



---

**ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ**

**ΠΕΤΕΠ 01-01-05-00**

---

- 01 Κατασκευές από σκυρόδεμα
- 01 Παραγωγή και διάστρωση σκυροδέματος
- 05 Δονητική συμπίκνωση σκυροδέματος**
- 00 -

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

Στη συνέχεια, το ΙΟΚ, συνεχίζει το έργο της σύνταξης νέων ΠΕΤΕΠ. (ΦΑΣΗ II) Η παρούσα ΠΕΤΕΠ ανήκει στην Φάση II.

### **Πίνακας μεταβολών, αναθεωρήσεων, ενημερώσεων, συμπληρώσεων**

Περιγραφή	Ημερομηνία	Παρατηρήσεις
Πρώτη έκδοση	05/2006	Κείμενο 2 <sup>ης</sup> ΟΔΕ/ΙΟΚ, όπως διαμορφώθηκε μετά από παρατηρήσεις Επιτροπής στελεχών του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ
Δεύτερη έκδοση	11/2009	Επικαιροποίηση και συμπλήρωση από το ΙΟΚ

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

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ, ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ</b> .....	<b>1</b>
2.1. ΓΕΝΙΚΑ .....	1
2.2. ΕΡΓΑΛΕΙΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ .....	2
2.2.1. Δονητικοί κόπανοι, δονητικές πλάκες και δοκοί, δονητικοί οδοστρωτήρες .....	3
2.2.2. Εξωτερικοί δονητές (ξυλοτύπου).....	3
2.2.3. Εσωτερικοί δονητές .....	3
2.3. ΚΕΙΜΕΝΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ .....	4
<b>3. ΔΟΝΗΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ</b> .....	<b>4</b>
3.1. ΓΕΝΙΚΑ .....	4
3.2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΝΗΤΗ.....	5
3.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΝΗΣΗΣ.....	6
3.3.1. Γενικά .....	6
3.3.2. Ειδικές περιπτώσεις συμπίκνωσης .....	6
<b>4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ</b> .....	<b>8</b>
<b>5. ΟΡΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ</b> .....	<b>8</b>
<b>6. ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ</b> .....	<b>9</b>



## Δονητική συμπίκνωση σκυροδέματος

ΠΕΤΕΠ

01-01-05-00

### 1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Αντικείμενο της παρούσας ΠΕΤΕΠ είναι οι τεχνικές δόνησης του σκυροδέματος, το πεδίο εφαρμογής τους και οι ορθές πρακτικές κατά περίπτωση, με σκοπό την συμπίκνωση του σκυροδέματος στον βαθμό που απαιτείται για την απόκτηση της προδιαγραφόμενης τελικής αντοχής του, υπό την προϋπόθεση ότι το υλικό ικανοποιεί τα κριτήρια συμμόρφωσης

### 2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ, ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ

#### 2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Συμπύκνωση σκυροδέματος είναι η διαδικασία απομάκρυνσης του εγκλωβισμένου αέρα από το νωπό σκυρόδεμα αμέσως μετά την χύτευσή του στον ξυλότυπο και η επίτευξη της μέγιστης πυκνότητάς του μέσω της ταξινόμησης των αδρανών σε πυκνή διάταξη.

Η περιεκτικότητα του σκυροδέματος σε αέρα αμέσως μετά την τοποθέτησή του στον ξυλότυπο μπορεί να φθάσει το 5%.

Η επίδραση της συμπίκνωσης στην αντοχή και την διαπερατότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική. Εκτιμάται ότι η αύξηση της περιεκτικότητας σε αέρα κατά μία ποσοστιαία μονάδα οδηγεί σε μείωση της αντοχής της τάξης των 500 kPa..

Κάποιος βαθμός συμπίκνωσης σκυροδέματος με μεγάλη ρευστότητα μπορεί να επιτευχθεί με συμπίεση, κοπάνισμα ή άλλες πρόχειρες μεθόδους. Πλήρης συμπίκνωση επιτυγχάνεται συνήθως με εφαρμογή δόνησης, η οποία προκαλεί την προσωρινή μείωση της τριβής και πρόσφυσης μεταξύ των συστατικών του σκυροδέματος, αυξάνει την ρευστότητα και οδηγεί στην απομάκρυνση του αέρα και την πυκνότερη αναδιάταξη των κόκκων.

