

**ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-03-03-00:2009**

---

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ  
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ**

---

**HELLENIC TECHNICAL  
SPECIFICATION**

---



**Γενικές απαιτήσεις για τις αγκυρώσεις σηράγγων**

---

**General requirement for tunnel support anchoring**

---

Κλάση τιμολόγησης: 12

## Πρόλογος

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-03-03-00 «**Γενικές απαιτήσεις για τις αγκυρώσεις σηράγγων**» βασίζεται στην Προσωρινή Εθνική Τεχνική Προδιαγραφή (ΠΕΤΕΠ) που συντάχθηκε από το Ινστιτούτο Οικονομίας Κατασκευών (ΙΟΚ) υπό την εποπτεία της 2<sup>ης</sup> Ομάδας Διοίκησης Έργου (2<sup>η</sup> ΟΔΕ) του Υπουργείου Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ).

Την επεξεργασία και την έκδοση της παρούσας Ελληνικής Τεχνικής προδιαγραφής ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-03-03-00, ανέλαβε η Ειδική Ομάδα Έργου ΕΟΕ ΣΤ της ΕΛΟΤ ΤΕ 99 «Προδιαγραφές τεχνικών έργων», την γραμματεία της οποίας έχει η Διεύθυνση Τυποποίησης του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης (ΕΛΟΤ).

Το κείμενο της παρούσας Ελληνικής Τεχνικής Προδιαγραφής ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-12-03-03-00 εγκρίθηκε την 23<sup>η</sup> Δεκεμβρίου 2009 από την ΕΛΟΤ ΤΕ 99 σύμφωνα με τον κανονισμό σύνταξης και έκδοσης ελληνικών προτύπων και προδιαγραφών.

© ΕΛΟΤ 2009

Όλα τα δικαιώματα έχουν κατοχυρωθεί. Εκτός αν καθορίζεται διαφορετικά, κανένα μέρος αυτού του Προτύπου δεν επιτρέπεται να αναπαραχθεί ή χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε μορφή ή με οποιοδήποτε τρόπο, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, περιλαμβανομένων φωτοαντιγράφων και μικροφίλμ, δίχως γραπτή άδεια από τον εκδότη.

## Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	4
1 Αντικείμενο .....	5
2 Τυποποιητικές παραπομπές.....	5
3 Όροι και ορισμοί .....	7
3.1 Ορισμοί .....	7
3.2 Βασικοί τύποι αγκυρίων - Συμβολισμοί .....	9
4 Απαιτήσεις.....	14
4.1 Χαρακτηριστικά υλικών .....	14
4.2 Απαιτήσεις για την τεχνική διάρκεια ζωής των αγκυρίων .....	16
4.3 Ολκιμότητα και αντοχή της ράβδου του αγκυρίου.....	17
4.4 Ανθεκτικότητα σε διάβρωση της ράβδου του αγκυρίου.....	17
4.5 Χαρακτηριστικά μεγέθη αγκυρίων – συμβολισμός ταυτοποίησης αγκυρίου.....	18
5 Μεθοδολογία τοποθέτησης και ανοχές .....	18
5.1 Προκαταρκτικές εργασίες .....	18
5.2 Διάτρηση οπών.....	19
5.3 Εγκατάσταση αγκυρίων .....	20
5.4 Ανοχές.....	22
6 Δοκιμές.....	23
6.1 Γενικά .....	23
6.2 Προκαταρκτικές δοκιμές εξόκλευσης .....	23
6.3 Συστηματικές Δοκιμές Ποιοτικού Ελέγχου και Επανάτανυση .....	24
6.4 Ειδικές Δοκιμές .....	24
6.5 Λεπτομέρειες δοκιμών .....	25
6.6 Κριτήρια αποδοχής αγκυρίων.....	26
7 Όροι και απαιτήσεις υγείας - ασφάλειας εργαζομένων και προστασίας περιβάλλοντος	27
7.1 Πηγές κινδύνου κατά την εκτέλεση των εργασιών .....	27
7.2 Μέτρα υγείας - ασφάλειας .....	27

## Εισαγωγή

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή εντάσσεται στη σειρά των Π.Ε.Τ.Ε.Π που έχουν προετοιμασθεί από το ΥΠΕΧΩΔΕ και το ΙΟΚ και οι οποίες πρόκειται να εφαρμοστούν στην κατασκευή των δημοσίων τεχνικών έργων στην χώρα, με σκοπό την παραγωγή έργων άριτων και ικανών να ανταποκριθούν και να ικανοποιήσουν τις ανάγκες που υπέδειξαν την κατασκευή τους και να αποβούν επωφελή για το κοινωνικό σύνολο.

Ο ΕΛΟΤ ανέλαβε την υποχρέωση να επεξεργασθεί και να εκδώσει τις ΠΕΤΕΠ ως Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΕΛΟΤ ΤΠ – ΕΤΕΠ) σύμφωνα με τις διαδικασίες που προβλέπονται στον Κανονισμό σύνταξης και έκδοσης Ελληνικών Προτύπων και Προδιαγραφών και στον Κανονισμό σύστασης και λειτουργίας Τεχνικών Οργάνων Τυποποίησης.

# Γενικές απαιτήσεις για τις αγκυρώσεις σηράγγων

## 1 Αντικείμενο

Οι εργασίες που προδιαγράφονται στην παρούσα Προδιαγραφή αφορούν 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 καμπύλο τμήματα (σε οριζοντιογραφία ή/και μηκοτομή), στις θέσεις τοποθέτησης των Η/Μ εγκαταστάσεων (φωλίες, διευρύνσεις, κανάλια κ.λπ.), κλπ, σύμφωνα με την εγκεκριμένη Μελέτη και τις επί τόπου συνθήκες του γεωυλικού.

## 2 Τυποποιητικές παραπομπές

Η παρούσα Προδιαγραφή ενσωματώνει, μέσω παραπομπών, προβλέψεις άλλων δημοσιεύσεων, χρονολογημένων ή μη. Οι παραπομπές αυτές αναφέρονται στα αντίστοιχα σημεία του κειμένου και κατάλογος των δημοσιεύσεων αυτών παρουσιάζεται στη συνέχεια. Προκειμένου περί παραπομπών σε χρονολογημένες δημοσιεύσεις, τυχόν μεταγενέστερες τροποποιήσεις ή αναθεωρήσεις αυτών θα έχουν εφαρμογή στην παρούσα, όταν θα ενσωματωθούν σε αυτή, με τροποποίηση ή αναθεώρησή της. Όσον αφορά τις παραπομπές σε μη χρονολογημένες δημοσιεύσεις ισχύει η τελευταία έκδοσή τους.

