

2009-12-23

ICS: 93.160

**ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-03-00:2009**

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ  
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ  
HELLENIC TECHNICAL  
SPECIFICATION**

**ΕΛΟΤ**

**Δονητική Αντικατάσταση εδαφών ( Κατασκευή χαλικοπασσάλων)**

**Vibratory soil replacement (stone column construction)**

Κλάση τιμολόγησης: 7

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-03-00:2009

## Πρόλογος

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-03-00 «**Δονητική αντικατάσταση εδαφών (Κατασκευή χαλικοπασσάλων)**» 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 1501-11-03-03-00, ανέλαβε η Ειδική Ομάδα Έργου ΕΟΕ ΣΤ της ΕΛΟΤ ΤΕ 99 «Προδιαγραφές τεχνικών έργων», τη γραμματεία της οποίας έχει η Διεύθυνση Τυποποίησης του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης (ΕΛΟΤ).

Το κείμενο της παρούσας Ελληνικής Τεχνικής Προδιαγραφής ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-03-00 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.

ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ Α.Ε.  
Αχαρνών 313, 111 45 Αθήνα

**Περιεχόμενα**

Εισαγωγή.....	4
1 Αντικείμενο .....	5
2 Τυποποιητικές παραπομπές.....	5
3 Όροι και ορισμοί.....	6
3.1 Ορισμοί.....	6
3.2 Ταξινόμηση χαλικοπασσάλων .....	7
4 Απαιτήσεις.....	7
4.1 Γεωτεχνικές έρευνες .....	7
4.2 Γενικές απαιτήσεις.....	8
4.3 Απαιτήσεις ενσωματούμενων υλικών .....	8
5 Κατασκευή χαλικοπασσάλων με την τεχνική της δονητικής αντικατάστασης .....	9
5.1 Τεχνική δονητικής αντικατάστασης .....	9
5.2 Μεθοδολογία.....	9
5.3 Απαιτούμενος εξοπλισμός.....	10
5.4 Κατασκευή χαλικοπασσάλων.....	10
5.5 Ανοχές .....	14
5.6 Τηρούμενα στοιχεία .....	15
6 Δοκιμές και έλεγχοι .....	15
6.1 Δοκιμές .....	15
6.2 Έλεγχοι.....	15
6.3 Αποδοχή τελειωμένης δονητικής αντικατάστασης.....	15
7 Όροι και απαιτήσεις υγείας – ασφάλειας εργαζομένων και προστασίας περιβάλλοντος.....	16
7.1 Πηγές κινδύνου κατά την εκτέλεση των εργασιών .....	16
7.2 Μέτρα υγιεινής - ασφάλειας .....	16
8 Τρόπος επιμέτρησης εργασιών .....	17

## Εισαγωγή

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή εντάσσεται στη σειρά των Π.Ε.Τ.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 Π.Ε.Τ.Π 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.

## Δονητική αντικατάσταση εδαφών ( Κατασκευή Χαλικοπασσάλων)

### 1 Αντικείμενο

Οι εργασίες που προδιαγράφονται στην παρούσα Προδιαγραφή αφορούν στις μεθόδους βελτίωσης των μηχανικών χαρακτηριστικών του εδάφους με βαθιά δονητική αντικατάσταση (vibro-replacement).

Η συναφής μέθοδος βελτίωσης του εδάφους μέσω βαθιάς δονητικής συμπύκνωσης περιγράφεται στην Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-02-00 που αφορά τη δονητική συμπύκνωση εδαφών.

### 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 791	Drill rigs - Safety -- Γεωτρύπανα. Ασφάλεια.
ΕΛΟΤ EN 1997-1	Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules -- Ευρωκώδικας 7: Γεωτεχνικός σχεδιασμός - Μέρος 1: Γενικοί κανόνες.
ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-01-02-00	Driven piles -- Πάσσαλοι δι' εκτοπίσεως (Εμπηγνυόμενοι πάσσαλοι)
ΕΛΟΤ EN 933-1	Tests for geometrical properties of aggregates – Part 1: Determination of particle size distribution - Sieving method. - Δοκιμές γεωμετρικών ιδιοτήτων των αδρανών – Μέρος 1: Προσδιορισμός του διαγράμματος κοκκομετρίας – Μέθοδος με κόσκινα
ΕΛΟΤ EN 933-2	Tests for geometrical properties of aggregates – Part 2 : Determination of particle size distribution - Test sieves, nominal size of apertures. - Δοκιμές για τον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αδρανών - Μέρος 2: Προσδιορισμός κοκκομετρικών κλασμάτων - Κόσκινα δοκιμών, ονομαστικό μέγεθος διατομών κοσκίνων.
ΕΛΟΤ EN 1097-2	Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation. - Δοκιμές για τον προσδιορισμό των μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των αδρανών - Μέρος 2: Μέθοδοι προσδιορισμού της αντίστασης σε θρυμματισμό
ΕΛΟΤ EN 1367-2	Tests for thermal and weathering properties of aggregates - Part 2: Magnesium sulfate test. - Δοκιμές για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των αδρανών σε θερμικές και καιρικές μεταβολές - Μέρος 2: Δοκιμή θειικού μαγνησίου.
ΕΛΟΤ EN 863	Protective clothing - Mechanical properties - Test method: Puncture resistance - Προστατευτική ενδυμασία. Μηχανικές ιδιότητες. Δοκιμή αντοχής σε διάτρηση.

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-03-00:2009

© ΕΛΟΤ

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

### 3 Όροι και ορισμοί

Για τους σκοπούς της παρούσας Προδιαγραφής εφαρμόζονται οι ακόλουθοι όροι και ορισμοί.