Κατά την εφαρμογή της δόνησης η περίσσεια του νερού και του τσιμεντοπολτού, της πάστας καθώς και ο εγκλωβισμένος αέρας οδηγούνται προς την επιφάνεια. Το νερό μειώνει το ιξώδες του τσιμεντοπολτού με αποτέλεσμα να μειώνονται οι εσωτερικές τριβές μεταξύ των κόκκων και να αυξάνεται προσωρινά η ρευστότητα του σκυροδέματος.

Τα αδρανή περιστρέφονται και κατακαθίζονται υπό την επίδραση του βάρους τους, αποκτώντας την μέγιστη πυκνότητα. Ο τσιμεντοπολτός αναδύεται στην επιφάνεια γεμίζοντας τα κενά, σφηνώνοντας τα αδρανή και δημιουργώντας δεσμούς με αυτά.

Τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν η συχνότητα δόνησης εξισώνεται με την ιδιοσυχνότητα των συστατικών του σκυροδέματος (εξαρτάται από το μέγεθος των αδρανών). Μεγάλα αδρανή έχουν μικρότερη ιδιοσυχνότητα και μικρά αδρανή έχουν μεγαλύτερη, οπότε η μετακίνηση αδρανών μεγάλης διαμέτρου επιτυγχάνεται με μικρές συχνότητες, ενώ η μετακίνηση μικρών αδρανών με μεγαλύτερες. Πειραματικά (για το σύννηθες σκυρόδεμα με αδρανή έως 32 mm) έχει αποδειχθεί ότι η καλύτερη συμπίκνωση επιτυγχάνεται με δόνηση μεταξύ 11.000 και 12.000 στροφών ανά λεπτό (180 - 200 Hz).

## ΔΟΝΗΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η σύνθεση του σκυροδέματος (λόγος νερού προς τσιμέντο, ρευστότητα,-κάθιση, πυκνότητα, ειδικό βάρος και σχήμα αδρανών), προσδιορίζει την απαιτούμενη συμπίκνωση και κατά συνέπεια τον τρόπο με τον οποίο αυτή θα επιτευχθεί. Εάν ο τσιμεντοπολτός βρίσκεται σε περίσσεια, το σκυρόδεμα είναι πολύ πλαστικό και απαιτείται πολύ μικρή συμπίκνωση καθώς η σχετική μετακίνηση μεταξύ των αδρανών επιτυγχάνεται με φυσικό τρόπο από την βαρύτητα χωρίς δόνηση. Εάν το σκυρόδεμα είναι ύφυγρο απαιτείται ισχυρότερη δόνηση για την ρευστοποίησή του.

### 2.2. ΕΡΓΑΛΕΙΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ

Για τη συμπίκνωση του σκυροδέματος χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα εργαλεία, συσκευές και μέθοδοι:

- Δονητικοί κόπανοι
- Οδοστρωτήρες (δονητικοί)
- Επιφανειακοί δονητές (δονητικές πλάκες, δονητικές δοκοί)
- Εσωτερικοί δονητές (εμβαπτιζόμενοι)
- Εξωτερικοί δονητές (ξυλοτύπου)
- Σιδερόβεργες
- Κτύπημα ξυλοτύπου
- Επαναδόνηση

Η καταλληλότητα κάθε μεθόδου ή τύπου εξοπλισμού εξαρτάται από την κάθιση του σκυροδέματος, η οποία αποτελεί δείκτη της εργασιμότητας. Σύμφωνα με τον ΚΤΣ η κάθιση διακρίνεται στις κατηγορίες S1 έως S4.

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ/ΜΕΘΟΔΟΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΘΙΣΗΣ			
	S1	S2	S3	S4
ΚΟΠΑΝΟΣ	*	*		
ΔΟΝΟΥΜΕΝΟΣ ΟΔΟΣΤΡΩΤΗΡΑΣ	*	*		
ΔΟΝΗΤΙΚΗ ΠΛΑΚΑ	*			
ΔΟΝΗΤΙΚΗ ΔΟΚΟΣ	*	*	*	*
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΔΟΝΗΤΗΣ		*	*	*
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΔΟΝΗΤΗΣ		*	*	*
ΚΤΥΠΗΜΑ ΞΥΛΟΤΥΠΟΥ			*	*
ΜΠΕΤΟΒΕΡΓΑ			*	*
ΕΠΑΝΑΔΟΝΗΣΗ			*	*

**2.2.1. Δονητικοί κόπανοι, δονητικές πλάκες και δοκοί, δονητικοί οδοστρωτήρες**

Είναι βενζινοκίνητοι ή πετρελαιοκίνητοι δονητές με δονούμενες πλάκες, δοκούς ή κυλίνδρους. Χρησιμοποιούνται τόσο για την συμπύκνωση του σκυροδέματος όσο και για την συμπύκνωση επιχωμάτων.

