογή της κατάλληλης ταχύτητας κίνησης, η οποία μπορεί και να παρακολουθείται και να ελέγχεται (speed monitoring).

Στο Σχήμα 5.1 δίδονται οι προτεινόμενες ελάχιστες οριζόντιες ακτίνες σε συνάρτηση με το διατιθέμενο μήκος ορατότητας για στάση οι οποίες αναφέρονται στα στόμια των σήραγγων (υγρό οδόστρωμα). Οι αντίστοιχες οριζόντιες ακτίνες που αφορούν στεγνό οδόστρωμα, αναφέρονται στο εσωτερικό της σήραγγας και δίδονται στο Σχήμα 5.2 (βλέπε Παράρτημα Β). Στην τελευταία περίπτωση, η τιμή του διαμήκους συντελεστή πρόσφυσης με ακινητοποιημένους τροχούς ελήφθη 0.60 (Harwood et. Al., 1993).

Κατά την επιλογή της ελάχιστης οριζόντιας ακτίνας σε σήραγγα, ιδιαίτερα στην περίπτωση του στεγνού οδοστρώματος, πρέπει να εξετάζεται και η περίπτωση της ολίσθησης του οχήματος (ΟΜΟΕ-Χ, 2001) δεδομένου ότι σε ορισμένες περιπτώσεις αυτή η θεώρηση μπορεί να είναι και η κρίσιμη.

Ελάχιστες Οριζόντιες Ακτίνες σε Σήραγγες με Οριακή Επάρκεια Μήκους Ορατότητας για Στάση (υγρό οδόστρωμα)

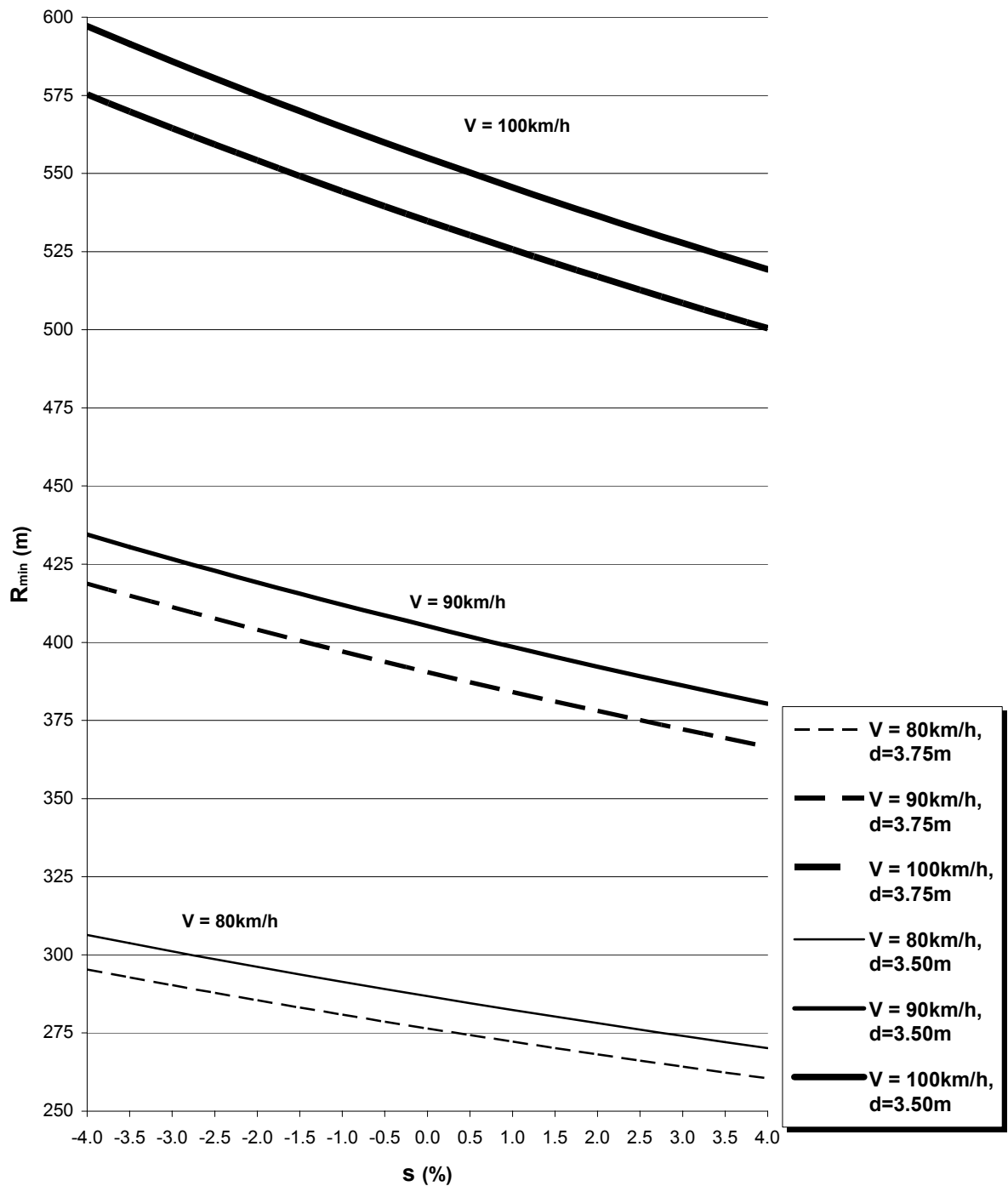
d : πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας,
πεζοδρόμιο + καθοδηγητική λωρίδα = 1.00m + 0.50m



Σχήμα 5.1. Ελάχιστη οριζόντια ακτίνα ως προς την κατά μήκος κλίση για οριακή επάρκεια ΜΟΣ (υγρό οδόστρωμα).

Ελάχιστες Οριζόντιες Ακτίνες σε Σήραγγες με Οριακή Επάρκεια Μήκους Ορατότητας για Στάση (στεγνό οδόστρωμα)

d : πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας,
πεζοδρόμιο + καθοδηγητική λωρίδα = 1.00m + 0.50m



Σχήμα 5.2. Ελάχιστη οριζόντια ακτίνα ως προς την κατά μήκος κλίση για οριακή επάρκεια ΜΟΣ (στεγνό οδόστρωμα, $f_T=0.60$).

Εντός σήραγγων σε οδούς της κατηγορίας Α οι κατά μήκος κλίσεις δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 4%. Ιδιαίτερα σε σήραγγες μεγάλου μήκους (> 1km), πρέπει να επιδιώκεται η τιμή της μέγιστης κατά μήκος κλίσης να μην υπερβαίνει το 2.5%. Εντονότερες κατά μήκος κλίσεις έχουν τα εξής μειονεκτήματα:

- υψηλότερη ρύπανση
- μεγαλύτερη πιθανότητα ατυχημάτων
- διασπορά εύφλεκτων υλικών με μεγάλη ταχύτητα
- μείωση της ταχύτητας των βαρέων οχημάτων

Προκειμένου να μην υποβαθμίζεται το παρεχόμενο επίπεδο εξυπηρέτησης, ιδιαίτερα στις σήραγγες διπλής κατεύθυνσης, όπου απαγορεύεται η προσπέραση, πρέπει να επιδιώκεται η διαφορά ταχυτήτων μεταξύ βαρέων φορτηγών και επιβατηγών οχημάτων να μην υπερβαίνει τα 15km/h (βλέπε Παράρτημα Γ).

Στον Πίνακα 5.1 δίδεται το προτεινόμενο μέγιστο συνιστώμενο μήκος σήραγγας ως συνάρτηση της κατά μήκος κλίσης.

s (%)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
ΣΔΚ (m)	> 3000	> 3000	> 3000	1400	700	500	400	300
ΣΜΚ (m)	> 3000	> 3000	> 3000	> 3000	> 3000	> 3000	1000	600

Σημείωση: ΣΔΚ : Σήραγγα Διπλής Κατεύθυνσης
ΣΜΚ : Σήραγγα Μονής Κατεύθυνσης

Πίνακας 5.1: Μέγιστο μήκος σήραγγας ως προς την επιρροή της κατά μήκος κλίσης.

Επισημαίνεται, ότι οι τιμές του Πίνακα 5.1 έχουν προκύψει με την θεώρηση, ότι τα οχήματα κινούνται ανεμπόδιστα και δεν λήφθηκαν υπόψη οι μεταβλητές, οι οποίες αφορούν το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού και την οικονομική επιβάρυνση στο σύστημα αερισμού.

Με βάση τις τιμές του Πίνακα 5.1 που αναφέρονται στη Σήραγγα Διπλής Κατεύθυνσης (ΣΔΚ), είναι δυνατός ο κατ' αρχήν προσεγγιστικός προσδιορισμός της κατά μήκος κλίσης σε σχέση με το μήκος της. Αποκλίσεις από τις υπόψη τιμές πρέπει να αιτιολογούνται.

Κατά την επιλογή της κατά μήκος κλίσης και του μήκους εφαρμογής της πρέπει να

- προσδιορίζεται το επίπεδο εξυπηρέτησης και
- να εκτιμάται η οικονομική επιβάρυνση στο σύστημα αερισμού.

Η επιρροή των παραπάνω παραμέτρων πρέπει να αναλύεται σε μια εμπειριστικώς τεχνο-οικονομική έκθεση βάσει της οποίας δύνανται να απαιτηθεί ελάττωση των προτεινόμενων τιμών του Πίνακα 5.1.

5.3 Τυπική Διατομή

Οι παράγοντες, που επηρεάζουν την επιλογή της κατάλληλης διατομής μιας σήραγγας είναι :

- ο κυκλοφοριακός φόρτος και

- η γεωλογία της περιοχής

Εκτός όμως από τα στοιχεία του καταστρώματος μιας σήραγγας, σημαντικό ρόλο παίζουν εν προκειμένω οι διαστάσεις του περιτυπώματος και του πρόσθετου χώρου για τον λειτουργικό εξοπλισμό της σήραγγας.

Το περιτύπωμα είναι ο χώρος της διατομής της οδού, στον οποίο δεν πρέπει να υπεισέρχονται σταθερά εμπόδια. Αποτελείται από τον κυκλοφοριακό χώρο, τον άνω και τον πλευρικό χώρο ελευθερίας κινήσεων.

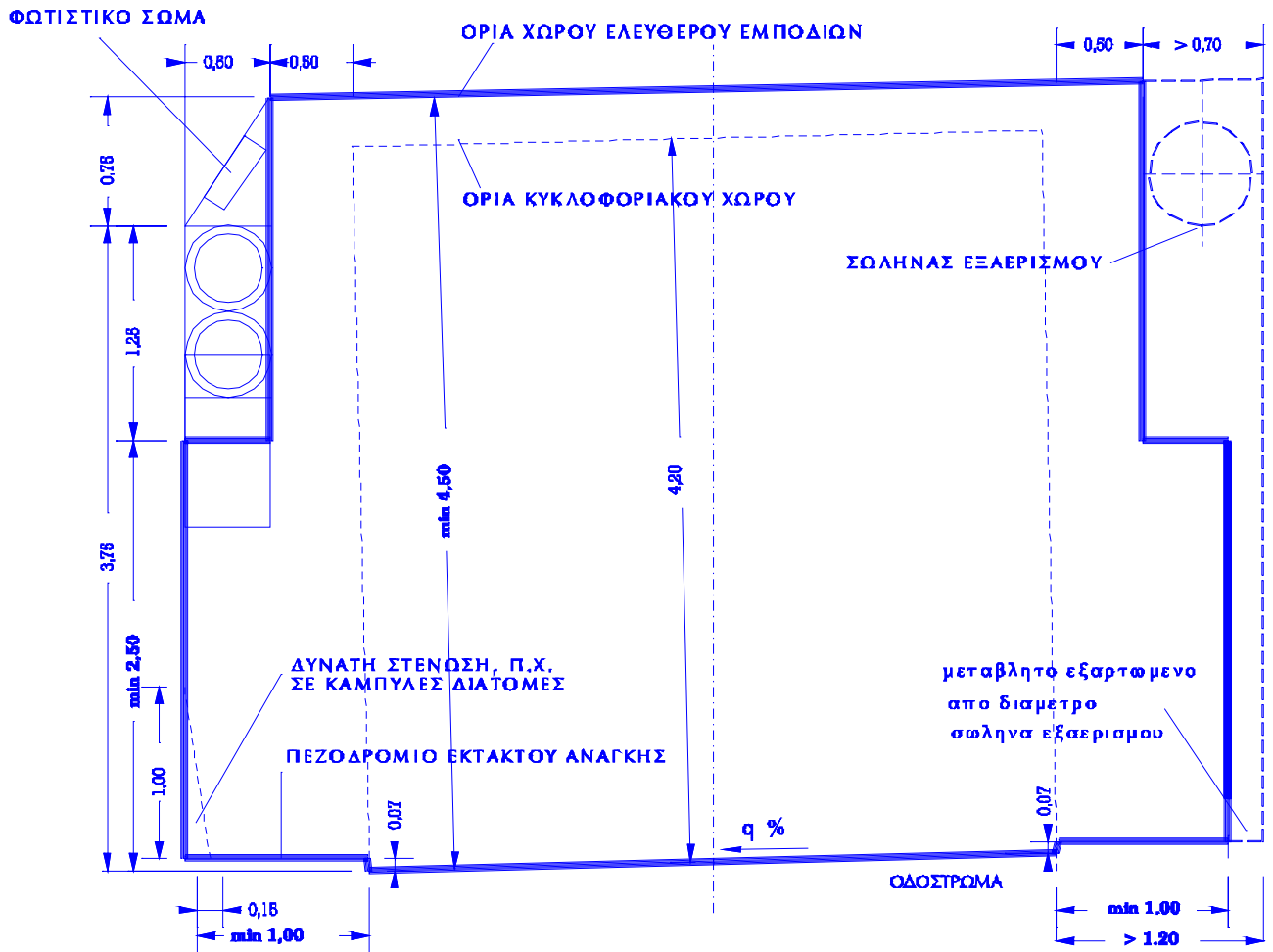
Το συνολικό πλάτος του περιτυπώματος προκύπτει από την εκάστοτε διατομή οδού της σήραγγας.

Το ελάχιστο απαιτούμενο ελεύθερο ύψος για την μηχανοκίνητη κυκλοφορία ανέρχεται σε 4,50m. Τα πλευρικά όρια του χώρου κυκλοφορίας πρέπει να είναι κάθετα στο οδόστρωμα. Έτσι σε περίπτωση εφαρμογής των μέγιστων τιμών επικλίσεων μπορεί να απαιτηθεί διαπλάτυνση του πλευρικού χώρου ελευθερίας κινήσεων, ώστε σε κάθε περίπτωση να διατίθεται ο αναγκαίος χώρος ελεύθερου εμποδίων.

Το απαιτούμενο πλάτος των λωρίδων καθοδήγησης στις ευθυγραμμίες είναι 0.25m. Στις καμπύλες κυμαίνεται από 0.25m έως 0.50m.

Στο Σχήμα 5.3 δίνονται τα όρια και οι τυπικές διαστάσεις του ελεύθερου εμποδίων χώρου μιας οδού σε σήραγγα. Τα αντικείμενα που παραμορφώνονται εύκολα, όπως οι πινακίδες σήμανσης πρέπει να τοποθετούνται σε απόσταση μεγαλύτερη των 2,50m πάνω από το πεζοδρόμιο της σήραγγας και να απέχουν από τα όρια του κυκλοφοριακού χώρου κατ' ελάχιστο 50cm. Οι απαραίτητοι για τον αερισμό ανεμιστήρες πρέπει να τοποθετούνται σε εσοχές στην οροφή της σήραγγας. Επιτρέπεται η τοποθέτηση των εύκολα παραμορφώσιμων φωτιστικών σωμάτων σε κατακόρυφη απόσταση μεγαλύτερη από 3,75m από το πεζοδρόμιο και έως 50cm από τα όρια του κυκλοφοριακού χώρου.

Σε περίπτωση που η διάμετρος των ανεμιστήρων είναι > 70cm, είναι απαραίτητη η διαπλάτυνση των πεζοδρομίων σε συνάρτηση με την διάμετρο των ανεμιστήρων.



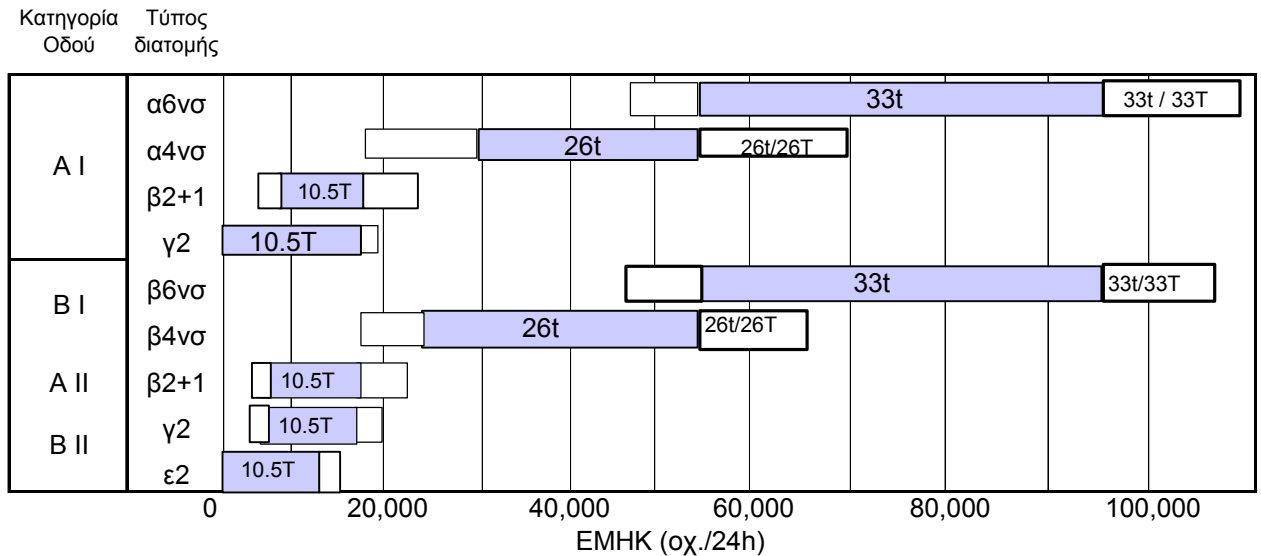
Σχήμα 5.3: Τυπικές διαστάσεις περιτυπώματος σήραγγας.

