
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.



ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

ΠΕΤΕΠ 11-03-05-00

- 11 Γεωτεχνικά έργα
- 03 Βελτιώσεις εδαφών
- 05 Ενεματώσεις εδάφους**
- 00 -

Έκδοση 1.0 - Μάιος 2006

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

Πίνακας μεταβολών, αναθεωρήσεων, ενημερώσεων, συμπληρώσεων

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

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

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	1
1.1. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΙΣΧΥΟΥΣΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΩΝ ΚΕΙΜΕΝΩΝ	1
1.2. ΟΡΙΣΜΟΙ	3
1.3. ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΡΙΝ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΝΕΜΑΤΩΣΕΩΝ ΓΕΩΪΛΙΚΩΝ	4
1.4. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ.....	5
1.4.1. Γενικά	5
1.4.2. Δοκιμές διαπερατότητας	6
1.4.3. Εκτέλεση Δοκιμαστικών ενεματώσεων	6
2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	7
2.1. ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ	7
2.1.1. Γενικά	7
2.2. ΥΛΙΚΑ ΕΝΕΜΑΤΟΣ.....	8
2.2.1. Υδραυλικά συγκολλητικά και τσιμεντοκονιάματα	8
2.2.2. Αργιλικής φύσεως υλικά.....	8
2.2.3. Άμμοι, χάλικες	8
2.2.4. Νερό.....	9
2.2.5. Χημικά προϊόντα και πρόσμικτα υλικά.....	9
2.2.6. Άλλα υλικά.....	9
2.3. ΕΝΕΜΑΤΑ.....	9
2.3.1. Γενικά	9
2.3.2. Αιωρήματα	10
2.3.3. Διαλύματα.....	10
2.3.4. Κονιάματα	11
2.4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	11
3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ – ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΕΛΕΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	12
3.1. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	12
3.1.1. Εξοπλισμός	12
3.1.2. Διάτρηση	12
3.1.3. Παρασκευή ενέματος	13
3.1.4. Εισπίεση του ενέματος	14
3.1.5. Αλληλουχία ενεματώσεων	15
3.2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΠΕΡΑΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	16
4. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗ	16
4.1. ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ	16
4.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	17
4.3. ΠΟΙΟΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΤΩΝ ΕΝΕΜΑΤΩΝ.....	17
5. ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ – ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.....	18
5.1. ΠΙΘΑΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	18
5.2. ΜΕΤΡΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	18
6. ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	20
6.1. ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ ΕΝΕΜΑΤΩΣΕΩΝ	20

6.2.	ΕΝΕΜΑΤΩΣΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΕΚΤΟΠΙΣΗ ΓΕΩΨΛΙΚΟΥ	20
6.3.	ΕΝΕΜΑΤΩΣΕΙΣ ΜΕ ΕΚΤΟΠΙΣΗ ΓΕΩΨΛΙΚΟΥ	21
6.4.	ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΑ, ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ, ΑΡΓΙΛΙΚΗΣ ΦΥΣΕΩΣ ΥΛΙΚΑ, ΑΜΜΟΣ, ΧΑΛΙΚΕΣ, ΠΡΟΣΜΙΚΤΑ ΥΛΙΚΑ, ΧΗΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ, ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ	22
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α		23

ΔΕΛΤΙΟ

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Η παρούσα ΠΕΤΕΠ αφορά στην εκτέλεση, παρακολούθηση και τις απαραίτητες δοκιμές ελέγχου των ειδικών γεωτεχνικών εργασιών ενεματώσεων γεωυλικών.

Με τον όρο ενεμάτωση του εδάφους (για γεωτεχνικούς σκοπούς) εννοείται η διαδικασία κατά την οποία ρευστό υλικό εισάγεται με εισπίεση εντός του γεωυλικού με ταυτόχρονο έλεγχο και ρύθμιση των χαρακτηριστικών ροής και των παραμέτρων εισπίεσης (πίεση, όγκος και ρυθμός ροής).

Η παρούσα ΠΕΤΕΠ καλύπτει τις παρακάτω εργασίες ενεματώσεων γεωυλικών :

Ενεματώσεις με εκτόπιση του γεωυλικού (π.χ ενεματώσεις συμπύκνωσης, ενεματώσεις υδραυλικής θραύσης του εδαφικού υλικού).

Ενεματώσεις χωρίς εκτόπιση του γεωυλικού (π.χ. ενεματώσεις στεγάνωσης, ενεματώσεις πλήρωσης ρωγμών, ενεματώσεις πλήρωσης όγκου κενών).

Ειδικευμένες εργασίες ενεματώσεων, που σχετίζονται με την προστασία, αλλά και την λειτουργία υπογείων έργων δεν περιλαμβάνονται στην παρούσα Προδιαγραφή, αλλά αποτελούν αντικείμενο της ΠΕΤΕΠ 12-07-02-00: Ε1/2003 Τσιμεντενέσεις..

1.1. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΙΣΧΥΟΥΣΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΩΝ ΚΕΙΜΕΝΩΝ

Οι προδιαγραφές και τα κείμενα, τα οποία έχουν κανονιστική αναφορά στην παρούσα ΠΕΤΕΠ είναι τα εξής:

EN 12715:2000	Execution of special geotechnical work - Grouting -- Εκτέλεση ειδικών γεωτεχνικών έργων - Ενέματα.
EN 196-1:2005	Methods of testing cement - Part 1: Determination of strength -- Μέθοδοι δοκιμής τσιμέντου - Μέρος 1 : Προσδιορισμός αντοχών.
EN 196-2:2005	Methods of testing cement - Part 2: Chemical analysis of cement -- Μέθοδοι δοκιμής τσιμέντου - Μέρος 2: Χημική ανάλυση τσιμέντου.
EN 196-3:2005	Methods of testing cement - Part 3: Determination of setting times and soundness -- Μέθοδοι δοκιμής τσιμέντου - Μέρος 3 : Προσδιορισμός χρόνου πήξης και σταθερότητας όγκου.
ENV 196-4:1993	Methods of testing cement - Part 4: Quantitative determination of constituents - Μέθοδοι δοκιμής τσιμέντου - Μέρος 4: Ποσοτικός προσδιορισμός συστατικών.
EN 196-5:2005	Methods of testing cement - Part 5: Pozzolanicity test for pozzolanic cement - Μέθοδοι δοκιμής τσιμέντου - Μέρος 5: Δοκιμή ποζολανικότητας για ποζολανικά τσιμέντα.

EN 196-8:2003	Methods of testing cement - Part 8: Heat of hydration - Solution method -- Μέθοδοι δοκιμών τσιμέντου - Μέρος 8: Θερμότητα ενυδάτωσης - Μέθοδος διαλύσεως.
EN 196-9:2003	Methods of testing cement - Part 9: Heat of hydration - Semi-adiabatic method -- Μέθοδοι δοκιμών τσιμέντου - Μέρος 9: Θερμότητα ενυδάτωσης - Ημιαδιαβατική μέθοδος.
EN 197-1:2000	Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements -- Τσιμέντο. Μέρος 1: Σύνθεση, προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης για τα κοινά τσιμέντα.
EN 197-2:2000	Cement - Part 2: Conformity evaluation -- Τσιμέντο - Μέρος 2 : Αξιολόγηση συμμόρφωσης.
EN 451-1:2003	Method of testing fly ash - Part 1: Determination of free calcium oxide content -- Μέθοδος δοκιμής ιπτάμενης τέφρας - Μέρος 1: Προσδιορισμός περιεκτικότητας σε ελεύθερο οξείδιο του ασβεστίου.
EN 480-1:1997	Admixtures for concrete, mortar and grout - Test methods - Part 1: Reference concrete and reference mortar for testing -- Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων. Μέρος 1: Σκυρόδεμα και κονίαμα αναφοράς για την εκτέλεση δοκιμών.
EN 480-2:1996	Admixtures for concrete, mortar and grout - Test methods - Part 2: Determination of setting time -- Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων. Μέρος 2: Προσδιορισμός χρόνου πήξης.
prEN 480-3	Admixtures for Concrete, Mortar and Grout - Test Methods - Part 3: Determination of Shrinkage and Expansion -- Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων. Μέρος 3: Προσδιορισμός συρρίκνωσης και διόγκωσης.
EN 480-4:1996	Admixtures for concrete, mortar and grout - Test methods - Part 4: Determination of bleeding of concrete -- Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 4: Προσδιορισμός του υδαρότητας του σκυροδέματος.
EN 480-5:1996	Admixtures for concrete, mortar and grout - Test methods - Part 5: Determination of capillary absorption -- Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 5: Προσδιορισμός της τριχοειδούς απορρόφησης.
EN 480-6:1996	Admixtures for concrete, mortar and grout - Test methods - Part 6: Infrared analysis -- Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 6: Ανάλυση με υπέρυθρη ακτινοβολία.
prEN 480-7	Admixtures for Concrete, Mortar and Grout - Test Methods - Part 7: Determination of the Density of Liquid Admixtures.
EN 480-8:1996	Admixtures for concrete, mortar and grout - Test methods - Part 8: Determination of the conventional dry material content -- Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 8: Προσδιορισμός του συμβατικού ξηρού υπολείμματος.
prEN 480-9	Admixtures for Concrete, Mortar and Grout - Test Methods - Part 9: Determination of the pH Value -- Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και