Είναι κατάλληλοι για συμπύκνωση ύφυγρου σκυροδέματος κατηγορίας κάθισης S1 έως S2 σε στρώσεις πάχους έως 20 cm.

Υπάρχουν μηχανήματα διαφόρων μεγεθών. Κριτήρια επιλογής είναι το μέγεθος της φυγόκεντρης δύναμης που παράγουν και το πλάτος της πλάκας ή του τυμπάνου. Η συμπύκνωση εφαρμόζεται μέχρις ότου η επιφάνεια του σκυροδέματος ομαλοποιηθεί και αποκτήσει υγρή και ομοιόμορφη όψη.

Οι δονητικοί οδοστρωτήρες είναι κατάλληλοι για οδοστρώματα από ύφυγρο συμπυκνούμενο σκυρόδεμα (RCC: roller compacted concrete).

Οι δονητικές δοκοί θα χρησιμοποιούνται μετά από συμπύκνωση με εσωτερικούς δονητές σε πλάκες με ιδιαίτερες απαιτήσεις επιπεδότητας. Μπορούν να χρησιμοποιούνται επίσης για την συμπύκνωση πλακών με πάχος έως 20 cm, κατηγορίας S3 και S4 αλλά με την προϋπόθεση ότι η συμπύκνωση στις δοκούς και κοντά στους ακραίους ξυλότυπους θα γίνεται με εσωτερικούς δονητές.

Η χρήση τους επιβάλλεται στις πλάκες επί εδάφους, γιατί στις περιπτώσεις αυτές οι εσωτερικοί δονητές είναι αναποτελεσματικοί λόγω της απορρόφησης των κραδασμών από το υπέδαφος.

**2.2.2. Εξωτερικοί δονητές (ξυλοτύπου)**

Διακρίνονται σε ηλεκτροκίνητους και πεπιεσμένου αέρα. Η δόνηση δημιουργείται από την περιστροφή έκκεντρης μάζας. Οι δονητές θα πρέπει να παρέχουν τη δυνατότητα ρύθμισης της συχνότητας στην περιοχή μεταξύ 4500 δονήσεων ανά λεπτό (75 Hz) και 9000 δονήσεων ανά λεπτό (150 Hz).

Είναι κατάλληλοι για την παραγωγή προκατασκευασμένων στοιχείων και για σκυροδετήσεις με ολισθαίνοντες σιδηρότυπους (π.χ. βάθρων γεφυρών).

Μπορεί να είναι σταθεροί (σε συγκεκριμένο σημείο του καλουπιού), κινητοί ή/και να τοποθετούνται στα στηρίγματα του καλουπιού και όχι απ' ευθείας στην επιφάνειά του.

Η χρήση των δονητών αυτών και η επιλογή της θέσης τους θα γίνεται μόνον από έμπειρους τεχνικούς.

**2.2.3. Εσωτερικοί δονητές**

Οι εσωτερικοί δονητές κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

- Δονητές με εύκαμπτο κινητήριο άξονα.
- Δονητές με ηλεκτρικό κινητήρα ενσωματωμένο στο κέλυφος του δονητή.
- Δονητές με πνευματική κίνηση.

Δονητές με εύκαμπτο κινητήριο άξονα

Αποτελούνται από:

- Κινητήρια διάταξη (πετρελαίου, βενζίνης ή ηλεκτρική).
- Εύκαμπτο άξονα μετάδοσης της κίνησης εντός σταθερού ελαστικού περιβλήματος (οπλισμένου ελαστικού σωλήνα).

- Δονούμενη κεφαλή σε διαμέτρους από 18 mm έως 75 mm, με ταχυσύνδεσμο προσαρμογής στον ελαστικό άξονα μετάδοσης κίνησης.

Η δόνηση δημιουργείται από την περιστροφή έκκεντρης μάζας στην κεφαλή του δονητή (ρύγχος).

Οι στροφές μπορούν να ρυθμίζονται με κατάλληλο μηχανισμό (πολλαπλασιαστή).

