
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.



ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

ΠΕΤΕΠ 12-03-03-00

12 Σήραγγες

03 Υποστήριξη Σηράγγων

03 Αγκύρια - Γενικές Διατάξεις

00 -

Έκδοση 1.0 - Μάιος 2006

Το έργο της σύνταξης των ΠΕΤΕΠ υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του "Προγράμματος Δράσεων για τον εκσυγχρονισμό της παραγωγής των Δημοσίων Έργων" (Action Plan του ΥΠΕΧΩΔΕ), υπό την εποπτεία και καθοδήγηση της 2ης Ομάδας Διοίκησης Έργου (2η ΟΔΕ).

Πίνακας μεταβολών, αναθεωρήσεων, ενημερώσεων, συμπληρώσεων

<i>Περιγραφή</i>	<i>Ημερομηνία</i>	<i>Παρατηρήσεις</i>
Πρώτη έκδοση	05/2006	Κείμενο 2 ^{ης} ΟΔΕ/ΙΟΚ, όπως διαμορφώθηκε μετά από παρατηρήσεις Επιτροπής στελεχών του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ

Η εκάστοτε τελευταία έκδοση, αντικαθιστά όλες τις προηγούμενες, οι οποίες πρέπει να καταστρέφονται.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	1
2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	9
2.1. ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ	9
2.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΩΝ	9
3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	11
3.1. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	11
3.2. ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ ΑΓΚΥΡΙΩΝ.....	12
3.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ	14
3.3.1. <i>Γενικά</i>	14
3.3.2. <i>Εγκατάσταση αγκυρίων</i>	15
3.3.3. <i>Ενεμάτωση αγκυρίων</i>	16
4. ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ	17
4.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	17
4.2. ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΔΟΚΙΜΩΝ.....	18
4.2.1. <i>Δοκιμή Στατικού Φορτίου</i>	19
4.2.2. <i>Δοκιμές Σταθερής Μεταβολής Μετακίνησης</i>	20
4.3. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ	20
5. ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ – ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ... 21	21
5.1. ΠΙΘΑΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΝ	21
5.2. ΜΕΤΡΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	21

ΣΧΕΔΙΟ

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Η παρούσα προδιαγραφή αφορά στο σύνολο των γενικών διατάξεων σχετικά με τις εργασίες, τα υλικά και τον εξοπλισμό που απαιτούνται για την κατασκευή συστήματος αγκύρωσης σε οποιαδήποτε θέση της διατομής της σήραγγας (θόλος, παρειές, θεμέλια), σε ευθύγραμμο ή/και καμπύλα τμήματα (σε οριζοντιογραφία ή/και μηκοτομή), στις θέσεις τοποθέτησης των Η/Μ εγκαταστάσεων (φωλιές, διευρύνσεις, κανάλια κ.λπ.), στις συνδετήριες σήραγγες κλπ, σύμφωνα με την εγκεκριμένη Μελέτη και τις επί τόπου συνθήκες του γεωυλικού.

Η αγκύρωση περιλαμβάνει, το διάτρημα εντός του γεωυλικού, την ράβδο που τοποθετείται εντός του διατρήματος και εάν προβλέπεται, το υλικό σύνδεσης της ράβδου με το γεωυλικό. Το υλικό και η γεωμετρία της ράβδου ποικίλει ανάλογα με τον τύπου του συστήματος αγκύρωσης και μπορεί να είναι κατασκευασμένο από χάλυβα ή κάποιο συνθετικό υλικό. Το υλικό σύνδεσης της ράβδου με το γεωυλικό είναι συνήθως μίγμα νερού με τσιμέντο και πρόσμικτα ή καθαρά χημικό προϊόν όπως ρητίνες.

Ως «φέρουσα ικανότητα αγκύρωσης» ορίζεται η μέγιστη δύναμη που μπορεί να ασκηθεί στην ράβδο και στις διεπιφάνειες, α) γεωυλικού/υλικού σύνδεσης με την ράβδο, β) υλικού σύνδεσης/ράβδου ή γ) ράβδου/γεωυλικού, χωρίς να γίνει υπέρβαση του ορίου διαρροής της ράβδου και της μέγιστης διατμητικής αντοχής των διεπιφανειών.

Ως αγκύρια νοούνται γραμμικοί μεταλλικοί και μη μεταλλικοί ικανοί σε εφελκυσμό φορείς, οι οποίοι, τοποθετούμενοι μέσα στο γεωυλικό, επιτυγχάνουν την εσωτερική του στήριξη ή ενίσχυση και συνιστούν στοιχείο της άμεσης/προσωρινής αντιστήριξης μέχρι να τοποθετηθεί η μόνιμη επένδυση.

- Αγκύρια ενίσχυσης: ενισχύουν την βραχόμαζα εφαρμοζόμενα μετά την εκσκαφή στην περιφέρεια του υπογείου ανοίγματος. Περιλαμβάνονται τα αγκύρια σημειακής ή συνεχούς πάκτωσης, τα αγκύρια τριβής και τα αγκύρια με συρματόσχοινα.
- Αγκύρια προενίσχυσης: εφαρμόζονται πριν την εκσκαφή του υπογείου ανοίγματος και ενισχύουν το εκσκαπτόμενο γεωυλικό. Περιλαμβάνονται κυρίως τα αγκύρια μετώπου, τα αγκύρια προενίσχυσης στύλων και τα αγκύρια που τοποθετούνται από πιλοτική σήραγγα ή από την επιφάνεια ή από άλλη σήραγγα.

Ο τύπος, ο αριθμός, ο κάρναβος, τα μήκη και οι γωνίες τοποθέτησης των αγκυρίων προσδιορίζονται ακριβώς από την εγκεκριμένη Μελέτη.

Οι βασικοί τύποι των αγκυρίων με τον βασικό συμβολισμό τους και με συνοπτική περιγραφή των κυρίων χαρακτηριστικών τους φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Απλά βλήτρα (Simple Dowels)	D	Μικρού μήκους (συνήθως μικρότερου του 1m) χαλύβδινη ράβδος (συνήθως κυκλικής διατομής), πακτωμένη με τσιμεντένεμα σε διάτρηση (ελαφρώς μεγαλύτερης διαμέτρου) για βοηθητικούς σκοπούς στήριξης στοιχείων της κατασκευής της σήραγγας ή για διατμητική σύνδεση/στήριξη τμημάτων της επένδυσης.
Απλά αγκύρια/ήλοι συνεχούς πάκτωσης (Simple-Fully Grouted-Bolts)	SN	Ράβδος (συνήθως κυκλικής ή άλλης διατομής) από χάλυβα ή άλλο υλικό (π.χ. υαλόνημα) που πακτώνεται μέσω τσιμεντένεματος σε όλο το μήκος μέσα σε διάτρηση στο έδαφος ή στον βράχο (ελαφρώς μεγαλύτερης διαμέτρου). Στο ελεύθερο άκρο της η ράβδος στερεώνεται (με κοχλία ή με σφήνα) με την μεσολάβηση πλάκας διανομής και ελαφρά τάνυση/σύσφιγξη, έχοντας το αναγκαίο προεξέχον μήκος για την σύνδεση. Η ικανότητα ορίζεται από την αντοχή της ράβδου και τις δυνάμεις τριβής/συνάφειας με το τσιμεντένεμα και το περιβάλλον πέτρωμα. Η λειτουργία των αγκυρίων/ήλων αυτού του τύπου έγκειται στην δυνατότητα ανάληψης εφελκυστικών δυνάμεων στο ελεύθερο άκρο ή/και στην ενίσχυση/συρραφή του πετρώματος με την εισαγωγή τάσεων εκ των δυνάμεων τριβής. Η ελαφρά τάνυση γίνεται για ενεργοποίηση της στερέωσης και πραγματοποιείται με δυναμόκλειδο.
Απλά αγκύρια/ήλοι τύπου Perfo (Fully Grouted Bolts-Perfo Type)	SN Perfo	Είναι αγκύρια/ήλοι όπως τα απλά συνεχούς πάκτωσης με την διαφορά ότι η ράβδος εισάγεται μέσα σε κύλινδρο (συναρμολογημένο από δύο ημικυλίνδρους) από διάτρητη λαμαρίνα που τοποθετείται γεμισμένος με τσιμεντοκονία ή τσιμεντένεμα στο πλήρες μήκος του διατρήματος, ελαφρώς μεγαλύτερης διαμέτρου. Κατόπιν εισάγεται μέσα στον κύλινδρο (με πίεση ή με κρούση) η ράβδος οπλισμού που είναι μικρότερης διαμέτρου εκείνης του κυλίνδρου. Κατά την εισαγωγή της ράβδου το τσιμεντένεμα εκτοπίζεται και διαχέεται στο διάκενο μεταξύ διάτρητου σωλήνα και διατρήματος, διεισδύοντας επίσης και σε κενά του περιβάλλοντος εδάφους σε όποιον βαθμό αυτό είναι εφικτό. Τα αγκύρια/ήλοι αυτού του τύπου είναι κατάλληλα για εδάφη με ανοικτή δομή (πορώδη ή κερματισμένοι βράχοι με κενά). Κατά τα λοιπά η λειτουργία των αγκυρίων αυτού του τύπου είναι ίδια με εκείνη των απλών αγκυρίων συνεχούς πάκτωσης (AA).
Απλά αγκύρια/ήλοι μερικής πάκτωσης (Partially Fixed Bolts)	PB	Το ίδιο όπως τα απλά αγκύρια συνεχούς πάκτωσης με την διαφορά ότι η ράβδος είναι πλήρως πακτωμένη σε τμήμα (προς το τυφλό άκρο) του μήκους της διάτρησης, ενώ κατά το υπόλοιπο μήκος της μπορεί να παραμορφώνεται ελεύθερα τοποθετημένη μέσα σε πλαστικό σωλήνα. Η λειτουργία του αγκυρίου είναι περισσότερο προορισμένη στο να μεταφέρει εφελκυστικές δυνάμεις σε πιο απομακρυσμένη μάζα του περιβάλλοντος πετρώματος. Το τσιμεντένεμα πάκτωσης γεμίζει το σύνολο του μήκους του διατρήματος.