	ενεμάτων - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 9: Προσδιορισμός του δείκτη pH (αλκαλικότητα).
EN 480-10:1996	Admixtures for concrete, mortar and grout - Test methods - Part 10: Determination of water soluble chloride content --Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων. Μέρος 10: Προσδιορισμός του υδατοδιαλυτού ποσοστού χλωριόντων.
EN 480-11:1998	Admixtures for concrete, mortar and grout - Test methods - Part 11: Determination of air void characteristics in hardened concrete -- Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων. Μέρος 11: Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των κενών μέσα στο σκληρυμένο σκυρόδεμα.
EN 480-12:1997	Admixtures for concrete, mortar and grout - Test methods - Part 12: Determination of the alkali content of admixtures -- Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων. Μέρος 12: Προσδιορισμός περιεκτικότητας αλκαλίων.
EN 934-3:2003	Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 3: Admixtures for masonry mortar - Definitions, requirements, conformity, marking and labelling -- Πρόσθετα σκυροδέματος κονιαμάτων και ενεμάτων - Μέρος 3 : Πρόσθετα για κονιάματα τοιχοποιίας - Ορισμοί, απαιτήσεις συμμόρφωσης, σήμανση και επισήμανση.
EN 934-4:2001	Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 4: Admixtures for grout for prestressing tendons - Definitions, requirements, conformity, marking and labelling -- Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων - Μέρος 4: Πρόσθετα ενεμάτων για προεντεταμένους τένοντες - Ορισμοί, απαιτήσεις, συμμόρφωση, σήμανση και επισήμανση.
EN 934-6:2001	Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 6: Sampling, conformity control and evaluation of conformity -- Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων - Μέρος 6 : Δειγματοληψία, έλεγχος συμμόρφωσης και εκτίμηση της συμμόρφωσης.
EN 1997-1:2004	Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules -- Ευρωκώδικας 7: Γεωτεχνικός σχεδιασμός - Μέρος 1: Γενικοί κανόνες.

1.2. ΟΡΙΣΜΟΙ

πλήρωση όγκου κενών: τοποθέτηση ενέματος για την πλήρωση μεγάλων κενών εντός του γεωυλικού.

ενεματώσεις συμπίκνωσης: ενεματώσεις εκτόπισης γεωυλικού, με σκοπό την συμπίκνωσή του χωρίς την πρόκληση υδραυλικής θραύσης του.

ενεματώσεις επαφής: η εισπίεση ενέματος στη διεπιφάνεια μεταξύ κατασκευής και γεωυλικού.

ενεματώσεις εκτόπισης: ενεματώσεις κατά τη διάρκεια των οποίων ένεμα εισπίζεται εντός του γεωυλικού, προκαλώντας την παραμόρφωση, την συμπίεση έως και την πλήρη εκτόπισή του.

ενεργός πίεση: η πραγματική πίεση του ενέματος επί του γεωυλικού.

ενεματώσεις ρωγμών: η εισπίεση ενέματος εντός υπάρχουσών ρωγμών, διακλάσεων και ασυνεχειών του γεωυλικού (βραχομάζας).

ενεματώσεις δια βαρύτητας: ενεματώσεις έγχυσης (tremie grouting), δηλ. χωρίς την εφαρμογή πρόσθετης πίεσης, πέραν του πιεζομετρικού ύψους του υγρού του ενέματος.

ένεμα: υλικό (αιώρημα, διάλυμα, γαλάκτωμα ή κονίαμα), του οποίου η διαδικασία επικάλυψης, πήξης και σκλήρυνσης συμβαίνει με την πάροδο του χρόνου και το οποίο εισπνέζεται εντός του γεωυλικού.

πίεση ενεμάτωσης: η πίεση που ασκείται κατά τη διαδικασία της ενεμάτωσης και μετριέται σε καθορισμένες θέσεις (συνήθως στο στόμιο της αντλίας ή στην αρχή της διάτρησης).

υδραυλική θραύση: θραύση του γεωυλικού, η οποία προκαλείται με την εισπίεση νερού ή ενέματος και εξαιτίας της υπέρβασης της τοπικής εφελκυστική αντοχής του γεωυλικού και της υπάρχουσας τάσης άντυγος της οπής.

ενεματώσεις διείσδυσης: η εισπίεση ενέματος εντός διακλάσεων ή ρωγμών βραχομάζας ή εντός κενών πόρων εδαφικής μάζας, χωρίς την εκτόπιση του αντίστοιχου γεωυλικού. Ο όρος περιλαμβάνει τις ενεματώσεις στεγανοποίησης, τις ενεματώσεις πλήρωσης ρωγμών και τις ενεματώσεις επαφής.

1.3. ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΡΙΝ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΝΕΜΑΤΩΣΕΩΝ ΓΕΩΥΛΙΚΩΝ

Οι ειδικές απαιτήσεις πριν τη διάρκεια εκτέλεσης των ενεματώσεων γεωυλικών περιλαμβάνουν:

1. Επαρκή στοιχεία εκ της γεωτεχνικής διερεύνησης των απαντώμενων σχηματισμών στην περιοχή εκτέλεσης των εν λόγω εργασιών (δες παράγραφο 5 της παρούσης ΠΕΤΕΠ).
2. Γνώση των επικρατούσων συνθηκών στην περιοχή εκτέλεσης των ενεματώσεων, δηλ. έκταση και όρια της περιοχής, τοπογραφική αποτύπωση της περιοχής με αναφορά στις επικρατούσες κλίσεις και στους περιορισμούς προσβασιμότητάς της.
3. 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, αρχαιολογικών αντικειμένων κλπ.
4. Πληροφορίες σχετικά με οποιαδήποτε υπόγεια μόλυνση ή κίνδυνο, που θα μπορούσε να επηρεάσει τη μέθοδο εκτέλεσης ή την ασφάλεια του περιβάλλοντος της εργασίας.
5. Πληροφορίες σχετικά με ταυτόχρονες ή μεταγενέστερες δραστηριότητες οι οποίες είναι δυνατόν να επηρεάσουν τις εργασίες ενεματώσεων (π.χ. αποστραγγίσεις υπογείων υδάτων, επαναφόρτιση υπογείων υδάτων, υπόγειες εκσκαφές, ανοικτές βαθιές εκσκαφές κλπ.)
6. Συγκεκριμένες διαδικασίες και κριτήρια για την επιβεβαίωση, τον έλεγχο και την αποδοχή των εργασιών ενεματώσεων.
7. Οποιαδήποτε προγενέστερη εμπειρία στην εκτέλεση ενεματώσεων υπό παρόμοιες συνθήκες.
8. Σαφής διαχωρισμός των καθηκόντων σε σχέση με την εκπόνηση της μελέτης, την εκτέλεση και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων των εργασιών. Όλα τα παραπάνω θα πρέπει να έχουν την πρότερη έγκριση της Υπηρεσίας.

1.4. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

1.4.1. Γενικά

Η εκτέλεση των γεωτεχνικών ερευνών θα ικανοποιεί τις γενικές απαιτήσεις και αρχές που καθορίζονται στο EN 1997-1:2004.

Επισημαίνεται ότι οι βασικοί στόχοι της εν λόγω διερεύνησης θα πρέπει να είναι:

- ο έλεγχος της «ενεσιμότητας» του εδάφους και
- ο προσδιορισμός των κατάλληλων τύπων ενέματος, τα οποία είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν.

Επισημαίνεται ότι ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στις ακόλουθες συνθήκες και γεωτεχνικές ιδιότητες της περιοχής εκτέλεσης των ενεματώσεων:

1. Τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των γεωυλικών.
2. Τη θέση, το επίπεδο θεμελίωσης και την κατάσταση υπαρχουσών ή μελλοντικών κατασκευών.
3. Την παρουσία τυχόν ανισότροπων ή διαπερατών οριζόντων, οι οποίοι είναι δυνατόν να επηρεάσουν τις εργασίες των ενεματώσεων.
4. Τον προσανατολισμό, τη συχνότητα και το πλάτος των ασυνεχειών των βράχων, καθώς επίσης τη σύσταση και τη φύση των τυχόν υλικών πλήρωσής τους.
5. Τη θέση και τη φύση πληρωμένων ή κενών εγκοίλων.
6. Την ύπαρξη εμποδίων, τα οποία απαιτούν την εφαρμογή ειδικών τεχνικών διάτρησης και εκτέλεσης των ενεματώσεων (δηλ. τη χρήση ειδικού εξοπλισμού).
7. Την παρουσία και τα χαρακτηριστικά των γεωυλικών, των οποίων η συμπεριφορά είναι δυνατόν να επηρεασθεί εξαιτίας των εργασιών διάτρησης ή ενεματώσεων με πιθανή εμφάνιση φαινομένων χαλάρωσης, αστάθειας, κατάρρευσης της δομής ή διόγκωσής τους.
8. Τις μεταβολές με το χρόνο της στάθμης των υπογείων νερών (εφόσον υπάρχει).
9. Την ύπαρξη στρώσεων εντός των οποίων είναι δυνατόν να αναπτυχθεί καθεστώς υπόγειας ροής με μεγάλες υδραυλικές κλίσεις.
10. Την εξέταση της χημική σύστασης, της οργανικής και βακτηριολογικής περιεκτικότητας των υπογείων νερών ή των γεωυλικών, εφόσον αναμένονται προβλήματα.