Οι δονητές της κατηγορίας αυτής έχουν μικρή διάμετρο κεφαλής και είναι κατάλληλοι σε περιπτώσεις ύπαρξης πυκνού οπλισμού, για στοιχεία με μικρές διαστάσεις, καθώς και για τις σκυροδετήσεις κόμβων ή προκατασκευασμένων στοιχείων.

Η εμβέλεια (μήκος σωλήνα μετάδοσης της κίνησης) είναι περιορισμένη με συνέπεια την ανάγκη συχνής μετακίνησης του κινητήρα (συνήθως απαιτείται η χρησιμοποίηση πρόσθετου εργάτη για τις μετακινήσεις αυτές).

#### Δονητές με ηλεκτρικό κινητήρα ενσωματωμένο στην κεφαλή

Λειτουργούν υπό τάση 380, 220 ή 42 Volts. Ο ηλεκτρικός κινητήρας και η έκκεντρη μάζα βρίσκονται στην κεφαλή. Το βάρος τους επηρεάζεται από την τάση λειτουργίας τους (οι χαμηλής τάσεως είναι σχετικώς βαρύτεροι). Έχουν εμβέλεια από 15 έως 25 μέτρα. Συνήθως διατίθενται σε διαμέτρους από 30 mm έως 80 mm. Ο χειρισμός τους γίνεται από ένα μόνο τεχνίτη.

Είναι ιδιαίτερα ευπαθείς όταν λειτουργούν στον αέρα (εκτός σκυροδέματος).

#### Πνευματικοί δονητές

Τροφοδοτούνται από αεροσυμπιεστή. Διακρίνονται σε παλινδρομικούς/κρουστικούς, περιστροφικούς ή κινούμενης σφαίρας. Μετά την εκτόνωση ο αέρας διαφεύγει μέσα από σωλήνα χαμηλής πίεσης που περιβάλλει τον σωλήνα τροφοδοσίας πεπιεσμένου αέρα.

Στους εμβαπτιζόμενους δονητές πεπιεσμένου αέρα η κινητήρια διάταξη συνήθως ευρίσκεται εκτός της κεφαλής οπότε η διάμετρος του σωλήνα και το βάρος της κεφαλής είναι μικρά. Το μειονέκτημα των δονητών αυτών είναι το περιορισμένο μήκος του σωλήνα προσαγωγής αέρα (διαφορετικά προκύπτει υπερβολική πτώση πίεσης) το οποίο δεν υπερβαίνει τα 2,00 m.

Η συχνότητα δόνησης των πνευματικών δονητών εξαρτάται σημαντικά από την συνεκτικότητα του σκυροδέματος. Η ταχύτητα δόνησης στο σκυρόδεμα μπορεί να είναι ακόμη και 60 % μικρότερη από την ταχύτητα δόνησης στον αέρα. Εάν το σκυρόδεμα είναι πολύ συνεκτικό η ταχύτητα δόνησης θα μειωθεί σημαντικά και θα μειωθεί η ακτίνα συμπύκνωσης.

### **2.3. ΚΕΙΜΕΝΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ**

ΕΚΩΣ 2000: Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος (2000).

ΚΤΣ: Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (1997/2001).

ACI309R: Guide for Consolidation of Concrete - ACI Manual for Concrete Practice 2000. - Οδηγός συμπύκνωσης σκυροδέματος. Εγχειρίδιο του Αμερικανικού Ινστιτούτου Σκυροδέματος.

## **3. ΔΟΝΗΤΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ**

### **3.1. ΓΕΝΙΚΑ**

Επισημαίνεται ότι δεν ενδείκνυται ή και απαγορεύεται η χρήση εσωτερικού δονητή στην περίπτωση πολύ συνεκτικού σκυροδέματος με κάθιση S1 ή S2 που παρουσιάζει τις ενδείξεις:

- Ο δονητής δεν βυθίζεται στο σκυρόδεμα με το ίδιο βάρος του και πρέπει να εφαρμοσθεί πρόσθετη δύναμη για να εισχωρήσει.
- Η οπή που δημιουργείται στο σκυρόδεμα με την είσοδο του δονητή δεν κλείνει όταν αυτός αποσύρεται.

Εφιστάται η προσοχή στις περιπτώσεις σκυροδεμάτων με υψηλή ρευστότητα: η χρήση εσωτερικών δονητών μπορεί να οδηγήσει σε απόμειξη του σκυροδέματος.