<p>Αγκύρια σημειακής πάκτωσης μέσω ρητινικής κόλλας (Resin Rock Bolts)</p>	<p>RB</p>	<p>Ράβδος (συνήθως κυκλική ή άλλης διατομής) από χάλυβα ή άλλο υλικό (π.χ. υαλόνημα, σκληρό πλαστικό κ.λπ.) που πακτώνεται στο άκρο του με ρητινική κόλλα στο βάθος διατρήματος στο πέτρωμα. Η κόλλα αποτελείται από βάση (ρητίνη και άμμο ή ψηφίδες) και καταλύτη που είναι τοποθετημένα χωριστά μέσα σε κυλινδρική πλαστική ή υάλινη κάψα. Τα δύο συστατικά αναμιγνύονται όταν η συσκευασία τους διαλύεται με την εισαγωγή της ράβδου και το μίγμα σκληρύνεται σε μικρό χρόνο πακτώνοντας την ράβδο στο διάτρημα. Είναι χρήσιμα όταν απαιτείται η ταχεία ενεργοποίηση της πάκτωσης (είναι η κύρια διαφορά τους από τα απλά αγκύρια μερικής πάκτωσης AA-μπ) και με κατάλληλη επιλογή του μήκους της ρητινικής κάψας (μία ή περισσότερες εν σειρά) μπορεί να ορίζεται μεγαλύτερο μήκος στερέωσης ώστε να ασφαρίζεται αυτή υπό ελαστικότερες συνθήκες σκληρότητας της περιβάλλουσας μάζας (είναι η κύρια διαφορά τους από τα αγκύρια σημειακής πάκτωσης με μηχανισμό διαστελλόμενου άκρου). Το ελεύθερο άκρο της ράβδου στερεώνεται (με κοχλία ή με σφήνα) με την μεσολάβηση πλάκας διανομής. Μπορεί να επιβάλλεται μικρή ή μέση τάνυση (με δυναμόκλειδο ή συσκευή), ώστε να ελέγχεται η ενεργοποίηση της στερέωσης ή/και να επιβάλλεται κάποια αρχική δύναμη σύσφιξης. Η ικανότητα του αγκυρίου ελέγχεται από την αντοχή της ράβδου και την συνάφεια μεταξύ ράβδου-ρητινικής κόλλας - περιβάλλοντος πετρώματος. Η λειτουργία των αγκυρίων/ήλων αυτού του τύπου έγκειται στην δυνατότητα ανάληψης εφελκυστικών δυνάμεων στο ελεύθερο άκρο που μεταφέρεται σε απομακρυσμένη μάζα του περιβάλλοντος πετρώματος που δεν έχει αποσταθεροποιηθεί από την διάνοιξη της σήραγγας.</p>
<p>Αγκύρια σημειακής πάκτωσης με μηχανισμό διαστελλόμενου άκρου (Mechanically Anchored Bolts)</p>	<p>EB</p>	<p>Ράβδος (συνήθως κυκλικής ή άλλης διατομής) από χάλυβα (ενδεχομένως και από άλλο υλικό όπως υαλόνημα, σκληρό πλαστικό ή ανθρακόνημα) που στο άκρο του έχει μηχανισμό ο οποίος με περιστροφή της ράβδου μπορεί να διαστέλλεται σφηνούμενος στο περιβάλλον έδαφος. Η σφήνωση γίνεται στο βάθος διατρήματος, με διάμετρο ελαφρώς μεγαλύτερη εκείνης του μηχανισμού σε συνεσταλμένη κατάσταση και η στερέωση είναι τόσο καλύτερη όσο πιο ανθεκτικό είναι το περιβάλλον πέτρωμα και η έκταση της διαστολής που επιτυγχάνεται με στρέψη της ράβδου. Εξυπακούεται ότι η καλή πάκτωση προϋποθέτει τοποθέτηση του μηχανισμού σε θέση όπου το πέτρωμα είναι αρκετά συμπαγές και ανθεκτικό και αυτό συνεπάγεται ότι αυτό πρέπει να αναζητείται ενδεχομένως με μετατόπιση της θέσης του διαστελλόμενου άκρου. Η λειτουργία των αγκυρίων/ήλων αυτού του τύπου έγκειται στην δυνατότητα ανάληψης εφελκυστικών δυνάμεων στο ελεύθερο άκρο (με μεσολάβηση πλάκας διανομής και περικοχλίου) που μεταφέρεται σε απομακρυσμένη μάζα του περιβάλλοντος (σταθερού) πετρώματος. Είναι κατάλληλα για πετρώματα συμπαγή και αρκετά ανθεκτικά.</p>

Αγκύρια συνεχούς πάκτωσης με σφηνούμενο σχιστό σωλήνα (Split Pipe Rock Bolts)	SPL	Ράβδος σχισμένου κατά γενέτειρα σωλήνα από χάλυβα υψηλής αντοχής και σκληρότητας, που εισάγεται με πίεση ή και κρούσεις σε διάτρημα (ελαφρώς μικρότερης διαμέτρου). Έτσι σφηνώνεται σε όλο το μήκος του διατρήματος που βρίσκεται σε ανθεκτικό πέτρωμα. Το ελεύθερο άκρο του, μέσω πλάκας διανομής, στερεώνεται στα στοιχεία της άμεσης υποστήριξης της σήραγγας. Λειτουργεί με τις τριβές κατά το εμπηγμένο μήκος του, προσφέροντας σύσφιξη του πετρώματος. Η ικανότητά του εξαρτάται από την ανθεκτικότητα του πετρώματος ώστε να είναι συσφιγμένος ο σχισμένος σωλήνας και αναπτύσσεται αμέσως μετά την έμπηξη. Προσφέρεται για ανθεκτικά ρηγματωμένα πετρώματα αλλά μειονεκτεί λόγω της χαλάρωσης που μπορεί να επέλθει αργότερα.
Αγκύρια συνεχούς πάκτωσης διαστελλόμενου χαλυβδοσωλήνα απλού τύπου swellex (Swellex Rock Bolts)	SWX	Συνεπτυγμένος σωλήνας από χάλυβα υψηλής αντοχής που εισάγεται σε διάτρημα διαμέτρου ελαφρώς μικρότερης της ονομαστικής. Με υψηλή πίεση νερού ο συνεπτυγμένος σωλήνας διαστέλλεται συσφιγμένος σε όλο το μήκος του μέσα στο διάτρημα. Στο ελεύθερο άκρο της η σωληνωτή ράβδος, μέσω χαλύβδινης πλάκας διανομής, στερεώνεται δια περικοχλίου στα άλλα στοιχεία της υποστύλωσης της σήραγγας. Η ικανότητα του αγκυρίου ορίζεται από την εφελκυστική αντοχή του χαλυβδοσωλήνα και τις τριβές που αναπτύσσει αυτός διεσταλμένος με το περιβάλλον πέτρωμα. Τα προσόντα αυτού του τύπου αγκυρίων έγκεινται στην συμπίεση του πετρώματος και την αμεσότητα της λειτουργίας χωρίς να απαιτείται αναμονή στερέωσης με ένεμα ή κόλλα. Το μειονέκτημά τους έγκειται στην ενδεχόμενη χαλάρωση του δεσμού τους λόγω ερπυσμού του συστήματος συμπιεζόμενου πετρώματος και χάλυβα που μπορεί να εμφανίζεται μακροπροθέσμως. Η λειτουργία των αγκυρίων αυτών συνίσταται στην δυνατότητα ανάληψης εφελκυστικών δυνάμεων στα ελεύθερα άκρα τους και στην ενίσχυση του πετρώματος με τις τάσεις συμπίεσης και τριβής. Είναι κατάλληλα για σχεδόν κάθε είδους πέτρωμα πλην ασύνδετων και μη συνεκτικών υλικών που δεν επιτρέπουν την μόρφωση μη επενδεδυμένων διατρημάτων. Είναι πιο αποτελεσματικά στην συγκράτηση διαμορφωμένων σφηνών σε σκληρές βραχώμαζες λόγω της άμεσης επενέργειάς τους.
Αγκύρια συνεχούς πάκτωσης άκαμπτης ράβδου (Fully Grouted Pipe Bolts-Spiles)	SNp	Είναι αγκύρια συνεχούς πάκτωσης όπως τα απλά αγκύρια συνεχούς πάκτωσης (AA), με την διαφορά ότι η εισαγόμενη ράβδος (συνήθως χαλύβδινη ή από σκληρό πλαστικό, υαλόνημα ή ανθρακόνημα κ.λπ.) έχει μεγαλύτερη ακαμψία (διατομής σωλήνα ή συμπαγούς κυκλικής ή άλλης μορφής). Η ράβδος πακτώνεται με τσιμεντοκονία σε όλο το μήκος της μέσα σε διάτρημα που έχει καταλλήλως μεγαλύτερη διάμετρο σε σχέση με εκείνο των απλών αγκυρίων. Η λειτουργία των αγκυρίων αυτού του είδους ασκείται όχι μόνο με την τριβή που αναπτύσσεται κατά μήκος της ράβδου αλλά και με την ακαμψία της ράβδου μαζί με την τσιμεντοκονία που την συμπληρώνει (μέσα και γύρω από αυτήν). Στοχεύουν στην ενίσχυση του περιβάλλοντος γύρω από την σήραγγα αλλά και εμπρός από το μέτωπο εκσκαφής της και ακόμη και στην γεφύρωση του εκάστοτε εκσκαπόμενου μήκους της σήραγγας μέχρι να ολοκληρωθεί η άμεση προσωρινή υποστήριξη της σήραγγας. Τα αγκύρια αυτού του είδους είναι και λοξά ως προς τον άξονα της σήραγγας, προς την διεύθυνση εκσκαφής οπότε και ονομάζονται αγκύρια/ηλώσεις προενίσχυσης: προαγκύρωση (spiles) ή/και προπορείας (forepoles), ελαφρού, μέσου ή βαρέως τύπου.

<p>Απλά αυτοδιατρώμενα αγκύρια/ήλοι (Self Drilling) (Self Drilling Simple Bolts)</p>	<p>SDBr</p>	<p>Ράβδος, συνήθως χαλύβδινη ή από σκληρό πλαστικό, κυκλικής διατομής (συνήθως με ραβδώσεις ή ελικώσεις στην εξωτερική επιφάνεια και κεντρική αξονική οπή σε όλο το μήκος της), φέρει στο άκρο της κοπτικό εργαλείο μίας χρήσης. Με αυτή την ράβδο ως διατρητικό στέλεχος διανοίγεται το διάτρημα, η ράβδος εγκαταλείπεται παραμένουσα ως τένοντας και το διάκενο γεμίζει με τσιμεντένεμα που εισπιέζεται από την κεντρική οπή, δημιουργώντας αγκύριο πακτωμένο σε όλο του το μήκος. Η ικανότητα ελέγχεται από την εφελκυστική αντοχή της ράβδου και τις τάσεις τριβής μεταξύ ράβδου-τσιμεντένεματος και περιβάλλοντος πετρώματος. Η λειτουργία του έγκειται στην δυνατότητα ανάληψης εφελκυστικής δύναμης στο άκρο (που στερεώνεται με περικόχλιο και πλάκα διανομής στα στοιχεία της υποσύλωσης της σήραγγας) και στην ενίσχυση/συρραφή του πετρώματος μέσω των δυνάμεων τριβής. Στο ελεύθερο άκρο μπορεί να ασκηθεί ελαφρά δύναμη (με δυναμόκλειδο) για ενεργοποίηση της στερέωσης.</p>
<p>Αυτοδιατρώμενα αγκύρια/ήλοι (Self Drilling) σωληνωτού τύπου (Self Drilling Pipe Bolts/Spiles)</p>	<p>SDBp</p>	<p>Τα αγκύρια αυτά κατασκευάζονται με τον ίδιο τρόπο όπως τα απλά αυτοδιατρώμενα αγκύρια-self drilling (AA-AD) με την διαφορά ότι τα στελέχη διάτρησης (που εγκαταλείπονται στο διάτρημα ως τελικός οπλισμός) είναι σωλήνες μεγαλύτερης διαμέτρου. Έτσι έχουν μεγαλύτερη ακαμψία. Κατά τα λοιπά λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο όπως και τα απλά αυτοδιατρώμενα αγκύρια. Προσφέρονται περισσότερο για προενίσχυση προαγκύρωσης (spiles) ή/και προπορείας (forepoles).</p>
<p>Αγκυρώσεις συρματόσχοινου (Cable Anchors)</p>	<p>CA</p>	<p>Είναι χαλύβδινο συρματόσχοινο που πακτώνεται με τσιμεντένεμα σε όλο το μήκος του μέσα σε διατρήματα, με το ελεύθερο άκρο του στερεωμένο, με ειδική κεφαλή (κώνου, σφήνας κλπ.) και με μεσολάβηση χαλυβοπλάκας διανομής. Η ικανότητά του ορίζεται από την εφελκυστική αντοχή του συρματόσχοινου και από τις δυνάμεις τριβής στις διεπιφάνειες συρματόσχοινου-τσιμεντένεματος-περιβάλλοντος πετρώματος. Λειτουργεί μεταφέροντας δυνάμεις στο απομακρυσμένο άκρο του ή/και ενισχύοντας/συρράπτοντας την περιβάλλουσα εδαφική μάζα. Συνήθως χρησιμοποιείται σε προοδευτικές διανοίξεις όπου έχουν προεγκατασταθεί τα αγκύρια (με προοδευτικές αποκοπές ή/και αναστερεώσεις των συρματοσχοίνων), κατασκευασμένο από την ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους ή από άλλους γειτονικούς υπόγειους θαλάμους.</p>