Ιδιαίτερως χρήσιμες πληροφορίες είναι δυνατόν να αποκτηθούν κατά την εκτέλεση των αναγκαίων διατρήσεων και συνεπώς θα πρέπει καθ' όλη τη διάρκειά τους να καταγράφονται συστηματικά οι παρακάτω συγκεκριμένες πληροφορίες:

1. Θέση και αιτία απωλειών του ενέματος.
2. Ζώνες αστάθειας και ληφθέντα μέτρα σταθεροποίησης.
3. Περιοχές απωλειών και εισροών νερού, μετρήσεις του επιστρεφόμενου νερού, το χρώμα του νερού και πιθανές αλλαγές του.
4. Χαρακτηριστικά της κίνησης των στελεχών διάτρησης (δηλ. σπασμωδική, απότομη, στρωτή, σταθερή κίνηση)
5. Καταγραφή των παραμέτρων διάτρησης στην περίπτωση «καταστροφικών» γεωτρήσεων.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται κατά τη διερεύνηση περιοχών, όπου πρόκειται να εκτελεστούν εργασίες ενεμάτωσης γεωυλικών, και οι οποίες χαρακτηρίζονται είτε από επικράτηση συνθηκών μόλυνσης των γεωυλικών, είτε από την ύπαρξη υψηλών τάσεων. Πιο συγκεκριμένα: (α) πριν την

εκτέλεση ενεματώσεων οργανικών πηγμάτων (GEL), θα πρέπει να έχει προηγηθεί βακτηριολογική εξέταση των υπό ενεμάτωση γεωυλικών, αλλά και των υπογείων υδάτων και (β) το καθεστώς υψηλών τάσεων θα πρέπει να έχει πλήρως διερευνηθεί πριν την εκτέλεση ενεματώσεων.

1.4.2. Δοκιμές διαπερατότητας

Η διαπερατότητα των γεωυλικών είναι δυνατόν να προσδιορισθεί με τη βοήθεια εκτέλεσης :

- επί τόπου δοκιμών διαπερατότητας ή δοκιμών άντλησης μεγάλης κλίμακας
- εργαστηριακών δοκιμών σε αντιπροσωπευτικά δείγματα

ή να εκτιμηθεί έμμεσα μέσω της κοκκομετρικής διαβάθμισης και της πυκνότητας των γεωυλικών.

Προτείνεται, σε κάθε ερευνητική οπή σε βράχο, να προσδιορίζονται μέσω κατάλληλων δοκιμών, η απορρόφηση νερού καθώς και υδροφόρες ζώνες και τα πιθανά έγκοιλα. Οι προαναφερθείσες δοκιμές είναι δυνατόν να εκτελούνται είτε κατά τη διάνοιξη της οπής, είτε με τη χρήση παρεμβυσμάτων μετά την ολοκλήρωση της διάτρησής της.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στον περιορισμό αρτεσιανών υδροφόρων οριζόντων πριν τις την εκτέλεση των δοκιμών διαπερατότητας.

Επισημαίνεται ότι με τη βοήθεια εκτέλεσης δοκιμών Lugeon σε βράχο μπορεί να αποκτηθεί μια γενική εικόνα για την υδροπερατότητά του, χωρίς όμως να είναι δυνατόν να καθορισθεί μία αξιόπιστη συσχέτιση με τη δυνατότητα απορρόφησης ενός συγκεκριμένου ενέματος.

1.4.3. Εκτέλεση Δοκιμαστικών ενεματώσεων

Η εκτέλεση δοκιμαστικών ενεματώσεων στοχεύει στον καθορισμό ή στην επιβεβαίωση των αρχών μιας μεθόδου ενεματώσεων. Τονίζεται ότι οι προαναφερθείσες δοκιμές πρέπει να αποτελούν μέρος της αρχικής επί τόπου γεωτεχνικής διερεύνησης. Εναλλακτικώς, είναι δυνατόν να εκτελεσθούν κατά τη διάρκεια της φάσης οριστικής μελέτης ή στο πρώτο μέρος της φάσης των εργασιών κατασκευής. Θα πρέπει να εκτελούνται σε περιπτώσεις όπου οι αρχικές έρευνες, αλλά και η τοπική σχετική εμπειρία δεν είναι αρκετή για να υποστηρίξει / δικαιολογήσει επαρκώς την αποτελεσματικότητα της συγκεκριμένης μεθόδου ενεματώσεων. Οι δοκιμές θα πρέπει να παρέχουν πληροφορίες για την απόσταση των γεωτρήσεων, την εφαρμοζόμενη πίεση ενεμάτωσης, αλλά και τον τύπο και την αναγκαία ποσότητα του ενέματος.

Οι αποφάσεις περί του τρόπου εκτέλεσης των δοκιμαστικών ενεματώσεων θα πρέπει να λαμβάνονται σε στενή συνεργασία με το μελετητή του τελικού προγράμματος ενεματώσεων και να είναι της τελικής εγκρίσεως της Υπηρεσίας. Τα τελικά κριτήρια που αφορούν τις ιδιότητες του προτεινόμενου ενέματος θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την αποκτηθείσα εμπειρία κατά τη διάρκεια των επιτόπου δοκιμών ενεματώσεων. Επισημαίνεται ότι για κάθε λειτουργία κατά την εκτέλεση των επί τόπου δοκιμών θα γίνονται σχετικές καταγραφές, οι οποίες θα θεωρούνται και ουσιαστικό επιμετρητικό στοιχείο για την πιστοποίηση των εν λόγω εργασιών.

Ενδείξεις περί των επικρατουσών συνθηκών στην περιοχή εφαρμογής των ενεματώσεων είναι δυνατόν να αποκτηθεί μέσω κατάλληλων εργαστηριακών δοκιμών διήθησης δοκιμαστικών ενεμάτων δια μέσω αναμοχλευμένων δειγμάτων των γεωυλικών της εν λόγω περιοχής. Οι μετρήσεις διαπερατότητας πριν και μετά την ενεμάτωση των προαναφερθέντων δειγμάτων είναι δυνατόν να παρέχουν ενδεικτικές πληροφορίες, οι οποίες θα διευκολύνουν τις απαραίτητες αποφάσεις σχετικά με τη συχνότητα των σημείων ενεμάτωσης, τις επιθυμητές ιδιότητες του χρησιμοποιούμενου μίγματος και τον απαιτούμενο όγκο του ενέματος.

2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

2.1. ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ

2.1.1. Γενικά

Τα ενέματα, αλλά και τα συστατικά υλικά των ενεμάτων θα πρέπει να ικανοποιούν τις προδιαγραφές των έργων καθώς επίσης και να ικανοποιούν τις απαιτήσεις των σχετικών ευρωπαϊκών προτύπων EN ή των εθνικών προτύπων.

Η συμβατότητα μεταξύ όλων των χρησιμοποιούμενων συστατικών του ενέματος θα πρέπει να αποτελεί κατάλληλης αξιολόγησης. Ομοίως, θα πρέπει να εκτιμάται η πιθανή αλληλεπίδραση ενέματος και εδάφους.

Κάθε πρόθεση για αλλαγή των αρχικώς εγκεκριμένων πηγών τροφοδοσίας των ενσωματούμενων υλικών των ενεμάτων θα πρέπει να δηλώνεται εγκαίρως 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.

Ο Πίνακας 1 συνοψίζει τους διαφόρους τύπους ενεμάτων που είναι αντιστοιχούν σε διάφορους τύπους γεωυλικών.

Πίνακας 1 – Ενδεικτικοί τύποι ενέματος για διάφορους τύπους γεωυλικών.

Υπό ενεμάτωση γεωυλικό / συνθήκες	Εύρος εφαρμογής	Ενεματώσεις χωρίς εκτόπιση			Ενεματώσεις με εκτόπιση
		Στεγανοποίηση	Ενεματώσεις ρωγμών ή ενεματώσεις επαφής	Πλήρωση κενών	
Κοκκώδες έδαφος	Χάλικες, χονδρόκοκκες άμμοι και αμμοχάλικα $K > 5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$	Αιωρήματα καθαρού τσιμέντου, Αιωρήματα με κύριο συστατικό το τσιμέντο			
	Άμμοι $5 \times 10^{-5} < K < 5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$	Πολύ λεπτόκοκκα αιωρήματα, Διαλύματα			Αιωρήματα με βάση τσιμέντου, κονίαμα
	Μέσο έως λεπτόκοκκες άμμοι $5 \times 10^{-6} < K < 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	Πολύ λεπτόκοκκα αιωρήματα, Διαλύματα, Ειδικά χημικά			
Ρωγματούμενος βράχος	Ρήγματα, ρωγμές, καρστικές μορφές $e > 100 \text{ mm}$		Κονιάματα με κύριο συστατικό του τσιμέντου, αιωρήματα με κύριο συστατικό το τσιμέντο	Κονιάματα, Αιωρήματα με κύριο συστατικό το τσιμέντου και μικρό χρόνο πήξης. Διογκούμενες πολυουρεθάνες. Άλλα προϊόντα που αντιδρούν με το νερό.	
	Ρωγμές, διακλάσεις $0,1 \text{ mm} < e < 100 \text{ mm}$		Αιωρήματα με βάση τσιμέντου, Μικρολεπτόκοκκα αιωρήματα		
	Μικρορωγμές $e < 0,1 \text{ mm}$		Πολύ λεπτόκοκκα αιωρήματα, Πυριτικά πήγματα (gel), Ειδικά χημικά		

Υπό ενεμάτωση γεωυλικό / συνθήκες	Εύρος εφαρμογής	Ενεματώσεις χωρίς εκτόπιση			Ενεματώσεις με εκτόπιση
		Στεγανοποίηση	Ενεματώσεις ρωγμών ή ενεματώσεις επαφής	Πλήρωση κενών	
Εγκοίλα	Μεγάλα κενά			Κονιάματα με κύριο συστατικό το τσιμέντο. Αιωρήματα κύριο συστατικό το τσιμέντο και μικρό χρόνο πήξης, Διογκούμενες πολυουρεθάνες. Άλλα προϊόντα που αντιδρούν με το νερό	
(e = πλάτος ρωγμής)					

2.2. ΥΛΙΚΑ ΕΝΕΜΑΤΟΣ

2.2.1. Υδραυλικά συγκολλητικά και τσιμεντοκονιάματα

Με τον όρο υδραυλικά συγκολλητικά εννοούνται όλα τα τσιμεντοκονιάματα και τα παρόμοια προϊόντα που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία ενεμάτων με τη μορφή υδατίνου αιωρήματος.