Προκειμένου να καθορισθεί η κατάλληλη διατομή μιας σήραγγας απαιτείται η εκπόνηση σχετικής ανάλυσης, στην οποία θα συνδυάζεται η διατομή της οδού σε σήραγγα με την τυπική διατομή του υπόλοιπου τμήματος της οδού με βάση τα προαναφερθέντα αφενός και την οικονομοτεχνική διάσταση του προβλήματος αφετέρου.

Κατά τον σχεδιασμό των τμημάτων οδικών σήραγγων χρησιμοποιούνται οι διατομές του υπόλοιπου τμήματος της οδού αλλά με μειωμένες διαστάσεις των επί μέρους στοιχείων της διατομής της οδού και χωρίς σταθεροποιημένο έρεισμα ή λωρίδα εκτάκτου ανάγκης (ΛΕΑ).

Στο Σχήμα 5.4 δίδεται η περιοχή εφαρμογής των διατομών οδών σε σήραγγες σε συνάρτηση με τους κυκλοφοριακούς φόρτους. Στο Σχήμα 5.5 και το Σχήμα 5.6 δίδονται οι τυπικές διατομές οδών σε σήραγγα.

Εφ' όσον κριθεί σκόπιμο να εφαρμοσθεί σε σήραγγες διατομή με λωρίδα πολλαπλών χρήσεων, πρέπει για λόγους κόστους το πλάτος της να είναι ίσο με 2,00m (διατομές 26T και 33T).



Σχήμα 5.4. Περιοχή εφαρμογής των διατομών οδών σε σήραγγες σε συνάρτηση με τους κυκλοφοριακούς φόρτους.

Η ειδική διατομή 29,5T εφαρμόζεται μόνον σε ιδιαίτερες περιπτώσεις με ασυνήθιστα οικονομικό τρόπο κατασκευής και σε σήραγγες πολύ μικρού μήκους.

Κατά την διαδικασία επιλογής της κατάλληλης διατομής σε σήραγγα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής δεδομένα:

- ο τρόπος κατασκευής της σήραγγας,
- το πλήθος των λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση,
- το προβλεπόμενο μήκος σήραγγας,
- η μέση κατά μήκος κλίση στην σήραγγα σε ανωφέρεια (0 έως 4%),
- η μέση συμμετοχή της εμπορευματικής κυκλοφορίας (0 έως 20%) και
- η Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (ΕΜΗΚ)

ανοικτό τμήμα	αντιστοίχιση	περιγραφή
α6νσ β6νσ	33 T	τυπική λύση με ΛΕΑ(...) εφαρμόζεται μετά από αιτιολόγηση στις διατομές α6νσ
α6νσ β6νσ	33 t	τυπική λύση χωρίς ΛΕΑ(...) εφαρμόζεται μετά από αιτιολόγηση στις διατομές α6νσ
α4νσ β4νσ	26 T	τυπική λύση με ΛΕΑ (...) εφαρμόζεται μετά από αιτιολόγηση στις διατομές α4νσ
α4νσ β6νσ	26 t	τυπική λύση χωρίς ΛΕΑ (...) εφαρμόζεται μετά από αιτιολόγηση στις διατομές α4νσ

Σχήμα 5.5. Τυπικές διατομές σε σήραγγα (α).

ανοικτό τμήμα	αντιστοίχιση	περιγραφή
α4νσ	29.5 T	λύση προτεινόμενη σε εξαιρετικές περιπτώσεις
β4νσ	26 Tr	λύση εναλλακτική της 26T συνιστώμενη σε εξαιρετικές περιπτώσεις
β2+1 γ2	10.5 T	τυπική λύση
ε2	10.0 T	τυπική λύση

Σχήμα 5.6. Τυπικές διατομές σε σήραγγα (β).

5.4 Λοιπά Στοιχεία Σηράγγων

Για λόγους ασφάλειας της κυκλοφορίας στην σήραγγα ενδείκνυνται τα παρακάτω κατασκευαστικά στοιχεία:

5.4.1 Λωρίδα πολλαπλών χρήσεων

Η εφαρμογή ή όχι λωρίδας πολλαπλών χρήσεων προκύπτει από τεχνικοοικονομική ανάλυση σε συνάρτηση με τους κυκλοφοριακούς φόρτους, το μήκος της σήραγγας και τον τρόπο κατασκευής της.

5.4.2 Εσοχές έκτακτης στάθμευσης

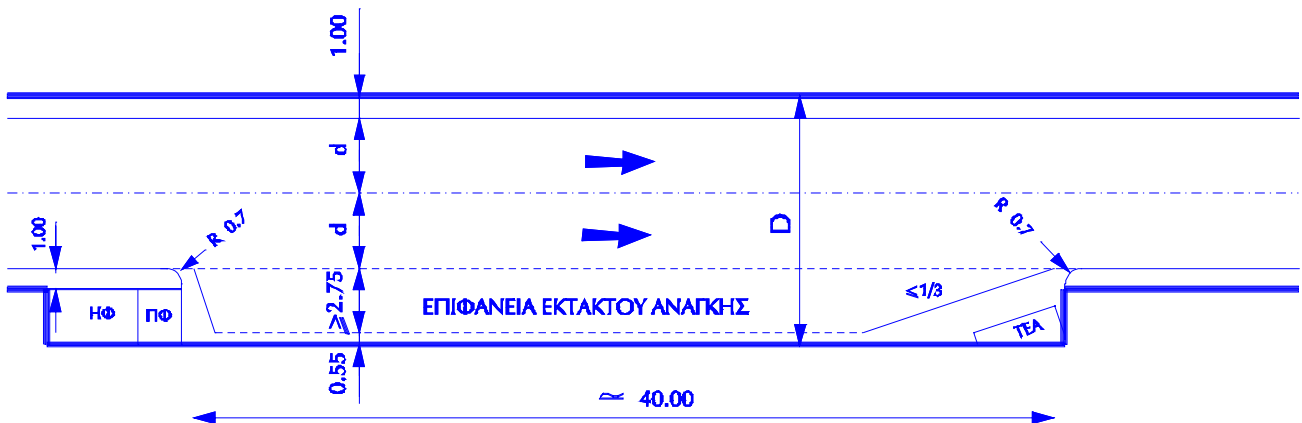
Οι εσοχές έκτακτης στάθμευσης προβλέπονται, όταν για λόγους οικονομίας δεν κατασκευάζονται λωρίδες πολλαπλών χρήσεων.

Είναι απαραίτητες όταν το μήκος της σήραγγας υπερβαίνει τα 1050m. Οι εσοχές αυτές πρέπει να απέχουν μεταξύ τους από 700m έως 1100m περίπου.

Σε σήραγγες διπλής κατεύθυνσης, οι εσοχές έκτακτης στάθμευσης πρέπει να διατάσσονται κατά το δυνατόν αντικριστά ή μία στην άλλη, ώστε να είναι δυνατή η αναστροφή οχημάτων.

Επιβάλλεται η σήμανσή τους καθώς και η ύπαρξη τηλεφώνου και πυροσβεστικού κρουνού.

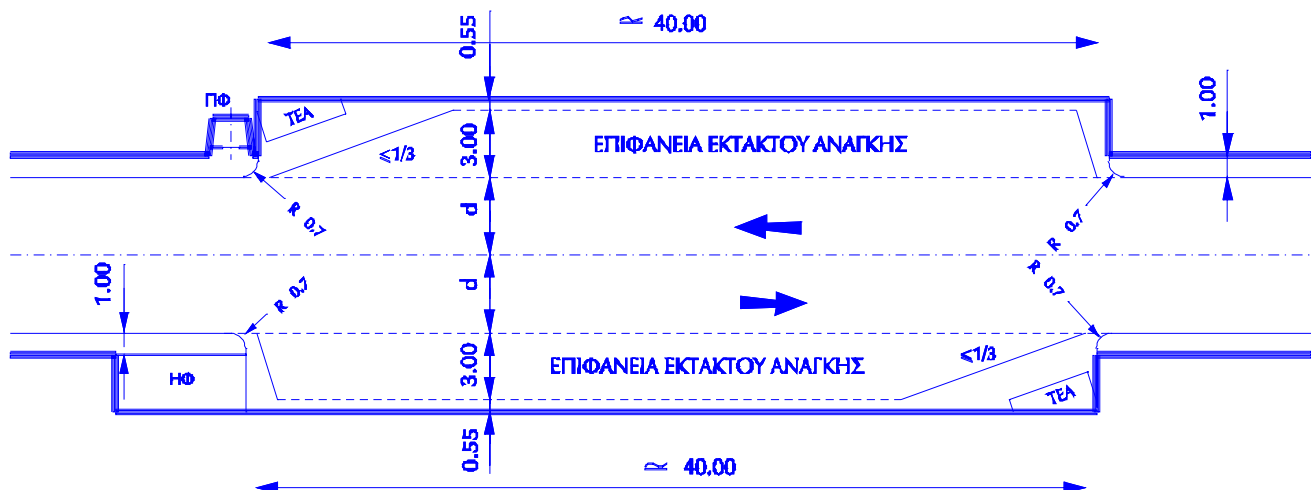
Στα σχήματα 5.7 και 5.8 απεικονίζονται οι τυπικές διαμορφώσεις μονόπλευρης και αμφίπλευρης αντίστοιχα εσοχής έκτακτης στάθμευσης.



Υπόμνημα (ενδεικτικές θέσεις) :

ΠΦ : Πυροσβεστική Φωλεά, ΗΦ : Η/Μ Φωλεά, ΤΕΑ : Τηλέφωνο Εκτάκτου Ανάγκης

Σχήμα 5.7. Τυπικές διαμορφώσεις μονόπλευρης εσοχής έκτακτης στάθμευσης.



Υπόμνημα (ενδεικτικές θέσεις) :

ΠΦ : Πυροσβεστική Φωλεά, ΗΦ : Η/Μ Φωλεά, ΤΕΑ : Τηλέφωνο Εκτάκτου Ανάγκης

Σχήμα 5.8. Τυπικές διαμορφώσεις αμφίπλευρης εσοχής έκτακτης στάθμευσης.

5.4.3 Έξοδοι διαφυγής πεζών

Σε σήραγγες, των οποίων το μήκος υπερβαίνει τα 700m, πρέπει να διατάσσονται εγκάρσιες εξοδοι διαφυγής περίπου ανά 350m, εφόσον το σύστημα εξαερισμού της σήραγγας σε περίπτωση πυρκαγιάς δεν παρέχει επαρκή ασφάλεια. Επιβάλλεται η σήμανσή τους ανά 50m σε ύψος 1.0m – 1.5m από το πεζοδρόμιο με ένδειξη της απόστασης.

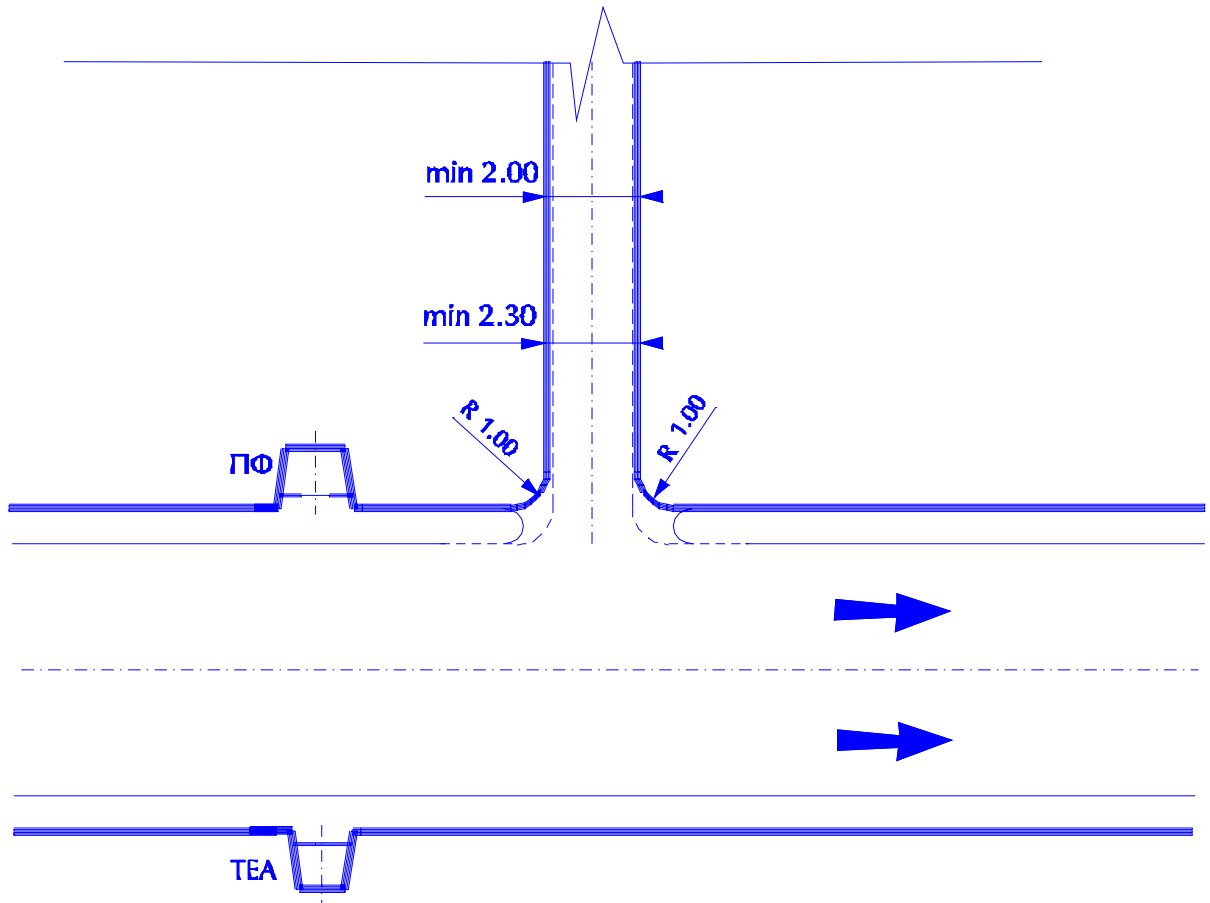
Σε σήραγγες διπλού κλάδου οι εγκάρσιες εξοδοι διαφυγής οδηγούν κατά κανόνα από την μία σήραγγα στην άλλη.

Στις μονές σήραγγες διπλής κατεύθυνσης, εφόσον δεν είναι δυνατή η επικοινωνία των εγκάρσιων σηράγγων διαφυγής με τον εξωτερικό χώρο πρέπει να προβλέπεται διαμήκης σήραγγα διαφυγής, με την οποία θα συνδέονται οι αντίστοιχες εγκάρσιες. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί να προτείνονται και άλλοι τρόποι διαφυγής.

Οι εγκάρσιες εξοδοι διαφυγής πρέπει να κλείνουν με θύρες που να τοποθετούνται σε απόσταση περίπου 3,0m από την οριογραμμή της σήραγγας. Η περιοχή των θυρών πρέπει να διαμορφώνονται με μηδενική κατά μήκος κλίση και επίκλιση.

Στο Σχήμα 5.9 απεικονίζεται η τυπική διαμόρφωση μιας εγκάρσιας εξόδου διαφυγής πεζών. Οι διαστάσεις και τα όρια του περιτυπώματος των εγκάρσιων εξόδων διαφυγής πεζών δίδονται στο σχήμα 5.10.