<p>Προεντεταμένες αγκυρώσεις εδάφους (Prestressed Soil Anchors)</p>	<p>PSA</p>	<p>Τένοντας (συνήθως χαλύβδινος από κυκλικής διατομής ράβδο ή σύρματα ή συρματόσχοινο ή από άλλο υλικό) που πακτώνεται με τσιμεντένεμα στο απώτερο τμήμα του μέσα σε διάτρηση και με το υπόλοιπο εγγύτερο μήκος του να είναι ελεύθερο μέσα σε σωλήνα (μεταλλικό ή πλαστικό). Το ελεύθερο άκρο του, με την μεσολάβηση πλάκας διανομής, πακτώνεται με ειδική διάταξη (σφηνούμενους κυλίνδρους ή σφήνες ή περικόχλιο) αφού προηγουμένως έχει επιβληθεί ορισμένη (μετρίου ή μεγάλου μεγέθους) δύναμη προέντασης. Η ικανότητα της αγκύρωσης ορίζεται από την εφελκυστική αντοχή του τένοντα και από τις δυνάμεις τριβής/συνάφειας (ή και άλλως εξασφαλιζόμενες) κατά μήκος του μήκους πάκτωσης. Η λειτουργία των αγκυρώσεων αυτών έγκειται στην ικανότητα ανάληψης εφελκυστικής δύναμης ή/και αντίστοιχης επιβολής θλιπτικού φορτίου στην περιοχή στερέωσης του ελεύθερου άκρου. Οι αγκυρώσεις αυτού του είδους κατά κανόνα έχουν αρκετά μεγάλο μήκος ώστε να εξασφαλίζονται οι δυνάμεις πάκτωσης σε καταλλήλως απομακρυσμένη περιβάλλουσα μάζα του εδάφους.</p>
<p>Προεντεταμένες αγκυρώσεις βράχου (Prestressed Rock Anchors)</p>	<p>PRA</p>	<p>Το ίδιο όπως οι προεντεταμένες αγκυρώσεις εδάφους Πρα-εδ. Οι διαφορές έγκεινται κυρίως ως προς την τεχνολογία κατασκευής του διατρήματος και της μόρφωσης και της μεθόδου πάκτωσης του τένοντα.</p>

Οι απαιτήσεις ως προς την αντοχή σε διάρκεια των αγκυρίων, συνοπτικώς κατατάσσονται ως εξής:

Απαιτήσεις	Σύμβολο αντοχής σε διάρκεια	Διάρκεια		
		Προσωρινή ≤2έτη	Μέση ≤4έτη	Μόνιμη >4έτη
Απλή απαίτηση για το υλικό της ράβδου ή του τένοντα και χωρίς ιδιαίτερη απαίτηση προστατευτικής περιβολής πέραν εκείνης που χρειάζεται για την στερέωση/πάκτωση	d1	Ναι	Όχι	Όχι
Απλή απαίτηση για το υλικό της ράβδου ή του τένοντα αλλά με απαίτηση πλήρους περιβολής με προστατευτικό υλικό (τσιμεντοκονία ή άλλο υλικό άμεσης ή/ και συμπληρωματικής τοποθέτησης με εξασφάλιση ολόπλευρης ύπαρξης)	d2	Ναι	Ναι	Όχι
Απαίτηση ανθεκτικού σε διάβρωση υλικού ράβδου ή τένοντα <ul style="list-style-type: none"> - Μέσης αντιδιαβρωτικής ικανότητας (κράματα μέσης αντιδιαβρωτικής ανθεκτικότητας, σκληρά συνθετικά κ.λπ., απαιτείται ειδικό πιστοποιητικό) - Μεγάλης αντιδιαβρωτικής ικανότητας (ανοξειδωτος χάλυβας, υαλονήματα κ.λπ., απαιτείται ειδικό πιστοποιητικό) 	d3	Ναι	Ίσως	Όχι
	d3	Ναι	Ναι	Ίσως
Πολλαπλώς προστατευμένες ράβδοι ή τένοντες. Θα συγκεντρώνονται τρία τουλάχιστον προστατευτικά εφόδια: <ul style="list-style-type: none"> • Αντιδιαβρωτική επιφανειακή βαφή χάλυβα • Υψηλής αντιδιαβρωτικής ανθεκτικότητας υλικό ράβδου ή τένοντα • Εγκιβωτισμός (με τσιμεντοκονία ή χημικό υλικό ή με γράσο ή με άλλο υλικό) της ράβδου ή του τένοντα μέσα σε στεγανό μη διαβρώσιμο σωλήνα • Εξωτερική ολόπλευρη περιβολή της εξασφαλισμένης ράβδου ή τένοντα μέσα στο προστατευτικό της περίβλημα με τσιμεντοκονία ή άλλο υλικό) Απαιτείται ειδικό πιστοποιητικό	d4	Ναι	Ναι	Ναι

Η ολκιμότητα και η αντοχή του υλικού της ράβδου ή του τένοντα κατατάσσεται στις ακόλουθες κατηγορίες που συμβολίζονται αντιστοίχως στον επόμενο πίνακα

Τύπος υλικού ράβδου οπλισμού ή τένοντα	Συμβολισμός ολκιμότητας/αντοχής
Κανονικού τύπου	n
Όλκιμου τύπου (π.χ. μαγνανιούχος χάλυβας)	m
Υψηλής αντοχής	h

Ο Κύριος του Έργου ή ο προμηθεύων το σύστημα προδιαγράφει καταλλήλως τις ιδιότητες των υλικών.

Η ανθεκτικότητα του υλικού της ράβδου ή του τένοντα κατατάσσεται στις ακόλουθες κατηγορίες που συμβολίζονται αντιστοίχως στον επόμενο πίνακα:

Τύπος υλικού ράβδου ή τένοντα	Συμβολισμός ανθεκτικότητας σε διάβρωση
Κανονικός τύπος	s
Μέτριας ανθεκτικότητας	c
Υψηλής ανθεκτικότητας (π.χ. ανοξειδωτος χάλυβας)	x

Ο Κύριος του Έργου ή ο Κατασκευαστής καθορίζει τα χαρακτηριστικά των υλικών και ο Προμηθευτής τους παρέχει τα αντίστοιχα πιστοποιητικά.

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη των αγκυριών ορίζονται ως εξής:

Χαρακτηριστικά αγκυριών	Συμβολισμός
Διατομή ράβδου ή τένοντα	$\varnothing = \text{mm}$ ή $f = \text{mm}^2$
Φορτίο θραύσης ράβδου	F=KN
Ολικό μήκος αγκυρίου	L=m
Ελεύθερο μήκος αγκυρίου	l=m

Τα αγκύρια/ήλοι περιγράφονται συμβολικώς με ακολουθία χαρακτηρισμών ως εξής:

Τύπος βασικός αγκυρίου	Απαιτήση αντοχής σε διάρκεια του αγκυρίου (d1÷d4)	Ολκιμότητα ή αντοχή ράβδου ή τένοντα (n, m, h)	Ανθεκτικότητα σε διάρκεια ράβδου (s, c, x)	Χαρακτηριστικά μεγέθη αγκυρίου (Φ, F, L, l)

Π.χ. swx-d1-m-s- ($\varnothing = 41\text{mm}$, F=120KN, L=3m, l=0m)

Αγκύρια πάκτωσης διαστελλομένου χαλυβδοσωλήνα (τύπου Swellex), απλής απαίτησης, όλκιμου τύπου (MN), κανονικού τύπου

Διάμετρος (εξωτερική, διεσταλμένη) σωλήνα 41mm, φορτίο θραύσης 120KN,

Μήκος L=3,0m, χωρίς ελεύθερο μήκος (l=0)

Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι αναγκαίο η κατασκευή και στερέωση των αγκυριών να συνδυαστεί με ενέσεις βελτίωσης του πετρώματος, συνδυάζοντας καταλλήλως τις δύο κατασκευαστικές προσπτώσεις.

2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

2.1. ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ

- Τα συστήματα των αγκυρίων, πλην των τσιμενταρισμένης πάκτωσης, θα είναι τυποποιημένα και πιστοποιημένα προϊόντα κατασκευαστών με εξειδίκευση στην παραγωγή αγκυρίων και συναφών ειδών.

Όλα τα υλικά και προϊόντα θα συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις της προδιαγραφής και τα Ευρωπαϊκά ή Ελληνικά Πρότυπα. Όταν δεν υπάρχουν σχετικά Ευρωπαϊκά ή Ελληνικά Πρότυπα, η αποδοχή των προϊόντων θα γίνεται με την έγκριση της Υπηρεσίας και η εφαρμογή τους θα συμμορφώνεται με τις οδηγίες του Κατασκευαστή.

Όλα τα υλικά και τα προϊόντα που θα χρησιμοποιούνται στις αγκυρώσεις των σηράγγων θα είναι συμβατά με όλα τα άλλα χρησιμοποιούμενα υλικά και τους περιβαλλοντικούς όρους. Επίσης θα διαθέτουν όλες τις ιδιότητες που θα διασφαλίζουν την τεχνική διάρκεια ζωής και τις απαιτήσεις επιτελεστικότητας που έχουν τεθεί από την Μελέτη.

Το υλικό του στελέχους των αγκυρίων είναι συνήθως χάλυβας και σε μικρότερη έκταση υαλονήματα, γεωσυνθετικά και ανθρακονήματα.

Το στέλεχος των αγκυρίων μπορεί να είναι ολόσωμη ράβδος, κοίλη ράβδος ή οποιοδήποτε άλλου σχήματος διατομή. Η διαμόρφωση της επιφάνειας του στελέχους για τα ενεματούμενα αγκύρια θα εξασφαλίζει την απαιτούμενη συνάφεια με το ένεμα.

Όλα τα στελέχη των αγκυρίων θα ικανοποιούν τις απαιτήσεις της Μελέτης σχετικά με τα χαρακτηριστικά τάσεων - παραμορφώσεων, την ανθεκτικότητα και την αλληλεπίδραση γεωυλικού - αγκυρίου.

- Τα ενέματα αγκυρώσεων θα είναι εξασφαλισμένης ανθεκτικότητας στην διάβρωση σύμφωνα με την προδιαγεγραμμένη από την Μελέτη διάρκεια ζωής του αγκυρίου και συμμορφωμένα με την διαβρωτικότητα του εδαφικού περιβάλλοντος.

2.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΩΝ

- Η ολόσωμη χαλύβδινη ράβδος που χρησιμοποιείται ως στέλεχος αγκυρίου θα συμμορφώνεται με το πρότυπο prENV 10081-4:2002 " Steel for the reinforcement of concrete - Weldable reinforcing steel - Part 4: Technical delivery conditions for class C (will replace ENV 10080:1995) - Χάλυβες οπλισμού σκυροδεμάτων. Συγκολλησιμος νευροχάλυβας. Μέρος 4: Τεχνικοί όροι παράδοσης για χάλυβες κατηγορίας C (αντικαθιστά το πρότυπο ENV 10080:1995)".
- Η κοίλη χαλύβδινη ράβδος που χρησιμοποιείται ως στέλεχος αγκυρίου θα συμμορφώνεται με το πρότυπο EN 10210-1:1994 "Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain structural steels - Part 1: Technical delivery requirements -- Θερμικώς επεξεργασμένες κοιλοδοκοί από μη κραματικό λεπτόκοκκο δομικό χάλυβα. Μέρος 1: Τεχνικές απαιτήσεις παράδοσης". ή EN 10219-2:1997 " Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels - Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties -- Συγκολλητές κοίλες διατομές κατασκευών διαμορφωμένες εν ψυχρώ από μη κεκραμένους και λεπτόκοκκους χάλυβες κατασκευών - Μέρος 2: Ανοχές, διαστάσεις και ιδιότητες διατομών".
- Το προϊόν θερμής εξέλασης που χρησιμοποιείται ως στέλεχος αγκυρίου θα συμμορφώνεται με το πρότυπο EN 10025-1:2004 " Hot rolled products of structural steels - Part 1: General technical delivery conditions. -- Δομικοί χάλυβες θερμής εξέλασης. Μέρος 1: Γενικοί τεχνικοί όροι παράδοσης" ή EN 10113-1 " Hot-Rolled Products in Weldable Fine Grain Structural Steels

- Part 1: General Delivery Conditions Superseded by EN 10025-1:2004, EN 10025-3:2004 and EN 10025-4:2004 -- Προϊόντα ψυχρής εξελάσεως από συγκολλησίμους λεπτόκοκκους δομικούς χάλυβες. Μέρος 1: Γενικοί όροι παραδόσεως. Τα πρότυπα της σειράς EN 10113 έχουν αντικατασταθεί από τα πρότυπα της σειράς EN 10025:2004”.