Τα πολύ λεπτόκοκκα υδραυλικά συγκολλητικά ή τσιμεντοκονιάματα χαρακτηρίζονται από μέγεθος κόκκου $d_{95} < 20 \text{ mm}$, και η κοκκομετρική τους καμπύλη θα πρέπει να είναι πλήρως καθορισμένη.

Επισημαίνεται ότι κατά την επιλογή του τύπου του υδραυλικού συγκολλητικού για το ένεμα, η κοκκομετρική του σύνθεση θα πρέπει να επιλέγεται σε απόλυτη συνάρτηση με τις διαστάσεις των υπαρχουσών ρωγμών ή των υπαρχόντων κενών του υπό ενεμάτωση γεωυλικού.

Τα τσιμεντοκονιάματα θα πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις των EN 197-1:2000 και EN 197-2:2000, ενώ οι δοκιμές των υπόκεινται στο EN 196. Ωστόσο, οι όποιες μέθοδοι και ιδιότητες, οι οποίες είναι διαφορετικές από αυτές που αναφέρονται στα παραπάνω πρότυπα και αφορούν εργασίες ενεματώσεων θα πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της παρούσης ΠΕΤΕΠ.

2.2.2. Αργιλικής φύσεως υλικά

Η προσθήκη φυσικών αργίλων και κατάλληλα ενεργοποιημένων μπεντονιτών σε τσιμεντενέματα αποσκοπεί στη μείωση της διεισδυτικότητάς τους υπό πίεση, στην αλλαγή του ιξώδους ή στη βελτίωση της αντλησιμότητάς τους.

Η ορυκτολογική σύσταση, το μέγεθος των πλακιδίων, και τα φυσικά χαρακτηριστικά (π.χ. η φυσική υγρασία και τα όρια Atterberg) των αργίλων θα πρέπει να έχουν επαρκώς διερευνηθεί.

2.2.3. Άμμοι, χάλικες

Οι άμμοι και οι χάλικες συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται σε τσιμεντενέματα ή μπεντονικά αιωρήματα με σκοπό την επίτευξη της μεταβολής της μηχανικής αντοχής και παραμορφωσιμότητάς τους.

Η χρήση των φυσικών άμμων ή χαλίκων ως πρόσθετων υλικών των ενεμάτων θα γίνεται υπό την προϋπόθεση ότι αυτές δεν περιλαμβάνουν επικίνδυνα συστατικά. Επιπλέον η κοκκομετρική τους σύνθεση θα έχει εξετασθεί επαρκώς.

2.2.4. Νερό

Νερό από φυσικές επί τόπου πηγές θα πρέπει να ελέγχεται ειδικότερα για την περιεκτικότητά του σε χλωρικά άλατα, θειικά άλατα και οργανικές ύλες και να είναι της εγκρίσεως της Υπηρεσίας.

Δεν αποκλείεται η χρήση θαλασσινού νερού, εφόσον δεν αλλοιώνονται οι ιδιότητες του χρησιμοποιούμενου ενέματος.

2.2.5. Χημικά προϊόντα και πρόσμικτα υλικά

Η χρήση χημικών (π.χ. ακρυλικές ή εποξικές ρητίνες, πολυουρεθάνες κλπ) στην δημιουργία ενεμάτων θα πρέπει να βασίζεται σε τεκμηρίωση της συμβατότητάς τους με την υπάρχουσα περιβαλλοντική νομοθεσία. Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να εξετάζονται επαρκώς οι επιδράσεις όλων των παραγόμενων υλικών εκ της αντίδρασης των χημικών προϊόντων με τα υπόλοιπα συστατικά του ενέματος ή με το περιβάλλον έδαφος.

Η προσθήκη, σε μικρές ποσότητες, οργανικών ή ανόργανων προσμίκτων κατά τη διαδικασία της ανάμιξης, αποσκοπεί στη διαφοροποίηση των ιδιοτήτων του ενέματος (π.χ. ιξώδες, χρόνος πήξεως, αντοχή, συνοχή κλπ.), αλλά και στον έλεγχο των παραμέτρων εκ της χρήσης του ενέματος, όπως η διαπερατότητα.

Η χρήση υπερπλαστικοποιητών, μέσων συγκράτησης νερού, διαλυτών αέρα και άλλων, θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των prEN 934 (μέρη 1,3,4,6) και EN 480-1:1997 έως EN 480-12:1997.

2.2.6. Άλλα υλικά

Είναι δυνατή η χρήση ασβεστιτικών και πυριτικών υλικών, κονιοποιημένης καύσιμης τέφρας (rfa – pulverized fuel ash), ποζολανών και ιπτάμενης τέφρας (από εργοστάσια θερμοηλεκτρικής ενέργειας) ως συστατικών ενεμάτων υπό την προϋπόθεση ότι είναι χημικώς συμβατά μεταξύ τους και ότι επιπλέον ικανοποιούν άμεσες αλλά και μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

Οι δοκιμές της ιπτάμενης τέφρας πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του EN 451-1:2003. Ωστόσο μέθοδοι, οι οποίες είναι διαφορετικές από αυτές που αναφέρονται στο παραπάνω πρότυπο και αφορούν εργασίες ενεματώσεων θα πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της παρούσης ΠΕΤΕΠ.

2.3. ΕΝΕΜΑΤΑ

2.3.1. Γενικά

Οι κατηγορίες ενεμάτων είναι οι εξής:

- αιωρήματα: είτε στερεών σωματιδίων είτε κολλοειδή αιωρήματα
- διαλύματα: είτε αληθή είτε κολλοειδή διαλύματα
- κονιάματα.

Κατά την επιλογή του κάθε ενέματος θα πρέπει να εξετάζονται οι παρακάτω βασικές ιδιότητες του:

- ρεολογία (ιξώδες, συνοχή κτλ.), χρόνος πήξης
- μέγεθος σωματιδίων (όπου ισχύει)
- αντοχή και ανθεκτικότητα
- τοξικότητα.

Οι κύριες παράμετροι που ορίζουν τις ιδιότητες των ενεμάτων πριν και μετά την πήξη, παρουσιάζονται στον Πίνακα 2, που ακολουθεί:

Πίνακας 2 – Παράμετροι που χαρακτηρίζουν τις ιδιότητες των ενεμάτων

	Διαλύματα	Αιωρήματα	Κονιάματα
Πριν την πήξη	Χρόνος πήξης, πυκνότητα, pH, επιφανειακή τάση εφελκυσμού, χρόνος πήγματος, ιξώδες, συνοχή, θιξοτροπία	Χρόνος πήξης, πυκνότητα, pH, κοκκομετρική διαβάθμιση, ιξώδες, συνοχή, διαρροή, θιξοτροπία, ικανότητα κατακράτησης νερού	Χρόνος πήξης, πυκνότητα, pH, κοκκομετρική διαβάθμιση, ιξώδες, εργασιμότητα, ικανότητα κατακράτησης νερού
Μετά την πήξη	Σκλήρυνση μετά την πήξη, τελική αντοχή, pH, παραμορφωσιμότητα, ανθεκτικότητα, συστολικότητα, διασταλτικότητα, διατμητική αντοχή, συναίρεση (πυριτικά διαλύματα)	Χρόνος σκλήρυνσης, τελική αντοχή, παραμορφωσιμότητα, ανθεκτικότητα, συστολικότητα, διασταλτικότητα, πυκνότητα, διατμητική αντοχή	Χρόνος σκλήρυνσης, τελική αντοχή, παραμορφωσιμότητα, ανθεκτικότητα, συστολικότητα, διασταλτικότητα

2.3.2. Αιωρήματα

Τα αιωρήματα χαρακτηρίζονται από :

- την κοκκομετρική διαβάθμιση των στερεών σωματιδίων
- την αναλογία νερού/στερεών σωματιδίων
- το ρυθμό ιζηματοποίησης
- την ικανότητα κατακράτησης νερού
- τις ρεολογικές τους ιδιότητες και την εν γένει συμπεριφορά τους με το χρόνο.

Ο προσδιορισμός της καμπύλης κοκκομετρικής διαβάθμισης των στερεών σωματιδίων στα λεπτόκοκκα αιωρήματα θα πρέπει να γίνεται με κατάλληλα όργανα μεγάλης ακριβείας.

Η τάση κροκκίδωσης των αιωρούμενων στερεών (ειδικά σε λεπτόκοκκα αιωρήματα) θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη. Επιπλέον η τάση των αιωρούμενων στερεών σωματιδίων να επικάθονται εξαιτίας της βαρύτητας θα πρέπει να εξετάζεται σε συνάρτηση με τη φύση και με τις ιδιότητες του υπό ενεμάτωση γεωυλικού.

Η απαραίτητη επεξεργασία των κολλοειδών αργιλικών αιωρημάτων πριν την ενεμάτωση αφορά στην σχολαστική αποκροκκίδωση των αργιλικών σωματιδίων.

2.3.3. Διαλύματα

Η χρήση μερικών τύπων πυριτικών ενεμάτων θα πρέπει να γίνεται μετά από προσεκτική εκτίμηση της συμπεριφοράς τους με το χρόνο.

Επισημαίνεται ότι ενεματώσεις γεωυλικών με οργανικά πυριτικά πήγματα (gel) είναι δυνατόν να έχουν δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις (π.χ. εξάπλωση βακτηρίων εντός των γεωυλικών).

Οι μακροχρόνιες επιδράσεις της συναίρεσης στις ιδιότητες των υπό ενεμάτωση γεωυλικών (αλλά και στο περιβάλλον γενικότερα) θα πρέπει να εκτιμώνται πριν την έναρξη των εργασιών ενεμάτωσης.

Θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη η επίδραση των υπαρκτών θερμοκρασιακών διαφορών κατά την παραγωγή και τοποθέτηση του ενέματος στη συμπεριφορά του.