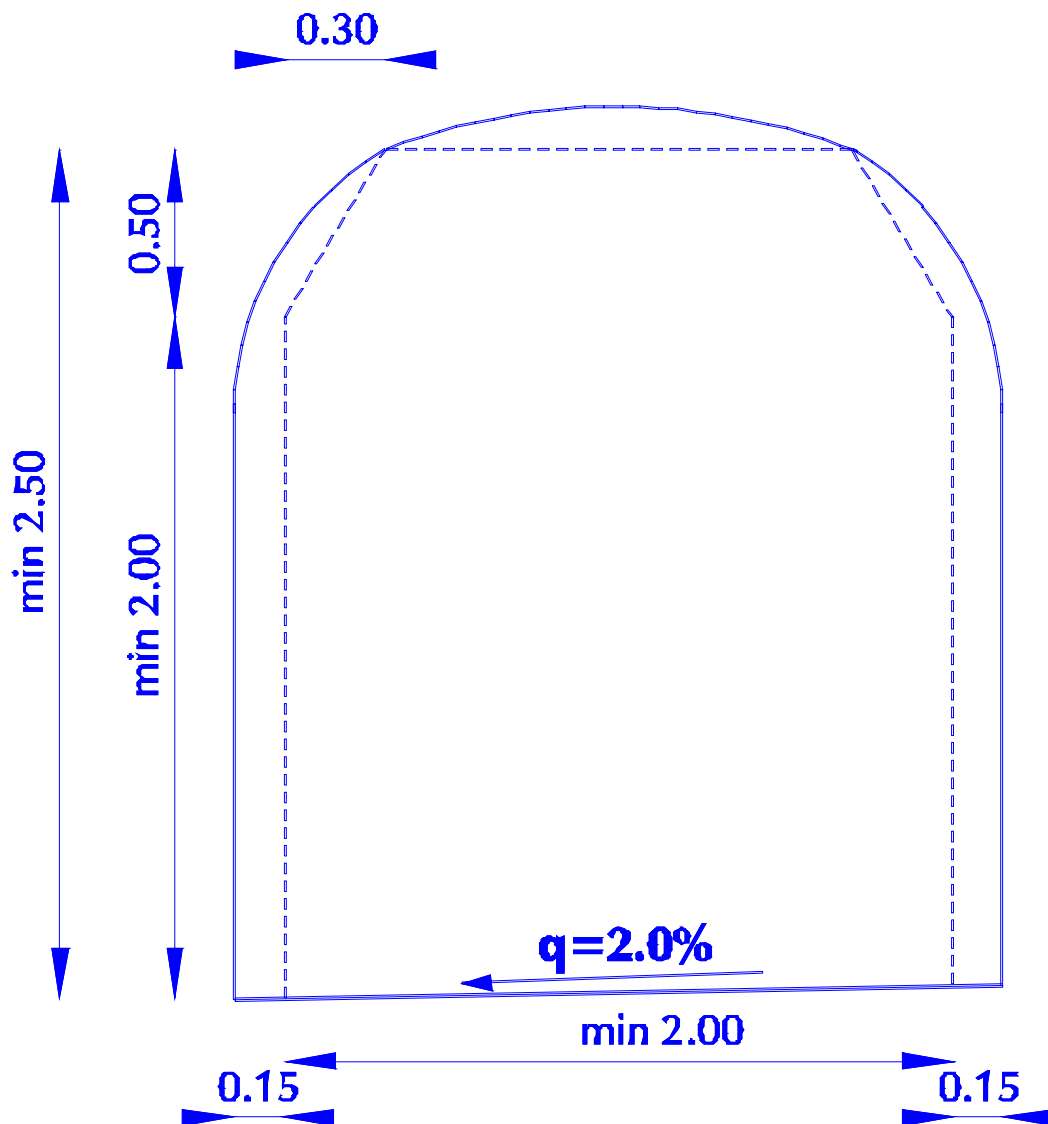
Η ελάχιστη κατά μήκος κλίση μιας εγκάρσιας εξόδου διαφυγής πεζών ανέρχεται σε 0,5% και η μέγιστη σε 10,0%. Η μηκοτομή της πρέπει να διαμορφώνεται κατά το δυνατόν με κυρτή κατακόρυφη καμπύλη. Το οδόστρωμα πρέπει να διαμορφώνεται μονοκλινές με τιμή επίκλισης ίση με 2,0%.



Υπόμνημα (ενδεικτικές θέσεις) :

ΠΦ : Πυροσβεστική Φωλεά, ΤΕΑ : Τηλέφωνο Εκτάκτου Ανάγκης

Σχήμα 5.9. Τυπική διαμόρφωση εξόδου διαφυγής πεζών (κάτοψη).



Σχήμα 5.10. Τυπική διαμόρφωση διατομής εξόδου διαφυγής πεζών.

5.4.4 Προσέγγιση οχημάτων εκτάκτου ανάγκης - έξοδοι διαφυγής οχημάτων

Οι εγκάρσιες εξοδοι διαφυγής ανά τρεις πρέπει να διαμορφώνονται έτσι, ώστε να είναι δυνατή η διέλευση προσέγγιση οχημάτων έκτακτης ανάγκης, όπως πυροσβεστικά οχήματα και ασθενοφόρα.

Στις υπόψη εξόδους, η επικοινωνία μεταξύ κλάδων σηράγγων θα περιλαμβάνει ξεχωριστές θύρες για την πρόσβαση οχημάτων εκτάκτου ανάγκης και διαφυγής προσώπων αντίστοιχα.

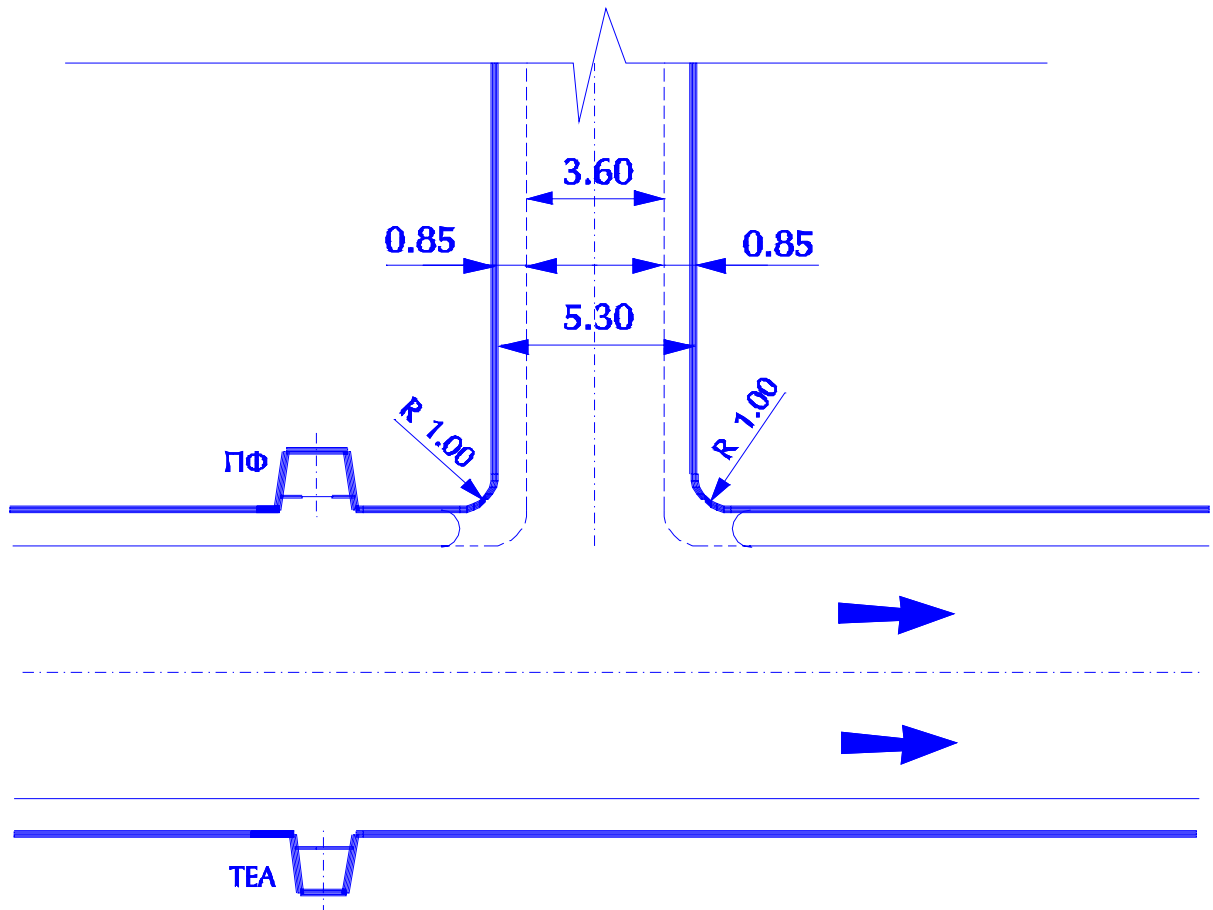
Η χωροθέτησή τους θα πρέπει κατά το δυνατόν να συνδυάζεται με τις εσοχές στάθμευσης εκτάκτου ανάγκης για λόγους διευκόλυνσης των ελιγμών εκτός και αν υπάρχουν βάσιμοι λόγοι οι οποίοι να απαγορεύουν κάτι τέτοιο.

Η κατά μήκος κλίση και η μηκοτομή τους θα πρέπει να διαμορφώνεται όπως και στις εγκάρσιες εξόδους διαφυγής πεζών. Πρέπει δε να προβλέπονται αποχετευτικά ρείθρα. Το οδόστρωμα πρέπει να διαμορφώνεται μονοκλινές με τιμή επίκλισης ίση με 2.5%.

Οι εγκάρσιες εξοδοί διαφυγής οχημάτων εκτάκτου ανάγκης – οχημάτων πρέπει να κλείνουν με θύρα η οποία θα τοποθετείται σε απόσταση περίπου 4.50m από την οριογραμμή της σήραγγας. Η περιοχή των θυρών πρέπει να διαμορφώνονται με μηδενική κατά μήκος κλίση και επίκλιση.

Στις σήραγγες με ιδιαίτερα μεγάλο μήκος (> 6km) και περί το μέσον αυτών, πρέπει να διατάσσεται εσοχή αναστροφής για οχήματα μεγάλου μήκους.

Στο Σχήμα 5.11 απεικονίζεται η τυπική διαμόρφωση σήραγγας προσέγγισης οχημάτων εκτάκτου ανάγκης.

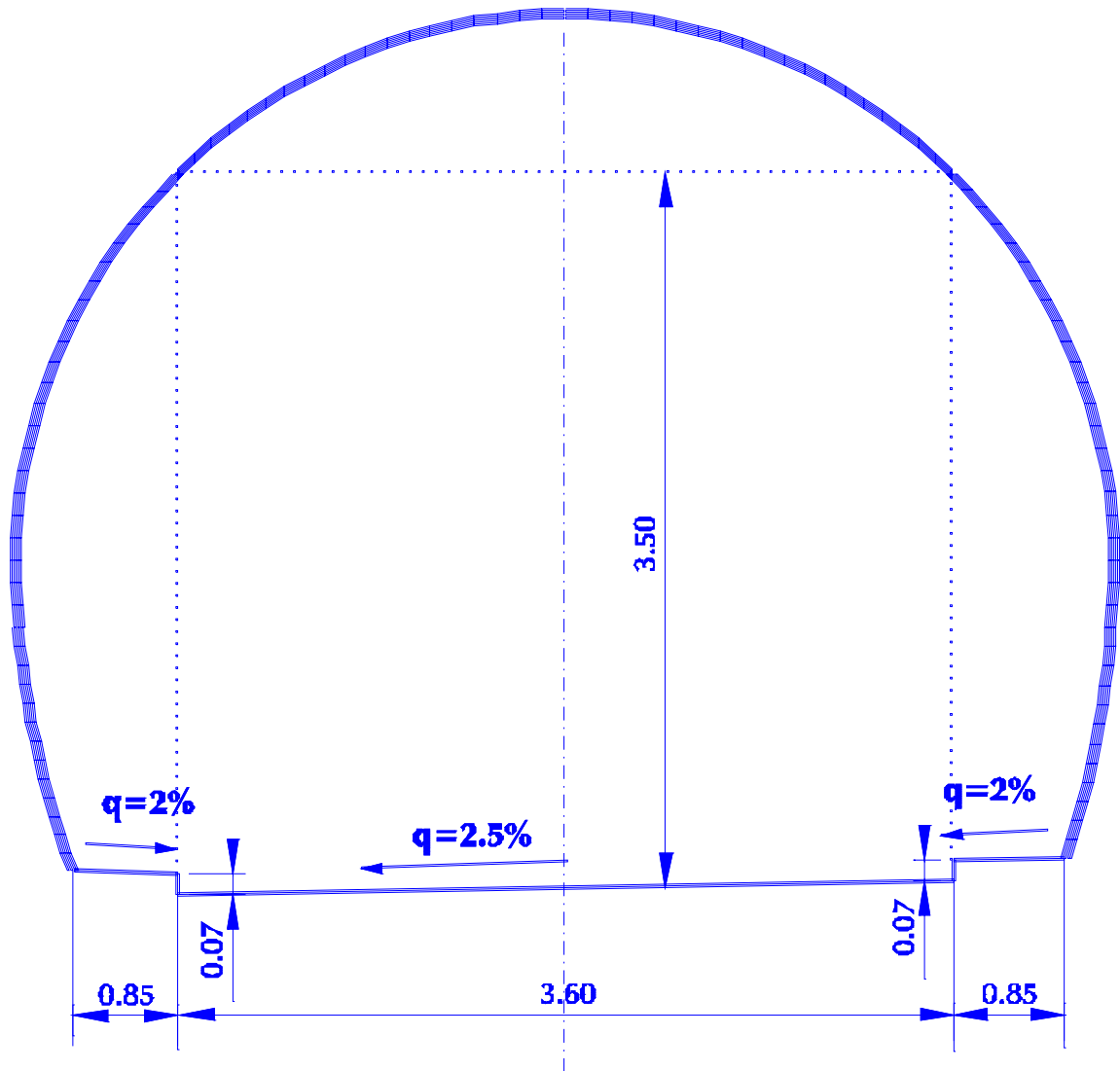


Υπόμνημα (ενδεικτικές θέσεις) :

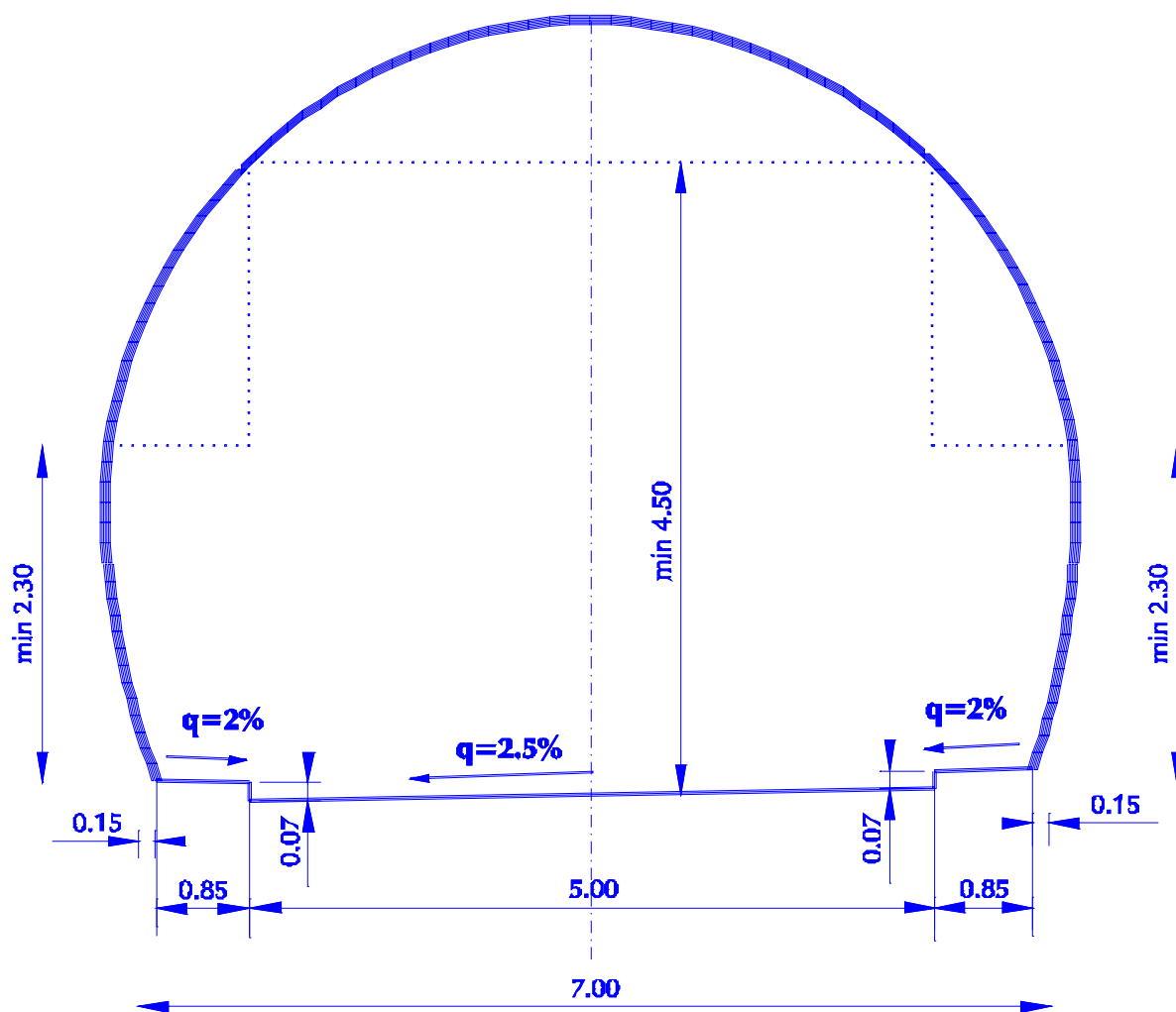
ΠΦ : Πυροσβεστική Φωλεά, ΤΕΑ : Τηλέφωνο Εκτάκτου Ανάγκης

Σχήμα 5.11. Τυπική διαμόρφωση σήραγγας προσέγγισης οχημάτων εκτάκτου ανάγκης (κάτοψη).

Οι διαστάσεις και τα όρια του περιτυπώματος των εγκάρσιων εξόδων διαφυγής οχημάτων εκτάκτου ανάγκης και για οχήματα δίδονται στα σχήματα 5.12 και 5.13 αντίστοιχα.