- Τα χάλυβδινα προϊόντα προέντασης που χρησιμοποιούνται ως στέλεχος αγκυρίου θα συμμορφώνονται με το πρότυπο EN ISO 15630-3:2002 “ Steel for the reinforcement and prestressing of concrete - Test methods - Part 3: Prestressing steel (ISO 15630-3:2002) -- Χάλυβες οπλισμένου και προεντεταμένου σκυροδέματος. Μέθοδοι δοκιμών. Μέρος 3: Χάλυβες προέντασης”.
- Τα χάλυβδινα γαλβανισμένα προϊόντα που χρησιμοποιούνται ως στέλεχος αγκυρίου θα συμμορφώνονται με το πρότυπο EN ISO 1461:1999 “ Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles - Specifications and test methods (ISO 1461:1999) -- Θερμό γαλβάνισμα δι' εμβάπτισης διαμορφωμένων σιδηρών και χάλυβδινων στοιχείων. Προδιαγραφές και μέθοδοι δοκιμών”.
- Τα χάλυβδινα προϊόντα με επικάλυψη εν θερμώ ψεκαζομένου κράματος ψευδαργύρου - αλουμινίου που χρησιμοποιούνται ως στέλεχος αγκυρίου θα συμμορφώνονται με το πρότυπο EN ISO 14713:1999 “ Protection against corrosion of iron and steel in structures - Zinc and aluminium coatings - Guidelines (ISO 14713:1999) -- Αντιδιαβρωτική προστασία σιδήρου και χάλυβος κατασκευών. Επιστρώσεις ψευδαργύρου και αλουμινίου. Κατευθυντήριες οδηγίες”. Ο χρησιμοποιούμενος τύπος θα είναι (Zn85Al15)80, με ελάχιστο μέσο πάχος επικάλυψης 80 μm.
- Τα μη μεταλλικά στελέχη των αγκυρίων θα ικανοποιούν τις απαιτήσεις επιτελεστικότητας που έχουν τεθεί στην Μελέτη και τους όρους της παρ. 2.1.
- Εάν χρησιμοποιούνται μούφες ή σύνδεσμοι δεν θα επηρεάζουν την εφελκυστική αντοχή του στελέχους και την τεχνική διάρκεια ζωής του.
- Τα τσιμεντενέματα των αγκυρίων θα συμμορφώνονται με τα πρότυπα:
EN 445:1996 “ Grout for prestressing tendons - Test methods -- Ενέματα προεντεταμένων τενόντων - Μέθοδοι δοκιμής”
EN 446:1996 “ Grout for prestressing tendons - Grouting procedures -- Ενέματα προεντεταμένων τενόντων - Διαδικασίες έκχυσης” και
EN 447:1996 “ Grout for prestressing tendons - Specification for common grout -- Ενέματα προεντεταμένων τενόντων - Προδιαγραφή για συνήθη ενέματα.” και με τις προβλέψεις της παρούσας ή των αντίστοιχων επί μέρους προδιαγραφών.
- Τα ενέματα θα είναι συμβατά με τον τύπο και το είδος του στελέχους του αγκυρίου.
- Το τσιμέντο των ενεμάτων θα επιλέγεται ανάλογα με τον βαθμό προσβολής του περιβάλλοντος, την διαπερατότητα του γεωυλικού και την τεχνική διάρκεια ζωής του αγκυρίου. Ο βαθμός προσβολής του περιβάλλοντος θα καθορίζεται όπως στον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος.
- Ο λόγος νερού - τσιμέντου των ενεμάτων θα επιλέγεται ανάλογα με τις συνθήκες του γεωυλικού, την μέθοδο κατασκευής και τις απαιτήσεις ανθεκτικότητας και αντοχής.
- Τα πρόσμικτα που τυχόν θα χρησιμοποιηθούν θα συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του προτύπου:
EN 934-4:2001 “Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 4: Admixtures for grout for prestressing tendons - Definitions, requirements, conformity, marking and labelling -- Πρόσθετα

σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων - Μέρος 4: Πρόσθετα ενεμάτων για προεντεταμένους τένοντες - Ορισμοί, απαιτήσεις, συμμόρφωση, σήμανση και επισήμανση.”. Γενικά δεν θα χρησιμοποιούνται πρόσμικτα που περιέχουν περισσότερο από 0,1% κατά βάρος θειικά, νιτρικά ή χλωρικά άλατα. Πρόσμικτα που περιέχουν διογκούμενα υλικά μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο με την έγκριση της Υπηρεσίας (ή του Τεχνικού Συμβούλου).

- Όλες οι λεπτομέρειες για ενέματα βασιζόμενα σε ρητίνες θα είναι διαθέσιμες στην Υπηρεσία και θα δοκιμάζονται σύμφωνα με τις υφιστάμενες προδιαγραφές.
- Αν χρησιμοποιούνται προστατευτικές σωληνώσεις, αυτές θα μεταφέρουν πλήρως το φορτίο μεταξύ του στελέχους του αγκυρίου και του γεωυλικού και θα είναι αδιαπέραστες από το νερό. Οι συνδέσεις των σωλήνων θα διασφαλίζονται έναντι εισροής νερού ή υγρασίας με αποδεδειγμένη μέθοδο. Οι πλαστικές σωληνώσεις δεν θα παράγουν και δεν θα απελευθερώνουν χλωρίοντα.
- Σε όσα αγκύρια προβλέπεται, το άκρο που προεξέχει της οπής θα φέρει κατάλληλο σπείρωμα, στο οποίο θα είναι προσαρμοσμένο εξαγωνικό περικόχλιο βαρέως τύπου, ροδέλα από σκληρό χάλυβα, δύο ή περισσότερες σφηνοειδείς ροδέλες, όπως απαιτείται, και χαλύβδινη πλάκα έδρασης σχήματος δίσκου ή ειδικού σχήματος των κατάλληλων προδιαγραφών, με οπές ή εγκοπές για τις τσιμεντενώσεις.
- Τα ενεργητικά αγκύρια, τύπου σημειακής πάκτωσης, ολόσωμης πάκτωσης και τριβής, θα είναι φορτίου λειτουργίας σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Μελέτης, με συντελεστή ασφαλείας έναντι ορίου διαρροής μεγαλύτερο ή ίσο του ενάμισυ (1,50) ή με συντελεστή ασφαλείας έναντι ορίου θραύσης μεγαλύτερο ή ίσο του ένα και εβδομήντα πέντε (1,75).
- Η μέθοδος και οι λεπτομέρειες πάκτωσης των αγκυρίων, εκτός αυτών που χρησιμοποιούνται για την στερέωση του δομικού πλέγματος, θα επιλεγούν από τον Ανάδοχο και θα εγκριθούν από την Υπηρεσία, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των δοκιμών που καθορίζονται παρακάτω. Η αντοχή των πακτώσεων θα είναι τέτοια, που να επιτρέπει την ανάπτυξη φορτίου που αντιστοιχεί στο όριο διαρροής του υλικού των ήλων.
- Τα σπειρώματα των αγκυρίων και ολόκληρη η επιφάνεια των περικοχλίων και των ροδελών θα είναι καλυμμένα από το εργοστάσιο κατασκευής τους με εγκεκριμένο πλαστικό γράσο, του τύπου που χρησιμοποιείται για την προστασία των υφάλων των πλοίων και το οποίο θα περιέχει αντισκωριακά συστατικά, όπως συνιστά ο κατασκευαστής των αγκυρίων. Πριν από την τοποθέτηση των ήλων θα αφαιρείται το γράσο, θα καθαρίζονται το σπείρωμα και η επιφάνεια μεταξύ του περικοχλίου και της ροδέλας και θα επαλείφονται με λιπαντικό γράσο τύπου εγκεκριμένου από την Υπηρεσία, που θα προσφέρει την απαραίτητη λίπανση.
- Οπουδήποτε ζητήσει η Υπηρεσία και προκειμένου τα αγκύρια να χρησιμοποιηθούν ως ράβδοι στερέωσης επενδύσεων από σκυρόδεμα, οι εκτεθειμένες κεφαλές θα είναι εφοδιασμένες με συζευκτήρες (μούφες), ώστε να είναι δυνατή η προσάρτηση αγκίστρου κατ' επέκταση της χαλύβδινης ράβδου του αγκυρίου.

3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

3.1. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Πριν από την έναρξη των εργασιών κατασκευής των αγκυρώσεων θα συλλεχθούν όλες οι πληροφορίες, σε συμφωνία με την Μελέτη και το συμβατικό πλαίσιο. Οι πληροφορίες θα αφορούν, ενδεικτικά και όχι περιοριστικά:

- Πιθανές νομικές και υποχρεωτικές δεσμεύσεις και περιορισμούς.
- Θέσεις δικτύων, θεμελιώσεων και άλλων παρακείμενων ή υπερκείμενων κατασκευών.
- Πιθανές μελλοντικές κατασκευές που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ακεραιότητα και επιτελεσματικότητα των αγκυρώσεων.

Οι πληροφορίες αυτές θα τεθούν υπόψη της Υπηρεσίας, με επισήμανση των αναμενόμενων προβλημάτων πριν από την έναρξη της εργασίας.

Επίσης πριν από την έναρξη των εργασιών θα υποβληθεί στην Υπηρεσία προς έγκριση έκθεση για τα ακόλουθα:

- Την μέθοδο κατασκευής που θα ακολουθηθεί με αναλυτική παρουσίαση των κατασκευαστικών διαδικασιών και των ενσωματούμενων υλικών. Η έκθεση αυτή θα περιλαμβάνει, όχι όμως περιοριστικά, στοιχεία για τις μηχανικές ιδιότητες των αγκυρίων και των υλικών τους, τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά, την πραγματική επιφάνεια της διατομής στα τμήματα των αγκυρίων που φέρουν σπείρωμα, πλήρεις λεπτομέρειες για όλα τα εξαρτήματα (π.χ. διαστελλόμενες κεφαλές, προσαρτήματα για την τσιμεντένεσή τους), καθώς και πιστοποιητικά φυσικών και χημικών αναλύσεων για κάθε παρτίδα ή χύτευση χάλυβα, από τον οποίο είναι κατασκευασμένα τα αγκύρια που προτείνονται για χρήση. Η έκθεση θα περιλαμβάνει επίσης στοιχεία για την αντοχή θραύσης σε εφελκυσμό, για το όριο διαρροής και για την ποσοστιαία επιμήκυνση για αμφότερα τα τμήματα των αγκυρίων, με ή χωρίς σπείρωμα. Τα στοιχεία αυτά θα προέρχονται από πραγματικές εργαστηριακές δοκιμές, που θα έχουν εκτελεσθεί σε ανεξάρτητα εργαστήρια και σε υλικό ήλων ίδιο με αυτό που προτείνει να χρησιμοποιήσει ο Ανάδοχος. Τέλος, στην έκθεση αυτή ο Ανάδοχος θα υποβάλλει λεπτομερείς πληροφορίες ανάλογων εγκαταστάσεων αγκυρώσεων με επιτυχή λειτουργία, για μία περίοδο τουλάχιστον δύο ετών.
- Τις δοκιμαστικές, προκαταρκτικές αγκυρώσεις και τους απαιτούμενους κανονικούς ελέγχους (πλήρης περιγραφή).

3.2. ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ ΑΓΚΥΡΙΩΝ

Γενικά διακρίνονται οι ακόλουθες μέθοδοι διάτρησης και τοποθέτησης των αγκυρίων:

- Έμπηξη της ράβδου του αγκυρίου (χωρίς προδιάτρηση ή με διάτρηση μικρότερης διαμέτρου).
- Αρχική διάτρηση οπής, χωρίς σωλήνωση και εν συνεχεία τοποθέτηση του αγκυρίου.
- Αρχική διάτρηση οπής, με σωλήνωση και εν συνεχεία τοποθέτηση του αγκυρίου.
- Παράλληλη και ταυτόχρονη εκτέλεση της διάτρησης και τοποθέτησης του αγκυρίου.
- Διάτρηση οπής (με ή χωρίς σωλήνωση), καθαρισμός αυτής, πλήρης τσιμέντωση αυτής (με χαμηλή, μέση ή υψηλή πίεση αναλόγως των συνθηκών ή/και της επιδιωκόμενης βελτίωσης του εδάφους), επαναδιάτρηση στον ίδιο άξονα και εν συνεχεία τοποθέτηση του αγκυρίου.

Ο διατιθέμενος εξοπλισμός διάτρησης των οπών των αγκυρίων θα είναι κατάλληλος για διάτρηση σε οποιαδήποτε διεύθυνση μέσα στις σήραγγες.

Οι θέσεις, οι διατάξεις, οι διευθύνσεις της τοποθέτησης, τα μήκη και τα φορτία λειτουργίας των αγκυρίων θα είναι σύμφωνα με τα σχέδια και τις οδηγίες ή την έγκριση της Υπηρεσίας.