Τονίζεται ότι απαιτείται να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή :

- Στην τοξικότητα των μεμονωμένων ρητινικών συστατικών των ενεμάτων.
- Στον κίνδυνο διάλυσης του μίγματος του ενέματος στο υπόγειο νερό, οδηγώντας σε παράταση του χρόνου πήξης ή ακόμη και σε αναστολή εκδήλωσης της χημικής αντίδρασης.
- Στην τοξικότητα οποιασδήποτε ουσίας που απελευθερώνεται εντός του υπογείου ύδατος, στις περιπτώσεις όπου εντός του υπό ενεμάτωση γεωυλικού η χημική αντίδραση δεν πραγματοποιείται επιτυχώς.

Οι χρήσεις των διαφόρων τύπων ρητινικών ενεμάτων παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 3 που ακολουθεί:

Πίνακας 3 – Χρήσεις ρητινικών ενεμάτων

Τύπος ρητίνης	Τύπος εδάφους	Χρήση/ Εφαρμογή
Ακρυλική	κοκκώδες έδαφος λεπτορηγματωμένος βράχος	Μείωση διαπερατότητας Βελτίωση της αντοχής
Πολυουρεθάνη	μεγάλα κενά	Δημιουργία αφρού για την παρεμπόδιση εισροής νερού Σταθεροποίηση ή πλήρωση τοπικών κενών (ρητίνες δύο συστατικών)
Φενολική	λεπτόκοκκη άμμος και αμμοχάλικα	Σύσφιγξη δομής
Εποξική	ρηγματωμένος βράχος	Βελτίωση της αντοχής Μείωση διαπερατότητας

2.3.4. Κονιάματα

Κονιάματα τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλή εσωτερική τριβή χρησιμοποιούνται για ενεματώσεις συμπίκνωσης ή για την πλήρωση των κενών. Η εργασιμότητα των κονιαμάτων θα προσδιορίζεται μέσω δοκιμών κάθισης σε καταλλήλως επιλεγμένους κώνους ροής (Πίνακας του Παραρτήματος Α εκ του EN 12715:2000).

Η τοποθέτηση κονιαμάτων εντός των γεωυλικών μέσω βαρύτητας συνδυάζεται με τις ανάγκες πλήρωσης κοιλοτήτων, μεγάλων και ανοικτών ρωγμών καθώς επίσης και κενών (σε κοκκώδη εδάφη).

Ειδικότερα, σε κονιάματα, τα οποία χρησιμοποιούνται σε ενεματώσεις συμπίκνωσης, το ελάχιστο ποσοστό λεπτοκόκκων που διέρχεται κόσκινο 0.1 mm θα πρέπει να είναι 15%.

2.4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Δείγματα των ενσωματούμενων υλικών ενός ενέματος, αλλά και του καθαυτού ενέματος πρέπει να λαμβάνονται συστηματικά και να ελέγχονται καταλλήλως για να επιβεβαιώνεται η συμμόρφωσή τους με τις απαιτήσεις της μελέτης.

Τυποποιημένες δοκιμές θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για να είναι δυνατή η σύγκριση των χαρακτηριστικών των διαφόρων ενσωματούμενων υλικών που προέρχονται από διαφορετικούς προμηθευτές.

Τα χαρακτηριστικά των ενεμάτων θα πρέπει να ελέγχονται εργαστηριακά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 20 °C. Ωστόσο, εάν οι θερμοκρασιακές συνθήκες της περιοχής εφαρμογής των ενεμάτων διαφέρουν σημαντικά από τις προαναφερθείσες συνθήκες του εργαστηρίου, θα πρέπει

να γίνονται και επιτόπου δοκιμές, κατά τη διάρκεια των οποίων θα καταγράφονται οι όποιες μεταβολές στη θερμοκρασία.

Επισημαίνεται ότι ο Πίνακας του Παραρτήματος Α (εκ του EN 12715:2000) συνοψίζει τις μεθόδους δοκιμής των πιο σημαντικών παραμέτρων όλων των τύπων των ενεμάτων.

3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ – ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΕΛΕΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

3.1. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

3.1.1. Εξοπλισμός

Η εκτέλεση των ενεματώσεων θα πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο και έμπειρο προσωπικό.

Για την εκτέλεση των ενεματώσεων γεωϋλικών είναι απαραίτητος ο παρακάτω εξοπλισμός:

- Εξοπλισμός διάτρησης και έμπηξης
- Εξοπλισμός ανάμιξης και ανάδευσης.
- Εξοπλισμό άντλησης
- Σωληνώσεις εισπίεσης
- Παρεμβύσματα
- Εξοπλισμός καταγραφών και ελέγχου των ιδιοτήτων των ενεμάτων.

Ειδικότερα επισημαίνεται ότι εξοπλισμός διαχείρισης των ενεμάτων θα πρέπει να αντέχει με ασφάλεια τη μέγιστη αναμενόμενη να ασκηθεί πίεση ενεμάτωσης.

Η συντήρηση του προαναφερθέντος εξοπλισμού κατά την διάρκεια των εργασιών ενεματώσεων θα πρέπει να γίνεται από καταλλήλως ειδικευμένο και έμπειρο προσωπικό.

3.1.2. Διάτρηση

Η διάνοιξη των οπών των ενεματώσεων είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με:

- περιστροφική διάτρηση
- κρουστική διάτρηση (με ή χωρίς σωλήνωση)
- διατρητικά εξαρτήματα όπως τρυπάνια, αρπάγες κλπ.

Η επιτυχής διάνοιξη οπών σε ασταθή γεωϋλικά προϋποθέτει τη στήριξη των τοιχωμάτων τους με εναλλακτική χρήση:

- στηριζόντων διατρητικών υγρών (π.χ. μπεντονίτη, νερού, αφρών κ.λπ.)
- προσωρινής σωλήνωσης
- τεχνικών προοδευτικής στήριξης των τοιχωμάτων των οπών κατά τη διάνοιξη

Επισημαίνεται ότι οι διατρήσεις κάτω από την επιφάνεια του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα (με ή χωρίς αρτεσιανισμό) πρέπει να γίνεται με διατήρηση αντίθετης σταθερής υπερπίεσης ύδατος ή άλλου στηριζόντος διατρητικού υγρού.

Σε κάθε περίπτωση η επιλογή των τεχνικών διάτρησης των οπών ενεματώσεων θα πρέπει να γίνεται με κριτήριο την μη παρεμπόδιση της μετέπειτα εκτέλεσης ενεματώσεων (ειδικά όσον αφορά τις πιθανές μεταβολές της αρχικής διαπερατότητας των γεωϋλικών στο σημείο της ενεμάτωσης).

Κατάλληλες τοπικές ρυθμίσεις στον προσανατολισμό και στη διάταξη των οπών ενεμάτωσης θα πρέπει να γίνονται όπου κρίνονται αναγκαίες. Η διάνοιξη νέων οπών είναι απαραίτητη σε αντικατάσταση όσων έχουν φραχθεί πρόωρα και όσων εμφανίζουν ανεπίτρεπτες γεωμετρικές αποκλίσεις από τις προβλεπόμενες θέσεις τους.

Οι οπές ενεματώσεων βράχου θα πρέπει να «πλένονται», αμέσως μετά τη διάνοιξη τους, με σκοπό την απομάκρυνση συντριμμάτων και άλλων χαλαρών υλικών, αλλά και την περαιτέρω χαλάρωση των υπαρχουσών ρωγμών και διακλάσεων, εφόσον η εν λόγω βραχομάζα δεν είναι δυνατόν να επηρεαστεί δυσμενώς από την προαναφερθείσα διαδικασία.

3.1.3. Παρασκευή ενέματος

Η αποθήκευση των συστατικών υλικών των ενεμάτων θα πρέπει να γίνεται κατά τρόπο ώστε αυτά να προστατεύονται ικανοποιητικά από τις καιρικές συνθήκες (ειδικά από τη θερμοκρασία και την υγρασία), αλλά και από πιθανές μολύνσεις.

Η αποθήκευση των προετοιμασμένων ενεμάτων στους ειδικούς χώρους αποθήκευσής των, (δεξαμενές) θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι οι ρεολογικές και οι υπόλοιπες ιδιότητες τους δεν πρόκειται να διαφοροποιηθούν σημαντικά.

Οι μετρήσεις των δόσεων των επιμέρους συστατικών υλικών των ενεμάτων θα πρέπει να εκτελούνται με τη βοήθεια ρυθμισμένων μετρητικών συσκευών, σε πλήρη συμφωνία με τις προδιαγεγραμμένες σχετικές ανοχές.

Η επιλογή των κατάλληλων αναμικτήρων θα βασίζεται κυρίως στην απαίτηση ότι το τελικό μείγμα θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν ομοιογενές.

Για την αδιάκοπη παράδοση ενεμάτων με στερεά σωματίδια εν αιωρήματι, απαιτείται μία δεξαμενή συγκράτησης, η οποία θα είναι τοποθετημένη μεταξύ των δεξαμενών ανάμιξης και του αντλητικού συγκροτήματος. Το μίγμα εντός της δεξαμενής συγκράτησης θα πρέπει να αναδεύεται συνεχώς για την αποφυγή διαχωρισμού ή/και πρόωρης πήξης.

Ενέματα με ελάχιστο χρόνο πήξης θα πρέπει να αναμιγνύονται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο της εισπίεσης των εντός των γεωυλικών.