#### 3.1 Ορισμοί

- 3.1.1 Δονητική αντικατάσταση (Vibro replacement):** Διαδικασία κατασκευής χαλικοπασσάλων σε συνεκτικά κυρίως εδάφη με τη βοήθεια του συστήματος δονητή-στήλη.
- 3.1.2 Δονητική Στήλη:** Το σύνολο της δονητικής τορπίλης και των στελεχών (αποτελούμενων από απλούς χαλύβδινους σωλήνες). Τα στελέχη συνδέονται με τον κυρίως δονητή μέσω ενός ελαστομερούς μονωτήρα απόσβεσης των δονήσεων. Η δονητική στήλη περιέχει εσωτερικά σωλήνες για την διοχέτευση νερού στην αιχμή του δονητή. Στην περίπτωση εφαρμογής της μεθόδου με εσωτερική τροφοδοσία χαλικίου προς την αιχμή, η δονητική στήλη φέρει στο εσωτερικό της και έναν ειδικό σωλήνα τροφοδοσίας με χαάνη στην κεφαλή.
- 3.1.3 Δονητική Τορπίλη (Vibro-flot):** Το κυρίως τμήμα του δονητή, αποτελούμενο από ένα κυλινδρικό μεταλλικό σωλήνα με μορφή τορπίλης στην αιχμή του. Μέσα στον σωλήνα αυτό, ένα βάρος δύναται να περιστρέφεται έκκεντρα, μεταδίδοντας την δόνηση στο έδαφος.
- 3.1.4 Μέθοδος κλειστού σωλήνα:** Μέθοδος με την οποία ο χαλικοπάσσαλος κατασκευάζεται με την τεχνική των πασσάλων εμπήξεως με την βοήθεια ενός κλειστού σωλήνα. Το υλικό πλήρωσης εισάγεται μέσα στον σωλήνα και συμπυκνώνεται ανά μικρά διαστήματα (με ταυτόχρονη ανάσυρση του σωλήνα), και εισχωρεί στο περιβάλλον έδαφος.
- 3.1.5 Ξηρά μέθοδος με τροφοδοσία από πάνω (Dry top feed method) :** Όμοια μέθοδος με αυτήν της ξηράς τροφοδοσίας στην αιχμή, μόνο που τώρα η τροφοδοσία με χαλίκι γίνεται από πάνω και αφού πρώτα έχει εξαχθεί από το έδαφος η δονητική στήλη. Η μέθοδος αυτή είναι δυνατόν να εφαρμοστεί μόνο στην περίπτωση που δεν υπάρχουν καταπτώσεις στην οπή, π.χ. σε σταθερά εδάφη πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα.
- 3.1.6 Ξηρά μέθοδος με τροφοδοσία στην αιχμή (Dry bottom feed method):** Κατασκευή χαλικοπασσάλου με την βοήθεια του συστήματος δονητή-δονητική στήλη, όπου το υλικό πλήρωσης, (χαλίκι), μεταφέρεται μέσω ειδικού σωλήνα τροφοδοσίας που είναι ενσωματωμένος στην δονητική στήλη στην αιχμή με την βοήθεια πεπιεσμένου αέρα.
- 3.1.7 Υγρή μέθοδος με τροφοδοσία στην αιχμή (Wet bottom feed method) :** Κατασκευή χαλικοπασσάλου με την βοήθεια του συστήματος δονητή-δονητική στήλη, όπου αφενός μεν η διάτρηση γίνεται με την βοήθεια νερού που εκτοξεύεται από την αιχμή του δονητή, αφετέρου δε το υλικό πλήρωσης (χαλίκι) μεταφέρεται στην αιχμή του δονητή μέσω του ειδικού σωλήνα τροφοδοσίας που είναι ενσωματωμένος στην δονητική στήλη.
- 3.1.8 Υγρή μέθοδος με τροφοδοσία από πάνω (Wet top feed method):** Όμοια μέθοδος με αυτήν της υγρής τροφοδοσίας στην αιχμή, μόνο που τώρα η τροφοδοσία με χαλίκι γίνεται από πάνω εκτοξεύοντας συνεχώς νερό στην αιχμή και καθ' ύψος της στήλης, ούτως ώστε να διατηρείται ανοικτός ο δακτύλιος μεταξύ του εδάφους και της στήλης.
- 3.1.9 Χαλικοπάσσαλος (Stone Column):** Στήλη από χαλικιώδες υλικό που κατασκευάζεται εκτοπίζοντας το περιβάλλον έδαφος και χρησιμεύει για την παραλαβή κατακόρυφων φορτίων ή/και την επιτάχυνση της στράγγισης. Χαλικοπάσσαλοι κατασκευάζονται κυρίως σε αργιλικά εδάφη στα οποία η δονητική συμπύκνωση δεν είναι ιδιαίτερως αποδοτική. Η μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως

στους τύπους των εδαφών (όπως στα ιλυώδη και αργιλικά εδάφη) όπου η δονητική συμπίκνωση δεν έχει αξιολογικά αποτελέσματα. Με την τεχνική αυτή εκτοπίζεται οριζοντίως μια στήλη του επιτόπου εδαφικού υλικού και αντικαθίσταται από χαλικώδες υλικό, το οποίο επιπλέον συμπυκνώνεται με τη δόνηση δημιουργώντας έναν «χαλικοπάσσαλο». Οι χαλικοπάσσαλοι διατάσσονται σε κάρναβο με αποστάσεις που ικανοποιούν την απαιτούμενη βελτίωση των γεωτεχνικών συνθηκών, όπως έχει καθορισθεί από τη Μελέτη και έχει προκύψει από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των προκαταρκτικών δοκιμών εφαρμογής της μεθόδου. Λόγω της μεγάλης διαπερατότητας του χαλικώδους υλικού σε σχέση με το περιβάλλον έδαφος, οι χαλικοπάσσαλοι λειτουργούν και ως κατακόρυφα στραγγιστήρια διευκολύνοντας την εκτόνωση των υπερπλίσεων του νερού των πόρων, που οφείλονται είτε στην εφαρμογή δυναμικών-σεισμικών φορτίων είτε στην επιβολή στατικών επιφορτίσεων (π.χ. εξ επιχωμάτων προφόρτισης). Στην τελευταία περίπτωση (προφόρτιση), με τους χαλικοπάσσλους επιτυγχάνεται και μείωση του χρόνου πραγματοποίησης των καθιζήσεων λόγω στερεοποίησης, πέραν της αύξησης της αντοχής του εδάφους και της μείωσης της συμπίεσής του. Συμπερασματικά η μέθοδος της δονητικής αντικατάστασης του εδάφους εφαρμόζεται με επιτυχία για την αύξηση της φέρουσας ικανότητας και τη μείωση των καθιζήσεων εδάφους θεμελίωσης, την επιτάχυνση της πραγματοποίησης των καθιζήσεων σε συνδυασμό με την αύξηση της φέρουσας ικανότητας, και τη βελτίωση της συνολικής ευστάθειας επιχωμάτων και άλλων τεχνικών έργων.

### 3.2 Ταξινόμηση χαλικοπασσάλων

Ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο δονητικής αντικατάστασης, διακρίνονται οι εξής τύποι χαλικοπασσάλων :

- χαλικοπάσσαλος με τροφοδοσία αδρανών από την κεφαλή της δονητικής στήλης (Top feed method).
- χαλικοπάσσαλος με τροφοδοσία αδρανών στην αιχμή της δονητικής στήλης (Bottom feed method).
- χαλικοπάσσαλος με έμπηξη κλειστού σωλήνα.

## 4 Απαιτήσεις

### 4.1 Γεωτεχνικές έρευνες

Οι γεωτεχνικές έρευνες θα πρέπει να εκτείνονται σε ικανό βάθος, έτσι ώστε να προσφέρουν επαρκή στοιχεία (αντοχής και παραμορφωσιμότητας) για όλες τις γεωτεχνικές ενότητες, οι οποίες εκτιμάται ότι επηρεάζουν την επιλογή και εφαρμογή της μεθόδου. Η εκτέλεση των παραπάνω ερευνών θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις και τις γενικές αρχές που αναφέρονται στο ΕΛΟΤ EN 1997-1. Επιπλέον, για τον τελικό καθορισμό των ποσοτήτων των προς εκτέλεση αναγκαίων γεωτεχνικών ερευνών, είναι απαραίτητη η συνεκτίμηση της υπάρχουσας σχετικής εμπειρίας στην δονητική αντικατάσταση σε ανάλογες γεωτεχνικές συνθήκες ή/και των γεωτεχνικών πληροφοριών στην ευρύτερη περιοχή των εργασιών.