Η διάταξη, η πυκνότητα, η επιφάνεια εφαρμογής και τα μήκη των αγκυρίων που δείχνονται στα σχέδια μπορούν να τροποποιηθούν με έγκριση της Υπηρεσίας, ακολουθώντας τις διαδικασίες τροποποίησης και προσαρμογής της Μελέτης στις επί τόπου συνθήκες και με αξιοποίηση των μετρήσεων και παρατηρήσεων κατά την διάνοιξη της σήραγγας.

Η διεύθυνση των αγκυρίων που τοποθετούνται σε βραχομάζες θα προσαρμόζεται πάντοτε στα συστήματα των ασυνεχειών της βραχομάζας, ώστε να αποφεύγεται η χαλάρωσή της και η δημιουργία και αποκόλληση σφηνών. Η διεύθυνση των αγκυρίων θα σχηματίζει κατά κανόνα γωνία μεγαλύτερη των είκοσι (20) μοιρών ($^{\circ}$) με τις επιφάνειες των ασυνεχειών. Η παραπάνω προσαρμογή της διεύθυνσης των αγκυρίων ενδέχεται να δημιουργήσει απόκλιση από την θεωρητική διεύθυνσή τους που δείχνεται στα σχέδια, και να μην είναι πάντα κάθετη στην επιφάνεια της βραχομάζας.

Ο Ανάδοχος θα εκτελέσει δοκιμαστικά διατρήσεις και εγκαταστάσεις αγκυρίων, σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο παρόν άρθρο και τις οδηγίες της Υπηρεσίας, για να καθορίζεται κάθε φορά, ανάλογα με τις πραγματικές επιτόπιες συνθήκες, ο τύπος, το μέγεθος, η θέση, το μήκος κ.λπ. των αγκυρίων που θα χρησιμοποιούνται, σε συσχέτισμό με τα σχέδια και τις απαιτήσεις φέρουσας ικανότητας της Μελέτης. Ο Ανάδοχος θα διατηρεί δελτία όλων των δοκιμαστικών αγκυρίων.

Η διάτρηση μπορεί να εκτελείται με εξοπλισμό κρουστικού ή περιστροφικο-κρουστικού ή περιστροφικού τύπου. Η μέθοδος διάτρησης θα εξασφαλίζει την υλοποίηση των χαρακτηριστικών των διατρημάτων εντός των προδιαγραφόμενων ανοχών. Τα χαρακτηριστικά των διατρημάτων για την κατασκευή των αγκυρίων είναι:

- Η θέση του διατρήματος (συντεταγμένες της κεφαλής του διατρήματος).
- Η διεύθυνση (κλίση, αζιμούθιο).
- Η ευθύτητα του διατρήματος.
- Το μήκος του διατρήματος
- Η διάμετρος του διατρήματος.

Οι αποδεκτές αποκλίσεις από τις προδιαγραφόμενες στην Μελέτη τιμές των χαρακτηριστικών των διατρημάτων εξαρτώνται από τον τύπο του αγκυρίου και τις απαιτήσεις επιτελεστικότητας. Για τον καθορισμό των ανοχών στα χαρακτηριστικά των διατρημάτων θα γίνεται διάκριση σε αγκύρια “μαζικής” αγκύρωσης τύπου A, για τα οποία αρκεί η ορθή λειτουργία του μέσου όρου του εφαρμοζόμενου συστήματος και σε ειδικά αγκύρια τύπου B, που τοποθετούνται σε μικρό αριθμό καθ’ ομάδες και απαιτείται ορθή λειτουργία κάθε ιδιαίτερου αγκυρίου (π.χ. μικροπάσσαλοι έδρασης elephant foot, προσανατολισμένα αγκύρια στερέωσης σφηνών) και επομένως μικρότερες ανοχές.

Για τα αγκύρια τύπου A, αν δεν ορίζεται διαφορετικά στην Μελέτη, για τις ανοχές των χαρακτηριστικών των διατρημάτων θα ισχύουν τα εξής:

- Η απόκλιση των οπών από την θεωρητική θέση τους δεν θα υπερβαίνει τα 10 (δέκα) cm και σε γωνία $\pm 10^{\circ}$.
- Η απόκλιση την θεωρητική διεύθυνση της διάτρησης δεν θα υπερβαίνει $\pm 10^{\circ}$ των οπών. Ενδέχεται να απαιτηθεί οπές μήκους άνω των 20 (είκοσι) μέτρων να ελέγχονται ως προς την απόκλιση. Αυτό θα γίνεται με χρήση ειδικού οργάνου προσανατολισμού (φωτοκαθετόμετρο), τύπου εγκεκριμένου από την Υπηρεσία), το οποίο θα προσκομίσει ο Ανάδοχος. Αυτές οι μετρήσεις θα εκτελούνται σε διαστήματα όχι μεγαλύτερα από δέκα (10) m. Η μέγιστη επιτρεπόμενη συνολική απόκλιση από την κατακόρυφο ή από τον θεωρητικό άξονά της θα είναι δύο τοις εκατό (2%) του αντίστοιχου βάθους διάτρησης. Εάν η απόκλιση που μετρήθηκε είναι μεγαλύτερη από τα προδιαγραφόμενα όρια, η Υπηρεσία μπορεί να αποδεχθεί ή να απορρίψει την οπή αυτή κατά την απόλυτη κρίση της.
- Η ευθύτητα του διατρήματος για μήκη έως 7 μέτρα δεν θα ελέγχεται παρά μόνο μετά από απαίτηση της Υπηρεσίας με τρόπο και μέθοδο της αποδοχής της ανάλογα με τις επί τόπου συνθήκες (π.χ. χρήση κατάλληλου οδηγού). Για διατρήματα μεγαλύτερου μήκους η ευθύτητά

τους θα ελέγχεται με χρήση κατάλληλων οδηγών ή άλλων αποδεκτών από την Υπηρεσία μεθόδων.

- Το διάτρημα θα απορρίπτεται για κατασκευή αγκυρίου αν είναι μικρότερου μήκους από αυτό που προβλέπει η Μελέτη.
- Οι ανοχές της διαμέτρου του διατρήματος θα καθορίζονται ανάλογα με το είδος και την επιτελεσματικότητα των αγκυρίων και σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του διατρήματος. Η επίδραση της διαμέτρου στην επιτυχία της αγκύρωσης κατά είδος κατατάσσεται ποιοτικά ως κρίσιμη: στα αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης με ρητίνη, στα αγκύρια Swellex, στα αγκύρια Split-set. Η διάμετρος θα βρίσκεται αυστηρά στα προδιαγραφόμενα από τον Κατασκευαστή όρια.
- Στα αγκύρια μηχανικής αγκύρωσης άκρου η διάμετρος του διατρήματος θα είναι μέχρι το 60% της μέγιστης διαμέτρου της αγκυροκεφαλής.
- Στην περίπτωση που σε αυτά τα είδη αγκυρίων δεν είναι δυνατή η υλοποίηση διαμέτρου με τις επιτρεπτές ανοχές, θα εξετάζεται η αλλαγή του είδους της αγκύρωσης, ώστε να μην επηρεάζεται από την ακρίβεια της διαμέτρου.

Μετά την ολοκλήρωση της διάτρησης γίνεται καθαρισμός της οπής (με πεπιεσμένο αέρα ή και νερό) ώστε να απομακρυνθούν λάσπες ή σωματίδια που μπορεί να μειώνουν την στερέωση της ράβδου. Αν χρησιμοποιείται νερό για τον καθαρισμό, θα περιορίζεται στην μικρότερη δυνατή ποσότητα και πάντως δεν θα εφαρμόζεται σε διογκούμενα υλικά. Εάν κατά τον καθαρισμό διαπιστώνεται υπερβολικά μεγαλύτερη διάμετρος της οπής ή ύπαρξη μεγάλων κενών ή αδυναμία καθαρισμού σε βαθμό που να καθίσταται προβληματική η καλή στερέωση των ράβδων, τα διατρήματα σφραγίζονται με τσιμεντοκονία που εισάγεται υπό πίεση και μετά την πήξη της επαναλαμβάνεται η διάτρηση ώστε να επιτευχθεί ικανοποιητική κατάσταση οπής.

Η Μελέτη είναι δυνατόν να θέσει διαφορετικά τα παραπάνω όρια ανάλογα με τον τύπο και τον σκοπό των αγκυρίων.

3.3. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΓΚΥΡΙΩΝ

3.3.1. Γενικά

Τα αγκύρια θα προμηθεύονται σε μήκη και μεγέθη και θα τοποθετούνται σε διατάξεις και σχηματισμούς σύμφωνα με τα σχέδια και με τις οδηγίες και τις εγκρίσεις της Υπηρεσίας.

Ο Ανάδοχος οφείλει να έχει πάντοτε διαθέσιμα στο εργοτάξιο τουλάχιστον είκοσι (20) τεμάχια για προεκτάσεις αγκυρίων, μήκους περίπου μισού (0,50) m το κάθε ένα, πλήρη, με μούφες, ώστε εάν οι συνθήκες πάκτωσης για κάποιο αγκύριο το απαιτήσουν, να είναι δυνατή η επέκταση αυτού. Δεν απαιτούνται τεμάχια προέκτασης για τα μικρά αγκύρια που χρησιμοποιούνται για την στερέωση του πλέγματος.

Ο Ανάδοχος θα διακινεί και θα τοποθετεί όλα τα αγκύρια και τα παρελκόμενά τους με έντεχνο τρόπο, σύμφωνα με τις οδηγίες του Κατασκευαστή, λαμβάνοντας υπ' όψη τον χαρακτήρα της βραχομάζας που συναντάται και σύμφωνα με την καλύτερη σύγχρονη πρακτική.

Αντίγραφα των οδηγιών του Κατασκευαστή θα δοθούν στην Υπηρεσία εις διπλούν, για να τα συμβουλευέται στο εργοτάξιο.

Το μέτωπο του βράχου θα έχει επίπεδη επιφάνεια ώστε η πλάκα έδρασης να μεταβιβάζει τα φορτία πάνω του.

3.3.2. Εγκατάσταση αγκυρίων

Στην περίπτωση των ενεργητικών αγκυρίων, ο μηχανισμός πάκτωσης θα τοποθετείται σύμφωνα με τις οδηγίες του Κατασκευαστή. Αν δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί ικανοποιητική πάκτωση, η Υπηρεσία δύναται να ζητήσει την αύξηση του μήκους της οπής και την χρήση μακρύτερου ήλου ή την χρήση τεμαχίων προέκτασης.

Η προετοιμασία για την πλήρωση των οπών με ένεμα θα γίνει κατά την τοποθέτηση των αγκυρίων. Η προετοιμασία αυτή θα περιλαμβάνει την αφαίρεση του γράσου του εργοστασίου και οποιουδήποτε άλλου εργοστασιακού λιπαντικού από την ράβδο του αγκυρίου, την εφαρμογή λιπαντικού στα σπειρώματα σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην προηγούμενη παράγραφο, την κέντρωση του αγκυρίου μέσα στην οπή, την τοποθέτηση σωλήνων ενεμάτωσης και εξαερισμού όπως απαιτείται, το σφράγισμα της οπής κάτω από την πλάκα έδρασης με τσιμεντοκονία ταχείας πήξης, την εφαρμογή τσιμεντοκονίας κάτω από την πλάκα έδρασης και την τάνυση του αγκυρίου όπως απαιτείται, ώστε να επιτευχθεί καλή έδραση της πλάκας επί του κονιάματος και του βράχου που πρέπει να αποξένεται ώστε να παρέχει καλή επιφάνεια έδρασης.

Η σύνθεση της προαναφερθείσας τσιμεντοκονίας θα είναι τέτοια, ώστε ο χρόνος πήξης αυτής να είναι περίπου δέκα (10) λεπτά.

Η διαδικασία εγκατάστασης θα είναι τέτοια, ώστε να μην παθαίνει ζημιά το προεξέχον σπείρωμα στην άκρη του αγκυρίου. Εκτός αν δείχνεται διαφορετικά στα σχέδια, το σπείρωμα αυτό θα εκτείνεται τουλάχιστον πέντε (5) cm πέρα από το περικόχλιο, ώστε να υπάρχει αρκετό μήκος για την τοποθέτηση συσκευής δοκιμαστικής τάνυσης ή δομικού πλέγματος ή συρματοπλέγματος, με πρόσθετη πλάκα και περικόχλιο, ή άλλων συσκευών, όπως απαιτείται.