Τα συστήματα άντλησης και εισπίεσης των ενεμάτων θα πρέπει να επιλέγονται σύμφωνα με την ακολουθούμενη τεχνική εισπίεσης. Ειδικότερα για την επιλογή των αντλιών εισπίεσης θα πρέπει να εξετάζονται τα παρακάτω:

- ο προσαρμοζόμενος ρυθμός παράδοσης του ενέματος
- η ρύθμιση της ταχύτητας εισπίεσης του ενέματος
- η ευκολία καθαρισμού και συντήρησης των εν λόγω αντλιών
- οι διάμετροι των βαλβίδων σύμφωνα με τις απαιτήσεις ιξώδους του εισπιεζόμενου ενέματος.

Η πίεση τοποθέτησης των ενεμάτων εντός των γεωυλικών θα πρέπει να μετράται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο έγχυσης.

Επισημαίνεται ότι τα χρησιμοποιούμενα συστήματα εισπίεσης των ενεμάτων θα πρέπει να εξομαλύνουν πιθανές μεταβολές των επιβαλλόμενων πιέσεων, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο πρόκλησης ανεπιθύμητων και μη αντιληπτών υδραυλικών θραύσεων των γεωυλικών.

Οι σωληνώσεις παροχέτευσης των ενεμάτων θα πρέπει να αντέχουν τη μέγιστη αναμενόμενη πίεση εκ της άντλησης με έναν επαρκή συντελεστή ασφαλείας.

Το εσωτερικό των σωλήνων εισπίεσης θα πρέπει να καθαρίζεται στο τέλος της κάθε φάσης έγχυσης των ενεμάτων.

Η ανάδευση των αιωρημάτων είναι αναγκαία μέχρι την εισπίεση τους εντός των γεωυλικών με σκοπό την αποφυγή ιζηματοποίησής των. Επιπλέον και τα διαλύματα που τείνουν να διαχωρίζονται θα πρέπει να αναδεύονται μέχρι την εισπίεση τους εντός των γεωυλικών.

3.1.4. Εισπίεση του ενέματος

Η μέθοδος εισπίεσης των ενεμάτων θα καθορίζεται με βάση την κατάσταση του υπό ενεμάτωση γεωυλικού, τις απαιτήσεις των εργασιών ενεμάτωσης, αλλά και τον τύπο του χρησιμοποιούμενου ενέματος. Οι βασικές μέθοδοι τοποθέτησης των ενεμάτων είναι οι παρακάτω:

1. Εισπίεση εντός διανοιχθεισών οπών σε ευσταθή γεωυλικά με ανυποστήρικτα τοιχώματα.
2. Εισπίεση μέσω σωλήνων, οι οποίοι έχουν τοποθετηθεί προηγουμένως σε προσωρινά σωληνωμένες οπές, οι οποίες έχουν διανοιχθεί σε ασταθή γεωυλικά.
3. Εισπίεση μέσω κατάλληλης διάταξης του τρυπανιού διάνοιξης των οπών. Η εν λόγω φάση θεωρείται γενικώς ως φάση προ-ενεμάτωσης και είναι δυνατόν να ακολουθείται από τις μεθόδους (1) ή (2).
4. Εισπίεση διαμέσου σωλήνωσης που ανακτάται κατά τα ανιόντα βήματα.

Οι τρόποι εκτέλεσης των ενεματώσεων γεωυλικών συνοψίζονται στον Πίνακα 4. Η έννοια του βήματος ορίζεται ως το προκαθορισμένο μήκος εισπίεσης του ενέματος, του οποίου τα δύο όρια προσδιορίζονται είτε με χρήση δύο παρεμβυσμάτων σε συγκεκριμένες (κάθε φορά) θέσεις, είτε με τη χρήση ενός παρεμβύσματος προχωρώντας συνεχώς από τον πυθμένα της οπής προς το στόμιο της.

Πίνακας 4 – Μέθοδοι εκτέλεσης των ενεματώσεων γεωυλικών

	ΒΡΑΧΟΣ			ΕΔΑΦΟΣ			
	Σταθερός	Ασταθής					
		Ανοικτή οπή	Βαλβιδωτός σωλήνας	Διάτρητικό	Στέλεχος	Βαλβιδωτός σωλήνας	Στέλεχος ή σωλήνωση
Μονό βήμα	X			X	X		X
Πολλαπλά βήματα			X			X	
Ανιόντα βήματα	X		X	X	X	X	X
Κατιόντα βήματα		X	X			X	X

Οι ενεματώσεις εδαφικών υλικών μπορούν να επιτευχθούν με τη βοήθεια σωληνώσεων, στηριζόντων υγρών και βαλβιδωτών σωλήνων.

Οι βαλβιδωτοί σωλήνες, των οποίων οι βαλβίδες «σφραγίζονται» εντός του εδάφους με τη χρήση στηριζόντος υγρού (π.χ. μπεντονικό αιώρημα), επιτρέπουν την επαναλαμβανόμενη εισπίεση ενέματος, εξαιτίας της μικρής αντοχής της δημιουργούμενης στρώσης φίλτρου στην διεπιφάνεια μεταξύ αυτών των σωλήνων και των τοιχωμάτων των οπών.

Κατά τη διάρκεια ενεματώσεων σε εδαφικές συνθήκες, θα πρέπει να γίνεται εισπίεση νερού μέσω των παρακείμενων βαλβιδωτών σωλήνων για να αποφεύγεται η διαρροή του ενέματος.

Μεγάλα ανοίγματα (κενά, έγκοιλα, κτλ.) είναι δυνατόν να πληρωθούν με ενέματα δια βαρύτητας, είτε άμεσα, είτε μέσω ενός σωλήνα έγχυσης, εκτεινόμενου έως το πέρας των εν λόγω ανοιγμάτων.

Παρεμβύσματα χρησιμοποιούνται για την απομόνωση του κάθε βήματος ενεματώσεων. Τονίζεται ότι τα παρεμβύσματα μπορεί να είναι παθητικά, μηχανικά, πνευματικά και πρέπει να έχουν αρκετό μήκος για τον περιορισμό του κινδύνου παράκαμψης του ενέματος διαμέσου του υπό ενεμάτωση γεωυλικού. Επιπλέον τα παρεμβύσματα θα πρέπει να εξασφαλίζουν απόλυτο «σφράγισμα» μεταξύ των τοιχωμάτων της οπής και του σωλήνα εισπίεσης κατά την εφαρμογή της μέγιστης πίεσης ενεματώσεων.

Το μέγιστο μήκος βήματος ενεματώσεων σε βράχο δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 10 m. Ωστόσο σε συνθήκες έντονα κερματισμένης και διαταραγμένης βραχομάζας, το προαναφερθέν μήκος πρέπει να ρυθμίζεται καταλλήλως. Το μέγιστο μήκος βήματος ενεματώσεων σε εδαφικές συνθήκες δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 1 m.

Κατά τη διάρκεια ενεματώσεων σε συνθήκες υπογείου ροής, θα πρέπει να λαμβάνονται ειδικά μέτρα, έτσι ώστε να παρεμποδίζονται φαινόμενα σημαντικής αραίωσης ή ολικής απώλειας του ενέματος. Τα μέτρα αυτά εξαρτώνται από: (α) το υπό ενεμάτωση γεωυλικό, (β) τον σκοπό της ενεμάτωσης και (γ) την παροχή της υπόγειας ροής και είναι:

- Η χρήση ενέματος με πολύ μικρό χρόνο πήξης (όπως ρητίνες που αντιδρούν με το νερό, ή τσιμεντένεμα με πυριτικό νάτριο).
- Η χρήση ενέματος μεγάλου ιξώδους.
- Η χρήση προσθετικών για τον περιορισμό της αραίωσης του ενέματος.

Συνήθως οι παράμετροι εισπίεσης των ενεμάτων (π.χ. πίεση, όγκος και παροχή) θα πρέπει να ρυθμίζονται κατά την εκτέλεση των ενεματώσεων για την αποφυγή ανεπιθύμητων μετακινήσεων και παραμορφώσεων του υπό ενεμάτωση γεωυλικών, εκτός εάν αυτό αποτελεί επιδίωξη της όλης διαδικασίας. Επισημαίνεται ότι ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται σε περιοχές γειτνίασης με ευπαθείς κατασκευές.

Η παροχή του χρησιμοποιούμενου ενέματος κατά την εκτέλεση ενεματώσεων στεγανοποιήσεως πολλαπλών βημάτων εξαρτάται από τα ιξώδες του και τα μήκη των βημάτων.

3.1.5. Αλληλουχία ενεματώσεων

Ο γενικός σχεδιασμός των ενεματώσεων είναι μία συνεχής διαδικασία, καθ' όλη τη διάρκεια των οποίων απαιτείται επιτόπου παρακολούθηση. Πιθανές αποφάσεις που σχετίζονται με αλλαγές στη μέθοδο ενεματώσεων ή στις παραμέτρους των εκτελούμενων ενεματώσεων, όπως και με τη συνέχιση ή τον τερματισμό των ενεματώσεων, θα πρέπει να λαμβάνονται από κοινού με την Υπηρεσία, η οποία θα έχει και την τελική έγκριση όλων των προαναφερομένων.

Οι ενεματώσεις σε κατιόντα βήματα χρησιμοποιούνται συνήθως για την βελτίωση ασταθούς βραχομάζας. Εφόσον εκτελούνται ενεματώσεις σε κατιόντα βήματα μέσω διαφορετικών οπών, το ανώτερο στάδιο σε όλες τις οπές διανοίγεται και ενεματώνεται πριν διατρηθεί και ενεματωθεί το επόμενο στάδιο σε όλες τις γειτονικές οπές.

Οι ενεματώσεις σε ανιόντα βήματα χρησιμοποιούνται μόνο σε ανοικτές οπές σε σταθερό βράχο ή εφόσον ο στόχος είναι η υλοποίηση ενεματώσεων συμπίκνωσης.