### 3.2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΝΗΤΗ

Η επιλογή του εσωτερικού δονητή γίνεται με βάση την εργασιμότητα του νωπού σκυροδέματος όπως αυτή εκφράζεται από την κατηγορία κάθισης (πίνακας παραγράφου 2.2).

Οι συνήθεις, τυποποιημένες διαμέτροι των εσωτερικών δονητών είναι 30, 40, 48, 57 και 65 έως 80 mm. Διατίθενται επίσης δονητές Φ 18 έως 25 mm κατάλληλοι για εργαστήρια ή σε περιπτώσεις πυκνού οπλισμού, καθώς και δονητές με διάμετρο έως 150 mm για χρήση σε σκυροδετήσεις μεγάλου πάχους (mass concrete) με μεγάλων διαστάσεων αδρανή.

Για την εκλογή του δονητή θα λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

- Απόσταση οπλισμού

Η διάμετρος του δονητή θα είναι τέτοια ώστε η εισχώρηση και η ανάσυρση του δονητή να γίνεται χωρίς την ανάγκη επιβολής ιδιαίτερης δύναμης για την δίοδο μεταξύ των ράβδων οπλισμού, πράγμα που πέραν της κακής συμπύκνωσης έχει και ως αποτέλεσμα την βλάβη του ίδιου του δονητή. Η δόνηση των ράβδων οπλισμού έχει ως αποτέλεσμα την συγκέντρωση λεπτόκοκκων αδρανών στην περίμετρό τους που οδηγεί σε μία μορφή απόμειξης και στην τοπική μείωση της προσφύσεως. Πρέπει όμως να λαμβάνεται υπόψη ότι οι δονητές μικρής διαμέτρου έχουν περιορισμένη ακτίνα δράσεως, οπότε απαιτείται περισσότερος χρόνος για την επαρκή δόνηση του σκυροδέματος. Σε στοιχεία με μεγάλη πυκνότητα οπλισμού συνιστάται να προβλέπονται (κατά το σιδέρωμα) θέσεις για την είσοδο του δονητή.

- Όγκος σκυροδέτησης

Συνήθως οι δονητές έχουν θεωρητική απόδοση από 5 m<sup>3</sup>/h έως 50 m<sup>3</sup>/h, ανάλογα με την διάμετρο, το μήκος τους και την ρευστότητα του σκυροδέματος. Ο υπολογισμός του αριθμού των απαιτούμενων δονητών πρέπει να γίνεται με βάση απόδοση ίση προς το 70% της θεωρητικής.

- Ακτίνα ενεργείας του δονητή

Η ακτίνα του νοητού κυλίνδρου στον οποίο μεταδίδεται η δόνηση κατά την είσοδο του δονητή είναι περίπου δεκαπλάσια της διαμέτρου του στελέχους του δονητή και εξαρτάται εκτός από την ισχύ του δονητή, από την συνεκτικότητα του σκυροδέματος και το μέγεθος των αδρανών. Είναι ως εκ τούτου σκόπιμο να διαπιστώνεται κάθε φορά επί τόπου, με εκτίμηση του κύκλου από τον οποίο αναδύονται φυσαλίδες αέρα, τσιμεντοπολτός και νερό κατά τη λειτουργία του δονητή.

- Απόσταση εφαρμογής σημείων δόνησης

Η απόσταση των σημείων εφαρμογής της δόνησης πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται αλληλοκάλυψη των κύκλων ενέργειας του δονητή. Ο ΚΤΣ απαιτεί, η απόσταση των σημείων εμβαπτίσεως του δονητή να είναι το πολύ 1,5 A, όπου A η ακτίνα ενεργείας του δονητή

Στις περιπτώσεις που η αποτελεσματικότητα της δόνησης δεν μπορεί να ελεγχθεί οπτικά (π.χ. τοιχεία μεγάλου ύψους), η εμπειρία του χειριστή αποτελεί τον πλέον σημαντικό παράγοντα επιτυχίας.

- Πάχος στρώσης σκυροδέτησης

Το πάχος του νωπού σκυροδέματος στο οποίο εφαρμόζεται δόνηση δεν θα είναι μεγαλύτερο από 50 cm.