ΕΛΟΤ EN 10025.01	Hot rolled products of structural steels - Part 1 : General technical delivery conditions. - Προϊόντα θερμής έλασης για χάλυβες κατασκευών - Μέρος 1: Γενικοί τεχνικοί όροι παράδοσης
ΕΛΟΤ EN 10025.02	Hot rolled products of structural steels - Part 2 : Technical delivery conditions for non-alloy structural steels. - Προϊόντα θερμής έλασης για χάλυβες κατασκευών - Μέρος 2: Τεχνικοί όροι παράδοσης για μη κεκραμένους χάλυβες κατασκευών
ΕΛΟΤ EN 10025.03	Hot rolled products of structural steels - Part 3 : Technical delivery conditions for normalized/normalized rolled weldable fine grain structural steel. - Προϊόντα θερμής έλασης για χάλυβες κατασκευών - Μέρος 3: Τεχνικοί όροι παράδοσης για εξομαλυσμένους/εξομαλυσμένους ελασμένους συγκολλησίμους λεπτόκοκκους χάλυβες κατασκευών
ΕΛΟΤ EN 10025.04	Hot rolled products of structural steels - Part 4 : Technical delivery conditions for thermomechanical rolled weldable fine grain structural steels. - Προϊόντα θερμής έλασης για χάλυβες κατασκευών - Μέρος 4: Τεχνικοί όροι παράδοσης για θερμομηχανικά ελασμένους συγκολλησίμους λεπτόκοκκους χάλυβες κατασκευών
ΕΛΟΤ EN 10025.05	Hot rolled products of structural steels - Part 5 : Technical delivery conditions for structural steels with improved atmospheric resistance. - Προϊόντα θερμής έλασης για χάλυβες κατασκευών - Μέρος 5: Τεχνικοί όροι παράδοσης για χάλυβες κατασκευών με βελτιωμένη αντοχή σε ατμοσφαιρική διάβρωση
ΕΛΟΤ EN ISO 887	Plain washers for metric bolts, screws and nuts for general purposes - General plan. - Επίπεδες ροδέλες για μετρικά μπουλόνια, κοχλίες και περικόχλια για γενικές χρήσεις - Γενικό σχέδιο

ΕΛΟΤ EN ISO 898.01	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel - Part 1: Bolts, screws and studs.- Μηχανικές ιδιότητες στερεωτικών κατασκευασμένων από ανθρακούχο χάλυβα και κράμα χάλυβα - Μέρος 1: Μπουλόνια, κοχλίες και ήλοι
ΕΛΟΤ EN ISO 10644	Screw and washer assemblies with plain washers - Washer hardness classes 200 HV and 300 HV. - Συνδυασμός κοχλιών-ροδέλων με επίπεδες ροδέλες - Κατηγορίες σκληρότητας ροδελών 200 HV και 300HV
ΕΛΟΤ EN ISO 1461 E2	Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles - Specifications and test methods. - Επικαλύψεις με γαλβανισμό εν θερμώ ετοιμών προϊόντων από σίδηρο και χάλυβα - Προδιαγραφές και μέθοδοι δοκιμών
ΕΛΟΤ EN 10080	Steel for the reinforcement of concrete - Weldable reinforcing steel – General. - Χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος - Συγκολλησιμοι χάλυβες - Γενικές απαιτήσεις
ΕΛΟΤ 1421.02 E2	Steel for the reinforcement of concrete - Weldable reinforcing steel - Part 2: Technical class B500A. - Χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος - Συγκολλησιμοι χάλυβες - Μέρος 2: Τεχνική κατηγορία B500A
ΕΛΟΤ 1421.03 E2	Steel for the reinforcement of concrete - Weldable reinforcing steel - Part 3: Technical class. - B500C Χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος - Συγκολλησιμοι χάλυβες - Μέρος 3: Τεχνική κατηγορία B500C
ΕΛΟΤ EN 10210.01 E2	Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels - Part 1: Technical delivery conditions. - Κοίλες διατομές κατασκευών με τελική κατεργασία εν θερμώ από μη κεκραμένους και λεπτόκοκκους χάλυβες - Μέρος 1: Τεχνικοί όροι παράδοσης
ΕΛΟΤ EN 10210.02 E2	Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels - Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties. - Κοίλες διατομές κατασκευών με τελική κατεργασία εν θερμώ από μη κεκραμένους και λεπτόκοκκους χάλυβες - Μέρος 2: Ανοχές, διαστάσεις και ιδιότητες διατομών
ΕΛΟΤ EN ISO 15630.03	Steel for the reinforcement and prestressing of concrete - Test methods - Part 3: Prestressing steel. - Χάλυβες οπλισμού και προέντασης σκυροδέματος - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 3: Χάλυβες προέντασης
ΕΛΟΤ EN ISO 14713	Protection against corrosion of iron and steel in structures - Zinc and zinc coatings – Guidelines. - Προστασία του σιδήρου και του χάλυβα έναντι της διάβρωσης σε κατασκευές - Επικαλύψεις από ψευδάργυρο και αλουμίνιο - Κατευθυντήριες οδηγίες
ΕΛΟΤ EN 445 E2	Grout for prestressing tendons - Test methods. - Ενέματα προεντεταμένων τενόντων - Μέθοδοι δοκιμής
ΕΛΟΤ EN 446 E2	Grout for prestressing tendons – Grouting procedures. - Ενέματα προεντεταμένων τενόντων - Διαδικασίες έκχυσης
ΕΛΟΤ EN 447 E2	Grout for prestressing tendons - Basic requirements. - Ενέματα προεντεταμένων τενόντων - Προδιαγραφή για συνήθη ενέματα
ΕΛΟΤ EN 206.01/A2	Concrete - Part 1: Specification, performance, production and conformity. - Σκυρόδεμα -Μέρος 1: Προδιαγραφή, επίδοση, παραγωγή και συμμόρφωση
ΕΛΟΤ EN 934.04/A1	Admixtures for concrete, mortar and grout - Admixtures for grout for prestressing tendons - Part 4: Definitions, requirements, conformity, marking