Ενεματώσεις πολλαπλών σταδίων με χρήση βαλβιδωτών σωλήνων χρησιμοποιούνται συνήθως σε εδάφη και μερικές φορές σε ασταθείς βραχομάζες.

Η εκτέλεση ενεματώσεων με τη μέθοδο σταδιακού διαχωρισμού της απόστασης μεταξύ των οπών εισπίεσης συνοψίζεται ως εξής:

1. Αρχικά διανοίγονται και ενεματώνονται οι πρωτογενείς οπές.

2. Στη συνέχεια διανοίγονται ενδιάμεσα των πρωτογενών οπών οι δευτερογενείς οπές δια μέσου των οποίων εκτελούνται εργασίες ενεμάτωσης.
3. Η πύκνωση του δικτύου των προαναφερθεισών οπών ενεμάτωσης περιλαμβάνει τις διανοίξεις τριτογενών ή και τεταρτογενών οπών, μέσα από τις οποίες εκτελούνται εκ νέου εργασίες ενεμάτωσης.

Η προαναφερθείσα μέθοδος είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί:

- για την εξασφάλιση ομοιόμορφης ενεμάτωσης μίας ζώνης και
- για τον καθορισμό, με βάση την αποκτηθείσα εμπειρία, ζωνών, όπου για την επιτυχή ενεμάτωση τους απαιτούνται πολύ κοντινά τοποθετημένες οπές.

Η διάταξη των πρωτογενών οπών εισπίεσης θα πρέπει να αποφασίζεται με βάση την εμπειρία ή τα αξιολογημένα αποτελέσματα δοκιμών ενεματώσεων. Σε περιπτώσεις εφαρμογής της προαναφερθείσας μεθόδου του σταδιακού διαχωρισμού της απόστασης των οπών εισπίεσης, η επιλεγμένη ως πρωτογενής οπή θα αποτελεί και διερευνητική οπή ενέματος (εκτός των περιοχών όπου έχουν προηγηθεί δοκιμές ενεματώσεων), με σκοπό:

- Την καλύτερη περιγραφή των γεωλογικών και υδρογεωλογικών συνθηκών.
- Την τελική επιλογή του βάθους της οπής ενέματος και για τις υπόλοιπες πρωτογενείς οπές.

Για τον περιορισμό της πλευρικής επέκτασης του ενέματος, εκτός των ορίων της προκαθορισμένης περιοχής ενεμάτωσης, οι εισπίεσεις θα πρέπει να ξεκινούν στην περίμετρο της υπό εξυγίανση ζώνης και να προχωρούν προοδευτικά προς το εσωτερικό της. Ωστόσο επισημαίνεται ότι αυτή η διαδικασία δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται εφόσον υπάρχει κίνδυνος εγκλωβισμού του υπογείου νερού ή αν ο στόχος των σχετικών εργασιών είναι η εξαγωγή του νερού από τη ζώνη ενεμάτωσης.

3.2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΠΕΡΑΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η συμμόρφωση με την κατασκευαστική μεθοδολογία που περιγράφηκε παραπάνω

4. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗ

4.1. ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ

Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ειδικά συστήματα καταγραφών συνδεδεμένα με ηλεκτρονικό υπολογιστή για:

- Την παρακολούθηση των διατρήσεων των οπών ενεμάτωσης, η οποία περιλαμβάνει τις μετρήσεις, τους ελέγχους και την ερμηνεία των παραμέτρων διάτρησης.
- Τις μετρήσεις και τους ελέγχους των παραμέτρων ενεμάτωσης για τους διάφορους τύπους ενεμάτων, που εισπνέζονται σε κάθε φάση των εργασιών.

Ειδικότερα κατά τη διάρκεια των διατρήσεων των οπών ενεμάτωσης είναι δυνατόν να καταγράφονται αυτομάτως οι ακόλουθοι παράμετροι:

- Ο ρυθμός διείσδυσης
- Η πίεση και οι παροχές των υγρών
- Η ανακλώμενη ενέργεια (σε περίπτωση κρουστικών διατρήσεων)
- Η ταχύτητα περιστροφής

- Η εφαρμοζόμενη ροπή στρέψεως
- Η ασκούμενη δύναμη
- Το μήκος της διάτρησης.

Η αξιολόγηση των παραπάνω καταγραφών παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σε σχέση με πιθανές εναλλαγές των γεωλογικών και γεωτεχνικών συνθηκών.

Το σύνολο των καταγραφών με ηλεκτρονικό υπολογιστή θα πρέπει να εκτυπώνεται και σε ικανό αριθμό αντιγράφων, τα οποία θα φυλάσσονται σε ασφαλές μέρος των γραφείων του εργοταξίου, για έλεγχο σε οποιαδήποτε στιγμή. Επισημαίνεται ότι δειγματοληπτικοί έλεγχοι των παραπάνω καταγραφών θα γίνονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του έργου.

Τονίζεται ότι στο εργοτάξιο θα πρέπει να συντάσσονται και τα παρακάτω έγγραφα:

1. Ημερήσια καταγραφή των παρατηρήσεων που αφορούν τη διάτρηση και τις ενεματώσεις
2. Μηνιαία καταγραφή που θα δείχνει την ημερήσια πρόοδο και την κατανάλωση ενέματος
3. Τελική έκθεση αναφοράς που θα περιέχει όλες τις απαραίτητες τεχνικές και ποσοτικές λεπτομέρειες και θα υπογράφεται από τον υπεύθυνο μηχανικό εργοταξίου ή εκπρόσωπό του.
4. Έκθεση με την ολοκλήρωση των εργασιών, στην οποία θα επιβεβαιώνεται ενυπόγραφα από τον Ανάδοχο και την Υπηρεσία η επίτευξη των κριτηρίων αποδοχής των εργασιών, όπως αυτά έχουν προκαθορισθεί σύμφωνα με τη μελέτη.

Όλα τα προαναφερθέντα έγγραφα θεωρούνται ουσιώδη επιμετρητικά στοιχεία κατά την πιστοποίηση των εργασιών ενεμάτωσης.

4.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Θα πρέπει να εγκαθίστανται κατάλληλα όργανα μέτρησης, που θα μπορούν να καταγράφουν με ικανοποιητική ακρίβεια τις εκδηλούμενες εδαφικές μετακινήσεις ή/ και τις μετακινήσεις των παρακείμενων κατασκευών, έτσι ώστε να διασφαλίζεται ότι αυτές θα παραμείνουν μέσα στα καθορισμένα από τη μελέτη ανεκτά όρια.

Όπου κρίνεται απαραίτητο, θα πρέπει να εγκαθίστανται όργανα μέτρησης για την παρακολούθηση μετακινήσεων αρκετά πριν την έναρξη των εργασιών ενεματώσεων, για να είναι δυνατόν: (α) να αναγνωριστούν οι επιρροές του περιβάλλοντος (π.χ. θερμοκρασιακές μεταβολές, διακυμάνσεις στάθμης του υπογείου νερού, κ.τ.λ.) και (β) να αντισταθμίζεται η επιρροή τους στις μελλοντικές σχετικές καταγραφές.

4.3. ΠΟΙΟΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΤΩΝ ΕΝΕΜΑΤΩΝ

Για τον καθορισμό του βαθμού επιτυχίας της εκτέλεσης των ενεματώσεων, θα πρέπει να εκτελούνται το συντομότερο δυνατό κατάλληλες δοκιμές ελέγχου, έτσι ώστε να παρέχεται ο κατάλληλος χρόνος αντίδρασης σε περίπτωση που διαπιστωθούν τυχόν ανωμαλίες.

Οι δοκιμές ελέγχου των ενεματώσεων εξαρτώνται από τον τύπο των ενεματώσεων και τον σκοπό που αυτές εξυπηρετούν. Οι εν λόγω δοκιμές μπορεί να περιλαμβάνουν δοκιμές διαπερατότητας, επιτόπου και εργαστηριακές δοκιμές καθορισμού των μηχανικών χαρακτηριστικών των ενεματούμενων γεωυλικών, δοκιμαστικές εκσκαφές κ.τ.λ.

Επίσης τα δεδομένα που καταγράφονται κατά την εκτέλεση των διατρήσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο επίτευξης των στόχων των εργασιών ενεμάτωσης.

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

5.1. ΠΙΘΑΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Οι πιθανοί κίνδυνοι κατά την εκτέλεση των ενεματώσεων γεωϋλικών αναγνωρίζονται ως εξής:

1. Σκόνες από κονιοποιημένα χημικά που είναι τοξικά στο δέρμα, τα μάτια ή το αναπνευστικό σύστημα
2. Ατμοί που απελευθερώνονται από υγρά μίγματα ενεμάτων
3. Συστατικά ενεμάτων ή ενέματα που είναι επιβλαβή στην επαφή με το δέρμα
4. Μόλυνση του υπογείου νερού
5. Ανάμιξη χημικών που μπορεί να προκαλέσει έκρηξη
6. Διάθεση απορριμμάτων ή απορριφθέντος νερού
7. Μεταφορά, απόθεση και διακίνηση των υλικών, όπου ισχύουν όλες οι διαδικασίες χρήσης ανυψωτικών μηχανημάτων.
8. Εκτέλεση της διάτρησης με το γεωτρύπανο.
9. Διαδικασία παραγωγής τσιμεντενέματος και εισπίεσης μέσω των ευκάμπτων σωλήνων.
10. Πιθανές μετακινήσεις εδάφους και όμορων κατασκευών
11. Αλλαγές της στάθμης του υπογείου νερού
12. Εξάπλωση του ενέματος
13. Κίνδυνος μεταφοράς βαριών αντικειμένων.
14. Εργασία σε συνθήκες θορύβου.