### **3.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΝΗΣΗΣ**

#### **3.3.1. Γενικά**

- Η εισχώρηση του δονητή στο σκυρόδεμα θα γίνεται με το ίδιο βάρος του, χωρίς πίεση, γρήγορα, έτσι ώστε να μην προλαβαίνει να συμπυκνωθεί πρώτη η ανώτερη στοιβάδα του σκυροδέματος, γιατί έτσι παρεμποδίζεται η διαφυγή του αέρα και της περίσσειας νερού των κατωτέρων στρωμάτων στην επιφάνεια και δεν μπορεί να γίνει συμπίκνωση ολόκληρης της μάζας του σκυροδέματος.
- Το στέλεχος του δονητή θα εισέρχεται καθέτως προς την επιφάνεια του σκυροδέματος. Ο "ξαπλωμένος" δονητής αναλώνει την περεχόμενη ενέργεια στην δημιουργία κυματισμών.
- Η ανάσυρση του δονητή θα γίνεται αργά, ώστε να παρέχεται επαρκής χρόνος για την μεταφορά της δόνησης στη μάζα του σκυροδέματος, την ταξινόμηση των αδρανών, την απαγωγή του αέρα και την ανάδυση του νερού και της περίσσειας του τσιμεντοπολτού. Η ταχύτητα ανάσυρσης θα είναι 4 έως 8 cm/sec ανάλογα με την συνεκτικότητα του σκυροδέματος. Η ανεπαρκής δόνηση είναι η πιο συνηθισμένη αιτία κακής συμπίκνωσης.
- Η δόνηση θεωρείται ολοκληρωμένη όταν η ανάδυση των φυσαλίδων αέρα αρχίσει να γίνεται σποραδική και στην επιφάνεια έχει σχηματισθεί λεπτό λείο στρώμα τσιμεντοπολτού καλυμμένο από το νερό που έχει ανέλθει.
- Κατά την δόνηση επαλλήλων στρώσεων σκυροδέματος, ο δονητής πρέπει να εισέρχεται στην αμέσως προηγούμενης συμπυκνωμένη στρώση 5 έως 10 cm, ώστε να απελευθερώνονται τόσο ο αέρας που έχει εγκλωβισθεί στο επίπεδο που βρίσκεται μεταξύ των δύο στρώσεων, όσο και το επιφανειακό στρώμα τσιμεντοπολτού της προηγούμενης στρώσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ομογενοποίηση του σκυροδέματος της κάτω στοιβάδας της άνω στρώσης και της άνω στοιβάδας της κάτω στρώσης (ομοιομορφία σε όλη τη μάζα του σκυροδέματος). Νοείται ότι η κάτω στρώση πρέπει να βρίσκεται σε κατάσταση που να επιτρέπει την είσοδο του δονητή υπό την επίδραση του βάρους του χωρίς την επιβολή πρόσθετης δύναμης.
- Η δόνηση σε σκυρόδεμα με κάθιση μεγαλύτερη των 18 cm, δημιουργεί κινδύνους απόμιξης και πρέπει να αποφεύγεται. Επίσης πρέπει να αποφεύγεται η δόνηση σε περιπτώσεις σκυροδέτησης εντός ύδατος.
- Σε οριζόντια στοιχεία μικρού πάχους ή κελύφη, η συμπίκνωση με εσωτερικό δονητή δεν είναι η πιο ενδεδειγμένη λύση.

#### **3.3.2. Ειδικές περιπτώσεις συμπίκνωσης**

##### Συμπύκνωση και οπλισμός

Παρόλο που δεν είναι πάντοτε εφικτό, θα επιδιώκεται να μην εφαρμόζεται δόνηση επί του οπλισμού, γιατί έχει ως συνέπεια την συγκέντρωση λεπτόκοκκων αδρανών γύρω από τις ράβδους που επιφέρουν την τοπική μείωση της πρόσφυσης. Παρά ταύτα, είναι δυνατόν να

θεωρηθεί αναγκαία, προκειμένου να μην δημιουργηθούν διάκενα σκυροδέματος ή πλήρης έλλειψη συμπίκνωσης σε κάποιες περιοχές

Όταν δονείται ο οπλισμός παρατηρούνται συχνά στην ορατή επιφάνεια του σκυροδέματος ίχνη στις θέσεις του οπλισμού που οφείλονται στην μείωση του πάχους επικάλυψης λόγω συνιζήσεως. Τυχόν τέτοια ίχνη πρέπει να αποκαθίστανται κατά την τελική διαμόρφωση της επιφανείας του νωπού σκυροδέματος.