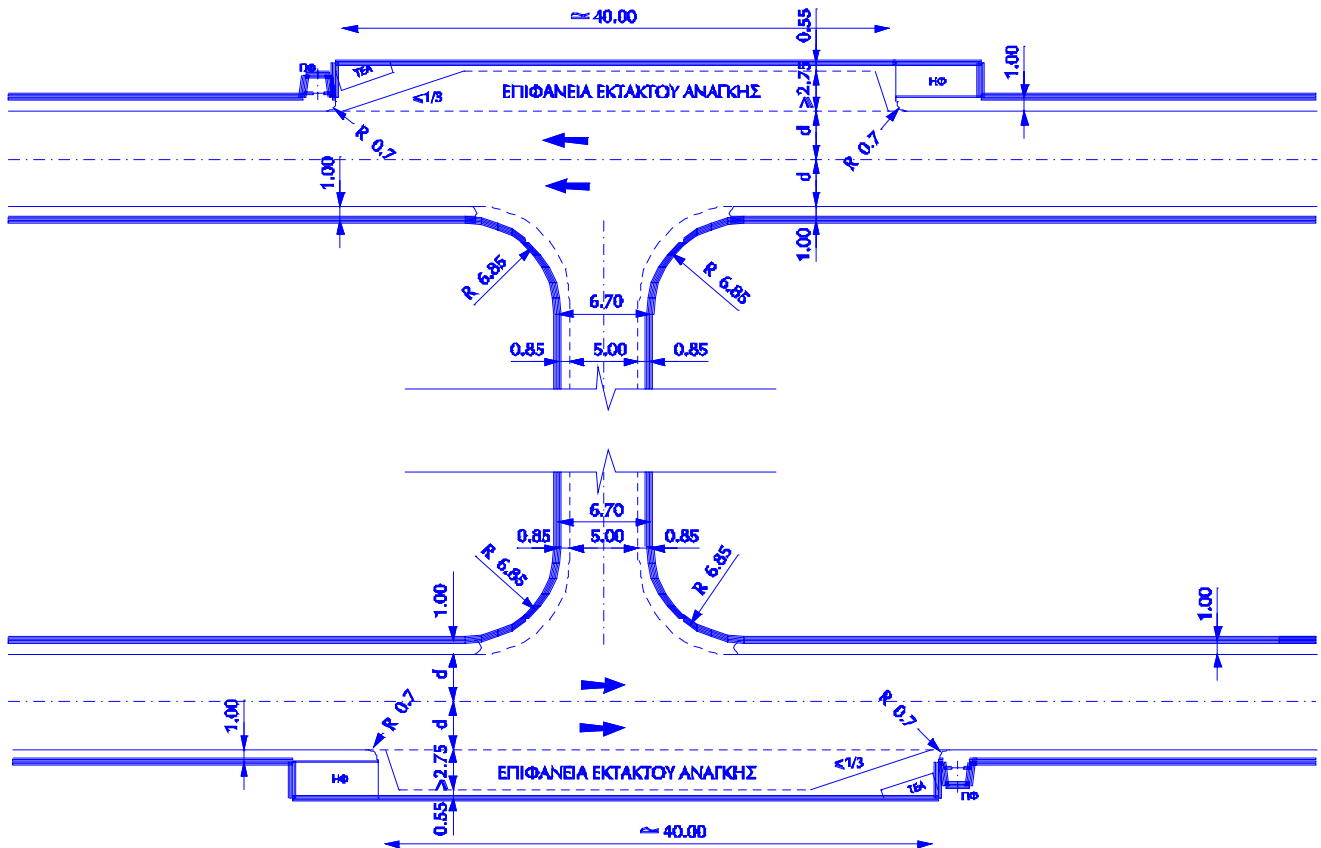


Σχήμα 5.12. Τυπική διατομή σήραγγας προσέγγισης οχημάτων εκτάκτου ανάγκης.



Σχήμα 5.13. Τυπική διατομή εξόδου διαφυγής οχημάτων.

Τέλος στο Σχήμα 5.14 απεικονίζεται συνδυασμός εγκάρσιας εξόδου διαφυγής οχημάτων και εσοχών στάθμευσης εκτάκτου ανάγκης σε δίδυμες σήραγγες.



Σχήμα 5.14. Τυπική διαμόρφωση εποχούμενης εγκάρσιας σήραγγας.

5.4.5 Πεζοδρόμια

Και από τις δύο πλευρές του οδοστρώματος πρέπει να διατάσσονται πεζοδρόμια για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης πλάτους τουλάχιστον 1,00m. Τα κράσπεδα πρέπει να έχουν ύψος 7 cm.

Στις περιπτώσεις απαίτησης κυκλοφορίας πεζών στη σήραγγα (πχ. αστική σήραγγα), υπό κανονικές συνθήκες πρέπει να εξετασθεί η περίπτωση χωροθέτησης ξεχωριστού στομίου. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν απαιτείται η τοποθέτηση κιγκλιδώματος και η ύψωση του πεζοδρομίου τουλάχιστον κατά 0.50m από την επιφάνεια κυκλοφορίας, ενώ και στην περίπτωση αυτή ως ελάχιστο πλάτος πεζοδρομίου ορίζεται αυτό με πλάτος 1.00m (Design of Road Tunnels, 1999). Επισημαίνεται ότι στην περίπτωση αυτή απαιτείται αντίστοιχη προσαρμογή στα γεωμετρικά στοιχεία.

5.4.6 Έλεγχοι ύψους οχημάτων

Πριν την είσοδο σε μία σήραγγα είναι σκόπιμη η εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου του ύψους των οχημάτων. Τα συστήματα ελέγχου του ύψους των οχημάτων πρέπει να τοποθετούνται έτσι, ώστε να είναι δυνατή η ακινητοποίηση ενός υψηλού οχήματος. Πρέπει δε προς τούτο το όχημα να είναι δυνατόν να σταματήσει σε παρακείμενη επιφάνεια πριν την σήραγγα ή να εισέλθει σε άλλη οδό πριν την είσοδο στην σήραγγα.

5.5 Κυκλοφοριακοί Περιορισμοί

Οι κυριότεροι κυκλοφοριακοί περιορισμοί που επιβάλλονται κατά την κίνηση οχημάτων σε σήραγγες είναι:

- απαγόρευση της προσπέρασης σε σήραγγες διπλής κατεύθυνσης
- απαγόρευση της αναστροφής στην κατεύθυνση κίνησης των οχημάτων εκτός και αν παραστεί έκτακτη ανάγκη (πχ. πυρκαγιά) και αφού προηγουμένως ζητηθεί ο υπόψη ελιγμός μέσω του προσωπικού συντήρησης της σήραγγας.
- απαγόρευση της στάσης με εξαίρεση την περίπτωση εκτάκτου περιστατικού
- αφή των φώτων πορείας

ΑΡΘΡΟ 6 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ.

Οι αναγκαίες γεωλογικές και γεωτεχνικές μελέτες και έρευνες στα πλαίσια της εκπόνησης μελέτης σήραγγας, κατανεμημένες στα διάφορα στάδια εκπόνησης της μελέτης οδοποιίας, είναι οι εξής:

- 6.1** Στο στάδιο της αναγνωριστικής μελέτης οδοποιίας όταν στις προτεινόμενες εναλλακτικές χαράξεις περιλαμβάνεται και σήραγγα, εκπονούνται γεωλογικές και γεωτεχνικές έρευνες και μελέτες στην περιοχή της σήραγγας.
Στόχος της γεωλογικής και γεωτεχνικής διερεύνησης είναι να εξασφαλίσει την εφικτότητα των προτεινόμενων εναλλακτικών χαράξεων με ταυτόχρονη τεκμηρίωση της βέλτιστης τεχνικοοικονομικής λύσης εντοπίζοντας παράλληλα τους πιθανούς κινδύνους.
Οι γεωλογικές και οι γεωτεχνικές έρευνες και μελέτες θα περιλαμβάνουν τα εξής:

Γεωλογικά στοιχεία

- 6.1.1** Συγκέντρωση και αξιολόγηση όλων των υφισταμένων στοιχείων.
Ερμηνεία αεροφωτογραφιών σε κατάλληλη κλίμακα.
- 6.1.2** Εκπόνηση διεξοδικής γεωλογικής αναγνώρισης στην ευρύτερη περιοχή της σήραγγας.
- 6.1.3** Γεωλογική χαρτογράφηση και σύνταξη γεωλογικού χάρτη σε κλίμακα 1:5000.
Το συνολικό εύρος εξαρτάται από την μορφολογία του ανάγλυφου (πεδινή ή ορεινή περιοχή) και εκτείνεται σε 1 χλμ. περίπου σε πεδινά τμήματα, ενώ σε περιοχές με έντονο μορφολογικό ανάγλυφο μπορεί να είναι μεγαλύτερο μετά από αιτιολογημένη πρόταση του μελετητή και έγκριση του εργοδότη. Η χαρτογράφηση θα εκτείνεται σε μήκος 500 μέτρων από πιθανολογούμενα στόμια.
- 6.1.4** Σύνταξη γεωλογικών μηκοτομών στην κλίμακα της γεωλογικής χαρτογράφησης.
- 6.1.5** Σύνταξη γεωλογικών εγκάρσιων τομών στην κλίμακα της γεωλογικής χαρτογράφησης, σε χαρακτηριστικές θέσεις τεχνικού και γεωλογικού ενδιαφέροντος και στις θέσεις των γεωτρήσεων (προηγούμενων ή αυτών της παρούσας φάσης μελέτης).
- 6.1.6** Χάρτης τεχνικής γεωμορφολογίας και προβληματικών περιοχών που καλύπτει όλη την παραπάνω έκταση της γεωλογικής χαρτογράφησης και στην ίδια κλίμακα.
- 6.1.7** Απογραφή όλων των σημείων εμφάνισης υπόγειου νερού και μετρήσεις στάθμης ή παροχών πηγών και καταγραφή σε ειδικά δελτία.

- 6.1.8.**Καταγραφή σε ειδικά απογραφικά δελτία των υφιστάμενων πρηνών στην ευρύτερη περιοχή της χάραξης με στόχο την διερεύνηση των συνθηκών της ευστάθειας τους. Τα στοιχεία της καταγραφής αποτελούν τη βάση για την γεωτεχνική αξιολόγηση και γεωτεχνικούς υπολογισμούς ανάδρομων αναλύσεων ευστάθειας πρηνών.
- 6.1.9.**Τεχνική περιγραφή ασυνεχειών και καταγραφή σε ειδικά απογραφικά δελτία. Σύνταξη τεκτονικών διαγραμμάτων σε αντιπροσωπευτικές θέσεις.
- 6.1.10.**Τεχνική περιγραφή γεωυλικών και καταγραφή σε ειδικά απογραφικά δελτία.
- 6.1.11.**Τεχνική γεωλογική έκθεση στην οποία θα περιλαμβάνεται και κατάλογος αναμενόμενων κινδύνων.

Γεωτεχνικά στοιχεία

- 6.1.12.**Εκτέλεση περιορισμένου προγράμματος γεωερευνητικών εργασιών που θα παρέχει τα αναγκαία στοιχεία και πληροφορίες στα πλαίσια κυρίως της γεωλογικής μελέτης.
- 6.1.13.**Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αυτού του περιορισμένου ερευνητικού προγράμματος σε συνδυασμό και με την γεωλογική διερεύνηση και πρόταση για το αντίστοιχο πρόγραμμα του σταδίου της προκαταρκτικής μελέτης σήραγγας.
- 6.2.**Γεωλογικά και γεωτεχνικά στοιχεία στα πλαίσια εκπόνησης της προκαταρκτικής μελέτης σήραγγας (Στάδιο προμελέτης οδοποιίας) .

Γεωλογικά στοιχεία

Στόχος της γεωλογικής μελέτης είναι η συγκέντρωση, καταγραφή, ανάλυση και σύνθεση όλων των στοιχείων που είναι απαραίτητα για την δόμηση του γεωλογικού προσομοιώματος της περιοχής διέλευσης της σήραγγας, με την επιστημονικά και οικονομικά επιτυχή προσομοίωση των επικρατουσών γεωλογικών συνθηκών. Τα γεωλογικά στοιχεία που απαιτούνται στην προκαταρκτική μελέτη της σήραγγας, η οποία συντάσσεται από τον γεωλόγο μελετητή της ομάδας μελέτης, είναι:

- 6.2.1.**Συγκέντρωση και αξιολόγηση όλων των υφισταμένων στοιχείων.
- 6.2.2.**Γεωλογική χαρτογράφηση της ευρύτερης περιοχής διέλευσης της σήραγγας σε κλίμακα 1:2000 ή μεγαλύτερη. Στις περιοχές στομίων του υπογείου έργου η χαρτογράφηση γίνεται σε κλίμακα 1:500 ή μεγαλύτερη. Το εύρος της χαρτογράφησης δεν πρέπει να είναι μικρότερο των 500 μέτρων εκατέρωθεν του άξονα, ενώ θα εκτείνεται και κατά 500 μέτρα τουλάχιστον από τις θέσεις των στομίων. Ως τοπογραφικό υπόβαθρο για την διενέργεια της γεωλογικής χαρτογράφησης εκτός περιοχής στομίων είναι δυνατή η αναπαραγωγή των σχετικών διαγραμμάτων από τα ψηφιακά διατιθέμενα της κλίμακας 1:5000.
- 6.2.3.**Γεωλογική μηκοτομή στην ίδια κλίμακα. Παραμόρφωση υψών θα γίνεται αποδεκτή μόνο μετά από αιτιολογημένη πρόταση του μελετητή και αποδοχή του εργοδότη.
- 6.2.4.**Εγκάρσιες γεωλογικές τομές και διατομές στις θέσεις των στομίων και σε επιλεγμένες θέσεις οπωσδήποτε δε στις θέσεις των γεωτρήσεων σε κατάλληλη κλίμακα.
- 6.2.5.**Τεχνική περιγραφή ασυνεχειών και σύνταξη σχετικών τεκτονικών διαγραμμάτων. Μικροτεκτονικές αναλύσεις και δυναμικές αστοχίες.

- 6.2.6.**Καταγραφή σημείων εμφάνισης νερού, συσχετισμός αυτών με τις καταγραφές του προηγούμενου σταδίου της μελέτης, συνέχιση μετρήσεων.
- 6.2.7.**Καταγραφή και επεξεργασία όλων των στοιχείων των γεωερευνητικών εργασιών.
- 6.2.8.**Καταγραφή των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών και σύνδεσή τους με την κατασκευή και λειτουργία του υπόγειου έργου. Οριζοντιογραφία σε κλίμακα 1:2000 η μεγαλύτερη που θα περιλαμβάνει γεωμορφολογικά στοιχεία και κυρίως αυτά που είναι σε δυναμική εξέλιξη όπως διαβρώσεις, ασταθείς δομές και ο βαθμός επικινδυνότητας αυτών, τις καταγραφές πληροφοριών στα γεωμορφολογικά δυναμικά χαρακτηριστικά, τύπους ασταθών δομών και βαθμό ενεργότητας.
- 6.2.9.**Βοηθητικούς θεματικούς χάρτες (υδρογεωλογικός, τεκτονικός, καταγραφής γεωερευνητικών εργασιών, αποθεσιοθαλάμων κ.λ.π.).
- 6.2.10.**Δόμηση του γεωλογικού προσομοιώματος της περιοχής διέλευσης της σήραγγας.

Όλα τα ανωτέρω στοιχεία θα συγκεντρωθούν, καταγραφούν, επεξεργαστούν και παρουσιαστούν σύμφωνα με τις διαδικασίες που περιγράφονται στις Οδηγίες για την σύνταξη γεωλογικών μελετών.

Κατά την σύνταξη της γεωλογικής μελέτης θα συνεκτιμώνται και τα στοιχεία και αποτελέσματα που θα προκύψουν από τις γεωτεχνικές έρευνες.

Η τεχνική γεωλογική έκθεση θα συμπεριληφθεί στην Έκθεση γεωλογικής και γεωτεχνικής αξιολόγησης της Μελέτης.

Γεωτεχνικά στοιχεία – αποτελέσματα γεωερευνητικών εργασιών

Οι γεωερευνητικές εργασίες εκτελούνται μετά από πρόταση του μελετητή και την έγκριση του εργοδότη.

Η εκτέλεση όλων των εργασιών του γεωερευνητικού προγράμματος, η συγκέντρωση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων εργασιών, ερευνών και δοκιμών θα γίνει σύμφωνα με τις διαδικασίες που περιγράφονται στις Οδηγίες για την σύνταξη Γεωλογικών και Γεωτεχνικών Μελετών. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των γεωερευνητικών εργασιών αποτελεί αντικείμενο της έκθεσης Γεωλογικής και Γεωτεχνικής αξιολόγησης της μελέτης.

- 6.3.**Γεωλογικά και γεωτεχνικά στοιχεία στα πλαίσια εκπόνησης της οριστικής μελέτης σήραγγας (Στάδιο οριστικής μελέτης οδοποιίας):

Γεωλογικά στοιχεία

Στόχος της γεωλογικής μελέτης στο παρόν στάδιο είναι αποκλειστικά η ενσωμάτωση (με τους ίδιους όρους και απαιτήσεις ως ανωτέρω) στα γεωλογικά στοιχεία της προκαταρκτικής μελέτης τυχόν νέων στοιχείων που προσδιορίζονται στο οικείο άρθρο.

Συμπληρωματικά γεωτεχνικά στοιχεία – αποτελέσματα γεωερευνητικών εργασιών

Οι γεωερευνητικές εργασίες εκτελούνται, μετά από πρόταση του Μελετητή και έγκριση του εργοδότη. Η εκτέλεση του προγράμματος γεωερευνητικών εργασιών, η συγκέντρωση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων εργασιών, ερευνών και δοκιμών θα γίνει σύμφωνα με τις διαδικασίες που περιγράφονται στις Οδηγίες για την σύνταξη γεωλογικών και γεωτεχνικών μελετών. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των γεωερευνητικών εργασιών αποτελεί αντικείμενο της έκθεσης Γεωλογικής και Γεωτεχνικής Αξιολόγησης της Μελέτης.