	and labelling. - Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων - Μέρος 4: Πρόσθετα ενεμάτων για προεντεταμένους τένοντες - Ορισμοί, απαιτήσεις, συμμόρφωση, σήμανση και επισήμανση
ΕΛΟΤ EN 863	Protective clothing - Mechanical properties - Test method: Puncture resistance - Προστατευτική ενδυμασία. Μηχανικές ιδιότητες. Δοκιμή αντοχής σε διάτρηση.
ΕΛΟΤ EN 397 A/1	Industrial safety helmets (Amendment A1: 2000) - Κράνη προστασίας.
ΕΛΟΤ EN 388 E2	Protective gloves against mechanical risks -- Γάντια προστασίας έναντι μηχανικών κινδύνων
ΕΛΟΤ EN ISO 20345	Safety Footwear for Professional Use - Υποδήματα ασφαλείας για επαγγελματική χρήση
ΕΛΟΤ EN 136 E2	Respiratory protective devices - Full face masks - Requirements, testing, marking - Μέσα προστασίας της αναπνοής - Μάσκες ολοκλήρου προσώπου - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση
ΕΛΟΤ EN 140 E2	Respiratory protective devices - Gas filters and combined filters - Requirements, testing, marking - Μέσα προστασίας της αναπνοής- Φίλτρα αερίων και φίλτρα συνδυασμού - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση
ΕΛΟΤ EN 143/A1	Respiratory protective devices - Particle filters - Requirements, testing, marking - Μέσα προστασίας της αναπνοής - Φίλτρα για σωματίδια - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση
ΕΛΟΤ EN 149 E2 + AC	Respiratory protective devices - Filtering half masks to protect against particles - Requirements, testing, marking - Μέσα προστασίας της αναπνοής - Φιλτράσκεις για προστασία έναντι σωματιδίων - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση
ΕΛΟΤ EN 405 E2	Respiratory protective devices - Valved filtering half masks to protect against gases or gases and particles - Requirements, testing, marking - Μέσα προστασίας της αναπνοής - Φιλτράσκεις με βαλβίδα για προστασία από αέρια ή αέρια και σωματίδια - Απαιτήσεις, δοκιμές, σήμανση
ΕΛΟΤ EN 352.01 E2	Hearing protectors - General requirements - Part 1: Ear-muffs - Μέσα προστασίας της ακοής - Γενικές απαιτήσεις - Μέρος 1: Ωτοασπίδες
ΕΛΟΤ EN 352.02 E2	Hearing protectors - General requirements - Part 2: Ear-plugs - Μέσα προστασίας της ακοής - Γενικές απαιτήσεις - Μέρος 2: Ωτοβύσματα
ΕΛΟΤ EN 352.03 E2	Hearing protectors - General requirements - Part 3: Ear-muffs attached to an industrial safety helmet - Μέσα προστασίας της ακοής - Γενικές απαιτήσεις - Μέρος 3: Ωτοασπίδες επί βιομηχανικού κράνους ασφαλείας
ΕΛΟΤ EN 352.04	Hearing protectors - Safety requirements and testing - Part 4: Level-dependent ear-muffs - Μέσα προστασίας της ακοής - Απαιτήσεις ασφάλειας και δοκιμές - Μέρος 4: Ωτοασπίδες με εξασθένιση εξαρτώμενη από τη στάθμη του θορύβου

### 3 Όροι και ορισμοί

#### 3.1 Ορισμοί

Για τους σκοπούς του παρόντος προτύπου εφαρμόζονται οι ακόλουθοι όροι και ορισμοί.

**3.1.1 Αγκύρια** είναι 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. Το αγκύριο περιλαμβάνει, το διάτρημα εντός του γεωυλικού, τη 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 χημικά προϊόν όπως ρητίνες. Ο τύπος, ο αριθμός, ο κάνναβος, τα μήκη και οι γωνίες τοποθέτησης των αγκυρίων προσδιορίζονται ακριβώς από την εγκεκριμένη Μελέτη.

**3.1.2 Αγκύρια “ειδικά” τύπου Β,** είναι τα αγκύρια που τοποθετούνται σε μικρό αριθμό καθ’ ομάδες και απαιτείται ορθή λειτουργία κάθε ιδιαίτερου αγκυρίου (π.χ. μικροπιάσσαλοι έδρασης elephant foot, προσανατολισμένα αγκύρια στερέωσης σφηνών) και επομένως μικρότερες ανοχές.

**3.1.3 Αγκύρια “μαζικής” αγκύρωσης τύπου Α,** είναι τα αγκύρια για τα οποία αρκεί η ορθή λειτουργία του μέσου όρου του εφαρμοζόμενου καννάβου ή διάταξης αγκυρίων.

**3.1.4 Αγκύρια ενίσχυσης** είναι αγκύρια που ενισχύουν το γεωυλικό εφαρμοζόμενα μετά την εκσκαφή στην περιφέρεια του υπογείου ανοίγματος. Περιλαμβάνονται τα αγκύρια σημειακής ή συνεχούς πάκτωσης, τα αγκύρια τριβής και τα αγκύρια με συρματόσχοινα.

**3.1.5 Αγκύρια προενίσχυσης** είναι αγκύρια που 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.

**3.1.6 Άμεση ή αρχική υποστήριξη (primary support):** Η υποστήριξη της διατομής της σήραγγας που τοποθετείται για να εξασφαλίσει τη διατήρηση του ανοίγματος και να παρέχει ασφάλεια στη διάνοιξη μέχρι να τοποθετηθεί η τελική επένδυση. Αποτελείται συνήθως από εκτοξευμένο σκυρόδεμα, αγκύρια και χαλύβδινα πλαίσια.

**3.1.7 Ανάδοχος (contractor)** είναι η Εργοληπτική Επιχείρηση ή Κοινοπραξία που συνάπτει σύμβαση εκτέλεσης με τον κύριο του έργου.

**3.1.8 Βαθμίδα (bench):** Η ενδιάμεση διατομή /έξ μεταξύ της άνω ημιδιατομής και του αναστρόφου κατά την εκσκαφή μιας σήραγγας σε οριζόντια κλιμακωτά στάδια.

**3.1.9 Βήμα (προχώρησης) (step, round):** Το μήκος προχώρησης της διάνοιξης, είτε για κάθε τμηματικό μέτωπο είτε για ολόκληρη τη διατομή.

**3.1.10 Γεωυλικό ή γεωμάζα (ground):** Κάθε φυσικό υλικό μέσα στο οποίο εκσκάπτεται η σήραγγα. Σαν όρος περιέχει το έδαφος και το βράχο.