Οι γεωτεχνικές έρευνες μπορεί να είναι :

1. Δοκιμές πενετρομέτρου με στατικό ή δυναμικό κώνο.
2. Δοκιμές πρότυπων δοκιμών διείσδυσης (SPT)
3. Δοκιμές πρεσσιομέτρου.
4. Γεωφυσικές, σεισμικές δοκιμές.
5. Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις.

Επισημαίνεται ότι θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις ακόλουθες γεωτεχνικές συνθήκες :

- Στρώσεις κροκαλών και ογκολίθων, οι οποίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν δυσκολίες στην διείσδυση του δονητή και εξ αυτού να απαιτηθεί η εφαρμογή μεθόδων με χρήση προ-διάτρησης.

- Παρουσία ανθεκτικού φέροντος σχηματισμού ικανού πάχους που είναι δυνατόν να προκαλέσει δυσκολίες στην διείσδυση του δονητή και εξ αυτού να απαιτηθεί η εφαρμογή μεθόδων με χρήση προ-διάτρησης.
- Συστηματική καταγραφή της στάθμης του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα.
- Παρουσία αρτεσιανού ή επικρεμάμενου υδροφόρου ορίζοντα.

#### 4.2 Γενικές απαιτήσεις

Οι γενικές απαιτήσεις για την εκτέλεση των εργασιών βαθιάς δονητικής αντικατάστασης είναι οι ακόλουθες :

- Ύπαρξη επαρκών γεωτεχνικών στοιχείων του εδάφους στην περιοχή εφαρμογής της τεχνικής της βαθιάς δόνησης.
- Γνώση των απαραίτητων πληροφοριών που αφορούν στις επικρατούσες συνθήκες στην περιοχή, δηλαδή έκταση και όρια της περιοχής, τοπογραφική αποτύπωση της περιοχής, δυνατότητα πρόσβασης ή άλλοι περιορισμοί.
- Πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη, την ακριβή θέση και την κατάσταση παρακείμενων υφιστάμενων κατασκευών (π.χ. κτίρια, δρόμοι, δίκτυα κοινής ωφέλειας), υπογείων κατασκευών και στοιχείων θεμελίωσης καθώς και τυχόν αρχαιολογικών ευρημάτων.
- Πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη ρυπογόνων θυσίων εντός των σχηματισμών ή με πιθανούς κινδύνους, οι οποίοι είναι δυνατόν να επηρεάσουν την μέθοδο κατασκευής, τις επιλογές ως προς την απόρριψη των υλικών διάτρησης, ή την ασφάλεια του προσωπικού.
- Ικανοποίηση των νομικών και περιβαλλοντικών περιορισμών (π.χ. πιθανή ρύπανση, περιορισμοί υπερβολικού θορύβου, περιορισμοί των προκαλούμενων δονήσεων και της γενικότερης όχλησης στα γειτονικά κτίσματα).
- Περιγραφή της μεθοδολογίας εκτέλεσης των εργασιών με σαφή και λεπτομερή αναφορά στον κατάλογο των μηχανημάτων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, στη σύνθεση του τεχνικού προσωπικού, με ορισμό του επικεφαλής, ο οποίος θα πρέπει να είναι εργοδηγός βεβαιωμένης πείρας σε παρόμοιες εργασίες και στον κάρναβο εφαρμογής της μεθόδου και την χρονική αλληλουχία της κατασκευής.
- Εκτέλεση ενός δοκιμαστικού πεδίου, για την επαλήθευση της διαδικασίας εκτέλεσης των εργασιών, της απαιτούμενης πυκνότητας του κάρναβου και βεβαίως της επιτυγχανόμενης συμπύκνωσης.

#### 4.3 Απαιτήσεις ενσωματούμενων υλικών

Τα υλικά τα οποία ενσωματώνονται στις εργασίες δονητικής αντικατάστασης είναι τα αδρανή υλικά πλήρωσης που θα πρέπει να ικανοποιούν τις ακόλουθες απαιτήσεις :

- Στην περίπτωση κατασκευής χαλικοπασσάλων με την μέθοδο της δονητικής αντικατάστασης και με τροφοδοσία από πάνω (top feed), το χρησιμοποιούμενο υλικό θα είναι χαλίκια προερχόμενα από σχετικά σκληρά και ανθεκτικά βραχώδη προϊόντα με διαβάθμιση (πρότυπο ΕΛΟΤ EN 933-1, ΕΛΟΤ EN 933-2) από 10 έως 50 mm (3/8 έως 2 ίντσες) ενώ σε ειδικές περιπτώσεις είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και κροκάλες έως 100 mm (4 ίντσες) όπως π.χ. στην μέθοδο της «κουβέρτας» στα λιμενικά έργα
- Στην περίπτωση κατασκευής χαλικοπασσάλων με την μέθοδο του κλειστού σωλήνα ή της δονητικής αντικατάστασης και με τροφοδοσία από την αιχμή (bottom feed), το χρησιμοποιούμενο υλικό θα είναι χαλίκια προερχόμενα από σχετικά σκληρά και ανθεκτικά βραχώδη προϊόντα με διαβάθμιση (πρότυπο ΕΛΟΤ EN 933-1, ΕΛΟΤ EN 933-2) από 6 έως 38 mm (1/4 έως 1.5 ίντσες), δεδομένου ότι αυτά θα πρέπει να μεταφέρονται ευχερώς στην αιχμή μέσω του ειδικού σωλήνα τροφοδοσίας.



© ΕΛΟΤ

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-03-03-00:2009

- Γενικά, και εφόσον δεν προδιαγράφεται διαφορετικά στη μελέτη, το υλικό πλήρωσης των χαλικοπασσάλων θα αποτελείται κατά προτίμηση από θραυστά γωνιώδη σκύρα (χαλίκια) σε σχέση με τα στρογγυλεμένα, λόγω της μεγαλύτερης εσωτερικής γωνίας τριβής που επιτυγχάνουν.
- Τα αδρανή θα πρέπει να είναι επαρκώς σκληρά και χημικώς αδρανή, ώστε να παραμένουν σταθερά κατά τη διαδικασία τοποθέτησης και κατά την τεχνική διάρκεια ζωής του έργου υπό τις αναμενόμενες συνθήκες του υπόγειου νερού. Αν δεν προδιαγράφεται διαφορετικά στη μελέτη, το ποσοστό φθοράς των αδρανών πλήρωσης κατά την δοκιμή Los Angeles δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 50% (ΕΛΟΤ EN 1097-2), ενώ στην δοκιμή υγείας το 10% (ΕΛΟΤ EN 1367-2).

Τα ενσωματούμενα ή χρησιμοποιούμενα υλικά θα πρέπει να ικανοποιούν τα αντίστοιχα Πρότυπα και τις απαιτήσεις που απορρέουν από τα αναφερόμενα στην παρούσα Προδιαγραφή και τη μελέτη. Κάθε πρόθεση για αλλαγή των αρχικώς εγκεκριμένων πηγών τροφοδοσίας των ενσωματούμενων υλικών θα πρέπει να δηλώνεται εγκαίρως στη Διευθύνουσα Υπηρεσία και να αιτιολογείται καταλλήλως. Υλικά τα οποία έχουν απορριφθεί μετά τη διενέργεια των σχετικών ελέγχων καταλληλότητας θα πρέπει να απομακρύνονται από την περιοχή των εργασιών.