Μεταξύ της πλάκας έδρασης και της ροδέλας από σκληρό χάλυβα, θα τοποθετούνται και θα προσαρμολίζονται σφηνοειδείς ροδέλες κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται επιφάνεια έδρασης του περικοχλίου κάθετη προς το αγκύριο. Η ροδέλα από σκληρό χάλυβα θα τοποθετείται αμέσως πριν τοποθετηθεί το περικόχλιο. Στην συνέχεια, στο σπείρωμα που θα έχει ήδη καθαριστεί από το εργοστασιακό γράσο, εφαρμόζεται εγκεκριμένο λιπαντικό, όπως και στην επιφάνεια επαφής ροδέλας και περικοχλίου.

Το περικόχλιο θα πρέπει να κινείται ελεύθερα στο αγκύριο και θα συσφιχθεί μέχρι να επιτευχθεί η απαιτούμενη ροπή στρέψης, όπως αυτή θα καθορισθεί από τα αποτελέσματα των δοκιμών που θα εκτελεστούν όπως περιγράφεται παρακάτω και θα εγκριθεί από την Υπηρεσία. Τα περικόχλια θα βρίσκονται σε κίνηση κατά την σύσφιξη, όταν θα μετράται η ροπή στρέψης.

Η τάνυση των αγκυρίων αναλόγως του τύπου τους δύναται να γίνει είτε με δυναμόκλειδο πεπιεσμένου αέρα ή με μηχανικό δυναμόκλειδο, που θα έχουν την δυνατότητα προεπιλογής της εφαρμοστέας ροπής στρέψης, είτε τέλος με υδραυλικό γρύλο. Ο Ανάδοχος θα διαθέτει στο εργοτάξιο εφεδρική συσκευή τάνυσης των αγκυρίων.

Μετά την εγκατάστασή τους, τα αγκύρια θα ελέγχονται με δυναμόκλειδο, για να εξακριβωθεί τυχόν σημαντική μείωση του φορτίου τους. Εάν από την δοκιμή ευρεθεί τέτοια μείωση, ο Ανάδοχος θα λαμβάνει μέτρα θεραπείας κατά τις οδηγίες της Υπηρεσίας, η οποία έχει την δυνατότητα να δώσει εντολή να γίνει ένα από τα εξής ή και όλα μαζί:

- α. Να αυξηθεί η ένταση των αγκυρίων.
- β. Να μειωθεί η απόσταση μεταξύ αγκυρίων που θα τοποθετηθούν στο μέλλον.
- γ. Να τοποθετηθούν πρόσθετα αγκύρια, ώστε να μειωθεί η απόσταση μεταξύ των υφισταμένων.
- δ. Να γίνουν πρόσθετες δοκιμαστικές αγκυρώσεις

Μετά την ολοκλήρωση της τάνυσης του ήλου, το φορτίο δεν θα ελαττωθεί για την πλήρωση της οπής με ένεμα ή για οποιονδήποτε άλλο λόγο. Μετά την αρχική τοποθέτηση, ο Ανάδοχος θα μετρήσει και θα καταγράψει την ροπή στρέψης και θα επανατανύσει, όπως απαιτείται, οποιαδήποτε αγκύρια δεν έχουν πληρωθεί με ένεμα.

3.3.3. Ενεμάτωση αγκυρίων

Τα παθητικά αγκύρια που πακτώνονται με τσιμεντένεμα σε όλο το μήκος τους ή και τα ενεργητικά που πακτώνονται με τσιμεντένεμα στο μήκος στερέωσής τους, μπορούν να ενεματώνονται πριν (προτιμότερο για τα αγκύρια πλήρους πάκτωσης) ή αμέσως μετά την εισαγωγή της ράβδου/τένοντα.

Τα ενεργητικά αγκύρια, μετά την τοποθέτηση του κοχλία και την τάνυσή τους, θα τσιμεντώνονται συμπληρωματικώς και για προστασία σε όλο το μήκος τους, εκτός αν δοθεί διαφορετική εντολή από την Υπηρεσία. Οι πλαστικοί σωλήνες τσιμεντένεσης και εξαερισμού θα προσδένονται πάνω στην ράβδο του αγκυρίου και θα εισάγονται μαζί της στην οπή. Το ίδιο ισχύει και για τα παθητικά αγκύρια που τοποθετούνται στον θόλο των σηράγγων ή σε θέσεις όπου το ένεμα πλήρωσης της οπής μπορεί να ρεύσει δια της βαρύτητας. Σε άλλες θέσεις, στα παθητικά αγκύρια η ένεση πληροί την οπή εξαρχής με ένεμα.

Πριν από την πλήρωση των οπών με ένεμα, θα μετράται το φορτίο σε κάθε αγκύριο με την χρήση μηχανικού δυναμόκλειδου ή δυναμόκλειδου πεπιεσμένου αέρα ή υδραυλικού γρύλου και θα καταγράφεται η σχετική μέτρηση. Εάν η μέτρηση δείχνει ότι το αγκύριο τανύθηκε σε φορτίο μικρότερο από το απαιτούμενο, το αγκύριο θα επανατανύεται όσο απαιτείται, με σύσφιξη του περικοχλίου.

Οι οπές των αγκυρίων στην επιφάνεια του γεωυλικού θα σφραγίζονται σύμφωνα με τις οδηγίες του Κατασκευαστή. Το σφράγισμα θα ελέγχεται πριν από την ενεμάτωση και, όπου απαιτείται, θα επιδιορθώνεται. Το ένεμα θα εισπιέζεται με αρκετή πίεση, ώστε να γεμίζει πλήρως η οπή, χρησιμοποιώντας αντλία ενέματος, ελάχιστης ικανότητας επτακοσίων (700) kPa.

Ένα αγκύριο θα θεωρείται ότι έχει πληρωθεί με ένεμα όταν παρατηρηθεί σταθερή επιστροφή ενέματος μέσα από τον σωλήνα εξαέρωσης ή από την διαμήκη κεντρική οπή κοίλου αγκυρίου. Αν, κατά την διάρκεια ενεμάτωσης, παρατηρηθεί ροή ενέματος από σημεία γύρω από το αγκύριο ή από γειτονικά σημεία στην βραχομάζα, οι διαρροές αυτές θα εμφραχθούν, ώστε να σταματήσει η περαιτέρω διαρροή ενέματος.

Το ένεμα θα είναι μίγμα νερού - τσιμέντου, με λόγο περίπου τέσσερα (4) προς δέκα (10) κατά βάρος ή όπως συνιστά ο Κατασκευαστής των αγκυρίων. Το ένεμα θα αναμιγνύεται κατ' ελάχιστο για τρία (3) λεπτά σε αναδευτήρα υψηλής ταχύτητας, προτού εισπιαστεί στην οπή.

Η συμπληρωματική/προστατευτική ενεμάτωση των αγκυρίων θα γίνεται σε επτά (7) ημέρες από την τάνυσή τους ή προτού η εκσκαφή προχωρήσει περισσότερο από τριάντα (30) m από την θέση του αγκυρίου, οποιοδήποτε από τα δύο συμβεί γρηγορότερα, εκτός αν δείχνεται διαφορετικά στα σχέδια ή δοθούν διαφορετικές οδηγίες ή εγκρίνει διαφορετικά η Υπηρεσία.

Ιδιαίτερη φροντίδα θα δίνεται στην προστασία των κεφαλών των αγκυρίων από την διάβρωση. Οι κεφαλές που δεν καλύπτονται από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή δεν ενσωματώνονται σε σκυρόδεμα, θα προστατευθούν με κονίαμα εκτοξευομένου σκυροδέματος ή με ασφαλτικά υλικά.

4. ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ

4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Δοκιμές των αγκυρίων θα εκτελεσθούν από τον Ανάδοχο στο εργοτάξιο, όπως παρακάτω:

α. Προκαταρκτικές Δοκιμές Εξόλκευσης

Οι δοκιμές αυτές θα εκτελεστούν πριν από την έναρξη των εργασιών εκσκαφών της σήραγγας (ή/και με την προσέγγιση της σήραγγας σε διαφορετικό γεωυλικό), προκειμένου αφ' ενός μεν να δείξουν την καταλληλότητα των αγκυρίων και των πακτώσεών τους, που προτείνει ο Ανάδοχος να χρησιμοποιήσει στο έργο και να επιβεβαιώσουν τις τιμές που η Μελέτη θεώρησε για την διαστασιολόγηση των αγκυρίων, αφ' ετέρου δε, όπου απαιτείται, να προσδιοριστεί η σχέση ροπής στρέψης - φορτίου, ώστε να καθοριστεί η απαιτούμενη ροπή στρέψης για την τάνυση των αγκυρίων. Μεταξύ των άλλων, κύριος στόχος είναι ο καθορισμός και η επιβεβαίωση της χαρακτηριστικής αντοχής συνάφειας στις διεπιφάνειες του αγκυρίου που έχει θεωρήσει η Μελέτη. Αυτό συνήθως περιλαμβάνει φόρτιση του αγκυρίου μέχρι την αστοχία ή μέχρι την τιμή του φορτίου λειτουργίας πολλαπλασιασμένη επί τον μερικό συντελεστή ασφαλείας που χρησιμοποιήθηκε στην Μελέτη και διαστασιολόγηση του αγκυρίου.

Τριάντα (30) τουλάχιστον ημέρες πριν από την έναρξη των εκσκαφών, ο Ανάδοχος θα προσκομίσει στο εργοτάξιο πέντε (5) δείγματα από κάθε τύπο αγκυρίων που προτίθεται να χρησιμοποιήσει στο έργο, σε κατάλληλα μήκη σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην Σύμβαση, με όλα τα εξαρτήματά τους και τα στοιχεία πάκτωσης. Τα αγκύρια θα εγκατασταθούν και θα δοκιμαστούν στο εργοτάξιο σε θέσεις εγκεκριμένες από την Υπηρεσία και παρουσία της, προκειμένου αφ' ενός μεν να δειχθεί ότι οι επιτυγχανόμενες πακτώσεις είναι σε θέση να αναπτύξουν την αντοχή διαρροής των αγκυρίων, αφ' ετέρου δε να καθοριστεί η σχέση ροπής στρέψης - φορτίου των αγκυρίων. Τα αποτελέσματα των προσδιορισμών των σχέσεων ροπής στρέψης - φορτίου θα χρησιμοποιηθούν για να καθοριστεί η ροπή στρέψης που θα εφαρμοστεί ανά τύπο αγκυρίου. Εκτός αν δοθούν αντίθετες οδηγίες από την Υπηρεσία, σαν εφαρμόσιμη ροπή στρέψης για την τοποθέτηση των αγκυρίων θα θεωρηθεί η ροπή η οποία, εφαρμοζόμενη στο αγκύριο, του δημιουργεί εφελκυστικό φορτίο ίσο με το φορτίο λειτουργίας. Εάν τα αποτελέσματα των προκαταρκτικών δοκιμών εξόλκευσης δείξουν, κατά την γνώμη της Υπηρεσίας, ότι τα δείγματα των αγκυρίων ή/και οι πακτώσεις τους που δοκιμάστηκαν δεν είναι ικανοποιητικά, ο Ανάδοχος υποχρεούται να προμηθευτεί δείγματα εναλλακτικών αγκυρίων ή/και πακτώσεων και να προχωρήσει σε πρόσθετες δοκιμές, όπως απαιτούνται κατά την κρίση της Υπηρεσίας, για να αποδείξει την καταλληλότητα των αγκυρίων και των πακτώσεών τους που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Ο Ανάδοχος δεν θα παρεκκλίνει από την χρήση των υλικών και των εφαρμόσιμων ροπών στρέψης που έχει εγκρίνει η Υπηρεσία για κάθε τύπο αγκυρίου ή/και πάκτωσης αυτού, προκειμένου να εφαρμοστούν στο Έργο, εκτός αν τέτοια παρέκκλιση εγκριθεί γραπτά από την Υπηρεσία.

Γενικώς απαιτείται επαρκής αριθμός αγκυρίων δοκιμαστικής κατασκευής ώστε να αποδειχθεί η καταλληλότητα των υλικών, η ικανότητα των ενεργειών και η ικανότητα ανάπτυξης της επιθυμητής αντοχής. Ο αριθμός αυτός δεν θα είναι μικρότερος από 3 για κάθε περίπτωση συνθηκών χώρου και πετρώματος.