**3.1.11 Διευρυμένο πέλμα (elephant’s foot):** Διευρυμένη επιφάνεια έδρασης της βάσης συνήθως της άνω ημιδιατομής.

**3.1.12 Εξωράχειο (extrados):** Το εξωτερικό περίγραμμα της επένδυσης (άμεσης υποστήριξης ή τελικής επένδυσης) της σήραγγας.

**3.1.13 Εσωράχειο (intrados):** Το εσωτερικό περίγραμμα της επένδυσης (άμεσης υποστήριξης ή τελικής επένδυσης) της σήραγγας.

**3.1.14 Κύκλος (round):** Η πλήρης σειρά εργασιών διάνοιξης, είτε για κάθε τμηματικό μέτωπο είτε για ολόκληρη τη διατομή.

**3.1.15 Μέτωπο εκσκαφής (face):** Η εκάστοτε επιφάνεια του γεωυλικού, από την οποία γίνεται η προσβολή του για την προχώρηση της εκσκαφής. Μπορεί να αναφέρεται στο σύνολο της διατομής ή σε τμήματά της.

**3.1.16 Στέψη ή κλείδα (crown):** Το ανώτατο τμήμα του περιγράμματος μιας σήραγγας.

**3.1.17 Τελική επένδυση (final lining):** Το δομικό σύστημα που έχει σκοπό τη διασφάλιση της επιτελεστικότητας της σήραγγας για την τεχνική διάρκεια ζωής της.



**3.1.18 Τεχνική διάρκεια ζωής αγκυρίου** είναι ο χρόνος κατά τον οποίο το αγκύριο εκπληροί όλες τις απαιτήσεις σχεδιασμού.

**3.1.19 Φέρουσα ικανότητα αγκυρίου** 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.

### 3.2 Βασικοί τύποι αγκυρίων - Συμβολισμοί

Οι βασικοί τύποι των αγκυρίων με το βασικό συμβολισμό τους και με συνοπτική περιγραφή των κυρίων χαρακτηριστικών τους φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα 1.

**Πίνακας 1 - Βασικοί τύποι αγκυρίων – Συμβολισμοί - Περιγραφή**

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 τη μεσολάβηση πλάκας διανομής και ελαφρά τάνυση/σύσφιγξη, έχοντας το αναγκαίο προεξέχον μήκος για τη 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 στη 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.
Αγκύρια σημειακής πάκτωσης μέσω ρητινικής κόλλας (Resin Rock Bolts)	RB	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 τη 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 διαστελλομένου άκρου). Το ελεύθερο άκρο της ράβδου στερεώνεται (με κοχλία ή με σφήνα) με τη 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 τη συνάφεια μεταξύ ράβδου-ρητινικής κόλλας - περιβάλλοντος πετρώματος. Η λειτουργία των αγκυρίων/ήλων αυτού του τύπου έγκειται στη δυνατότητα ανάληψης εφελκυστικών δυνάμεων στο ελεύθερο άκρο που μεταφέρεται σε απομακρυσμένη μάζα του περιβάλλοντος πετρώματος που δεν έχει αποσταθεροποιηθεί από τη διάνοιξη της σήραγγας.

<p>Αγκύρια σημειακής πάκτωσης με μηχανισμό διαστελλόμενου άκρου (Mechanically Anchorage 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 στη 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>
<p>Αγκύρια συνεχούς πάκτωσης με σφηνούμενο σχιστό σωλήνα (Split Pipe Rock Bolts)</p>	<p>SPL</p>	<p>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 σύσφιγξη 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.</p>

Αγκύρια συνεχούς διάσπωσης διασπασμένου χαλυβδόσωληνα απλού τύπου swellex (Swellex Rock Bolts)	SWX	<p>Συνεπτυγμένος σωλήνας από χάλυβα υψηλής αντοχής που εισάγεται σε διάτρημα διαμέτρου ελαφρώς μικρότερης της ονομαστικής. Με υψηλή πίεση νερού ο συνεπτυγμένος σωλήνας διαστέλλεται συσφιγγόμενος 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 χαλυβδόσωληνα και τις τριβές που αναπτύσσει αυτός διεσταλμένος με το περιβάλλον πέτρωμα. Τα προσόντα αυτού του τύπου αγκυρίων έγκεινται στη 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 στη συγκράτηση διαμορφωμένων σφηνών σε σκληρές βραχώμαζες λόγω της άμεσης επενέργειάς τους.</p>
Αγκύρια συνεχούς διάσπωσης άκαμπτης ράβδου (Fully Grouted Pipe Bolts-Spiles)	SNp	<p>Είναι αγκύρια συνεχούς διάσπωσης όπως τα απλά αγκύρια συνεχούς διάσπωσης (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 τη σήραγγα αλλά και εμπρός από το μέτωπο εκσκαφής της και ακόμη και στη 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 τη διεύθυνση εκσκαφής οπότε και ονομάζονται αγκύρια/ηλώσεις προενίσχυσης: προαγκύρωσης (spiles) ή/και προπορείας (forepoles), ελαφρού, μέσου ή βαρέως τύπου.</p>

Απλά αυτοδιατρώμενα αγκύρια/ήλοι (Self Drilling Simlpe Bolts)	SDBr	<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 τη 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-τσιμεντενέματος και περιβάλλοντος πετρώματος. Η λειτουργία του έγκειται στην δυνατότητα ανάληψης εφελκυστικής δύναμης στο άκρο (που στερεώνεται με περικόχλιο και πλάκα διανομής στα στοιχεία της υποστύλωσης 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>
Αυτοδιατρώμενα αγκύρια/ήλοι (Self Drilling) σωληνώτου τύπου (Self Drilling Pipe Bolts/Spiles)	SDBp	<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 προτοπείας (forepoles).</p>
Αγκυρώσεις συρματόσχοινου (Cable Anchors)	CA	<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-τσιμεντενέματος-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 αναστερεύσεις των συρματόσχοινων), κατασκευασμένο από την ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους ή από άλλους γειτονικούς υπόγειους θαλάμους.</p>

Προεντεταμένες αγκυρώσεις εδάφους (Prestressed Soil Anchors)	PSA	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 τη μεσολάβηση πλάκας διανομής, πακτώνεται με ειδική διάταξη (σφηνούμενους κυλίνδρους ή σφήνες ή πτερόχλιο) 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.
Προεντεταμένες αγκυρώσεις βράχου (Prestressed Rock Anchors)	PRA	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.