## 5 Κατασκευή χαλικοπασσάλων με την τεχνική της δονητικής αντικατάστασης

### 5.1 Τεχνική δονητικής αντικατάστασης

Η τεχνική της δονητικής αντικατάστασης εφαρμόζεται κυρίως σε σχετικώς συνεκτικά, μαλακά και συμπίεστα εδάφη (π.χ. ιλυώδη και αργιλικά), όπου η δονητική συμπίκνωση δεν έχει αποτελέσματα. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται η εις-βάθος εκτόπιση (προς τα πλάγια) του επιτόπιου μαλακού αργιλικού υλικού και η πλήρωση του δημιουργούμενου κενού με χαλικώδες υλικό κατά μήκος μιας στήλης εδάφους (χαλικοπάσσαλος).

Με την παραπάνω τεχνική επομένως, εκτοπίζεται οριζοντίως μια στήλη του επιτόπιου εδαφικού υλικού και αντικαθίσταται από χαλικώδες υλικό, το οποίο επιπλέον συμπυκνώνεται με δόνηση δημιουργώντας έναν «χαλικοπάσσαλο». Ο χαλικοπάσσαλος και το περιβάλλον αυτόν έδαφος αποτελούν ένα σύστημα με βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά.

Οι χαλικοπάσσαλοι διατάσσονται σε κάρναβο με αποστάσεις που ικανοποιούν την απαιτούμενη βελτίωση των γεωτεχνικών συνθηκών, όπως έχει καθορισθεί από τη Μελέτη και έχει προκύψει από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των προκαταρκτικών δοκιμών εφαρμογής της μεθόδου.

Λόγω της μεγάλης διαπερατότητας του χαλικώδους υλικού σε σχέση με το περιβάλλον έδαφος, οι χαλικοπάσσαλοι λειτουργούν και ως κατακόρυφα στραγγιστήρια διευκολύνοντας την εκτόνωση των υπερπίεσεων του νερού των πόρων, που οφείλονται είτε στην εφαρμογή δυναμικών-σεισμικών φορτίων είτε στην επιβολή στατικών επιφορτίσεων (π.χ. εξ επιχωμάτων προφόρτισης). Στην τελευταία περίπτωση (προφόρτιση), με τους χαλικοπασσάλους επιτυγχάνεται και μείωση του χρόνου πραγματοποίησης των καθιζήσεων λόγω στερεοποίησης, πέραν της αύξησης της αντοχής του εδάφους και της μείωσης της συμπίεστικότητας.

### 5.2 Μεθοδολογία

Πριν από την έναρξη των εργασιών, θα πρέπει να υποβάλλεται προς έγκριση η μεθοδολογία της βαθιάς δόνησης, η οποία θα περιέχει κατ' ελάχιστον τα παρακάτω στοιχεία :

- Σκοπός των εργασιών βελτίωσης του εδάφους με την τεχνική της βαθιάς δόνησης.
- Συνοπτική περιγραφή των χαρακτηριστικών του εδάφους.
- Περιγραφή της προτεινόμενης μεθόδου κατασκευής η οποία κρίνεται ως κατάλληλη για τις αναμενόμενες γεωτεχνικές συνθήκες ή άλλες συνθήκες του εργοταξιακού χώρου.
- Σχηματική εγκατάσταση του εξοπλισμού και της διαχείρισης των άχρηστων υλικών.
- Διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου καθώς και τις ελάχιστες απαιτήσεις αυτού (π.χ. μεταβολή της υδραυλικής πίεσης ή της έντασης του ηλεκτρικού φορτίου με το βάθος και τον χρόνο).

Επιπροσθέτως, θα καταγράφονται οι ποσότητες του χαλικοπού πλήρωσης της στήλης ώστε να εκτιμηθεί η διάμετρος του δημιουργούμενου χαλικοπασσάλου.

- Τα χαρακτηριστικά του αμμοχάλικου ή χαλικοπού πλήρωσης με την αντίστοιχη κοκκομετρική καμπύλη.
- Κατασκευαστικά σχέδια και τεχνικές εκθέσεις όπου θα φαίνεται ο κάρναβος και το εφαρμογής, καθώς και η αλληλουχία των εργασιών.

Στη φάση της κατασκευής θα πρέπει, η δονητική στήλη ή ο κλειστός σωλήνας, να είναι αριθμημένος σε όλο το μήκος του ανά 0.25 m, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εύκολη μέτρηση την στάθμης αιχμής συνεχώς από την επιφάνεια.

### 5.3 Απαιτούμενος εξοπλισμός

Για την εκτέλεση των εργασιών κατασκευής χαλικοπασσάλων είναι απαραίτητος ο παρακάτω εξοπλισμός (κατά περίπτωση αναλόγως του είδους της εφαρμοζόμενης μεθόδου) :

1. Ερπυστριόφορος ανυψωτικός γερανός ικανής ανυψωτικής ικανότητας, ανάλογης με το βάρος της δονητικής στήλης, με κατακόρυφη ή κεκλιμένη μπούμα.
2. Δονητική Τορπίλη υδραυλική ή ηλεκτρική κατάλληλης ισχύος. Τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά του δονητή θα προσδιορίζονται από τη μελέτη και θα επιβεβαιώνονται από την αρχική εφαρμογή στο δοκιμαστικό πεδίο. Ενδεικτικά, ως ελάχιστα χαρακτηριστικά για την εκτέλεση των εργασιών αυτών είναι:
  - Ισχύς 100 kW
  - Αθροιστικό πλάτος δόνησης 7 cm
  - Φυγοκεντρική δύναμη 150 kN
  - Ειδικά στελέχη ικανού μήκους ώστε να είναι δυνατή η διείσδυση του δονητή μέχρι το τελικό επιθυμητό βάθος. Στην περίπτωση τροφοδοσίας στην αιχμή τα στελέχη αυτά φέρουν και τον ειδικό σωλήνα τροφοδοσίας με την χοάνη στην κεφαλή.
3. Χωματοουργικά μηχανήματα για την εκτέλεση των πάσης φύσεως χωματοουργικών εργασιών πριν, κατά, και μετά την δονητική αντικατάσταση. Τα μηχανήματα αυτά είναι εκσκαφείς, φορτωτές, φορητά αυτοκίνητα κλπ.
4. Αντλίες νερού και δίκτυα διαχείρισης του απαιτούμενου ύδατος, που στην περίπτωση της υγρής μεθόδου οι ποσότητες είναι σημαντικές.
5. Αεροσυμπιεστής για την περίπτωση εφαρμογής της ξηράς μεθόδου.
6. Κρουστική ή δονητική σφύρα για την διείσδυση του σωλήνα στην μέθοδο του κλειστού σωλήνα.
7. Βοηθητικός εξοπλισμός όπως π.χ. δεξαμενές, δίκτυα κλπ.