β. Συστηματικές Δοκιμές Ποιοτικού Ελέγχου και Επανατάνυση

Οι δοκιμές αυτές θα εκτελούνται σε συνεχή και συστηματική βάση, με την πρόοδο της εκσκαφής και της διάνοιξης της σήραγγας, σε όλες τις περιοχές που εγκαθίστανται ή έχουν εγκατασταθεί αγκύρια. Οποτεδήποτε κρίνεται απαραίτητο, με βάση τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών, τα αγκύρια θα επανατανύονται (όπου υπάρχει τέτοιο είδος αγκυρίων).

Αυτές οι δοκιμές εφαρμόζονται στα πλαίσια του ποιοτικού ελέγχου, για να αποδείξουν ότι οι μέθοδοι κατασκευής των αγκυρίων στα συναντώμενα γεωυλικά οδηγούν τελικά στην χρήση αγκυρίων με ικανοποιητικά και αποδεκτά χαρακτηριστικά φορτίων - μετακινήσεων. Αυτό συνήθως περιλαμβάνει φόρτιση του αγκυρίου μέχρι την τιμή του φορτίου λειτουργίας πολλαπλασιασμένη επί κάποιο συντελεστή K που θα αποφασίζεται με την Υπηρεσία. Ο συντελεστής K θα κυμαίνεται από 1,1 έως 1,5 και πάντως δεν θα υπερβαίνει τον μερικό συντελεστή ασφαλείας που χρησιμοποιήθηκε στην Μελέτη για την διαστασιολόγηση του αγκυρίου.

Ο Ανάδοχος θα αναπτύξει και θα θέσει σε εφαρμογή πρόγραμμα για τον έλεγχο των φορτίων των αγκυρίων που εγκαθίστανται σε όλες τις περιοχές της σήραγγας. Αγκύρια που έχουν αναπτύξει φορτίο μικρότερο από το προβλεπόμενο, θα επαναταυθούν προκειμένου να επιτευχθεί το απαιτούμενο φορτίο λειτουργίας. Το υπ' όψη πρόγραμμα θα εκτελείται πάνω σε συστηματική και συνεχή βάση, καθ' όλη την διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών εκσκαφών της σήραγγας και μέχρι την αποπεράτωσή τους. Κατά την διάρκεια των εργασιών ο Ανάδοχος θα πραγματοποιεί μία (1) τουλάχιστον εξόλκευση για κάθε διακόσια (200) τοποθετημένα αγκύρια εκτός εάν από την Μελέτη προβλέπεται διαφορετικά. Η επιλογή των αγκυρίων, στα οποία θα γίνεται δοκιμή εξόλκευσης, θα γίνεται από την Υπηρεσία, τυχαία από το πλήθος των ήδη εγκατεστημένων.

Τα ενεργητικά αγκύρια θα είναι χωρίς τσιμεντένεμα και θα επιλέγονται κατά τυχαίο τρόπο, σύμφωνα με τις οδηγίες της Υπηρεσίας. Οι δοκιμές θα συνίστανται σε μέτρηση της πραγματικής ροπής στρέψης που απαιτείται για να στρίψει το περικόχλιο. Όταν θα μετράται η ροπή, το περικόχλιο θα βρίσκεται σε κίνηση, αλλά η στροφή του δεν θα πρέπει να υπερβεί τις πέντε (5) μοίρες ($^{\circ}$) περίπου για κάθε μέτρηση της ροπής.

γ. Ειδικές Δοκιμές

Οι δοκιμές αυτές θα εκτελούνται σύμφωνα με τις οδηγίες και τις εντολές της Υπηρεσίας.

Ο Ανάδοχος θα καταγράφει τα αποτελέσματα όλων των δοκιμών κατά τρόπο αποδεκτό από την Υπηρεσία και θα υποβάλλει αντίγραφα των αποτελεσμάτων στην Υπηρεσία, όχι αργότερα από το τέλος της επόμενης βάρδιας μετά από εκείνη, κατά την διάρκεια της οποίας έγιναν οι δοκιμές.

Η συχνότητα των δοκιμών θα προδιαγράφεται στην Μελέτη με βάση την θεώρηση των επιπτώσεων αστοχίας. Πάντως θα είναι τουλάχιστον 5% για τα πρώτα 100 αγκύρια και 2,5% για την συνέχεια.

Αν η εκσκαφή της σήραγγας γίνεται με εκρηκτικά, κάθε αγκύριο σε απόσταση 3 m από το μέτωπο θα ξαναδοκιμάζεται και αναλόγως θα επαναφέρεται στο φορτίο του ή θα αντικαθιστάται.

4.2. ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΔΟΚΙΜΩΝ

Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει, δύο (2) σειρές εγκεκριμένου εξοπλισμού εξόλκευσης για την εκτέλεση των δοκιμών. Η κάθε σειρά εξοπλισμού θα περιλαμβάνει μετρητή οπής, κατάλληλο εργαλείο έντασης (συνήθως υδραυλικό γρύλο) και μετρητή, βαθμονομημένα με ακρίβεια, εξαρτήματα για την προσαρμογή του γρύλου στο άκρο του αγκυρίου, υδραυλική αντλία εφοδιασμένη με μανόμετρο, μηκυνσιόμετρο για την μέτρηση της επιμήκυνσης των αγκυρίων και των μετακινήσεων και όλα τα λοιπά, απαραίτητα για την ορθή εκτέλεση των δοκιμών εξαρτήματα, συμπεριλαμβανομένων των λιπαντικών.

Το εργαλείο έντασης, που είναι συνήθως υδραυλικός γρύλος, θα έχει ονομαστική ικανότητα τουλάχιστον 50% μεγαλύτερη από το μέγιστο φορτίο δοκιμής. Η διάταξη του γρύλου θα είναι τέτοια που δεν θα απαιτεί επανέδραση κατά την διάρκεια της δοκιμής. Η διάταξη του εργαλείου έντασης

θα επιτρέπει την ομαλή και συνεχή εφαρμογή του φορτίου αξονικά στο δοκιμαζόμενο αγκύριο, τόσο κατά την αύξηση όσο και κατά την μείωση του φορτίου.

Το εξάρτημα μέτρησης του φορτίου θα μετρά είτε έμμεσα με βαθμονομημένα ηλεκτρονικά πιεζόμετρα (pressure gauges) που μετρούν την υδραυλική πίεση του γρύλου, είτε άμεσα με χρήση ενός κελιού φορτίου. Τα ηλεκτρονικά μηκυσιόμετρα και τα κελιά φορτίου θα βαθμονομούνται με ακρίβεια τουλάχιστον 2% του μέγιστου φορτίου δοκιμής.

Το εργαλείο έντασης θα στηρίζεται σε ικανής ακαμψίας σύστημα ή πλαίσιο.

Το εξάρτημα μέτρησης των μετακινήσεων θα βαθμονομείται έτσι ώστε να έχει ακρίβεια ανάγνωσης $\pm 0,1$ mm. Η στήριξη του μηκυσιομέτρου θα είναι ανεξάρτητη από το εργαλείο έντασης και το πλαίσιο του, ενώ θα είναι επαρκώς άκαμπτη, κατάλληλη για λειτουργία στο περιβάλλον της σήραγγας.

Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει επίσης μηχανικά δυναμόκλειδα, κατάλληλα για την μέτρηση της ροπής στρέψης στα αγκύρια. Τα δυναμόκλειδα θα είναι τέτοιου μεγέθους, ώστε να δύνανται να αναπτύξουν το φορτίο διαρροής σε όλα τα αγκύρια που ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν στο Έργο, θα έχουν δυνατότητα προεπιλογής της ροπής στρέψης που θα εφαρμοσθεί, και ηχητική ένδειξη ότι η ροπή που έχει προεπιλεγεί, έχει επιτευχθεί. Τα δυναμόκλειδα αυτά θα υπόκεινται στην έγκριση της Υπηρεσίας. Τέλος, ο Ανάδοχος θα προμηθευτεί συσκευή βαθμονόμησης των δυναμόκλειδων, αποδεκτή από την Υπηρεσία.

Οι δοκιμές που θα εκτελεστούν θα διακρίνονται σε "Δοκιμές Στατικού Φορτίου" και σε "Δοκιμές Σταθερής Ταχύτητας Μετακίνησης".

4.2.1. Δοκιμή Στατικού Φορτίου

Η Δοκιμή Στατικού Φορτίου περιλαμβάνει βηματική φόρτιση του αγκυρίου μέχρι μία μέγιστη τιμή και μέτρηση της αντιστοιχούσας μετακίνησης του αγκυρίου σε κάθε βήμα. Ο αριθμός των βημάτων και η διάρκεια της φόρτισης σε κάθε βήμα εξαρτώνται από τον στόχο της δοκιμής. Η Δοκιμή Στατικού Φορτίου μπορεί να εκτελεστεί σε έναν απλό κύκλο εφαρμογής του φορτίου ή σε πολλαπλούς κύκλους. Με την δοκιμή μπορούν να διερευνηθούν επίσης και τα μακροχρόνια ερπυστικά χαρακτηριστικά με διατήρηση του φορτίου για μεγαλύτερες περιόδους σε κάθε βήμα. Οι διαδικασίες εκτέλεσης της δοκιμής Στατικού Φορτίου έχουν ως κατωτέρω:

- Εφαρμόζεται το αρχικό φορτίο αναφοράς (5-10% του φορτίου δοκιμής) και καταγράφεται η αρχική μετακίνηση.
- Το φορτίο αυξάνεται αργά και βηματικά μέχρι μία μέγιστη τιμή ή μέχρι την τιμή δοκιμής ή την εξόλκευση του αγκυρίου.
- Σε κάθε βήμα αύξησης του φορτίου αυτό διατηρείται σταθερό, μέχρι την σταθεροποίηση της μετακίνησης (δηλαδή μετακινήσεις μεταξύ διαδοχικών αναγνώσεων μικρότερες από 0,1 mm, με τις αναγνώσεις να λαμβάνονται σε χρόνους $t = 0, 1, 2, 5, 10, 15, 30, 60$ min κ.λπ.). Συνιστάται η τήρηση ελάχιστης περιόδου διατήρησης του φορτίου 1 min για κάθε βήμα αύξησης, εκτός από το φορτίο του τελικού βήματος που θα διατηρείται επί τουλάχιστον 10 min.
- Εάν για κάποιο βήμα αύξησης του φορτίου, το αγκύριο δεν μπορεί να διατηρήσει το φορτίο και δεν ικανοποιείται η ανωτέρω απαίτηση 0,1 mm σταθεροποίησης των μετακινήσεων, δεν θα επιβάλλεται περαιτέρω φόρτιση και θα καταγράφεται το παραμένον φορτίο.
- Μετά την επιβολή του τελευταίου βήματος φορτίου και την ολοκλήρωση των αντίστοιχων παρατηρήσεων και μετρήσεων, το αγκύριο αποφορτίζεται στο αρχικό φορτίο αναφοράς και καταγράφεται η παραμένουσα μετακίνηση.
- Εάν απαιτείται, εκτελούνται περαιτέρω κύκλοι φορτίσεων ή/και αποφορτίσεων με όμοιο τρόπο.