ΑΡΘΡΟ 7. ΤΕΧΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Το τελικό δομικό σύστημα της σήραγγας θα μελετάται έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η αντοχή, λειτουργικότητα και ανθεκτικότητα του καθ' όλη την τεχνική διάρκεια ζωής του έργου, η οποία ορίζεται συμβατικά σε 100 έτη. Κατά την σύνταξη της μελέτης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το αποτέλεσμα κάθε φαινομένου που είναι πιθανό να συμβεί στην κατά τα ανωτέρω οριζόμενη περίοδο και να επηρεάσει δυσμενώς την σήραγγα. Τα είδη και τα μεγέθη τους θα καθορίζονται από τον εργοδότη, τις λοιπές μελέτες ή από τον ίδιο τον μελετητή.

Ο εργοδότης θα καθορίζει τις ιδιαίτερες απαιτήσεις τις οποίες πρέπει να καλύψει η μελέτη. Ενδεικτικά τέτοιες απαιτήσεις είναι:

- Οι σήραγγες και άλλες υπόγειες κατασκευές δεν θα απαιτούν δομική συντήρηση καθ' όλο το χρονικό διάστημα της τεχνικής ζωής του έργου ή του δομικού στοιχείου. Με τον όρο δομική συντήρηση εννοείται η ανακατασκευή του δομικού συστήματος της σήραγγας.

Η απαίτηση αυτή δεν ισχύει για την περίπτωση έκρηξης στην σήραγγα. Ο εργοδότης είναι δυνατόν να καθορίσει διαφορετικές απαιτήσεις συνεκτιμώντας τις ιδιαίτερες τεχνικές και οικονομικές συνθήκες.

- Οι σήραγγες και άλλες υπόγειες κατασκευές θα βρίσκονται σε λειτουργία καθ' όλο το χρονικό διάστημα της τεχνικής ζωής του έργου, χωρίς οι απαιτήσεις συντήρησης να προβλέπουν την διακοπή της λειτουργίας τους. Ο εργοδότης μπορεί να θέσει τα αποδεκτά διαστήματα διακοπής λειτουργίας του έργου είτε για συντήρηση είτε για ανακατασκευή.

- Εφόσον για επί μέρους στοιχεία του τελικού δομικού συστήματος δεν μπορεί να επιτευχθεί όλη η διάρκεια της τεχνικής ζωής του έργου, η μελέτη θα προβλέπει τη δυνατότητα ασφαλούς και αποδοτικής συντήρησης και θα προτείνει εναλλακτικά σενάρια αντιμετώπισης ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη διάρκεια τεχνικής ζωής του έργου, όπως καθορίζεται παραπάνω.

Εφόσον τηρηθούν τα αναφερόμενα στο παρόν τεύχος σε ότι αφορά την μελετητική προσέγγιση, γίνει επιτυχής επιλογή υλικών και κατασκευαστικών διαδικασιών κατά την φάση της υλοποίησης και εφαρμοστεί κατάλληλο συνολικό σύστημα διασφάλισης ποιότητας, θεωρείται ότι εξασφαλίζεται η απαιτούμενη τεχνική διάρκεια ζωής του τελικού δομικού συστήματος της σήραγγας με καθορισμένο αποδεκτώς χαμηλό κόστος συντήρησης και επισκευών. Ειδικότερα οι συνθήκες περιβάλλοντος που θα επικρατούν κατά την διάρκεια της τεχνικής ζωής του έργου, θα πρέπει να εκτιμηθούν κατά τον σχεδιασμό έτσι ώστε να είναι δυνατή η αξιολόγηση της σπουδαιότητας τους σε σχέση με την ανθεκτικότητα και να προβλέπονται τα κατάλληλα μέτρα. Ο εργοδότης μπορεί να απαιτήσει σε περιπτώσεις πολύ διαβρωτικών συνθηκών περιβάλλοντος την απόδειξη της ικανοποίησης της απαίτησης για την τεχνική ζωή του τελικού δομικού συστήματος της σήραγγας. Ως βάση για την προσέγγιση αυτή θα χρησιμοποιηθούν οι αρχές σχεδιασμού για την λειτουργική ζωή του έργου (service life design). Ο μελετητής θα προτείνει και ο εργοδότης θα αποφασίσει για τις οριακές καταστάσεις που προκύπτουν από απαιτήσεις ανθεκτικότητας, κατατάσσοντας αυτές σε οριακές καταστάσεις αστοχίας ή λειτουργικότητας, προτείνοντας αντίστοιχους δείκτες αξιοπιστίας (προσέγγιση πιθανολογικών προσομοιωμάτων) και την απαιτούμενη επιτελεστικότητα (performance) της κατασκευής.

ΑΡΘΡΟ 8. ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Τα παρακάτω κριτήρια σχεδιασμού αποτελούν τις απαιτήσεις που θα πρέπει να ικανοποιήσει η μελετητική διαδικασία. Ο Εργοδότης μπορεί να προβεί σε προσθήκες ή/και αφαιρέσεις ανάλογα με τις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε έργου.

8.1 Τεχνική διάρκεια ζωής του έργου 100 έτη (Σχετικό το άρθρο 7).

8.2. Οι λειτουργικές και λοιπές απαιτήσεις (Σχετικό το άρθρο 4).

8.3 Ο γεωμετρικός σχεδιασμός της σήραγγας θα ανταποκρίνεται στα αναφερόμενα του άρθρου 5.

8.4 Η ταχύτητα κυκλοφορίας της μελέτης θα καθορίζεται από τον Εργοδότη με βάση τα αναφερόμενα στο άρθρο 5 και μετά από σχετική πρόταση των μελετητών οδοποιίας και σήραγγας.

8.5 Ικανοποίηση των απαιτήσεων και περιορισμών που προκύπτουν από την μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

8.6 Η προκύπτουσα προς κατασκευή τεχνική λύση να ικανοποιεί τους χρονικούς περιορισμούς που θέτει ο εργοδότης για την υλοποίηση της.

8.7 Να ενσωματώνονται χωρίς επικαλύψεις με το περιτύπωμα κυκλοφορίας ο απαιτούμενος Η/Μ εξοπλισμός, εγκαταστάσεις κάθε είδους και η σήμανση.

8.8 Ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στην κοινωνική ζωή και δραστηριότητες από την κατασκευή και λειτουργία του έργου.

8.9 Ικανοποίηση ενός καθορισμένου (από τον εργοδότη) επιπέδου επιτρεπόμενων διαφορικών ή/και απολύτων καθιζήσεων για την επίτευξη αποδεκτών επιδράσεων σε υπερκείμενες ή παρακείμενες κατασκευές.

Εφόσον δεν έχει καθοριστεί επίπεδο επιτρεπόμενων καθιζήσεων ως ανωτέρω ο μελετητής θα διερευνήσει το όλο πρόβλημα των επιδράσεων στις υπερκείμενες ή παρακείμενες κατασκευές θεωρώντας τις παρακάτω οριακές καταστάσεις εν όλω ή εν μέρει:

A. Οριακή κατάσταση αστοχίας, όταν διακυβεύεται η δομοστατική ακεραιότητα υπερκείμενης ή παρακείμενης κατασκευής.

B. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας, όταν κάποιες βασικές κανονικές χρήσεις βρίσκονται σε διακινδύνευση.

Γ. Οριακή κατάσταση «ρηγμάτωσης», όταν εμφανίζονται ορατές ρωγμές, αλλά οι βασικές λειτουργίες της κατασκευής δεν επηρεάζονται.

Δ. Οριακή κατάσταση απουσίας κάθε επίδρασης σε υπερκείμενη ή παρακείμενη κατασκευή.

Η τελική απόφαση των οριακών καταστάσεων μετά την διερεύνηση ανήκει στον εργοδότη.

8.10. Απαιτήσεις στεγανότητας.

Δεν επιτρέπεται η εμφάνιση και εισροή νερού πάνω από το οδόστρωμα κυκλοφορίας έστω και υπό μορφή σταγόνων, καθ' όλη την τεχνική ζωή του έργου. Η απαίτηση αυτή, αν άλλοι λόγοι δεν επιβάλλουν διαφορετικά, μπορεί να μην ισχύει για τις σήραγγες διαφυγής και λοιπά συνοδά υπόγεια έργα.

Ο Εργοδότης, υπό προϋποθέσεις από πλευράς λειτουργικότητας ή/και ανθεκτικότητας, είναι δυνατόν να αποδεχθεί κάποια ελεγχόμενη εισροή νερού και ασφαλή απαγωγή του στο αποχετευτικό σύστημα εφόσον η προσέγγιση επίτευξης απόλυτης στεγάνωσης είναι τεχνικά και οικονομικά προβληματική.

Η κύρια επιλογή μεθόδου επίτευξης στεγανότητας είναι η τοποθέτηση κατάλληλης στεγανωτικής μεμβράνης. Υπό προϋποθέσεις μπορεί να εξεταστεί η κατασκευή σκυροδέματος αποδεκτά χαμηλής υδροπερατότητας. Στην τελευταία αυτή περίπτωση το βάθος διείσδυσης του νερού θα είναι μικρότερο από 30 χιλ. ενώ το χαρακτηριστικό εύρος ρωγμών θα είναι μικρότερο από 0,15 χιλ. Για τους διάφορους αρμούς θα δίνονται οι απαραίτητες στατικές και κατασκευαστικές διαρρυθμίσεις ώστε να εξασφαλίζεται η στεγανότητα έναντι της αναμενόμενης υδροστατικής πίεσης και των γενικότερων υδρογεωλογικών συνθηκών, ενώ θα προβλέπεται διπλή διάταξη στεγανοποίησης των αρμών.

8.11. Διάταξη αποτόνωσης πίεσης – αποστράγγισης βραχομάζας.

Με βάση τα διατιθέμενα στοιχεία από τις γεωλογικές, υδρολογικές μελέτες και γεωτεχνικές έρευνες θα εκτιμηθεί, μέσω κατάλληλων διαδικασιών, το υπόγειο υδραυλικό καθεστώς που αναμένεται κατά την τεχνική ζωή του έργου. Για την αποφυγή ανάπτυξης σημαντικών υδροστατικών φορτίων επί της τελικής επένδυσης της σήραγγας θα προβλεφθεί, αν άλλοι λόγοι δεν το αποκλείουν, διάταξη αποτόνωσης της υδροστατικής πίεσης με απαγωγή του νερού του γεωυλικού στο ειδικό προς τούτο διαμήκες αποστραγγιστικό δίκτυο. Η διάταξη αποτόνωσης της πίεσης θα πρέπει να μπορεί να λειτουργεί κάτω από το προβλεπόμενο εντατικό πεδίο. Η μελέτη θα πρέπει να προβλέψει σενάριο αντιμετώπισης για όλη τη διάρκεια της τεχνικής ζωής του έργου εξασφαλίζοντας την διακινδύνευση του συστήματος έναντι έμφραξης.

8.12. Αποχέτευση – αποστράγγιση καταστρώματος.

Το σύστημα αποχέτευσης θα είναι ανθεκτικό και πλήρως συντηρήσιμο καθ' όλη την τεχνική ζωή του έργου. Θα πρέπει να προσφέρει τη δυνατότητα επιθεώρησης και καθαρισμού για να μην φράσσεται από ιλύ, ασβεστούχες ή άλλες εναποθέσεις.

Κατά την μελέτη αποχέτευσης – αποστράγγισης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

α) Τα όμβρια νερά από τα ανοικτά τμήματα δεν πρέπει να απορρέουν επιφανειακά εντός της σήραγγας και να αποχετεύονται από τα αποχετευτικά στόμια αυτής. Για το σκοπό αυτό πρέπει να προβλεφθούν κατάλληλες διατάξεις υδροσυλλογής κατά μήκος των χαμηλότερων οριογραμμών.. Σε περίπτωση που η αποχέτευση των ομβρίων ανάντη του μετώπου είναι ανέφικτη ή εξαιρετικά δαπανηρή τότε θα προβλέπεται ιδιαίτερος αποχετευτικός αγωγός μεταφοράς που δεν θα συνδέεται με το δίκτυο αποχέτευσης των επιφανειακών νερών και υγρών της σήραγγας.

Σε ότι αφορά τις επιφανειακές κατακρημνίσεις θα ληφθεί περίοδος επαναφοράς 1:50 έτη.

β) Γενικά το σύστημα αποχέτευσης – αποστράγγισης της σήραγγας θα είναι σχεδιασμένο ώστε να διαχωρίζει πλήρως τα υπόγεια νερά που εισρέουν από το σύστημα αποτόνωσης της πίεσης, από τα νερά και άλλα υγρά του καταστρώματος.

Τα υγρά και τα νερά του καταστρώματος που προέρχονται από διάφορες πηγές (όπως όμβρια από τις περιοχές των στομιών, όμβρια που παρασύρονται από τα οχήματα, υγρά και διαλύματα καθαρισμού διαφόρων εγκαταστάσεων και της ίδιας τελικής επένδυσης, καύσιμα που διέφυγαν λόγω ατυχήματος και τα υγρά για την απόπλυση, υγρά από λειτουργία του συστήματος πυρόσβεσης ή τυχηματική διάρρηξή του, διάφορα υγρά που μεταφέρονται από οχήματα και μπορούν να διαφύγουν λόγω ατυχήματος) θα καταλήγουν στον εγκεκριμένο τελικό αποδέκτη μετά από διαδικασίες καθαρισμού συμβατές με τους σχετικούς κανονισμούς.

Σε περιπτώσεις όπου οι ποσότητες των νερών της βραχομάζας είναι σχετικά μικρές σε σχέση με τις ποσότητες των νερών από το κατάστρωμα της οδού είναι αποδεκτό ενοποιημένο σύστημα αποχέτευσης.

γ) Το σύστημα αποχέτευσης των νερών του οδοστρώματος θα πρέπει να προβλέπει κατάλληλες διατάξεις για την μη μετάδοση φωτιάς από εύφλεκτα υγρά στον κεντρικό αποχετευτικό αγωγό.

Η απαγωγή των νερών του οδοστρώματος θα γίνεται μέσω ρείθρου σχισμής στην ταπεινωμένη οριογραμμή της σήραγγας με παροχετευτική ικανότητα 200 m³/l.

Για την αποχέτευση σήραγγας ισχύει και η σχετική οδηγία για την αποχέτευση – αποστράγγιση οδών.

8.13 Για την άμεση υποστήριξη είναι αποδεκτή για τα αγκύρια πλήρης διαρροή ενός ποσοστού μέχρι 20% των συνολικώς τοποθετούμενων.

8.14. Στις επί μέρους δράσεις επί της άμεσης υποστήριξης θα λαμβάνονται υπόψη: α) τα φορτία που σχετίζονται με την συμπεριφορά του γεωυλικού με εκτίμηση του ρυθμού και χρόνου επιβολής τους, β) τα φορτία που σχετίζονται με διαχρονική συμπεριφορά του γεωυλικού και μέχρι την εκτιμώμενη ενεργοποίηση της μόνιμης επένδυσης, γ) τα τυχόν υδραυλικά φορτία, δ) τα φορτία που προκύπτουν από κατασκευαστικές δραστηριότητες, όπως διακίνηση εξοπλισμού, εκτέλεση τσιμεντέσεων κ.λ.π.) ε) τα φορτία από ύπαρξη κατασκευών ή δραστηριοτήτων στην επιφάνεια.

8.15. Στις επί μέρους δράσεις επί της τελικής επένδυσης λαμβάνονται υπόψη:

A. Μόνιμες δράσεις

Ίδιο βάρος της επένδυσης.

Κάθε άλλη πρόσθετη κατασκευή που θα παραμένει μόνιμα στο έργο (π.χ. μόνιμως αναρτημένα στην επένδυση στοιχεία, επίχωση ανάστροφου πυθμένα).

Ωθήσεις από το περιβάλλον την σήραγγα γεωυλικό.

Υδροστατική πίεση, εφόσον η σήραγγα βρίσκεται μέσα στον υδροφόρο οριζοντα και δεν προβλέπεται διάταξη αποτόνωσης.

Φορτία από υπερκείμενες ή παρακείμενες κατασκευές που υφίστανται ή είναι δυνατό να υπάρξουν στο μέλλον.

Σημείωση: Μολονότι ο χαρακτήρας των τριών τελευταίων δράσεων είναι μόνιμος, εν τούτοις η τιμή τους είναι δυνατό να μεταβάλλεται μεταξύ ακρότατων ορίων, είτε λόγω αβεβαιοτήτων (π.χ. συντελεστής οριζοντίων ωθήσεων K) είτε λόγω εποχιακής διακύμανσης (π.χ. στάθμη υπογείου υδροφόρου οριζοντα) είτε λόγω πιθανής ανέγερσης ή κατεδάφισης. Προτείνεται επομένως κατά τους συνδυασμούς φορτίσεων να λαμβάνονται αυτές είτε με τις δυσμενέστερες για την κατασκευή δράση τους (εφόσον είναι γνωστές) είτε με τις ακρότατες τιμές διακύμανσής τους.

B. Μεταβλητές δράσεις

– Κινητά φορτία λειτουργίας που θα αντιστοιχούν σε οχήματα SLW60 όσα και ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας, όταν κατασκευάζεται ανάστροφος πυθμένας.