### 5.4 Κατασκευή χαλικοπασσάλων

Η εφαρμογή της βαθιάς δόνησης απαιτεί ιδιαίτερη γνώση και εμπειρία με εξειδικευμένο κατά περίπτωση εξοπλισμό και προσωπικό.

Η κατασκευή χαλικοπασσάλων εκτελείται με τις εξής φάσεις:

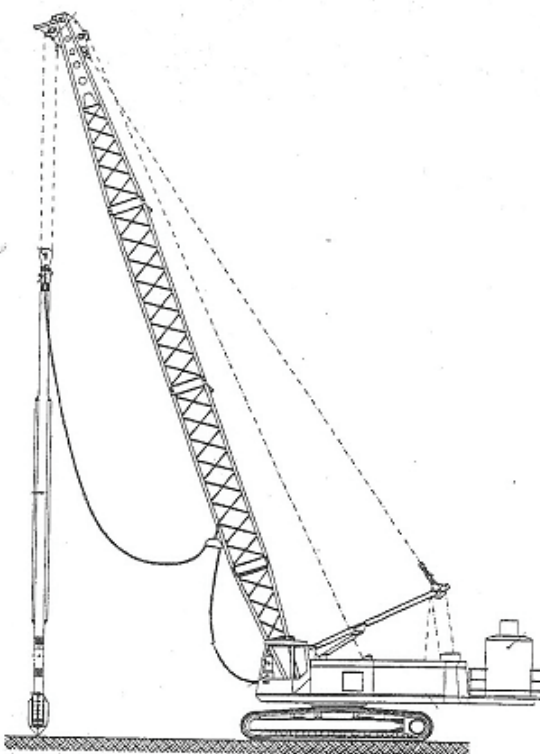
- Την αρχική φάση που περιλαμβάνει την διείσδυση της δονητικής στήλης ή του κλειστού σωλήνα μέχρι το επιθυμητό βάθος,
- Τη φάση που περιλαμβάνει τη διαδικασία συμπίκνωση και πλήρωσης με κατάλληλο υλικό. Ο τρόπος κατασκευής του χαλικοπασσάλου, εξαρτάται από τη μέθοδο δονητικής αντικατάστασης που χρησιμοποιείται:

#### 5.4.1 Μέθοδος με τροφοδοσία αδρανών στην κεφαλή της δονητικής στήλης

Η δονητική στήλη τοποθετείται σε κατακόρυφη θέση (με την βοήθεια του ανυψωτικού γερανού) στο σημείο όπου πρόκειται να εφαρμοστεί η κατασκευή του χαλικοπασσάλου (Σχήμα 1).

Με το ίδιο βάρος της δονητικής στήλης, τη βοήθεια του νερού που διοχετεύεται από τα ακροφύσια στην αιχμή του δονητή και σε συνδυασμό με τη δόνηση που επιβάλλεται, η δονητική στήλη εισάγεται στο έδαφος μέχρι το επιθυμητό βάθος. Η διάτρηση γίνεται στις θέσεις, κλίσεις, μήκη, βάθη και ανοχές αποκλίσεων που προβλέπονται από τη Μελέτη, ή όπως απαιτηθεί από τις επιτόπου συνθήκες και με την έγκριση της Διευθύνουσας Υπηρεσίας. Σε περίπτωση που επιφανειακά υπάρχει σκληρό εδαφικό στρώμα που εμποδίζει την διείσδυση του δονητή, θα πρέπει να γίνεται προ-διάτρηση με διάμετρο τουλάχιστον ίση με αυτήν της δονητικής στήλης.

Η επιβαλλόμενη δόνηση σε συνδυασμό με τη χρήση του εκτοξευόμενου νερού έχει ως αποτέλεσμα την πλευρική εκτόπιση και (εν-μέρει) απομάκρυνση (ξέπλυμα) του επιτόπου αργιλικού εδάφους, δημιουργώντας οπή με διάμετρο μεγαλύτερη από τη διάμετρο του δονούμενου στελέχους. Τα τοιχώματα της οπής συγκρατούνται από το ανερχόμενο μίγμα νερού και εδαφικού υλικού γύρω από το στέλεχος καθ' όλη τη διάρκεια κατασκευής του χαλικοπασσάλου.



**Σχήμα 1 - Τυπική διάταξη ανυψωτικού γερανού για την εφαρμογή δονητικής αντικατάστασης.**

Αφού η δονητική στήλη φθάσει στο επιθυμητό βάθος, αρχίζει η διαδικασία κατασκευής του χαλικοπασσάλου με ανιόντα βήματα της τάξεως των 30 έως 50 cm μέχρι την επιφάνεια, και σε κάθε βήμα διοχετεύεται χαλίκι από την επιφάνεια του εδάφους με την βοήθεια ενός φορτωτή.

Η τροφοδοσία των αδρανών (χαλίκων), γίνεται συνεχώς από την επιφάνεια του εδάφους μεταξύ τοιχωμάτων της οπής και του δονητικού στελέχους.

Σε κάθε βήμα ανόδου, ο δονητής ξαναβυθίζεται και με την δόνησή του προκαλεί συμπύκνωση του χαλικιού και περαιτέρω εκτόπιση του εδάφους, έτσι ώστε να σχηματίζεται χαλικοπάσσαλος με διάμετρο μεγαλύτερη από αυτήν της οπής. Η βύθιση του δονητή επαναλαμβάνεται σε κάθε βήμα, μέχρις ότου επιτευχθεί συγκεκριμένη αύξηση της υδραυλικής πίεσης (bars) ή της ηλεκτρικής έντασης (Ampers), ανάλογα εάν χρησιμοποιείται υδραυλικός ή ηλεκτρικός δονητής. Τα κριτήρια ανόδου του δονητή, δηλαδή βήμα ανόδου, αύξηση της πίεσης ή της έντασης, αριθμός παλινδρομικών κινήσεων προσδιορίζονται από τα αποτελέσματα στο αρχικό δοκιμαστικό πεδίο.

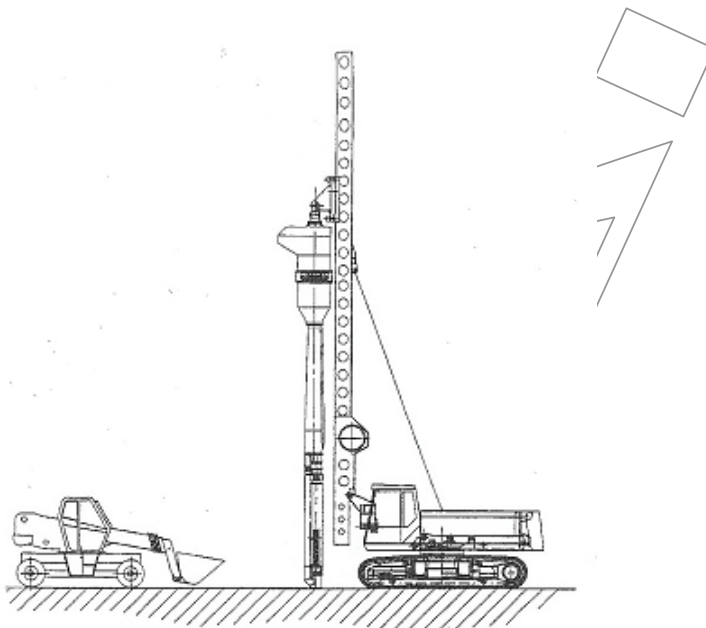
Το χαλίκι πλήρωσης μπορεί να προέρχεται από προκατασκευασμένο στρώμα χαλικιών («κουβέρτα»), στην επιφάνεια του φυσικού εδάφους και πάχους τέτοιου (2 έως 3 m), ώστε ο όγκος του να αντιστοιχεί περίπου στο συνολικό απαιτούμενο όγκο συμπυκνωμένου υλικού για την κατασκευή και ολοκλήρωση κάθε χαλικοπάσσαλου. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στα λιμενικά έργα όπου δεν είναι δυνατή η συνεχής τροφοδοσία χαλικιών στην επιφάνεια του πυθμένα.