## 4 Απαιτήσεις

### 4.1 Χαρακτηριστικά υλικών

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. Όταν δεν καλύπτονται από το πεδίο εφαρμογής της Προδιαγραφής και δεν υφίστανται σχετικά Ευρωπαϊκά ή Ελληνικά Πρότυπα, η αποδοχή των προϊόντων θα γίνεται με την έγκριση της Διευθύνουσας 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 τη 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 οποιουδήποτε 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 στη διάβρωση σύμφωνα με την προδιαγεγραμμένη από τη Μελέτη διάρκεια ζωής του αγκυρίου και συμμορφωμένα με τη διαβρωτικότητα του εδαφικού περιβάλλοντος.

Η ολόσωμη χαλύβδινη ράβδος που χρησιμοποιείται ως στέλεχος αγκυρίου θα συμμορφώνεται με τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 10080, ΕΛΟΤ 1421.02 Ε2 ή ΕΛΟΤ 1421.03 Ε2.

Η κοίλη χαλύβδινη ράβδος που χρησιμοποιείται ως στέλεχος αγκυρίου θα συμμορφώνεται με τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 10210.01 Ε2 και ΕΛΟΤ EN 10210.02 Ε2

Το προϊόν θερμής εξέλασης που χρησιμοποιείται ως στέλεχος αγκυρίου θα συμμορφώνεται με τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 10025.01, ΕΛΟΤ EN 10025.02, ΕΛΟΤ EN 10025.03, ΕΛΟΤ EN 10025.04, ΕΛΟΤ EN 10025.05.

Τα χαλύβδινα προϊόντα προέντασης που χρησιμοποιούνται ως στέλεχος αγκυρίου θα συμμορφώνεται με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 15630.03.

Τα γαλβανισμένα χαλύβδινα προϊόντα προέντασης που χρησιμοποιούνται ως στέλεχος αγκυρίου θα συμμορφώνεται με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 1461 Ε2.

Τα χαλύβδινα προϊόντα με επικάλυψη εν θερμώ ψευδαργύρου κράματος ψευδαργύρου - αλουμινίου που χρησιμοποιούνται ως στέλεχος αγκυρίου θα συμμορφώνονται με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 14713. Ο χρησιμοποιούμενος τύπος θα είναι (Zn85Al15)80, με ελάχιστο μέσο πάχος επικάλυψης 80  $\mu\text{m}$ .

Τα μη μεταλλικά στελέχη των αγκυρίων θα ικανοποιούν τις απαιτήσεις επιτελεστικότητας που έχουν τεθεί στη Μελέτη και τους όρους της παρ. 3.3.

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 ΕΛΟΤ EN 445 Ε2, ΕΛΟΤ EN 446 Ε2 και ΕΛΟΤ EN 447 Ε2 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, τη διαπερατότητα του γεωυλικού και την τεχνική διάρκεια ζωής του αγκυρίου. Ο βαθμός προσβολής του περιβάλλοντος θα καθορίζεται όπως στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 206.01/A2. Ο λόγος νερού - τσιμέντου των ενεμάτων θα επιλέγεται ανάλογα με τις συνθήκες του γεωυλικού, τη μέθοδο κατασκευής και τις απαιτήσεις ανθεκτικότητας και αντοχής.

Τα πρόσμικτα που τυχόν θα χρησιμοποιηθούν θα συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN 934.04/A1. 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 Διευθύνουσας Υπηρεσίας.

Όλες οι λεπτομέρειες για ενέματα βασιζόμενα σε ρητίνες θα είναι διαθέσιμες στη Διευθύνουσα 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 χλωριόντα.

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.

Ο μορφοχάλυβας των πλακών έδρασης δεν θα έχει σκουριά και θα είναι κατηγορίας S235JR κατά τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 10025.01, ΕΛΟΤ EN 10025.02. Εάν προβλέπεται από τη μελέτη είναι δυνατό να χρησιμοποιείται μορφοχάλυβας των προτύπων ΕΛΟΤ EN 10025.03 και ΕΛΟΤ EN 10025.04.

Οι υψηλής αντοχής κοχλίες, περικόχλια, ροδέλες, σφηνοειδείς ροδέλες θα συμμορφώνονται με τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN ISO 898.01 και ΕΛΟΤ EN ISO 10644.

Οι κοινής χρήσης κοχλίες, περικόχλια, ροδέλες, σφηνοειδείς ροδέλες θα συμμορφώνονται με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 887.

Όλα τα παραπάνω υλικά (κοχλίες, περικόχλια, ροδέλες, σφηνοειδείς ροδέλες) θα είναι γαλβανισμένα σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 1461 E2.

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 τη στερέωση του δομικού πλέγματος, θα επιλεγούν από τον Ανάδοχο και θα εγκριθούν από τη Διευθύνουσα 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 αγκυρίων.

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.

#### 4.2 Απαιτήσεις για την τεχνική διάρκεια ζωής των αγκυρίων

Οι απαιτήσεις για την τεχνική διάρκεια ζωής των αγκυρίων, συνοπτικώς κατατάσσονται όπως στον Πίνακα 2:

**Πίνακας 2 - Κατάταξη τεχνικής διάρκειας ζωής αγκυρίων**

Απαιτήσεις	Σύμβολο τεχνικής διάρκειας ζωής	Τεχνική διάρκεια ζωής		
		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	d2	Ναι	Ναι	Όχι