Σε περιπτώσεις σκυροδετήσεων μεγάλης χρονικής διάρκειας, η δόνηση του οπλισμού πρέπει να αποφεύγεται, γιατί έχει σαν αποτέλεσμα την μεταφορά κραδασμών στις υποκείμενες στρώσεις του σκυροδέματος που έχουν ήδη αρχίσει να αναπτύσσουν αντοχή και συνέπεια την δημιουργία μικρορηγματώσεων στην περιοχή γύρω από τον οπλισμό, που οδηγούν σε μείωση της συνάφειας και καθιστούν τον οπλισμό ευπαθέστερο σε διάβρωση.

Στις γωνίες και κατά μήκος των ακμών του καλουπιού και γενικά όταν η επικάλυψη του σιδηροοπλισμού είναι περιορισμένη θα γίνεται επιμελημένη συμπίκνωση για να μην παραμένουν κενά που δεν έχουν πληρωθεί από σκυρόδεμα.

#### Συμπύκνωση διατομών σκυροδέματος μικρού πάχους

Κατά την συμπίκνωση διατομών μικρού πάχους (δάπεδα, πλάκες) θα επιδιώκεται, αναγκαστικά, να εισέρχεται και να κινείται ο δονητής σχεδόν οριζόντια, ανάμεσα στις σχάρες οπλισμού. Οι διαδοχικές διαδρομές του δονητή πρέπει να είναι παράλληλες.

Καταλληλότεροι για τις περιπτώσεις αυτές είναι οι δονητές μικρού μήκους στελέχους με κοντό λάστιχο.

#### Συμπύκνωση σκυροδέματος υποστυλωμάτων

Εάν η σκυροδέτηση γίνεται χωρίς διακοπή (προϋποτίθεται ότι το καλούπι έχει την απαιτούμενη αντοχή), το στέλεχος του δονητή θα παραμένει εντός του σκυροδέματος καθ' όλη την διάρκεια της σκυροδέτησης και θα ακολουθεί την ανερχόμενη στάθμη του σκυροδέματος (πρέπει δηλαδή να διατηρείται διαρκώς κάτω από την επιφάνεια του σκυροδέματος).

Τα υποστυλώματα θα επιδιώκεται να δονούνται με δονητές μάζης με ακτίνα ενεργείας που θα καλύπτει ολόκληρη την διατομή τους.

Ο δονητής ξυλοτύπου (επιφανείας) θα τοποθετείται στην βάση του υποστυλώματος πριν από την έναρξη της σκυροδέτησης με το διακόπτη κλειστό και θα ενεργοποιείται μόλις αρχίσει η τροφοδοσία του σκυροδέματος για την εξασφάλιση καλύτερης συμπίκνωσης στην ένωση του παλαιού με το νέο σκυρόδεμα.

#### Σκυροδέτηση σε περιοχές με ενσωματούμενα στοιχεία και εσοχές του καλουπιού

Η μεταφορά σκυροδέματος με τον δονητή γενικά απαγορεύεται. Ωστόσο στις θέσεις που πρέπει να προωθηθεί το σκυρόδεμα κάτω από ενσωματούμενα στοιχεία (π.χ. σωλήνες) ή οπές περιχαρακωμένες με καλούπι ή διογκωμένη πολυστερίνη (π.χ. παράθυρα σε τοιχία ή τρύπες μηχανολογικών εγκαταστάσεων σε τοιχία) η σκυροδέτηση και η δόνηση θα γίνεται μονόπλευρα και μέσω της δόνησης θα μεταφέρεται το σκυρόδεμα στην απέναντι πλευρά. Όταν το σκυρόδεμα πληρώσει την περιοχή κάτω από το άνοιγμα θα ακολουθεί σκυροδέτηση και από την άλλη πλευρά. Όταν εγκιβωτισθεί πλήρως το ενσωματούμενο στοιχείο θα γίνεται επαναδόνηση.

#### Επαναδόνηση

Η επαναδόνηση είναι πρόσθετη διαδικασία για επιπλέον αύξηση της πυκνότητας και της αντοχής του σκυροδέματος, ειδικότερα σε περιπτώσεις υψηλής περιεκτικότητας σε νερό ή ταχείας σκυροδέτησης.

Επιμελημένη επαναδόνηση απαιτείται και στις περιπτώσεις πυκνού σπλισμού επειδή παρουσιάζονται κενά κάτω από τις οριζόντιες ράβδους σπλισμού. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται και η ποιότητα των ορατών επιφανειών.