4.2.2. Δοκιμές Σταθερής Μεταβολής Μετακίνησης

Η Δοκιμή Σταθερής Μεταβολής Μετακίνησης περιλαμβάνει την εξόλκευση του αγκυρίου με σταθερή μεταβολή μετακινήσεων και μέτρηση της ανθιστάμενης δύναμης που δημιουργείται. Χρησιμοποιείται κυρίως για την επιβεβαίωση των τιμών της οριακής τάσης συνάφειας που έχουν θεωρηθεί στην μελέτη των αγκυρίων. Απαιτείται προσοχή στην εφαρμογή της καθώς μπορεί να οδηγήσει σε υπερφόρτιση την διεπιφάνεια αγκυρίου - γεωυλικού. Δεν είναι δυνατός επίσης ο καθορισμός μακροχρόνιων χαρακτηριστικών. Πριν την έναρξη της δοκιμής θα γίνεται εκτίμηση του μέγιστου φορτίου δοκιμής, βασιζόμενη είτε στην οριακή αντοχή του αγκυρίου ή σε εμπειρική ή/και αριθμητική εκτίμηση της αντοχής εξόλκευσης του αγκυρίου. Η μεταβολή των μετακινήσεων κατά την δοκιμή και η μέθοδος ελέγχου της θα εγκρίνονται από την Υπηρεσία μετά από πρόταση του Αναδόχου. Οι διαδικασίες εκτέλεσης της δοκιμής σταθερής μεταβολής μετακίνησης θα έχουν ως κατωτέρω:

- Εφαρμόζεται αρχικό φορτίο αναφοράς (5-10% του φορτίου δοκιμής) και καταγράφεται η αρχική μετακίνηση.
- Έλκεται η κεφαλή του αγκυρίου με σταθερή ταχύτητα $1\text{mm/min} \pm 0,1\text{mm/min}$.
- Καταγράφεται η δύναμη στην κεφαλή του αγκυρίου ως εξής: Από 0 έως 5 mm κάθε 0,1 min (6 seconds), από 5 έως 30 mm κάθε 0,5 min (30 seconds).
- Η δοκιμή τερματίζεται όταν συμβεί κάτι από τα εξής: Είτε όταν οι μετακινήσεις φθάσουν τα 30 mm, είτε όταν το φορτίο του αγκυρίου μεταβάλλεται λιγότερο από 1% για κάθε 1 mm μετακίνησης, είτε όταν το φορτίο του αγκυρίου φθάσει το 90% της οριακής αντοχής του.

4.3. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΑΓΚΥΡΙΩΝ

Σε κάθε στάδιο της κατασκευής των αγκυρίων θα γίνεται έλεγχος από την Υπηρεσία για να διαπιστωθεί εάν η κατασκευή έγινε σύμφωνα με την παρούσα ΠΕΤΕΠ. Σε περίπτωση μη τελικής συμμόρφωσης η αγκύρωση θα απορρίπτεται και θα επαναλαμβάνεται η κατασκευή του.

Για τις ανάγκες του παραπάνω ελέγχου θα συντάσσεται από την υπηρεσία Λίστα Ελέγχου Εργασιών, η οποία θα περιλαμβάνει: α) όλες τις επί μέρους εργασίες που απαιτούνται για την έντεχνη και αποτελεσματική κατασκευή της αγκύρωσης σύμφωνα με τις απαιτήσεις της παρούσας ΠΕΤΕΠ, β) παρατήρηση για συμμόρφωση ή μη, με τις απαιτήσεις της παρούσας ΠΕΤΕΠ, για κάθε επί μέρους εργασία, γ) παρατηρήσεις για διορθωτικές δράσεις.

Η λίστα θα συμπληρώνεται κατά την διάρκεια της κατασκευής του αγκυρίου και σε περίπτωση μη τελικής συμμόρφωσης το αγκύριο θα απορρίπτεται και θα επαναλαμβάνεται η κατασκευή του. Η Λίστα Ελέγχου Εργασιών μπορεί να αφορά μεμονωμένο αγκύριο ή ομάδα αγκυρίων.

Κριτήρια αποδοχής των αγκυρίων πέραν των αναφερομένων στην παρούσα ΠΕΤΕΠ, θα τίθενται επίσης και από τον Μελετητή για τις Προκαταρκτικές Δοκιμές και τις Συστηματικές Δοκιμές Ποιοτικού Ελέγχου.

5. ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ – ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

5.1. ΠΙΘΑΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΝ

Ενδεικτικά, οι πιθανοί κίνδυνοι που ενδέχεται να προκύψουν κατά την εκτέλεση της εργασίας είναι:

- Καταρρεύσεις μετώπου ή θόλου σήραγγας
- Εργασία παρουσία σκόνης, καπνού και επιβλαβών αερίων και υπό συνθήκες θορύβου, ο οποίος αυξάνεται με την ανάκλαση στις παρειές της σήραγγας.
- Εργασία σε χώρο περιορισμένο, παρουσία εμποδίων και με την υποχρέωση εξασφάλισης ασφαλών συνθηκών διακίνησης στην σήραγγα κατά την διάρκεια κατασκευής της. Διακίνηση στην σήραγγα κατά την διάρκεια κατασκευής – διάδρομοι πεζών. Δεδομένου ότι οι μεγαλύτεροι κίνδυνοι οφείλονται σε κακές συνθήκες ή σε εμπόδια στους διαδρόμους κίνησης πεζών, θα εξασφαλίζονται επαρκώς ασφαλείς συνθήκες διακίνησης, λαμβάνοντας υπόψη τον περιορισμένο διατιθέμενο χώρο.
- Ηλεκτροπληξία.
- Βραχυκύκλωμα και πυρκαϊά ή επέκταση της πυρκαϊάς σε υδραυλικά λάδια.
- Εργασία με πεπιεσμένο αέρα.
- Μεταφορά βαρέων αντικειμένων.
- Χρήση ουσιών. Τα διάφορα πρόσμικτα πιθανόν να είναι επιβλαβή. Η χρήση των εποξειδικών υλικών μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα υγείας.
- Τραυματισμός κατά την εκτέλεση δοκιμών εξόλκευσης.
- Εργασία σε ύψος.

5.2. ΜΕΤΡΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Απαιτείται η συμμόρφωση προς τα παρακάτω νομικά κείμενα ή και άλλα σχετικά ισχύοντα, που είναι σχετικά με την ασφάλεια και υγιεινή των εργαζομένων σε υπόγεια τεχνικά έργα:

- Π.Δ.1073/16-9-81 “Περί μέτρων ασφαλείας κατά την εκτέλεση εργασιών εις εργοτάξια οικοδομικών και πάσης φύσεως έργων αρμοδιότητας Πολιτικού Μηχανικού”
- Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΦΕΚ 931B/ 31.12.84)
- Υπουργική Απόφαση Δ7/Α/Φ114080/732/96 “Ενσωμάτωση των διατάξεων της οδηγίας 92/104/ΕΟΚ “περί των ελάχιστων προδιαγραφών για την βελτίωση της προστασίας της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων στις υπαίθριες ή υπόγειες εξορυκτικές βιομηχανίες” στον Κανονισμό Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών” (ΦΕΚ 771/Β)
- Π.Δ.252/89 “Περί υγιεινής και ασφαλείας στα υπόγεια τεχνικά έργα” (ΦΕΚ 106B/ /2.5.89)
- Κανονισμός Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (ΦΕΚ 59B/11.5.65 και ΦΕΚ 293B/ 11.5.63)
- Π.Δ. 305/96 “Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας που πρέπει να εφαρμόζονται στα προσωρινά ή κινητά εργοτάξια, σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 92/57/ΕΟΚ” (ΦΕΚ 212Α/29-8-96), σε συνδυασμό με την υπ’ αριθμ. 130159/7-5-97 Εγκύκλιο του Υπουργείου Εργασίας και

την Εγκύκλιο 11 (Αρ. Πρωτ. Δ16α/165/10/258/ΑΦ/19-5-97) του ΥΠΕΧΩΔΕ, σχετικά με το εν λόγω Π.Δ.

- Π.Δ. 396/94 (ΦΕΚ:221/Α/94) "Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας για την χρήση από τους εργαζόμενους εξοπλισμών ατομικής προστασίας κατά την εργασία σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 89/656/ΕΟΚ"

Οι ελάχιστες απαιτήσεις του εξοπλισμού ατομικής προστασίας είναι οι εξής:

- Προστατευτική ενδυμασία: EN 863:1995: Protective clothing - Mechanical properties - Test method: Puncture resistance - Προστατευτική ενδυμασία. Μηχανικές ιδιότητες. Δοκιμή αντοχής σε διάτρηση.
- Προστασία χεριών και βραχιόνων: EN 388:2003: Protective gloves against mechanical risks -- Γάντια προστασίας έναντι μηχανικών κινδύνων.
- Προστασία κεφαλιού: EN 397:1995: Industrial safety helmets (Amendment A1:2000) -- Κράνη προστασίας.
- Προστασία ποδιών: EN 345-2:1996: Safety Footwear for Professional Use - Part 2. Additional Specifications Superseded by EN ISO 20345:2004 - Υποδήματα ασφαλείας για επαγγελματική χρήση (αντικαταστάθηκε από το πρότυπο EN ISO 20345:2004).

Επίσης θα ισχύουν:

- Π.Δ. 85/91 (ΦΕΚ 38/Α91) "Σχετικά με την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσής τους στον θόρυβο κατά την εργασία σε συμμόρφωση προς την οδηγία 86/188/ΕΟΚ"
- Π.Δ 397/94 (ΦΕΚ 221/Α/94) "Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας κατά την χειρωνακτική διακίνηση φορτίων που συνεπάγεται κίνδυνο ιδίως για την ράχη και την οσφυϊκή χώρα των εργαζομένων σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 90/269/ΕΟΚ"

Για την διακίνηση των πεζών θα κατασκευάζεται διάδρομος διέλευσης πεζών με αντιολισθηρή επιφάνεια σε όλο το μήκος της σήραγγας όπου γίνονται εργασίες διάνοιξης ή άλλες συνοδές εργασίες. Οι διάδρομοι θα προστατεύονται από εναπόθεση διαρροών, κυρίως μπεντονίτη, που δημιουργούν ολισθηρή επιφάνεια.

Για την διαρρύθμιση των μηχανών και των λοιπών εγκαταστάσεων, στην περίπτωση που πιθανολογείται η ύπαρξη εκρήξιμης ατμόσφαιρας, θα ισχύουν οι προβλέψεις της Οδηγίας 94/9/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Μαρτίου 1994 σχετικά με την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών - μελών για τις συσκευές και τα συστήματα προστασίας που προορίζονται για χρήση σε εκρήξιμες ατμόσφαιρες (*Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 100 της 19/04/1994 σ. 0001 – 0029*), αλλά και αυτές του Π.Δ. 42/2003 (ΦΕΚ44/Α/21-02-2003) "Σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις για την βελτίωση της προστασίας και της ασφάλειας των εργαζομένων οι οποίοι είναι δυνατόν να εκτεθούν σε κίνδυνο από εκρηκτικές ατμόσφαιρες σε συμμόρφωση με την οδηγία 1999/92/ΕΚ της 16-12-1999 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου".

Όλες οι επί μέρους μηχανικές διατάξεις θα συμμορφώνονται προς τα Πρότυπα για την Ασφάλεια των Μηχανών (Κατάλογος ΕΛΟΤ όπως κάθε φορά ισχύει).

Για την διαχείριση των παντός είδους χρησιμοποιούμενων υλικών θα εφαρμόζονται οι εκάστοτε ισχύουσες διατάξεις όπως τροποποιούνται και προσαρμόζονται στην τεχνική πρόοδο. Ενδεικτικά ισχύουν και θα εφαρμόζονται:

- Π.Δ. 77/93 (ΦΕΚ 34/Α/93) "Για την προστασία των εργαζομένων από φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς παράγοντες και τροποποίηση και συμπλήρωση του Π.Δ. 307/86 (135/Α) σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 88/642/ΕΟΚ"
- Π.Δ. 399/94 (ΦΕΚ 221/Α/94) "Προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που συνδέονται με την έκθεση σε καρκινογόνους παράγοντες κατά την εργασία σε συμμόρφωση με την οδηγία του Συμβουλίου 90/394/ΕΟΚ" και οι τροποποιήσεις του με τα Π.Δ.127/2000 (ΦΕΚ 111/Α/2000) και Π.Δ. 43/2003 (ΦΕΚ 44/Α/21-2-2003)
- Π.Δ.90/1999 (ΦΕΚ 94/Α/99) "Καθορισμός οριακών τιμών έκθεσης και ανωτάτων οριακών τιμών έκθεσης των εργαζομένων σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά την διάρκεια της εργασίας τους σε συμμόρφωση με τις οδηγίες 91/322/ΕΟΚ και 96/94/ΕΚ της Επιτροπής" και τροποποίηση και συμπλήρωση του Π.Δ. 307/86 (135/Α) όπως τροποποιήθηκε με το Π.Δ. 77/93 (ΦΕΚ 34/Α/93)
- Π.Δ.338/2001 (ΦΕΚ 227/Α/2001) "Προστασία της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων κατά την εργασία από κινδύνους οφειλόμενους σε χημικούς παράγοντες"
- Π.Δ.339/2001 (ΦΕΚ 227/Α/2001) Τροποποίηση του Π.Δ. 307/86 (135/Α) "Προστασία της υγείας των εργαζομένων που εκτίθενται σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά την διάρκεια της εργασίας τους"