– Συστολή ξήρανσης. Η επίδραση της συστολής ξήρανσης επιτρέπεται να λαμβάνεται κατά τους υπολογισμούς σύμφωνα με την παράγραφο 6.3.2.6 του ΕΚΩΣ 2000, ως ομοιόμορφη πτώση θερμοκρασίας.

Ομοιόμορφη μεταβολή θερμοκρασίας. Θα λαμβάνεται, σύμφωνα με την παράγραφο 6.3.2.6 του ΕΚΩΣ 2000, $\Delta t_u = \pm(2/3) \cdot 20 = \pm 13^\circ\text{C}$, λόγω του υπόγειου χαρακτήρα του έργου. Σαν μέση θερμοκρασία κατασκευής μπορεί, ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων, να ληφθεί $t_m = +10^\circ\text{C}$.

Διαφορά θερμοκρασίας. Στις δύο ακραίες ίνες του φορέα προτείνεται να λαμβάνεται, ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων, διαφορά θερμοκρασίας από τη μέση, $\Delta t_v = \pm 7.5^\circ\text{C}$.

– Τυχόν φορτία από κατασκευαστικές δραστηριότητες.

– Τυχόν φορτία από δραστηριότητες στην επιφάνεια.

Γ. Τυχηματικές δράσεις

– Έκρηξη. Μπορεί να συμβεί μέσα στη σήραγγα κατά την διέλευση εκρηκτικών υλών. Για την περίπτωση αυτή είναι αποδεκτή η τοπική βλάβη της τελικής επένδυσης από την δράση του εκρηκτικού φορτίου υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχει κίνδυνος αλυσιδωτής κατάρρευσης του θόλου και είναι αποδεκτή η εκ των υστέρων δομική αποκατάσταση της βλάβης. Σαν δράση σχεδιασμού θα ληφθεί πίεση 100kN/m^2 μειούμενη στο 0 σε ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου.

Πρόσκρουση οχήματος (χωρίς πρόκληση βλάβης) με επιβολή φορτίου 60 kN/m² κατανεμημένο σε πλάτος 1.5m και σε ύψος 1.5m πάνω από την στάθμη του οδοστρώματος.

- Υδροστατική πίεση. Το φορτίο αυτό αφορά σήραγγες οι οποίες προστατεύονται από υδροστατική πίεση με σύστημα αποστράγγισης. Η πιθανή παροδική έκφραξη του συστήματος αποστράγγισης, προτείνεται να λαμβάνεται υπόψη ως μία υδροστατική πίεση. Σε περίπτωση που δεν προτείνεται διαφορετικά από τον μελετητή, είναι δυνατό να θεωρείται ως ομοιόμορφα κατανεμημένη και κάθετη στον φορέα, ίση με 50kPa.
- Σεισμός. Περιπτώσεις στις οποίες δύναται να απαιτείται έλεγχος σύμφωνα και με τις παρατηρήσεις της παρ.10.8 είναι: α. στις περιοχές των στομιών, β. σε σήραγγες όπου το ύψος υπερκειμένων δεν ξεπερνά το μισό της ισοδύναμης διαμέτρου της διατομής εκσκαφής. γ. σε σήραγγες εντός κλιτύων εφόσον αναγνωρισθεί κίνδυνος εμφάνισης μηχανισμού γενικευμένης αστάθειας, δ. σε περιοχές διέλευσης της σήραγγας που χαρακτηρίζονται από την παρουσία πιθανών ενεργών ρηγμάτων, ε. σε σήραγγες εντός ιδιαίτερα μαλακών ή χαλαρών εδαφικών σχηματισμών, ζ. σε θέσεις διασταυρώσεων σηράγγων που βρίσκονται πλησίον σημαντικών ενεργών σεισμικών ρηγμάτων. Ο έλεγχος θα πραγματοποιείται σύμφωνα με την παράγραφο 10.8.4. Οι στατικοί υπολογισμοί, για το κύριο σώμα της σήραγγας, προτείνεται να ακολουθούν τις οδηγίες της ITA (Y.M.A. Hashash, J.J. Hook, B. Schmidt, J.I.C. Yao, 2001. "Seismic analysis of underground structures", Tunnelling and Underground Space Technology, 16, 4), λαμβάνοντας υπόψη τον καταναγκασμό σε παραμόρφωση του φορέα της σήραγγας. Ειδικότερα, ο έλεγχος για το διαμήκη καταναγκασμό της σήραγγας δύναται να παραλείπεται, εφόσον έχουν προβλεφτεί προς τούτο κατάλληλοι κατασκευαστικοί αρμοί ανάληψης των παραμορφώσεων.

Δ. Τυχόν άλλες μόνιμες, μεταβλητές ή τυχηματικές δράσεις.

Οι συνδυασμοί δράσεων θα γίνονται σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ2000, πριν δε τη διενέργεια των υπολογισμών θα υπόκεινται στην έγκριση από τον εργοδότη.

8.16. Ελάχιστα μέτρα άμεσης υποστήριξης.

Στην παράγραφο αυτή περιγράφονται τα ελάχιστα μέτρα της άμεσης αντιστήριξης τα οποία θα πρέπει να τοποθετούνται ακόμη και όταν τα αποτελέσματα των υπολογισμών της μελέτης δεν αποδεικνύουν την ανάγκη εφαρμογής τους. Ο μελετητής μπορεί να υιοθετήσει την παρούσα προσέγγιση ή να υποβάλλει εναλλακτικά μέτρα για έγκριση από τον εργοδότη.

A. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα:

- Ελαχίστου πάχους 0,05m, στην οροφή της εκσκαφής, σε τόξο μήκους όσο και το πλάτος του καταστρώματος, συμμετρικό ως προς την κλείδα.
- Ελαχίστου πάχους 0,03m στις υπόλοιπες παρειές, πλην του δαπέδου.

B. Δομικό πλέγμα.

Στο κατά τα ανωτέρω τόξο τοποθετείται μεταλλικό χαλύβδινο πλέγμα βάρους τουλάχιστον 1,5 KG/M². Εναλλακτικά προς το δομικό πλέγμα μπορούν να τοποθετηθούν μεταλλικές ίνες σε ποσότητα 40kg/m³ εκτοξευθέντος σκυροδέματος.

8.17. Ελάχιστες διαστάσεις τελικής επένδυσης.

Στην παράγραφο αυτή περιγράφονται οι ελάχιστες διαστάσεις διαμόρφωσης της τελικής επένδυσης οι οποίες πρέπει να τηρούνται ακόμη και όταν τα αποτελέσματα των υπολογισμών της μελέτης δεν αποδεικνύουν την ανάγκη εφαρμογής τους.

Ελάχιστο πάχος τελικής επένδυσης 0.30 m, σκυρόδεμα C20/25 άοπλο με ανεκτή χαρακτηριστική τιμή εύρους ρωγμής (με πιθανότητα μη υπέρβασης 95%) 1mm και εξασφάλιση θλιβόμενης ζώνης 150mm.

Για τις σήραγγες διαφυγής και λοιπά υπόγεια συνοδά έργα η τελική επένδυση μπορεί να γίνει από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ελάχιστου πάχους 20εκ.

ΑΡΘΡΟ 9. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΟΔΙΚΩΝ ΣΗΡΑΓΓΩΝ ΚΑΙ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

9.1 Ελληνικοί Κανονισμοί (περιλαμβανομένων των Π.Δ., Οδηγιών, Υπουργικών αποφάσεων και εγκυκλίων)

- Διατάξεις του Π.Δ. 696/74 περί αμοιβών μηχανικών για σύνταξη μελετών κ.λ.π., και σχετικών προδιαγραφών μελετών, μόνο σε σχέση με τα τεχνικά πρότυπα.
- Πρότυπες Τεχνικές Προδιαγραφές (ΠΤΠ), του ΥΠΕΧΩΔΕ, συμπεριλαμβανομένων των ΠΤΠ-Τ110, ΠΤΠ-Ο150, ΠΤΠ-Ο155, ΠΤΠ-Χ1, ΠΤΠ-Α260, ΠΤΠ-Α265 (όπως τροποποιήθηκαν - συμπληρώθηκαν), και άλλα.
- Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ο. - Τ.Ε.Ε.), όπως εγκρίθηκαν από το ΥΠΕΧΩΔΕ και δημοσιεύθηκαν στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.
- Διατάξεις του Π.Δ. 1073/16.09.81 περί "Μέτρα ασφαλείας σε εργοτάξια κατά την εκτέλεση εργασιών Πολιτικού Μηχανικού".
- Οι διατάξεις του Π.Δ. 252/89 "Περί Υγιεινής και Ασφάλειας στα Υπόγεια Έργα", ΦΕΚ 106Α/2-5-89.
- Ο Ελληνικός Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών εργασιών του Υπουργείου Βιομηχανίας και Ενέργειας, ΦΕΚ 931Β/31-12-84.
- Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ε.Α.Κ. – 2000), ΦΕΚ 2184Β'/20.12.1999.
- Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων. Διεύθυνση Μελετών Οδοποιίας. Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, Τεύχος 2, Διατομές, 2001.
- Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων. Διεύθυνση Μελετών Οδοποιίας. Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, Τεύχος 3, Χαράξεις, 2001.
- Ελληνικός Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος, ΦΕΚ 966Β/09.05.85.
- Κανονισμός ελέγχου ποιότητας υλικών και έργων ΦΕΚ/332/β/29.03.01
- Τιμέντα για την κατασκευή έργων από σκυρόδεμα ΦΕΚ/927/Β/17.07.01,
- Σκυρόδεμα: Προδιαγραφές – συμπεριφορά / επιδόσεις – παραγωγή και κριτήρια συμμορφώσεως Ευρωπαϊκό Πρότυπο: ΕΛΟΤ EN 206 –1 (Δεκέμβριος 2000)
- Τιμέντα (Προδιαγραφές – Μέθοδοι δοκιμών) – Ευρωπαϊκό Πρότυπο: ΕΛΟΤ EN 197-1, ΕΛΟΤ EN 197-2

- Σχέδιο Προδιαγραφής για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

9.2 Γερμανικοί Κανονισμοί

- DIN 18312 Γενικοί Τεχνικοί Κανονισμοί για υπόγειες κατασκευές.
- Γερμανικοί κανονισμοί για τον εξοπλισμό και τη λειτουργία οδικών σηράγγων [TUNNEL, Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von strassentunneln (RABT) 1994].
- DIN 1045 Άοπλο και Οπλισμένο Σκυρόδεμα - Υπολογισμός και
- DIN 4030 Εκτίμηση υγρών, στερεών και αερίων που προσβάλλουν το σκυρόδεμα.
- DIN 4225 Πρόχυτα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- DIN 4226 Αδρανή για σκυρόδεμα.
- DIN 4227 Προεντεταμένο σκυρόδεμα.
- DIN 18551 Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα - παραγωγή και επιθεώρηση.
- DIN 488 Χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος.
- DIN 1880 Χαλύβδινες κατασκευές - υπολογισμός και κατασκευή.
- DIN 4099 Συγκόλληση οπλισμού σκυροδέματος.
- DIN 1055 Φορτίσεις εδαφών και φορτία εδαφικών ωθήσεων.
- DIN 1072 Οδογέφυρες και πεζογέφυρες, Φορτία Υπολογισμού (Στατική φόρτιση) σε συνδυασμό με το Παράρτημα I του DIN 1072.
- DIN 18218 Ώθηση νωπού σκυροδέματος σε κατακόρυφα καλούπια (τύπους).
- DIN 804 Διατάξεις σιδηροδρομικών γεφυρών και λοιπών τεχνικών έργων των Γερμανικών Σιδηροδρόμων.
- DIN 1054 Υπέδαφος: Επιτρεπόμενη φόρτιση του υπεδάφους (θεμελίωσης).
- DIN 1055 Φορτία Υπολογισμού για Κτίρια, Αποθηκευμένα Υλικά και Δομικά Στοιχεία, Νεκρά Φορτία και γωνία εσωτερικής τριβής (για φορτίσεις εδαφών και φορτία εδαφικών ωθήσεων).
- DIN 4014 [Μέρος 1] Έγχυτοι πάσσαλοι συμβατικού τύπου - διαδικασία κατασκευής, σχεδιασμός και επιτρεπόμενα φορτία.
- DIN 4014 Πρόσθετες σελίδες του Μέρους 1 Έγχυτοι πάσσαλοι συμβατικού τύπου - διαδικασία κατασκευής, σχεδιασμός και επιτρεπόμενα φορτία - σχόλια.
- DIN 4014 [Μέρος 2] Έγχυτοι πάσσαλοι μεγάλης διαμέτρου - διαδικασία κατασκευής, σχεδιασμός και επιτρεπόμενα φορτία.
- DIN 4015 Εδαφομηχανική και μηχανική θεμελιώσεων.

- DIN 4026 Εμπηγνυόμενοι πάσσαλοι - Διαδικασία κατασκευής, σχεδιασμός και επιτρεπόμενα φορτία. [Πρόσθετες σελίδες του 4026] Εμπηγνυόμενοι πάσσαλοι - διαδικασία κατασκευής, σχεδιασμός και επιτρεπόμενα φορτία - σχόλια.
- DIN 4093 Μηχανική Θεμελιώσεων, ενέσεις σε υπέδαφος και κατασκευές. Οδηγίες προγραμματισμού και εκτέλεσης.
- DIN 4107 Υπέδαφος - παρακολούθηση υποχωρήσεων κατά και μετά τη κατασκευή τεχνικών έργων.
- DIN 4123 Εξασφάλιση κτιρίων στη περιοχή εκσκαφών, θεμελιώσεων και υποστηλώσεων.
- DIN 4124 Εκσκαφές και τάφροι - Πρανή, πλάτος χώρου εργασίας, αντιστήριξη.
- DIN 4125 [Μέρος 1] Αγκύρια εδάφους και βράχου - προσωρινά αγκύρια εδάφους -υπολογισμός, στατικός σχεδιασμός και δοκιμές.
- DIN 4125 [Μέρος 2] Αγκύρια εδάφους και βράχου - μόνιμα αγκύρια εδάφους - υπολογισμός, στατικός σχεδιασμός και δοκιμές.
- DIN 4128 Ενέσιμοι πάσσαλοι μικρής διαμέτρου (έγχυτοι και σύνθετοι).
- DIN 21521-1, 2 Αγκυρώσεις εδάφους για κατασκευές μεταλλείων και σηράγγων.
- EMPFEHLUNG ZUR BERECHNUNG VON SCHILDVORGETRIEBENEN TUNNELN. Arbeitskreis "Tunnelbau" der Deutschen Gesellschaft für Erd und Grundbau e.v., Essen, 1973.
- DIN 18195 Συγκόλληση μεμβρανών στεγανοποίησης.
- DIN 18200 Δοκιμές υλικών στεγανοποίησης (κεφάλαια 36 και 37).
- DIN 53370 Δοκιμές συνθετικών μεμβρανών.

Διάφορα

- DIN 1052 Ξύλινες κατασκευές (Μέρος 1 : Υπολογισμός και εκτέλεση - Μέρος 2 : Προδιαγραφή των συνδέσμων ειδικής κατασκευής).
- DIN 4420 Ικριώματα εργασίας και προστασίας.
- DIN 4421.Φέροντα ικριώματα.

9.3 Άλλοι κανονισμοί ΕΟΚ

- TEXTE PROVISOIRE DES RECOMMANDATIONS RELATIVES A L' EMPLOI DES CINTRES DANS LA CONSTRUCTION DES OUVRAGES SOUTERRAINS. Groupe de Travail "Soutenements et Revetement" d' AFTES, 1978.

- MODEL SPECIFICATION FOR TUNNELLING – British Tunnelling Society and The Institution of Civil Engineers, 1997
- RECOMMANDATIONS CLOUTTERRE POUR LA CONCEPTION, LE CALCUL, L'EXECUTION ET LE CONTROLE DES SOUTENEMENTS REALISES PAR CLOUAGE DES SOLS, 1991.
- RECOMMENDATIONS FOR THE DESIGN, CALCULATION, CONSTRUCTION OF GROUND ANCHORAGES (T.A. 86), translated from French, 1986.
- EUROPEAN SPECIFICATION FOR SPRAYED CONCRETE EFNARC
- BS 4483 Steel fabric for the reinforcement of concrete (1985)
- BS 227 Specification for H-section steel arches for use in mines.
- EN 1537 Execution of special geotechnical work. Ground anchorages.
- EN 446 Grout for prestressing tendons. Grouting procedures.
- EN 12716 Execution of special geotechnical works. Jet Grouting.
- EN 12715 Execution of special geotechnical work. Grouting.
- NORWEGIAN DESIGN GUIDE ROAD TUNNELS (chapters 5 & 6), 1995.
- Recommendations of the Group of Experts on Safety in Road Tunnels. United Nations, Economic and Social Council, Economic Commission for Europe, December 2001.
- Safestar Deliverable 2.2. Guidelines and Standards for Tunnels on Motorways. VTT Communities and Infrastructure. Finland 1997.
- Design of Road Tunnels. Design Manual for Roads and Bridges. The Highways Agency, The Scottish Executive Development Department, The National Assembly for Wales, Department of the Environment for Northern Ireland, August 1999.

9.4 Βιβλιογραφία

Η παρακάτω βιβλιογραφία έχει ληφθεί υπόψη :

- EMPFEHLUNG FÜR DEN TUNNELAUSBAU IN ORTBETON BEI GESCHLOSSENER BAUWEISE IM LOCKERGESTEIN. Arbeitskreis "Tunnelbau" der Deutschen Gesellschaft für Erd und Grundbau e.v., Essen, 1986.
- RVS 825: TUNNELBAUTEN, Apr. 1982.
- EMPFEHLUNG ZUR BERECHNUNG VON SCHILDLVORGETRIEBENEN TUNNEL. Arbeitskreis "Tunnelbau" der Deutschen Gesellschaft für Erd und Grundbau e.v., Essen, 1973.