(τσιμεντοκονία ή άλλο υλικό άμεσης ή/ και συμπληρωματικής τοποθέτησης με εξασφάλιση ολόπλευρης ύπαρξης)				
Απαιτήση ανθεκτικού σε διάβρωση υλικού ράβδου ή τένοντα				
- Μέσης αντιδιαβρωτικής ικανότητας (κράματα μέσης αντιδιαβρωτικής ανθεκτικότητας, σκληρά συνθετικά κ.λπ., απαιτείται ειδικό πιστοποιητικό)	d3	Ναι	Ίσως	Όχι
- Μεγάλης αντιδιαβρωτικής ικανότητας (ανοξείδωτος χάλυβας, υαλονήματα κ.λπ., απαιτείται ειδικό πιστοποιητικό)	d3	Ναι	Ναι	Ίσως
Πολλαπλώς προστατευμένες ράβδοι ή τένοντες. Θα συγκεντρώνονται τρία τουλάχιστον προστατευτικά εφόδια:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αντιδιαβρωτική επιφανειακή βαφή χάλυβα</li> <li>• Υψηλής αντιδιαβρωτικής ανθεκτικότητας υλικό ράβδου ή τένοντα</li> <li>• Εγκιβωτισμός (με τσιμεντοκονία ή χημικό υλικό ή με γράσο ή με άλλο υλικό) της ράβδου ή του τένοντα μέσα σε στεγανό μη διαβρώσιμο σωλήνα</li> <li>• Εξωτερική ολόπλευρη περιβολή της εξασφαλισμένης ράβδου ή τένοντα μέσα στο προστατευτικό της περίβλημα με τσιμεντοκονία ή άλλο υλικό)</li> </ul>	d4	Ναι	Ναι	Ναι
Απαιτείται ειδικό πιστοποιητικό				

#### 4.3 Ολκιμότητα και αντοχή της ράβδου του αγκυρίου

Η ολκιμότητα και η αντοχή του υλικού της ράβδου ή του τένοντα κατατάσσεται στις ακόλουθες κατηγορίες που συμβολίζονται αντιστοίχως στον πίνακα 3. Ο Εργοδότης ή ο προμηθεύων το σύστημα προδιαγράφει καταλλήλως τις ιδιότητες των υλικών.

Πίνακας 3 - Συμβολισμοί ολκιμότητας/αντοχής ράβδου αγκυρίου

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

#### 4.4 Ανθεκτικότητα σε διάβρωση της ράβδου του αγκυρίου

Η ανθεκτικότητα του υλικού της ράβδου ή του τένοντα κατατάσσεται στις ακόλουθες κατηγορίες που συμβολίζονται αντιστοίχως στον πίνακα 4. Τα χαρακτηριστικά των υλικών καθορίζονται στη Μελέτη και ο Προμηθευτής τους παρέχει τα αντίστοιχα πιστοποιητικά.

Πίνακας 4 - Συμβολισμοί ανθεκτικότητας σε διάβρωση του υλικού της ράβδου.

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

#### 4.5 Χαρακτηριστικά μεγέθη αγκυρίων – συμβολισμός ταυτοποίησης αγκυρίου

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη των αγκυρίων ορίζονται στον πίνακα 5:

**Πίνακας 5 - Χαρακτηριστικά αγκυρίων**

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

Τα αγκύρια περιγράφονται συμβολικώς με ακολουθία χαρακτηρισμών όπως στον πίνακα 6.

**Πίνακας 6 - Χαρακτηριστικά αγκυρίων**

Τύπος βασικός αγκυρίου	Απαίτηση τεχνικής διάρκειας ζωής του αγκυρίου ( $d1 \div d4$ )	Ολκιμότητα ή αντοχή ράβδου ή τένοντα ( $n, m, h$ )	Ανθεκτικότητα σε διάβρωση ράβδου ( $s, c, x$ )	Χαρακτηριστικά μεγέθη αγκυρίου ( $\phi, F, L, l$ )
------------------------	--	--	--	--

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

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

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

Μήκος  $L = 3,0\text{m}$ , χωρίς ελεύθερο μήκος ( $l = 0$ )

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

## 5 Μεθοδολογία τοποθέτησης και ανοχές

### 5.1 Προκαταρκτικές εργασίες

Πριν από την έναρξη των εργασιών κατασκευής των αγκυρώσεων θα συλλεχθούν όλες οι πληροφορίες, σε συμφωνία με τη 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 Διευθύνουσας Υπηρεσίας, με επισήμανση των αναμενόμενων προβλημάτων πριν από την έναρξη της εργασίας.

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

- Τη 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).

## 5.2 Διάτρηση οπών

- Γενικά διακρίνονται οι ακόλουθες μέθοδοι διάτρησης και τοποθέτησης των αγκυρίων:
- Έμψη 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 Διευθύνουσας Υπηρεσίας.

Η διάταξη, η πυκνότητα, η επιφάνεια εφαρμογής και τα μήκη των αγκυρίων που δείχνονται στα σχέδια μπορούν να τροποποιηθούν με έγκριση της Διευθύνουσας Υπηρεσίας, ακολουθώντας τις διαδικασίες τροποποίησης και προσαρμογής της Μελέτης στις επί τόπου συνθήκες και με αξιοποίηση των μετρήσεων και παρατηρήσεων κατά τη 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 (°) με τις επιφάνειες των ασυνεχειών. Η παραπάνω προσαρμογή της διεύθυνσης των αγκυρίων ενδέχεται να

δημιουργήσει απόκλιση από τη 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 συσχετισμό 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 (συντεταγμένες της κεφαλής του διατρήματος).
- Η διεύθυνση (κλίση, αζιμούθιο).
- Η ευθύτητα .
- Το μήκος
- Η διάμετρος .

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 τη στερέωση της ράβδου. Αν χρησιμοποιείται νερό για τον καθαρισμό, θα περιορίζεται στη 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.

### 5.3 Εγκατάσταση αγκυρίων

#### 5.3.1 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 Διευθύνουσας 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 τη 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 το χαρακτήρα της βραχομάζας που συναντάται και σύμφωνα με την καλύτερη σύγχρονη πρακτική.

Αντίγραφα των οδηγιών του Κατασκευαστή θα δοθούν στη Διευθύνουσα 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.

#### 5.3.2 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 Διευθύνουσα Υπηρεσία δύναται να ζητήσει την αύξηση του μήκους της οπής και τη χρήση μακρύτερου ήλου ή τη 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 τη ράβδο του αγκυρίου, την εφαρμογή λιπαντικού στα σπείρώματα 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 προσαρμόζονται 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 τη Διευθύνουσα Υπηρεσία. Τα περικόχλια θα βρίσκονται σε κίνηση κατά τη 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 τη 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 τη δοκιμή ευρεθεί τέτοια μείωση, ο Ανάδοχος θα λαμβάνει μέτρα θεραπείας κατά τις οδηγίες της Διευθύνουσας Υπηρεσίας, η οποία έχει τη δυνατότητα να δώσει εντολή να γίνει ένα από τα εξής ή και όλα μαζί:

- Να αυξηθεί η ένταση των αγκυρίων.
- Να μειωθεί η απόσταση μεταξύ αγκυρίων που θα τοποθετηθούν στο μέλλον.
- Να τοποθετηθούν πρόσθετα αγκύρια, ώστε να μειωθεί η απόσταση μεταξύ των υφισταμένων.
- 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 τη ροπή στρέψης και θα επανατανύσει, όπως απαιτείται, οποιαδήποτε αγκύρια δεν έχουν πληρωθεί με ένεμα.