Στην περίπτωση όπου το προς συμπύκνωση έδαφος βρίσκεται πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα και κατά την διάτρηση δεν έχουμε καταπτώσεις των παρειών της οπής, είναι δυνατόν να εφαρμοστεί η «ξηρά» μέθοδος κατά την οποία η τροφοδοσία με χαλίκι γίνεται με πλήρωση της οπής από την επιφάνεια χωρίς τη χρήση εκτοξευόμενου ύδατος, αφού πρώτα έχει εξαχθεί από το έδαφος η δονητική στήλη.

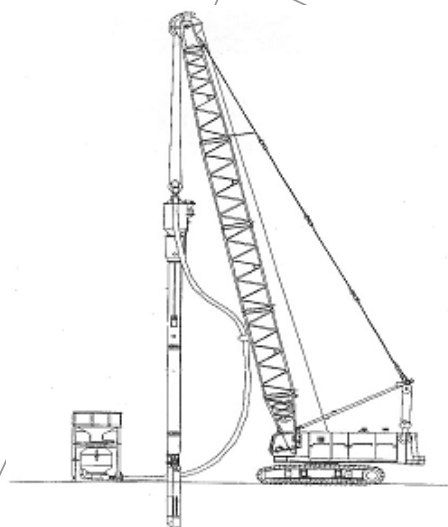
#### 5.4.2 Μέθοδος με εσωτερική τροφοδοσία αδρανών από την αιχμή

Στη μέθοδο αυτή, η ανάρτηση της δονητικής στήλης από τον ανυψωτικό γερανό γίνεται με δύο τρόπους:

- Η δονητική στήλη αναρτάται από γερανό με κατακόρυφο οδηγό (μπούμα), επί του οποίου ολισθαίνουν ανεξάρτητα (α) η δονητική στήλη και (β) μία χοάνη για την τροφοδοσία του δονητικού στελέχους με σύρτη στο κάτω μέρος (Σχήμα 2). Ο σωλήνας τροφοδοσίας χαλικιού φθάνει μέχρι την αιχμή του δονητή και τροφοδοτείται με σκύρα από τη χοάνη στο άνω άκρο του. Η χοάνη μπορεί να ανεβοκατεβαίνει με τη βοήθεια συρματόσχοινου, ολισθαίνουσα πάνω στον κατακόρυφο οδηγό, έτσι ώστε να μεταφέρει τα αδρανή από το δάπεδο εργασίας στο άνω μέρος του δονητικού στελέχους. Μεταξύ της χοάνης και της εξόδου του σωλήνα στην αιχμή, υπάρχει ένας θάλαμος προσωρινής αποθήκευσης με μία βαλβίδα με την οποία απομονώνεται από τον κυρίως σωλήνα τροφοδοσίας. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η τροφοδοσία με πεπιεσμένο αέρα στην φάση διείσδυσης του δονητή στο έδαφος και στη φάση ανύψωσης
- Στη δεύτερη περίπτωση, η δονητική στήλη απλώς αναρτάται με συρματόσχοινο από κεκλιμένη μπούμα του γερανού, και η τροφοδοσία στην χοάνη (που βρίσκεται στην κεφαλή της στήλης) γίνεται μέσω ελαστικού σωλήνα με μία κατάλληλη αντλία αδρανών (Σχήμα 3).



**Σχήμα 2 - Μέθοδος με εσωτερική τροφοδοσία αδρανών μέσω χοάνης, με σύρτη στο κάτω μέρος**



**Σχήμα 3 - Μέθοδος με εσωτερική τροφοδοσία στη χοάνη, μέσω ελαστικού σωλήνα με κατάλληλη αντλία αδρανών**

Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις, η μέθοδος περιλαμβάνει τις εξής φάσεις εργασίας :

1. Τοποθέτηση του δονητικού στελέχους στην θέση όπου πρόκειται να κατασκευαστεί ο χαλικοπάσσαλος.
2. Πλήρωση όλου του δονητικού στελέχους μέσω της χοάνης στην κεφαλή, με αδρανή υλικά (σκύρα).
3. Αν απαιτείται, κλείνει η βαλβίδα μεταξύ θαλάμου προσωρινής αποθήκευσης και σωλήνα και παροχή πεπιεσμένου αέρα μέσα στο θάλαμο. Η παροχή πεπιεσμένου αέρα χρησιμοποιείται

προκειμένου να μειωθεί η υποπίεση που δημιουργείται στο έδαφος κατά την ανύψωση του δονητικού στελέχους και η οποία δημιουργεί αστάθεια των τοιχωμάτων του διατρήματος.

4. Έμπηξη του δονητικού στελέχους μέσα στο έδαφος με σύγχρονη δόνηση, μέχρι το προβλεπόμενο βάθος.
5. Μερική ανύψωση του δονητικού στελέχους κατά 0.50 m περίπου, εκκένωση των σκύρων και δονητική επανέμπηξη του στελέχους προκειμένου να συμπυκνωθούν τα σκύρα.
6. Προοδευτική ανύψωση, με παράλληλη εκκένωση των σκύρων, με ταυτόχρονες συνεχείς μικρές επανεμπήξεις και συνεχή δόνηση, προκειμένου να συμπυκνωθούν τα σκύρα και να σχηματιστεί ο χαλικοπάσσαλος. Σε κάθε βήμα, η επιτυχάνουσα συμπύκνωση ελέγχεται μέσω της καταγραφής της αύξησης της υδραυλικής πίεσης (bars) ή της ηλεκτρικής έντασης (Ampers), ανάλογα εάν χρησιμοποιείται υδραυλικός ή ηλεκτρικός δονητής. Τα κριτήρια απόδοσης του δονητή, δηλαδή βήμα απόδοσης, αύξηση της πίεσης ή της έντασης, αριθμός παλινδρομικών κινήσεων προσδιορίζονται από τα αποτελέσματα στο αρχικό δοκιμαστικό πεδίο.
7. Καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας, ο σωλήνας τροφοδοτείται τακτικά με σκύρα, ανάλογα με τις ανάγκες.