Με την προϋπόθεση ότι το σκυρόδεμα είναι ακόμα εργάσιμο, η επαναδόνηση μπορεί να γίνει ακόμα και μία ώρα ή περισσότερο μετά την αρχική δόνηση. Ο δονητής πρέπει να βυθίζεται στο σκυρόδεμα μόνο με το βάρος του, ενώ κατά την έξοδο η σπή του σκυροδέματος πρέπει να κλείνει. Εάν δεν συντρέχουν οι προϋποθέσεις αυτές, η επαναδόνηση απαγορεύεται.

#### **4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ**

Απαιτούνται κατ' ελάχιστον οι ακόλουθοι έλεγχοι:

- Διαπίστωση της ορθής επιλογής δονητή ή δονητών και της μεθοδολογίας δόνησης.
- Παρακολούθηση των εργασιών κατά την διάρκεια της σκυροδέτησης και συμπύκνωσης και διαπίστωση τόσο της σωστής διαδικασίας δόνησης όσο και της επίτευξης του προσδοκωμένου αποτελέσματος.
- Έλεγχος των επιφανειών του σκυροδέματος μετά την αφαίρεση των καλουπιών για την διαπίστωση εμφανών κακοτεχνιών οφειλομένων στην δόνηση (ύπαρξη φωλεών, εμφανείς ράβδοι σπλισμού κ.λπ.). Στην περίπτωση αυτή ο Ανάδοχος υποχρεούται να αποκαταστήσει την επιφάνεια με κατάλληλα υλικά (τσιμεντοειδή, διογκωτικά κονιάματα κ.λπ.), σύμφωνα με τις εντολές της Υπηρεσίας. Οι σχετικές δαπάνες επιβαρύνουν τον Ανάδοχο.

#### **5. ΟΡΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ**

Θα εφαρμόζονται τα απαιτούμενα μέτρα ασφάλειας και υγείας για το σύνολο των εργασιών σκυροδέματος που επιβάλλονται από την υφιστάμενη νομοθεσία, ήτοι ενδεικτικώς τον Ν. 1396/83, το ΠΔ 17/96 με τις τροποποιήσεις και συμπληρώσεις του, το ΠΔ 1599/99 και τις υποχρεώσεις για την χρήση των Μέσων Ατομικής Προστασίας.

Θα εφαρμόζονται επίσης τα προβλεπόμενα στο Σχέδιο Ασφάλειας - Υγείας του έργου, σύμφωνα τις Υπουργικές Αποφάσεις ΔΙΠΑΔ/οικ/889 (ΦΕΚ/16 Β'/14-01-2003) και ΔΙΠΑΔ/οικ/177 (ΦΕΚ/266 Β'/14-01-2001).

Σε περίπτωση χρησιμοποίησης ηλεκτροκινήτων δονητών θα λαμβάνονται τα απαιτούμενα μέτρα προστασίας από το ηλεκτρικό ρεύμα και θα γίνεται προσεκτικός έλεγχος των καλωδίων τροφοδοσίας και των συνδέσεων.

Φροντίδα θα λαμβάνεται επίσης, τόσο για την καλή κατάσταση των δονητών από πλευράς συντηρήσεως, όσο και για την εξ αρχής επιλογή συσκευών σύγχρονης τεχνολογίας, εργονομικά σχεδιασμένων και ασφαλούς χρήσεως.

Τα δάπεδα εργασίας θα ελέγχονται και θα ενισχύονται αν απαιτείται, ώστε να είναι σταθερή και ασφαλή κατά την εφαρμογή της δόνησης.

Οι εργαζόμενοι θα ενημερώνονται για τους πιθανούς κινδύνους από την παρατεταμένη χρήση των δονητών. Αναφέρεται εν προκειμένω ότι η παρατεταμένη έκθεση σε συχνότητες 50-150 Hz (συνήθεις συχνότητες λειτουργίας των δονητών) μπορεί να οδηγήσει στο "σύνδρομο λευκού δακτύλου" (σύνδρομο Reynaud).

## 6. ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Η δονητική συμπύκνωση του σκυροδέματος δεν επιμετράται ιδιαίτεως, και αποτελεί μέρος των τιμών μονάδος των κατασκευών από σκυρόδεμα (βλπ. ΠΕΤΕΠ 01-01-01-00).