- TEXTE PROVISOIRE DES RECOMMANDATIONS RELATIVES A L' EMPLOI DES CINTRES DANS LA CONSTRUCTION DES OUVRAGES SOUTERRAINS. Groupe de Travail "Soutènements et Revêtement" d' AFTES, 1978.
- TRAVAUX SOUTERRAINS, NORME SIA 198, 1975.
- Σειρά βιβλίων με γενικό τίτλο - Έρευνα και Πράξη - Υπόγεια κυκλοφορία - Υπόγειες Κατασκευές. Έκδοση: Εταιρεία Μελετών STUVA ΚTMLN, ALBA BUCHVERLAG, DUSSELDORF, Νοέμβριος 1969.
- Σειρά εκδόσεων της AFTES – ASSO με θέματα συσχετιζόμενα με όλο το φάσμα των υπογείων κατασκευών.
- Σειρά τευχών της ISRM σχετικά με προτεινόμενες δοκιμές Βραχομηχανικής.
- Εγχειρίδιο για κατασκευές σηράγγων 1981, 82, 83 κεφ. II "Στεγανώσεις Υπόγεια Έργα" GLUCKAUF GmbH, ESSEN.
- Sprayed Concrete linings (NATM) for tunnels in soft ground, ICE design and practice guides. The Institution of Civil Engineers, 1996
- Safety of New Austrian tunnelling method (NATM) tunnels. Health and Safety Executive, 1996.
- Tunnelbau 2001- WBI PROFESSOR DR. -ING. W. WITTKÉ Beratende Ingenieure Fur GRUNDBAU UND FELSB AU GmbH.
- Hergenröder M, Möller J, Nillson L.O., Siemes A.J.M (1997) "Durability Design – Performance and Reliability based design of Concrete Structures". Published by CEB, Lausanne Schiessl P (ed.).
- PROJECT No BE95-1347, Task 7: "General Guidelines for Durability Design and Redesign". Bruxelles: Brite – Euram 1999,
- PROJECT No BE95-1347 Draft R9. Siemes A.J.M, Gehen C., Lindvall A., Arteaga A., Ludwig H-M, "Statistical Quantification of the variables in the limit state function". Summary: Bruxelles: Brite - Euram 1999.
- "Seismic design and analysis of underground structures" ITA/AITES Accredited Material 2001.
- Rahka H., Lucic S., Demarchi M. Van Aerde and Setti J. Vehicle Kinematics "Model for Predicting Maximum Truck Acceleration Levels". Presented at the 2001 Meeting, Transportation Research Board, Washington DC., 2001, U.S.A.
- Glennon J.C "An evaluation of Design Criteria for Operating Trucks Safety on Grades". Highway Research Record 312, Highway Research Board 1970.

- Brilon W., Lemke K., "Cross – Sections in Road Tunnels. Paper presented and published on the 2nd International Symposium on Highway Geometric Design TRB, Mainz Germany, 2000.
- Recommendations of the Group of Experts on Safety in Road Tunnels. United Nations, Economic and Social Council, Economic Commission for Europe, December 2001.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων. Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων. Διεύθυνση Μελετών Οδοποιίας. Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων. Τεύχος 3, Χαράξεις, Αθήνα 2001.
- Harwood D.W. and M.Mason Jr. Horizontal Curve Design for Passenger Cars and Trucks. Transportation Research Board. 72th Annual Meeting. January 10-14, 1993. Washington DC.
- A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. AASHTO, Washington, DC, 2001.
- Rahka H., I. Lucic. S. Demarchi, M. Van Aerde, and J. Setti. Vehicle Kinematics Model for Predicting Maximum Truck Acceleration Levels. Presented at the 2001 Meeting, Transportation Research Board, Washington DC., 2001 USA.
- Glennon, J,C "An Evaluation of Design Criteria for Operating Trucks Safely on Grades". Highway Research Record 312, Highway Research Board 1970.
- Brilon W., K. Lemke. Cross-Sections in Road Tunnels. Paper presented and published on the 2nd International Symposium on Highway Geometric Design TRB pg.228 – pg.238, Mainz Germany, 2000.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων. Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων. Διεύθυνση Μελετών Οδοποιίας. Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων. Τεύχος 2, Διατομές, Αθήνα 2001.
- Design of Road Tunnels. Design Manual for Roads and Bridges. The Highways Agency, The Scottish Executive Development Department, The National Assembly for Wales, Department of the Environment for Northern Ireland, August 1999.
- Safestar Deliverable 2.2. Guidelines and Standards For Tunnels On Motorways. VTT Communities and Infrastructure. Finland 1997.
- Οδηγίες Σύνταξης Μελετών Εγνατίας Οδού (ΟΣΜΕΟ). Εγνατία Οδός ΑΕ., Θεσσαλονίκη 2001.

- Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln, RABT 1994
- Projektierungsrichtlinien von Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen Bauwerke Anlagen, RVS 9.281, 2001.

ΑΡΘΡΟ 10. ΓΕΝΙΚΕΣ ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ

- 10.1.** Ο Μελετητής θα αναγνωρίσει τις υπάρχουσες αβεβαιότητες και θα προσπαθήσει σε όλα τα στάδια και φάσεις της μελέτης να τις διαχειριστεί κατάλληλα.
- 10.2.** Ο Μελετητής θα θεωρήσει το 'σύστημα σήραγγας' ως ενιαίο σύνολο, δηλαδή θα λάβει υπόψη ότι η διαστασιολόγηση της άμεσης υποστήριξης ή/και τελικής επένδυσης είναι στενά συνδεδεμένες με την μέθοδο εκσκαφής και τον χρονισμό τοποθέτησής τους.
- 10.3.** Θα υιοθετούνται μέθοδοι που ελαχιστοποιούν την διαταραχή και τις επιρροές στο γεωπεριβάλλον ενώ γενικά θα επιδιώκεται η ενεργοποίηση στο μέγιστο βαθμό της υποστηρικτικής ικανότητας και συνεισφοράς του γεωυλικού στην ευστάθεια του συστήματος.
- 10.4.** Η μελέτη θα συμπεριλάβει και θα αναπτύξει με επάρκεια την μεθοδολογία υλοποίησης της, με ειδικότερη αναφορά στην επιλογή των μέτρων άμεσης υποστήριξης κατά την εκσκαφή της σήραγγας.
- 10.5.** Για τον σχεδιασμό χωροθέτησης και διάταξης των στομιών εισόδου και εξόδου των οδικών σηράγγων θα λαμβάνονται υπόψη τα εξής:
- Η οριζόντια και κατακόρυφη χάραξη της σήραγγας και της ανοικτής οδού.
 - Το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής.
 - Οι ιδιότητες των γεωυλικών που δομούν τις περιοχές των στομιών.
 - Η ευστάθεια των πρανών πριν και μετά την κατασκευή των στομιών.
 - Οι υδραυλικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή (επιφανειακές και υπόγειες).
 - Οι απαιτήσεις των Περιβαλλοντικών Μελετών και όρων.
 - Παράγοντες διαμόρφωσης τοπίου και ανάδειξης ιδιαίτερων αρχιτεκτονικών ή φυσικών χαρακτηριστικών.
 - Απαιτήσεις της μελέτης του υπογείου ανοίγματος για την ύπαρξη ενός ελαχίστου πάχους υπερκείμενων από την οροφή της σήραγγας.
 - Λειτουργικές και κυκλοφοριακές απαιτήσεις διασύνδεσης της ανοικτής οδού με την σήραγγα.
 - Οι κλιματολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής.
 - Η δυνατότητα απόληψης θετικής συνεισφοράς στο σύστημα αερισμού από τον φυσικό ελκυσμό.
- 10.6.** Ο Μελετητής θα εξετάζει όλα τα θέματα που σχετίζονται με το πρόγραμμα υλοποίησης του έργου που υιοθετείται από τον Εργοδότη. Αυτό το θέμα θα εξετάζεται ιδιαίτερα όταν ο δεύτερος κλάδος μιας δίδυμης σήραγγας πρόκειται να κατασκευαστεί σε μεταγενέστερο χρόνο. Σε τέτοιες περιπτώσεις θα ληφθούν υπόψη οι επιπτώσεις της σταδιακής κατασκευής συμπεριλαμβάνοντας ενδεικτικά τα εξής: στόμια, εκσκαφές, εξωτερική αποστράγγιση, υπόγειες υδραυλικές συνθήκες και σύστημα αποστράγγισης σήραγγας, διάδρομοι προσπέλασης προσωπικού, διασυνδέσεις οδοστρωμάτων για οχήματα, σχεδιασμό συστήματος αερισμού τόσο για την 'προσωρινή' (1 κλάδος διπλής κατεύθυνσης) όσο και την 'μόνιμη' (2 κλάδοι) κατάσταση και διάταξη.
- 10.7.** Διατομή εκσκαφής σήραγγας.
Το εσωράχιο της τελικής επένδυσης θα σχεδιάζεται έτσι ώστε να συμπεριλάβει και ενσωματώσει την τυπική διατομή χρήσης, η οποία περιλαμβάνει τον ελεύθερο εμποδίων χώρο και τον χώρο τοποθέτησης Η/Μ εγκαταστάσεων και σήμανσης. Η μελέτη θα εξασφαλίζει ότι η τελική επένδυση και όλες οι εγκαταστάσεις του Η/Μ εξοπλισμού και σήμανσης δεν τέμνονται ή εμπλέκονται

με το προτεινόμενο περιτύπωμα κυκλοφορίας υπό οιοδήποτε αναμενόμενο παραμορφωσιακό καθεστώς, τις προδιαγραφόμενες κατασκευαστικές ανοχές των επι μέρους στοιχείων της κατασκευής καθώς και τις ειδικές απαιτήσεις του Εργοδότη.

Για τον προσδιορισμό της διατομής εκσκαφής πέρα από το εσωράχιο της τελικής επένδυσης προστίθενται το πάχος αυτής, οι αναμενόμενες συγκλίσεις, άλλες μετατοπίσεις (π.χ καθιζήσεις), οι κατασκευαστικές ανοχές σαφώς προσδιοριζόμενες από τις τεχνικές προδιαγραφές κατασκευής και το στατικώς απαιτούμενο πάχος των στοιχείων της άμεσης υποστήριξης. Η γραμμή που προκύπτει από την πρόσθεση των ανωτέρω μεγεθών ονομάζεται γραμμή Α (γραμμή της ελάχιστης δυνατής εκσκαφής). Στη μελέτη θα καθορίζεται και η απόσταση μεταξύ της ελάχιστης γραμμής εκσκαφής Α και μιας γραμμής Β που καλείται γραμμή πληρωμής με βάση: 1) το προκύπτον από την διαμορφωθείσα κατασκευαστική διαδικασία βήμα εκσκαφής, 2)την μέθοδο εκσκαφής, 3)τον εξοπλισμό που απαιτείται για την εκσκαφή και διάνοιξη της σήραγγας, 4) το επιθυμητό και επιδιωκόμενο ποιοτικό επίπεδο της εργασίας εκσκαφής της σήραγγας, 5) τις επικρατούσες γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες.

Το σχήμα της διατομής της σήραγγας θα επιλέγεται έτσι ώστε να ικανοποιεί τις παρακάτω γενικές αρχές:

- Να ενεργοποιεί και εκμεταλλεύεται την αυτουποστηρικτική ικανότητα του γεωυλικού.
- Να εξασφαλίζει την ασφαλή θεμελίωση και λειτουργία τόσο της άμεσης υποστήριξης όσον και της τελικής επένδυσης.
- Να αποφεύγεται η ενσωμάτωση απολύτως ευθυγράμμων τμημάτων και οξείων γωνιών.
- Να διατηρείται στα απολύτως ελάχιστα όρια το συνολικό εμβαδόν της διατομής.

10.8. Θεώρηση σεισμικών δράσεων.

Η μελέτη θα αναγνωρίσει την αναγκαιότητα εκτέλεσης ελέγχου των αποτελεσμάτων των αναμενόμενων σεισμικών δράσεων. Προς τούτο θα χρησιμοποιηθεί κατ' αρχάς η υφιστάμενη διεθνής εμπειρία και οι παρακάτω παρατηρήσεις που έχουν γίνει για την επιτελεστικότητα των σιηράγγων σε σεισμική δράση.

- Α** Οι υπόγειες κατασκευές παρουσιάζουν σημαντικά μικρότερη τρωτότητα από τις επιφανειακές κατασκευές.
- Β** Οι παρατηρηθείσες ζημιές μειώνονται με την αύξηση του βάθους των υπερκείμενων γεωυλικών.
- Γ** Οι υπόγειες κατασκευές που διανοίχθηκαν σε εδαφικά υλικά παρουσίασαν περισσότερες ζημιές σε σχέση με αντίστοιχες κατασκευές σε υγιείς βραχομάζες.
- Δ** Οι σήραγγες με τελική επένδυση σε βραχομάζες είναι ασφαλέστερες από αντίστοιχες ανεπένδυτες.
- Ε** Η κατασκευαστική εξασφάλιση ικανοποιητικής επαφής μεταξύ γεωυλικού και στοιχείων άμεσης υποστήριξης ή/και τελικής επένδυσης μειώνει την παρουσία ζημιών.
- ΣΤ** Οι παρατηρηθείσες ζημιές φαίνονται να συσχετίζονται με την μέγιστη επιτάχυνση και ταχύτητα δόνησης του γεωυλικού και την διάρκεια της σεισμικής δόνησης.
- Ζ** Οι κινήσεις υψηλής συχνότητας μπορούν να προκαλέσουν αποφλοίωση του σκυροδέματος ή της βραχομάζας κατά μήκος επιπέδων μειωμένων μηχανικών χαρακτηριστικών. Επειδή τέτοιες συχνότητες κατά κανόνα εξασθενούν με την απόσταση, αντίστοιχες ζημιές αναμένονται σε μικρές αποστάσεις από το γενεσιουργό ρήγμα.
- Η** Η δόνηση του γεωυλικού μπορεί να ενισχυθεί στην περιοχή της σήραγγας όταν το μήκος κύματος είναι μεταξύ μίας και τεσσάρων διαμέτρων αυτής.

Θ.Οι ζημιές στα στόμια μπορούν να είναι σημαντικές κυρίως λόγω αστάθειας του πρανούς.

Τα αποτελέσματα των σεισμικών δράσεων στις σήραγγες θα ομαδοποιούνται σε δύο κατηγορίες:

- Δονήσεις του γεωυλικού δηλαδή παραμορφώσεις που προκαλούνται από την διάδοση των σεισμικών κυμάτων στον γήινο φλοιό. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος των ζημιών από τις δονήσεις είναι: το σχήμα, οι διαστάσεις και το βάθος της σήραγγας, οι ιδιότητες του γεωυλικού, οι ιδιότητες της κατασκευής και τα χαρακτηριστικά της δόνησης.
- Αστοχία του γεωυλικού π.χ. ρευστοποίηση, μετατοπίσεις ρηγμάτων, αστάθεια πρανών.

Για τις περισσότερες σήραγγες η αδράνεια του περιβάλλοντος γεωυλικού είναι μεγάλη συγκρινόμενη με αυτή της επένδυσής τους. Γι αυτό, η απόκριση της σήραγγας εξαρτάται κυρίως από την απόκριση του πρώτου και όχι από την αδράνεια της επένδυσης. Ο σχεδιασμός επομένως έναντι σεισμικής καταπόνησης εστιάζεται στην παραμόρφωση ελεύθερου πεδίου του περιβάλλοντος γεωυλικού και στην αλληλεπίδρασή του με το φορέα της σήραγγας. Γενικά, εφόσον η σήραγγα δύναται να αναλάβει τις παραμορφώσεις του ελεύθερου πεδίου ελαστικά, δεν απαιτούνται περαιτέρω μέτρα για την αντιμετώπιση της δόνησης του σεισμού. Αυτή η μέθοδος ελέγχου της συμπεριφοράς της σήραγγας βάσει της παραμόρφωσης του ελεύθερου πεδίου αποτελεί εύχρηστο και αποτελεσματικό εργαλείο όταν η σήραγγα είναι εύκαμπτη και οι προκαλούμενες εντάσεις στην επένδυση λόγω σεισμού είναι μικρές. Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να αρθούν κάποιες από τις απλοποιήσεις προκειμένου να προσεγγισθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η πραγματική ένταση της σήραγγας. Συνηθέστερα, αίρεται η απλοποίηση της τελείως εύκαμπτης σήραγγας, και υπολογίζεται η αλληλεπίδραση περιβάλλοντος γεωυλικού και κατασκευής. Η σχετική ευκαμψία της σήραγγας ως προς το περιβάλλον πέτρωμα εκφράζεται από τους λόγους συμπίεστότητας C και ιδίως ευκαμψίας F που δίνονται από τις σχέσεις:

$$C = \frac{E_m(1-\nu_l^2)R}{E_l t(1+\nu_m)(1-2\nu_m)} \quad \text{σε αξονική καταπόνηση}$$

$$F = \frac{E_m(1-\nu_l^2)R^3}{6E_l I(1+\nu_m)} \quad \text{σε καμπτική καταπόνηση}$$

όπου: E_m = μέτρο παραμορφωσιμότητας του γεωυλικού, I = ροπή αδρανείας της επένδυσης της κυκλικής σήραγγας με μοναδιαίο πλάτος, R = ακτίνα της επένδυσης, t = πάχος της επένδυσης, ν_l =λόγος Poisson του υλικού της επένδυσης και ν_m = λόγος Poisson του γεωυλικού.