#### 5.4.3 Μέθοδος με έμπηξη κλειστού σωλήνα

Η κατασκευή χαλικοπασσάλων με την μέθοδο έμπηξης κλειστού σωλήνα περιλαμβάνει τις εξής φάσεις εργασίας:

1. Έμπηξη στο έδαφος (μέχρι την τελική στάθμη), ενός άκαμπτου χαλύβδινου σωλήνα πωματισμένου προσωρινά στο κάτω άκρο και εξωτερικής διαμέτρου κατ' ελάχιστον 600 mm. Η τοποθέτηση του σωλήνα θα γίνεται είτε δονητικά είτε κρουστικά, με κατάλληλο δονητή ή σφυρί, ικανό να επιτύχει την έμπηξη και ανύψωση του σωλήνα κατά τον παραπάνω περιγραφόμενο τρόπο, σύμφωνα με την Προδιαγραφή κατασκευής πασσάλων με έμπηξη (ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-11-01-02-00). Το πώματισμα επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός αρθρωτά συνδεδεμένου και ανοιγόμενου πώματος (κλαπέ), κωνικού ή επιπέδου σχήματος, αποτελούμενου από ένα ή περισσότερα τμήματα, που τοποθετείται μόνιμα στο κάτω άκρο του σωλήνα έμπηξης. Πλήρωση του σωλήνα, μετά το πέρας της έμπηξης, με τα αδρανή υλικά με τη βοήθεια χοάνης που τοποθετείται στο άνω άκρο του σωλήνα.
2. Ελαφρά ανύψωση του σωλήνα, ούτως ώστε να ανοίξει το πώμα στην αιχμή του σωλήνα και το χαλικώδες υλικό του σωλήνα να πληρώσει το αντίστοιχο τμήμα του διατρήματος, ερχόμενο σε άμεση επαφή με το έδαφος. Στην συνέχεια λειτουργεί ξανά ο δονητής (ή το σφυρί έμπηξης) προκαλώντας μετατόπιση του σωλήνα προς τα κάτω, ούτως ώστε το πώμα να ξανακλείσει. Με την επανέμπηξη του σωλήνα συμπυκνώνεται το υλικό των σκύρων και διευρύνεται συγχρόνως η διάμετρος του χαλικοπασσάλου. Το μήκος ανύψωσης του σωλήνα θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να μην υπάρχουν καταπτώσεις των τοιχωμάτων της οπής που μένει χωρίς επένδυση. Συνήθως, η έμπηξη γίνεται στο ήμισυ περίπου μήκος της ανεπένδυτης οπής. Εκτελούνται διαδοχικές ανυψώσεις και επανεμπήξεις του σωλήνα, μέχρις ότου γίνει πλήρης ανύψωση του σωλήνα, πλήρωση του διατρήματος με χαλικώδες υλικό και συμπύκνωσή του.
3. Κατά τη διάρκεια των φάσεων ανύψωσης και επανέμπηξης, ο σωλήνας πρέπει να τροφοδοτείται συνεχώς με υλικό τέτοιου όγκου, ώστε η συνολική τελικά διοχετευόμενη ποσότητα χαλίκων να αρκεί για την ολοκλήρωση του υπό κατασκευή χαλικοπασσάλου. Για να μειωθούν οι τριβές επαφής των σκύρων τόσο μεταξύ τους όσο και με τα εσωτερικά τοιχώματα του σωλήνα έμπηξης, θα πρέπει να διοχετεύεται μέσα στο σωλήνα μαζί με τα σκύρα και ποσότητα νερού, αρκετή για να γεμίσουν τα κενά.

#### 5.5 Ανοχές

Οι ανοχές, είναι αυτές όπως καθορίζονται στην εκάστοτε μελέτη ανάλογα με το είδος της κατασκευής και την αποτελεσματικότητά της.

## 5.6 Τηρούμενα στοιχεία

Κατά τη διαδικασία κατασκευής του χαλικοπασσάλου θα πρέπει να καταγράφονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία σε τυποποιημένο έγγραφο, τον μορφότυπο του οποίου θα εγκρίνει η Διευθύνουσα Υπηρεσία, που ονομάζεται Μητρώο Κατασκευής Χαλικοπασσάλων.

Συγκεκριμένα, στο μητρώο θα πρέπει να καταγράφονται: το σημείο εφαρμογής της συμπίκνωσης ή κατασκευής χαλικοπασσάλου με την αρίθμησή του, η ημερομηνία συμπίκνωσης, οι στάθμες κεφαλής και αιχμής της συμπίκνωμένης στήλης, η πίεση και η παροχή του νερού ή αέρα στις διάφορες φάσεις της εργασίας, η υδραυλική πίεση ή ηλεκτρική ένταση με το βάθος και τον χρόνο, οι ποσοότητες των αδρανών πλήρωσης και όλες οι τυχόν άλλες λεπτομέρειες που χρήζουν να μνημονεύονται.

## 6 Δοκιμές και έλεγχοι

Για τον ποιοτικό έλεγχο της δονητικής αντικατάστασης εδάφους (χαλικοπάσσαλοι), απαιτούνται οι παρακάτω δοκιμές και έλεγχοι:

### 6.1 Δοκιμές

- Η τελική απόφαση για την επαλήθευση και αποδοχή της διαδικασίας εκτέλεσης των εργασιών δονητικής αντικατάστασης που θα εφαρμοστεί, της απαιτούμενης πυκνότητας του καννάβου και βεβαίως της επιτυγχανόμενης συμπίκνωσης, θα ληφθεί μετά την εκτέλεση ενός δοκιμαστικού πεδίου, (τουλάχιστον 12 σημεία εφαρμογής σε ένα κάναβο 3 x 4, ή όπως προβλέπει η μελέτη). Το δοκιμαστικό αυτό πεδίο θα αποτελέσει και την βάση του ποιοτικού ελέγχου για το σύνολο της κατασκευής.
- Γεωτεχνικές έρευνες, (πρεσσιόμετρα, δοκιμές SPT, δοκιμές πεντρομέτρου, δοκιμαστικής φόρτισης πλάκας, κλπ) ώστε να διαπιστωθεί άμεσα η βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών του εδάφους, μετά την εφαρμογή της μεθόδου.

### 6.2 Έλεγχοι

- Έλεγχος Πρωτοκόλλων Παραλαβής ενσωματούμενων υλικών.
- Στην φάση της κατασκευής θα πρέπει, η δονητική στήλη ή ο κλειστός σωλήνας, να είναι αριθμημένος σε όλο το μήκος του ανά 0.25 m, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εύκολη μέτρηση την στάθμης αιχμής συνεχώς από την επιφάνεια.
- Προκειμένου να εκτιμηθεί η μέση διάμετρος του κατασκευασμένου χαλικοπασσάλου θα πρέπει να μετράται ο όγκος των χρησιμοποιούμενων αδρανών σε κάθε χαλικοπάσσαλο και να αναγράφεται σε σχετικό μητρώο.
- Ο έλεγχος επίτευξης ικανοποιητικού βαθμού συμπίκνωσης σε κάθε βήμα κατά την ανύψωση πραγματοποιείται μέσω της αναπτυσσόμενης πίεσης λαδιών στο υδραυλικό σύστημα ή της έντασης του ρεύματος του τροφοδοτικού του ηλεκτροκίνητου δονητικού στελέχους, ανάλογα με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιεί ο Ανάδοχος. Η τιμή αυτή (πίεση λαδιών ή ένταση ρεύματος) θα πρέπει να καθοριστεί κατά την κατασκευή του δοκιμαστικού πεδίου, στις συγκεκριμένες εδαφικές συνθήκες, πριν από την έναρξη των εργασιών.