### 5.3.3 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 πακτώσεως) 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 τη Διευθύνουσα Υπηρεσία. Οι πλαστικοί σωλήνες τσιμεντένεσης και εξαερισμού θα προσδένονται πάνω στη

ράβδο του αγκυρίου και θα εισάγονται μαζί της στην οπή. Το ίδιο ισχύει και για τα παθητικά αγκύρια που τοποθετούνται στο θόλο των σιράγγων ή σε θέσεις όπου το ένεμα πλήρωσης της οπής μπορεί να ρεύσει με τη βαρύτητα. Σε άλλες θέσεις, στα παθητικά αγκύρια η ένεση πληροί την οπή εξαρχής με ένεμα.

Για την ενεμάτωση των προεντεταμένων αγκυρίων θα ακολουθούνται τα προβλεπόμενα στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 446 E2.

Πριν από την πλήρωση των οπών με ένεμα, θα μετράται το φορτίο σε κάθε αγκύριο με τη 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 ή της Διευθύνουσας Υπηρεσίας. 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 το σωλήνα εξαέρωσης ή από τη διαμήκη κεντρική οπή κοίλου αγκυρίου. Αν, κατά τη διάρκεια ενεμάτωσης, παρατηρηθεί ροή ενέματος από σημεία γύρω από το αγκύριο ή από γειτονικά σημεία στη 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 εισπνεστεί 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 τη θέση του αγκυρίου, οποιοδήποτε από τα δύο συμβεί γρηγορότερα, εκτός αν δείχνεται διαφορετικά στα σχέδια ή δοθούν διαφορετικές οδηγίες ή εγκρίνει διαφορετικά η Διευθύνουσα Υπηρεσία.

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

## 5.4 Ανοχές

Οι αποδεκτές αποκλίσεις από τις προδιαγραφόμενες στη Μελέτη τιμές των χαρακτηριστικών των διατρημάτων εξαρτώνται από τον τύπο του αγκυρίου (αγκύρια "μαζικής" αγκύρωσης τύπου Α, και ειδικά αγκύρια τύπου Β) και τις απαιτήσεις επιτελεσιμότητας. Για τα αγκύρια τύπου Α, αν δεν ορίζεται διαφορετικά στη 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 τη 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 τη Διευθύνουσα 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 το 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 Διευθύνουσα 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 Διευθύνουσας 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 τη Διευθύνουσα 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.

Η Μελέτη είναι δυνατόν να θέσει διαφορετικά τα παραπάνω όρια ανάλογα με τον τύπο και το σκοπό των αγκυρίων. Για τις ανοχές των χρησιμοποιούμενων υλικών ισχύουν όσα αναφέρονται στις προδιαγραφές της παραγράφου 3.3.1.

## 6 Δοκιμές

### 6.1 Γενικά

Δοκιμές των αγκυρίων θα εκτελεστούν από τον Ανάδοχο στο εργοτάξιο και περιλαμβάνουν :

- Προκαταρκτικές Δοκιμές Εξόγκλευσης
- Συστηματικές Δοκιμές Ποιοτικού Ελέγχου και Επανατόνυση
- Ειδικές Δοκιμές

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

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

### 6.2 Προκαταρκτικές δοκιμές εξόγκλευσης

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 τη 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 τη Διευθύνουσα Υπηρεσία και παρουσία της, προκειμένου αφ' ενός μεν ναδειχθεί 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 τη Διευθύνουσα 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 Διευθύνουσας 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 Διευθύνουσας Υπηρεσίας, για να αποδείξει την καταλληλότητα των αγκυρίων και των πακτώσεών τους που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Ο Ανάδοχος δεν θα παρεκκλίνει από τη χρήση των υλικών και των εφαρμόσιμων ροπών στρέψης που έχει εγκρίνει η Διευθύνουσα Υπηρεσία για κάθε τύπο αγκυρίου ή/και πάκτωσης αυτού, προκειμένου να εφαρμοστούν στο Έργο, εκτός αν τέτοια παρέκκλιση εγκριθεί γραπτά από τη Διευθύνουσα 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.

### 6.3 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 στη 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 τη Διευθύνουσα 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 τη 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 επανατανυθούν προκειμένου να επιτευχθεί το απαιτούμενο φορτίο λειτουργίας. Το υπ' όψη πρόγραμμα θα εκτελείται πάνω σε συστηματική και συνεχή βάση, καθ' όλη τη 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 τη Μελέτη προβλέπεται διαφορετικά. Η επιλογή των αγκυρίων, στα οποία θα γίνεται δοκιμή εξόλκευσης, θα γίνεται από τη Διευθύνουσα 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 Διευθύνουσας 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 (°) περίπου για κάθε μέτρηση της ροπής.

### 6.4 Ειδικές Δοκιμές

Οι δοκιμές αυτές θα εκτελούνται σύμφωνα με τις οδηγίες και τις εντολές της Διευθύνουσας Υπηρεσίας ή τις προβλέψεις της Μελέτης.



## 6.5 Λεπτομέρειες δοκιμών

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 τη 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 τη 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 τη 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 μηκυνσιόμετρα 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 μηκυνσιόμετρου θα είναι ανεξάρτητη από το εργαλείο έντασης και το πλαίσιό του, ενώ θα είναι επαρκώς άκαμπτη, κατάλληλη για λειτουργία στο περιβάλλον της σήραγγας.

Ο Ανάδοχος θα προμηθεύσει επίσης μηχανικά δυναμόκλειδα, κατάλληλα για τη 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 Διευθύνουσας Υπηρεσίας. Τέλος, ο Ανάδοχος θα προμηθευτεί συσκευή βαθμονόμησης των δυναμόκλειδων, αποδεκτή από τη Διευθύνουσα Υπηρεσία.

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

### 6.5.1 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 το στόχο της δοκιμής. Η Δοκιμή Στατικού Φορτίου μπορεί να εκτελεστεί σε έναν απλό κύκλο εφαρμογής του φορτίου ή σε πολλαπλούς κύκλους. Με τη 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 τη τιμή δοκιμής ή την εξόλκευση του αγκυρίου.
- Σε κάθε βήμα αύξησης του φορτίου αυτό διατηρείται σταθερό, μέχρι τη 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.