Σπανιότερα αίρεται και η παραδοχή της πλήρους επαφής μεταξύ σηράγγων και περιβάλλοντος γεωυλικού, με την παραδοχή ολίσθησης στην επιφάνεια της μεμβράνης στεγάνωσης ή επένδυσης-γεωυλικού. Σε αυτή την περίπτωση, η οριακή αντίσταση τριβής καθίσταται μία από τις βασικές παραμέτρους σχεδιασμού, και υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις ιδιότητες του γεωυλικού, όσο και τον τρόπο κατασκευής της σήραγγας.

Οι συνηθέστεροι τύποι παραμορφώσεων-μετατοπίσεων που αντιστοιχούν στην απόκριση της σήραγγας σε σεισμική δράση και για τις οποίες κατ' ελάχιστον θα γίνεται θεώρηση, αν αναγνωρισθεί η αναγκαιότητα εκτέλεσης αναλύσεων, είναι:

- α) Αξονικός εφελκυσμός-θλίψη. Από τις συνιστώσες των σεισμικών κυμάτων προκαλούνται κινήσεις παράλληλες προς τον άξονα της σήραγγας με αποτέλεσμα εναλλασσόμενη θλίψη και εφελκυσμό.
 - β) Διαμήκης κάμψη που προξενείται από τις συνιστώσες των σεισμικών κυμάτων που επιφέρουν κινήσεις κάθετες στον διαμήκη άξονα της σήραγγας.
 - γ) Παραμόρφωση (στρέβλωση) του σχήματος της διατομής της σήραγγας που παρατηρείται όταν διατμητικά κύματα διαδίδονται σχεδόν κάθετα στον άξονα.
- Η μελετητική προσέγγιση του προβλήματος των επιδράσεων των σεισμικών δράσεων στις σήραγγες θα περιλαμβάνει τρία κύρια βήματα:

10.8.1. Καθορισμός του σεισμικού περιβάλλοντος και απόληψη των σεισμικών παραμέτρων και χαρακτηριστικών που απαιτούνται για τις αναλύσεις. Αυτά θα πραγματοποιούνται κατά το στάδιο της Προκαταρκτικής Μελέτης και θα περιλαμβάνονται σε ειδικό κεφάλαιο της σχετικής Έκθεσης Γεωλογικής και Γεωτεχνικής Αξιολόγησης.

10.8.2. Εκτίμηση της απόκρισης του γεωυλικού στην σεισμική δράση με θεώρηση αστοχίας και παραμορφώσεων του. Αυτή θα πραγματοποιείται κατά την Προκαταρκτική Μελέτη και θα περιλαμβάνεται σε ειδικό κεφάλαιο της σχετικής Τεχνικής Έκθεσης.

10.8.3. Εκτίμηση της συμπεριφοράς της σήραγγας υπό τις συνθήκες της σεισμικής δράσης. Αυτή θα πραγματοποιείται στο στάδιο της Οριστικής Μελέτης και θα περιλαμβάνεται σε ειδικό κεφάλαιο της Τεχνικής Έκθεσης.
Η Μελέτη, στις αντίστοιχες Εκθέσεις Εκτίμησης Έργου, θα δώσει πλήρη περιγραφή των μεθόδων τις οποίες θα χρησιμοποιήσει για να διαπραγματευθεί και προσεγγίσει τα ανωτέρω θέματα ενσωματώνοντας τις πλέον εξελιγμένες και διεθνώς αποδεκτές.

10.8.4. Ο σχεδιασμός αντιμετώπισης της δράσης του σεισμού πραγματοποιείται σε ένα ή δύο επίπεδα. Το επίπεδο 1 αφορά μέγιστες δράσεις με μικρή πιθανότητα υπέρβασης. Ο έλεγχος του επιπέδου αυτού πραγματοποιείται μόνον εφόσον τον ζητήσει ο κύριος του έργου. Το επίπεδο 2 αφορά δράσεις μικρότερης έντασης και μεγαλύτερης πιθανότητας υπέρβασης. Η συμπεριφορά της σήραγγας και το μέγεθος της δράσης κάθε επιπέδου έχουν ως εξής:

Επίπεδο 1 -(όριο επιβίωσης). Σημαντικές βλάβες μπορεί να συμβούν. Μερικά από τα στόμια των σηράγγων μπορεί να εμφραχθούν, αλλά δίοδοι διαφυγής θα είναι διαθέσιμες λόγω του σχεδιασμού πολλαπλών εξόδων. Η πιθανότητα κατάρρευσης τμήματος της τελικής επένδυσης της σήραγγας πρέπει να είναι επαρκώς μικρή και θα συνδυάζεται με διατήρηση της ακεραιότητας και επαρκούς παραμένουσας αντοχής μετά τη λήξη της σεισμικής ακολουθίας. Οι βλαφθείσες κατασκευές θα είναι περιορισμένες και επιδιορθώσιμες, και ο αυτοκινητόδρομος θα μπορεί να διατεθεί σε λειτουργία σε λίγους μήνες. Ο μελετητής θα προτείνει και ο εργοδότης θα αποφασίζει για τα χαρακτηριστικά του σεισμού σχεδιασμού. Ενδεικτικά προτείνεται πιθανότητα υπέρβασης 5% στα 100 έτη (τεχνική διάρκεια ζωής της σήραγγας) που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς ~2000 έτη ($\approx -100/\ln(1-0.05)$).

Επίπεδο 2 – (όριο ελεγχόμενων βλαβών σύμφωνα με ισχύοντες κανονισμούς). Μικρές βλάβες μπορούν να συμβούν για τις κυρίως σήραγγες, τα στόμια και τις λοιπές υπόγειες κατασκευές. Οι βλάβες θα είναι δυνατό να επισκευαστούν σε μερικές ημέρες. Ο αυτοκινητόδρομος μπορεί να χρειαστεί να κλείσει για αυτές τις επισκευές. Ο μελετητής θα προτείνει και ο εργοδότης θα αποφασίζει για τα χαρακτηριστικά του σεισμού σχεδιασμού. Ενδεικτικά προτείνεται πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη (σεισμός σχεδιασμού του ΕΑΚ) που

αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς ~500 έτη ($\approx 50/\ln(1-0.1)$). Σε ορισμένες περιπτώσεις, μετά από απαίτηση του κύριου του έργου, είναι δυνατό να εκτελείται ένας μόνο έλεγχος για μέγιστο σεισμό επιπέδου 1 με απαίτηση συμπεριφοράς επιπέδου 2.

Τα χαρακτηριστικά του σεισμού σχεδιασμού κάθε επιπέδου δύνανται να λαμβάνονται με κατάλληλη κρίση από τον ΕΑΚ 2000 ή από ειδικά συνταγμένη μελέτη σεισμικής επικινδυνότητας.

10.9 Γενικές Οδηγίες για την Αποχέτευση –Αποστράγγιση.

Η μελέτη θα εξετάσει την αποχέτευση και τα λοιπά υδραυλικά θέματα της σήραγγας και των στομιών και θα προτείνει έργα (οχετούς, αγωγούς, τάφρους κλπ) ή θα ενσωματώσει την λειτουργία έργων που προτάθηκαν από την αντίστοιχη υδραυλική μελέτη αποχέτευσης της οδού:

Θα λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

10.9.1 Τα αναφερόμενα στις παραγράφους 11 και 12 του άρθρου 8

10.9.2 Να εξετάζονται τα ρέματα που περνούν μπροστά από τα στόμια των σηράγγων και των οποίων η ροή πρέπει ή να εκτραπεί ή να διευθετηθεί ή εγκιβωτιστεί σε οχετό. Τα ρέματα αυτά πιθανό να είναι αποδέκτες της απορροής της ευρύτερης περιοχής της κάθε σήραγγας ή της απορροής από το εσωτερικό της και συνεπώς συνίσταται η διερεύνηση των συνθηκών ροής τους αλλά και των περιβαλλοντικών θεμάτων που σχετίζονται με την προστασία τους. Για το θέμα αυτό θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι υπάρχουσες υδραυλικές μελέτες.

10.9.3 Να διερευνώνται με επί τόπου επίσκεψη τα ρέματα που διέρχονται από την ευρύτερη περιοχή εισόδου/εξόδου των σηράγγων, καθώς επίσης και από την περιοχή του ορεινού όγκου πάνω από την κάθε σήραγγα ώστε να εκτιμηθεί ο κίνδυνος πιθανών εισροών υπογείων νερών στο εσωτερικό της σήραγγας μέσω της διήθησης. Θα πρέπει να προληφθεί επίσης η διήθηση από τις τάφρους προς το εσωτερικό των σηράγγων.

10.9.4 Ότι τα προτεινόμενα έργα των ρεμάτων καθώς επίσης και τάφροι ή οχετοί ή άλλα έργα σύνδεσης μπορεί να επιδράσουν σοβαρά στον σχεδιασμό της περιοχής των στομιών. Δεν πρέπει να αποκόπτεται οριστικά η συνέχεια της ροής ρεμάτων ένεκα της κατασκευής των σηράγγων και η γεωμετρία των φυσικών υδατορευμάτων δεν πρέπει να αλλάξει κατ' ουδέν τρόπο. Συνεπώς θα πρέπει να εξασφαλίζεται:

- Ότι οι διευθετήσεις συνδέονται κατάλληλα με τα αντιπλημμυρικά μέτρα και τις τάφρους (ιδιαίτερα όταν συσχετίζονται με τους οικισμούς στην γειτονιά της οδού).
- Ότι η δίαυτα των φερτών υλών στις διευθετήσεις κατανοήθηκε κατάλληλα και διαστασιολογήθηκε επαρκώς.
- Ότι οι συσχετιζόμενες συνθήκες με την κοίτη των υδατορευμάτων και των οχετών ανάντη και κατόντη των οδών πρόσβασης στις σήραγγες ή της περιοχής πάνω από τις σήραγγες έχουν πλήρως ενσωματωθεί στη μελέτη.
- Ότι η ροή ή η χάραξη των υπαρχόντων ρεμάτων θα διατηρηθεί όπου είναι δυνατό. Αυτό υπονοεί την ανάγκη να μη μεταβληθεί η ταχύτητα της ροής, στην φυσική κοίτη ανάντη, μέσω του διευθετημένου τμήματος και προς τα κατόντη με σκοπό να προληφθούν αποθέσεις ή διαβρώσεις.

10.9.5 Να προβλέπονται έργα για την αναχαίτιση της επιφανειακής απορροής από τον περιβάλλοντα χώρο κατά τη διάρκεια της κατασκευής και κατά τη διάρκεια της λειτουργίας των Σηράγγων. Αυτό πιθανό απαιτεί εργασίες διευθέτησης και μέτρα προστασίας από τη διάβρωση. Επίσης θα πρέπει ο μελετητής να

αναπτύξει τη μελέτη αποχέτευσης και αποστράγγισης της περιοχής πάνω από τα τμήματα εκσκαφής και επανεπίχωσης των σηράγγων σε συμφωνία με την Υπηρεσία. Δεν πρέπει να αποκόπτεται οριστικά η συνέχεια της ροής ρεμάτων ένεκα της κατασκευής των σηράγγων και των στομιών τους. Πρέπει επίσης να εξασφαλίζεται να μην εισέρχονται επιφανειακά της γύρω περιοχής στην περιοχή των στομιών. Συνεπώς θα πρέπει να εξασφαλίζονται και για την περίπτωση αυτή τα αναφερόμενα στην παράγραφο 10.9.4.

10.9.6 Να μελετώνται όλα τα απαραίτητα έργα τάφρων, ρείθρων κλπ στην περιοχή των στομιών για :

- Την προστασία από τη διάβρωση των πρανών, ιδιαίτερα από συγκεντρωμένες ροές υδατορευμάτων.
- Την πρόληψη της πιθανής πλημμύρας της σήραγγας από εξωτερικές ροές και την πλημμύρα από τις εσωτερικές ροές της σήραγγας.
- Την αναχαίτιση της υπόγειας ροής και της διήθησης ειδικά στην περιοχή των επιχωμάτων και των πρανών.

10.9.7 Να εξετάζονται τα υπάρχοντα ή μελετηθέντα αποχετευτικά έργα της οδού στην περιοχή των εισόδων/εξόδων ώστε να χρησιμοποιηθούν ορθώς σαν αποδέκτες. Τα αποχετευτικά έργα της κάθε Σήραγγας κατά περίπτωση θα πρέπει να διαταχθούν έτσι ώστε να είναι συμβατά με τα αποχετευτικά συστήματα της οδού.

10.9.8 Θα εφαρμοστούν υπάρχουσες υδρολογικές σχέσεις (εξισώσεις έντασης- διάρκειας – περιόδου επαναφοράς) που θα δοθούν από τον εργοδότη.

ΑΡΘΡΟ 11. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΝΟΡΓΑΝΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

Η μελέτη θα καθορίζει λεπτομερειακά το πρόγραμμα ενόργανης παρακολούθησης, τόσο για την διάρκεια κατασκευής όσο και λειτουργίας του έργου. Τα θέματα που η μελέτη πρέπει να διερευνήσει και καθορίσει είναι τα εξής:

11.1 Καθορισμός του σκοπού για τον οποίο σχεδιάζεται το πρόγραμμα ενόργανης παρακολούθησης και τα ερωτήματα στα οποία καλείται να δώσει απαντήσεις. Κάθε επι μέρους τμήμα του συστήματος ενόργανης παρακολούθησης πρέπει να επιλέγεται και τοποθετείται ώστε να παράσχει στοιχεία που θα βοηθήσουν την απάντηση ενός συγκεκριμένου ερωτήματος. Έτσι πριν την επιλογή του συστήματος θα πρέπει να προετοιμάζεται ένας κατάλογος θεμάτων και ερωτημάτων που είναι πιθανόν να αντιμετωπιστούν κατά την κατασκευή ή/και λειτουργία της σήραγγας.

11.2. Επιλογή των μεγεθών που πρέπει να παρακολουθούνται. Τέτοια μεγέθη που απαιτούν κατά περίπτωση παρακολούθηση είναι:

- Συγκλίσεις
- Ανύψωση πυθμένα και καθίζηση οροφής
- Χωρικές μετατοπίσεις του γεωυλικού (μπροστά από το μέτωπο εκσκαφής, στο μέτωπο και πίσω από αυτό) .
- Φορτία αγκυριών και πλαισίων.
- Εξωτερικές πιέσεις και τάσεις στις από εκτοξευόμενο ή έγχυτο σκυρόδεμα επενδύσεις.
- Παραμορφώσεις πλαισίων
- Πίεση νερού στο περιβάλλον την σήραγγα γεωυλικό ή και την ευρύτερη περιοχή
- Πίεση νερού που δρά πάνω στην επένδυση
- Επιφανειακές καθιζήσεις
- Κατακόρυφες και οριζόντιες μετατοπίσεις του γεωυλικού από την επιφάνεια μέχρι την σήραγγα.

- Κατακόρυφες και οριζόντιες μετατοπίσεις υπερκείμενων ή παρακείμενων κατασκευών
 - Μέτρηση των δονήσεων από την κατασκευαστική διαδικασία
- 11.3.** Καθορισμός του πεδίου λειτουργίας των οργάνων και της απαιτούμενης ευαισθησίας και ακρίβειας με βάση την όλη εικόνα των αποτελεσμάτων των αριθμητικών μεθόδων. Συνήθως μια εκτίμηση της αναμενόμενης μέγιστης πιθανής τιμής ή της μέγιστης τιμής ενδιαφέροντος καθορίζει το απαιτούμενο εύρος λειτουργίας του οργάνου ενώ η ελάχιστη τιμή ενδιαφέροντος την ακρίβεια και ευαισθησία του.
- 11.4.** Επιλογή θέσεων τοποθέτησης οργάνων παρακολούθησης. Η μελέτη θα καθορίζει τις θέσεις τοποθέτησης των οργάνων, βασιζόμενη κυρίως στην αναμενόμενη συμπεριφορά του συστήματος από τα αποτελέσματα των αριθμητικών μεθόδων. Παράλληλα θα καθορίζεται η συχνότητα και ο χρόνος λήψεως των μετρήσεων.
- 11.5.** Επισήμανση των παραγόντων που ενδέχεται να επηρεάζουν τις μετρήσεις και σύνταξη καταλόγου των απαιτούμενων προς τήρηση στοιχείων.
- 11.6.** Διαδικασίες συλλογής και διαχείρισης των μετρήσεων. Στην μελέτη θα δίνονται προτάσεις για τις διαδικασίες και χρόνους συλλογής, καταγραφής, επεξεργασίας, παρουσίασης των μετρήσεων.
- 11.7.** Αξιολόγηση των μετρήσεων από αρμόδιο όργανο ή όργανα σε συνδυασμό με τις προβλέψεις της μελέτης και τις αποκαλυπτόμενες γεωλογικές συνθήκες κατά την διενέργεια της εκσκαφής.
- 11.8.** Καθορισμός επιπέδων προειδοποίησης και συναγερμού. Συνιστάται η υιοθέτηση της έννοιας πράσινου, κίτρινου και κόκκινου επιπέδου για την σχηματική και εύχρηστη διαχείριση των μετρήσεων επί τόπου.
- 11.9.** Καθορισμός σεναρίων δράσης σε σχέση με τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Η μελέτη θα καθορίζει με σαφήνεια τις δράσεις που θα πρέπει να αναλαμβάνονται από το επί τόπου προσωπικό σε σχέση με τις απολαμβανόμενες μετρήσεις.