### 6.3 Αποδοχή τελειωμένης δονητικής αντικατάστασης

Για την αποδοχή της τελειωμένης δονητικής αντικατάστασης θα χρησιμοποιούνται τα στοιχεία του Μητρώου και τα στοιχεία του φακέλου Ποιοτικού Ελέγχου.

Χαλικοπάσσαλοι στους οποίους οι δοκιμές δεν αποδεικνύουν συμμόρφωση με τις απαιτήσεις της παρούσας Προδιαγραφής και της Μελέτης θα απορρίπτονται.

## 7 Όροι και απαιτήσεις υγείας – ασφάλειας εργαζομένων και προστασίας περιβάλλοντος

### 7.1 Πηγές κινδύνου κατά την εκτέλεση των εργασιών

- Κίνδυνος από χρήση βαρέων ανυψωτικών μηχανημάτων.
- Κατά περίπτωση, συνθήκες εργασίας σε περιορισμένο χώρο ή και σε ύψος από την επιφάνεια του εδάφους.
- Κίνδυνος ηλεκτροπληξίας
- Κίνδυνος βραχυκυκλώματος και πυρκαγιάς ή επέκταση της πυρκαγιάς σε υδραυλικά λάδια.
- Κίνδυνος εργασίας με πεπιεσμένο αέρα.
- Κίνδυνος μεταφοράς βαριών αντικειμένων.
- Κίνδυνος τραυματισμού κατά την εκτέλεση δοκιμών.
- Εργασία σε συνθήκες θορύβου.

### 7.2 Μέτρα υγείας - ασφάλειας

Είναι υποχρεωτική η συμμόρφωση προς τα παρακάτω νομικά κείμενα, που είναι σχετικά με την ασφάλεια και υγείας των εργαζομένων σε τεχνικά έργα.

- 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 ΕΓΚΥΚΛΙΟ 11 (Αρ. Πρωτ. Δ16α/165/10/258/ΑΦ/19-5-97) του ΥΠΕΧΩΔΕ, σχετικά με το εν λόγω Π.Δ.
- Π.Δ.1073/16-9-81 "Περί μέτρων ασφαλείας κατά την εκτέλεση εργασιών εις εργοτάξια οικοδομικών και πάσης φύσεως έργων αρμοδιότητας Πολιτικού Μηχανικού"
- Π.Δ. 396/94 ΦΕΚ:221/Α/94 «Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας και υγείας για τη χρήση από τους εργαζόμενους εξοπλισμών ατομικής προστασίας κατά την εργασία σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 89/656/ΕΟΚ». Υποχρεωτική επίσης είναι η χρήση μέσων ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) κατά την εκτέλεση των εργασιών. Οι ελάχιστες απαιτήσεις είναι οι εξής:

**Πίνακας 1 - 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

- Π.Δ. 85/91 (ΦΕΚ 38/Α/91) σχετικά με την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσής τους στο θόρυβο κατά την εργασία σε συμμόρφωση προς την οδηγία 86/188/ΕΟΚ.
- Π.Δ 397/94 (ΦΕΚ 221/Α/94) Ελάχιστες προδιαγραφές ασφαλείας 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.
- Όλες οι επί μέρους μηχανικές διατάξεις θα συμμορφώνονται προς τα ισχύοντα Ελληνικά Πρότυπα για την Ασφάλεια των Μηχανών.



- Ειδικές απαιτήσεις του εξοπλισμού μεταφοράς των χρησιμοποιούμενων ρευστών λόγω ανάπτυξης υψηλών πιέσεων.
- Τα γεωτρύπανα θα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 791

## 8 Τρόπος επιμέτρησης εργασιών

Η επιμέτρηση της δονητικής αντικατάστασης εδαφών (κατασκευή χαλικοπασσάλων), όταν απαιτείται, θα γίνεται σε τρέχοντα μέτρα μήκους των χαλικοπασσάλων που πραγματικά κατασκευάστηκαν πλήρως, σύμφωνα με τη μελέτη και έγιναν αποδεκτοί, με βάση τις προβλέψεις της παρούσας Προδιαγραφής.

Η επιμέτρηση μπορεί να διακριτοποιείται λαμβανομένης υπόψη της διαμέτρου και του μήκους των χαλικοπασσάλων.

Οι χαλικοπάσσαλοι που χρησιμοποιούνται στο δοκιμαστικό πεδίο εφαρμογής της μεθόδου επιμετρώνται όπως οι συνήθεις λειτουργικοί.

Δεν επιμετρώνται χωριστά, διότι είναι ενσωματωμένες, όλες οι αναγκαίες εργασίες καθώς και τα πάσης φύσεως υλικά και εξοπλισμός, η εξασφάλιση και η κατανάλωση της ενέργειας, καθώς και κάθε άλλη συμπαραγορεύουσα δράση απαιτούμενη για την πλήρη και έντεχνη κατά τα ανωτέρω δονητική αντικατάσταση εδαφών (κατασκευή χαλικοπασσάλων). Ειδικότερα, ενδεικτικά αλλά όχι περιοριστικά, δεν επιμετρώνται χωριστά τα παρακάτω:

- Η διάθεση του απαραίτητου προσωπικού και εξοπλισμού με όλα τα εξαρτήματα ή και εργαλεία (με τη μέθοδο της δονητικής αντικατάστασης ή του κλειστού σωλήνα)
- Η εισκόμιση (από οποιαδήποτε απόσταση) του εξοπλισμού με όλα τα εξαρτήματα ή και εργαλεία, η θέση σε κατάσταση λειτουργικής ετοιμότητας και η απομάκρυνσή του μετά το πέρας των εργασιών
- Η απόσβεση και οι σταλίες του εξοπλισμού
- Η προμήθεια των απαραίτητων υλικών
- Η μεταφορά και προσωρινή αποθήκευσή τους στο έργο
- Η ενσωμάτωσή τους στο έργο
- Η φθορά και απομείωση των υλικών
- Οι εργασίες του δοκιμαστικού πεδίου
- Οι γεωτεχνικές έρευνες και οι μετρήσεις που απαιτούνται για τον έλεγχο της επιθυμητής συμπύκνωσης
- Η πραγματοποίηση όλων των απαιτούμενων δοκιμών, ελέγχων κ.λ.π. για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση της εργασίας σύμφωνα με την παρούσα Προδιαγραφή, καθώς και των τυχόν διορθωτικών μέτρων (εργασία και υλικά), εάν διαπιστωθούν μη συμμορφώσεις, κατά τις δοκιμές και τους ελέγχους.