#### 6.5.2 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 στη μελέτη των αγκυρίων. Απαιτείται προσοχή στην εφαρμογή της καθώς μπορεί να οδηγήσει σε υπερφόρτιση τη διεπιφάνεια αγκυρίου - γεωυλικού. Δεν είναι δυνατός επίσης ο καθορισμός μακροχρόνιων χαρακτηριστικών. Πριν την έναρξη της δοκιμής θα γίνεται εκτίμηση του μέγιστου φορτίου δοκιμής, βασισμένη είτε στην οριακή αντοχή του αγκυρίου ή σε εμπειρική ή/και αριθμητική εκτίμηση της αντοχής εξόλκευσης του αγκυρίου. Η μεταβολή των μετακινήσεων κατά τη δοκιμή και η μέθοδος ελέγχου της θα εγκρίνονται από τη Διευθύνουσα 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 mm (6 seconds), από 5 έως 30 mm κάθε 0,5 mm (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.

#### 6.6 Κριτήρια αποδοχής αγκυρίων

Σε κάθε στάδιο της κατασκευής των αγκυρίων θα γίνεται έλεγχος από τη Διευθύνουσα Υπηρεσία για να διαπιστωθεί εάν η κατασκευή έγινε σύμφωνα με την παρούσα Προδιαγραφή. Σε περίπτωση μη τελικής συμμόρφωσης το αγκύριο 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 Προδιαγραφής, β) παρατήρηση για συμμόρφωση ή μη, με τις απαιτήσεις της παρούσας Προδιαγραφής, για κάθε επί μέρους εργασία, γ) παρατηρήσεις για διορθωτικές δράσεις.

Η λίστα θα συμπληρώνεται κατά τη 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 Προδιαγραφή, θα τίθενται επίσης και από το Μελετητή για τις Προκαταρκτικές Δοκιμές και τις Συστηματικές Δοκιμές Ποιοτικού Ελέγχου.

## **7 Όροι και απαιτήσεις υγείας - ασφάλειας εργαζομένων και προστασίας περιβάλλοντος**

### **7.1 Πηγές κινδύνου κατά την εκτέλεση των εργασιών**

- Καταπτώσεις γεωυλικών (από το μέτωπο ή την εκσκαφείσα διατομή – θόλος ή παρειές) ή στοιχείων της άμεσης υποστήριξης.
- Θόρυβος από τη λειτουργία του μηχανικού εξοπλισμού, ο οποίος αυξάνεται με την ανάκλαση στα τοιχώματα της σήραγγας.
- Εργασία σε περιορισμένο χώρο, με παρουσία εμποδίων και με την υποχρέωση εξασφάλισης ασφαλών συνθηκών διακίνησης στη σήραγγα κατά τη διάρκεια της κατασκευής.
- Εργασία σε περιορισμένο χώρο, μεταφοράς δια χειρός ή μηχανικών μέσων αντικειμένων μεγάλου βάρους.
- Εργασία κοντά στο μέτωπο εκσκαφής, πριν ολοκληρωθούν τα προβλεπόμενα μέτρα άμεσης υποστήριξης ή τελικής επένδυσης της διατομής.
- Τραυματισμός κατά τη δοκιμή εξόλκευσης
- Χρήση ουσιών. Τα διάφορα πρόσμικτα πιθανό να είναι επιβλαβή. Η χρήση εποξειδικών υλικών μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα υγείας.
- Εργασία με πεπιεσμένο αέρα.
- Χρήση εκρηκτικών υλών.
- Εργασία σε περιβάλλον με παρουσία σκόνης, καπνού, επιβλαβών αερίων.
- Ηλεκτροπληξία.
- Βραχυκύκλωμα και πυρκαγιά ή επέκταση της πυρκαγιάς σε υδραυλικά λάδια.
- Εργασία σε ύψος.

### **7.2 Μέτρα υγείας - ασφάλειας**

Είναι υποχρεωτική η συμμόρφωση προς τις ακόλουθες ή και άλλες ισχύουσες σχετικές διατάξεις 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”.
- Υπουργική Απόφαση Δ7/Α/Φ114080/732/96 “Ενσωμάτωση των διατάξεων της οδηγίας 92/104/ΕΟΚ “Περί των ελαχίστων 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 106Β/ /2.5.89).
- ΕΛΟΤ HD 384-E2: Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.
- Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΦΕΚ 931Β/ 31.12.84).
- 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” 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 ασφαλείας και υγείας για την χρήση από τους εργαζόμενους εξοπλισμών ατομικής προστασίας κατά την εργασία, σε συμμόρφωση προς την Οδηγία του Συμβουλίου 89/656/ΕΟΚ”.

- 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”.

Υποχρεωτική επίσης είναι η χρήση μέσων ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) κατά την εκτέλεση των εργασιών. Οι ελάχιστες απαιτήσεις είναι οι εξής (σε ότι αφορά τα ΜΑΠ της αναπνοής και ακοής η επιλογή θα γίνεται με βάση τις αναμενόμενες ή επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες):

Πίνακας 7 - ΜΑΠ

Είδος ΜΑΠ	Σχετικό Πρότυπο
Προστατευτική ενδυμασία	ΕΛΟΤ EN 863
Προστασία χεριών και βραχιόνων	ΕΛΟΤ EN 388
Προστασία κεφαλιού	ΕΛΟΤ EN 397
Προστασία ποδιών	ΕΛΟΤ EN ISO 20345
Προστασία της αναπνοής	ΕΛΟΤ EN 136 E2
Προστασία της αναπνοής	ΕΛΟΤ EN 140 E2
Προστασία της αναπνοής	ΕΛΟΤ EN 143/A1
Προστασία της αναπνοής	ΕΛΟΤ EN 149 E2 + AC
Προστασία της αναπνοής	ΕΛΟΤ EN 405 E2
Προστασία της ακοής	ΕΛΟΤ EN 352.01 E2
Προστασία της ακοής	ΕΛΟΤ EN 352.02 E2
Προστασία της ακοής	ΕΛΟΤ EN 352.03 E2
Προστασία της ακοής	ΕΛΟΤ EN 352.04

Για τη 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 τη 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<sup>ης</sup> 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 τη 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 ισχύοντα Ελληνικά Πρότυπα για την Ασφάλεια των Μηχανών.

Για τη 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"