5.2. ΜΕΤΡΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

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

- 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 ελάχιστων προδιαγραφών για την βελτίωση της προστασίας της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων στις υπαίθριες ή υπόγειες εξορυκτικές βιομηχανίες” στον Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΦΕΚ 771/Β)
- 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. 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».

- B.S 5573 (SAFETY PRECAUTIONS IN THE CONSTRUCTION OF LARGE DIAMETER BOREHOLES FOR PILING AND OTHER PURPOSES).

Οι ελάχιστες απαιτήσεις του εξοπλισμού ατομικής προστασίας είναι οι εξής:

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

Επίσης θα ισχύουν:

- Π.Δ. 85/91 (ΦΕΚ 38/A91) 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/A/94) «Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας κατά την χειρωνακτική διακίνηση φορτίων που συνεπάγεται κίνδυνος 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 Πρότυπα για την Ασφάλεια των Μηχανών (Κατάλογος ΕΛΟΤ όπως κάθε φορά ισχύει).

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

- Π.Δ. 77/93 (ΦΕΚ 34/A/93) Για την προστασία των εργαζομένων από φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς παράγοντες και τροποποίηση και συμπλήρωση του Π.Δ. 307/86 (135/A) σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 88/642/ΕΟΚ.
- Π.Δ. 399/94 (ΦΕΚ 221/A/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/A/2000) και Π.Δ. 43/2003 (ΦΕΚ 44/A/21-2-2003).
- Π.Δ.90/1999 (ΦΕΚ 94/A/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/A) όπως τροποποιήθηκε με το Π.Δ. 77/93 (ΦΕΚ 34/A/93).
- Π.Δ.338/2001 (ΦΕΚ 227/A/2001) Προστασία της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων κατά την εργασία από κινδύνους οφειλόμενους σε χημικούς παράγοντες.
- Π.Δ.339/2001 (ΦΕΚ 227/A/2001) Τροποποίηση του Π.Δ. 307/86 (135/A) Προστασία της υγείας των εργαζομένων που εκτίθενται σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά την διάρκεια της εργασίας τους.

- Ειδικές απαιτήσεις του εξοπλισμού μεταφοράς των χρησιμοποιούμενων ρευστών λόγω ανάπτυξης υψηλών πιέσεων.
- Διαχείριση και απομάκρυνση των εξερχόμενων άχρηστων υλικών και αποφυγή μόλυνσης του περιβάλλοντος.

Επισημαίνεται ότι για όλες τις εργασίες ενεματώσεων και κατά τη διάρκεια εκτέλεσής των, το προσωπικό θα πρέπει να φορά ρούχα και γάντια προστασίας, καθώς τα περισσότερα χημικά ενέματα περιέχουν μερικά συστατικά, τα οποία είναι τοξικά στο δέρμα. Επιπλέον θα πρέπει να είναι διαθέσιμες μάσκες προσώπου για τους εργάτες που δουλεύουν σε κλειστές περιοχές, όπου οι ατμοί από τα ενέματα ή η σκόνη από τα συστατικά των ενεμάτων είναι δυνατόν να εισπνευσθούν. Κράνη προστασίας θα πρέπει να είναι διαθέσιμα για όλους τους εργάτες του εργοταξίου. Γυαλιά ασφαλείας πρέπει να είναι διαθέσιμα για όλους τους εργάτες σε περιοχές όπου εκτελούνται οι εισπιέσεις των ενεμάτων. Τονίζεται ότι μεγάλα τεμάχια εποξικών ή πολυεστερικών ρητινών συχνά παράγουν σημαντικές ποσότητες θερμότητας και γι' αυτό ο χειρισμός τους θα πρέπει να γίνεται με προσοχή.

6. ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

6.1. ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΟΠΩΝ ΕΝΕΜΑΤΩΣΕΩΝ

Η επιμέτρηση για πληρωμή της διάνοιξης των οπών ενεματώσεων θα γίνεται ανάλογα με την διάμετρο και το μήκος των οπών, βάσει των πραγματικών μέτρων μήκους των οπών που διατρήθηκαν και έγιναν αποδεκτές από την Υπηρεσία. Καμία πληρωμή δεν θα γίνεται για σωλήνωση οπών που μπορεί να απαιτηθεί κατά τη διάτρησή τους και που αφήνεται στη θέση της, εκτός αν δόθηκε ειδική εντολή γι' αυτό από την Υπηρεσία, ούτε για την προμήθεια του νερού ή του τυχόν άλλου διατρητικού υγρού που απαιτείται για την εκτέλεση των εργασιών διάνοιξης και έκπλυσης των οπών, οι δε σχετικές δαπάνες περιλαμβάνονται ανηγμένες στις αντίστοιχες συμβατικές τιμές.

Όπου η Μελέτη ή η Υπηρεσία καθορίζουν την διάμετρο μιας οπής, αυτή θα πληρώνεται με το αντίστοιχο συμβατικό Κονδύλιο διάτρησης για όλο το μήκος της, ανεξαρτήτως τυχόν ενδιάμεσων διευρύνσεων οι οποίες απαιτήθηκαν σε διάφορα ενδιάμεσα βάθη για την επίτευξη της τελικά επιθυμητής διαμέτρου.

6.2. ΕΝΕΜΑΤΩΣΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΕΚΤΟΠΙΣΗ ΓΕΩΪΛΙΚΟΥ

Η επιμέτρηση των ενεματώσεων χωρίς εκτόπιση γεωϋλικού θα γίνεται με τα κυβικά μέτρα ενέματος που πραγματικά εισπιάσθηκε εντός του γεωϋλικού.

Η ανωτέρω επιμέτρηση περιλαμβάνει το σύνολο των εργασιών φορτοεκφόρτωσης, μεταφοράς και αποθήκευσης των υλικών ενεματώσεων, την προμήθεια ολόκληρου του απαραίτητου για την εκτέλεση των ενεματώσεων εξοπλισμού, σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην παράγραφο 7.1 της παρούσης ΠΕΤΕΠ, την ανάμιξη του ενέματος, την ενεμάτωση, το καλαφάτισμα και σφράγιση των ρωγμών από τις οποίες διαρρέει ένεμα, την αφαίρεση των σωλήνων των στομιών από τις οπές τσιμεντενέσεων, τον έλεγχο και την απόρριψη ακάθαρτου νερού και άχρηστου ενέματος, τον καθαρισμό του σκυροδέματος και τη διάθεση του σχετικού εργατικού δυναμικού και εφοδίων. Στην ανωτέρω επιμέτρηση περιλαμβάνονται και το σύνολο των εργασιών εκτέλεσης όλων των απαιτούμενων δοκιμών ελέγχου και καταγραφής των παραμέτρων εκτέλεσης των ενεματώσεων.

Τα υδραυλικά συγκολλητικά και τσιμεντοκονιάματα, τα αργιλικής φύσεως υλικά (π.χ. μπεντονίτης), ή άμμος και τα χαλίκια, τα χημικά προϊόντα (π.χ. ακρυλικές ή εποξικές ρητίνες, πολυουρεθάνες

κλπ.), τα πρόσμικτα υλικά και άλλα υλικά (π.χ. ασβεστιτικά, πυριτικά υλικά, κονιοποιημένη καύσιμη τέφρα, ποζολανών και ιπτάμενης τέφρας) που χρησιμοποιήθηκαν σε ενεματώσεις αποδεκτές από την Υπηρεσία θα επιμετρώνται ξεχωριστά. Δεν θα επιμετρώνται ποσότητες νερού καθώς και πρόσμικτων, τα οποία τυχόν θα χρησιμοποιηθούν από τον Ανάδοχο για διευκόλυνσή του.

Η επιμέτρηση για σύνδεση της γραμμής παροχής ενέματος σε οπές για την εκτέλεση των ενεματώσεων θα γίνεται μόνο μία φορά για κάθε οπή ή άλλη θέση (π.χ. ρωγμές ή κοιλότητες) που θα εκτελεσθεί η ενεμάτωση και για τις οπές ή θέσεις που πραγματικά εκτελέστηκε τσιμεντένωση με εντολή της Υπηρεσίας, ανεξάρτητα από το πόσες πρόσθετες φορές έγινε τοποθέτηση των στεγανωτικών παρεμβυσμάτων ή συνδέθηκε η ίδια οπή για ενεμάτωση και ανεξάρτητα από τον όγκο νερού ή ενέματος που πραγματικά εισπιάστηκε μέσα σε οπή ενεματώσεων ή σε κάθε σύνδεση για ενεμάτωση.

Καμιά επιμέτρηση δεν θα γίνει για ένεμα, ή για τα συστατικά υλικά του, που χάθηκαν λόγω ακατάλληλης πάκτωσης των σωλήνων ενεματώσεων ή συνδέσεων, ή που απορρίφθηκαν λόγω ανεπαρκούς και ακατάλληλης ανάμιξης, ή που απωλέστηκαν από διαρροή λόγω παράλειψης του Αναδόχου να σταματήσει διαρροές από ρωγμές ή οπές ενεματώσεων, όταν του δόθηκε σχετική εντολή ή για ένεμα που κατέστη ακατάλληλο λόγω μη χρησιμοποίησής του στον επιτρεπόμενο από την παρούσα Προδιαγραφή χρόνο.

Δοκιμές διαπερατότητας και δοκιμαστικές ενεματώσεις των παραγράφων 5.2 και 5.3 της παρούσης ΠΕΤΕΠ αντιστοίχως θα επιμετρώνται ξεχωριστά.

6.3. ΕΝΕΜΑΤΩΣΕΙΣ ΜΕ ΕΚΤΟΠΙΣΗ ΓΕΩΪΛΙΚΟΥ

Η επιμέτρηση των ενεματώσεων με εκτόπιση υλικού θα γίνεται με τα κυβικά μέτρα ενέματος, που πραγματικά εισπιάστηκε εντός του υλικού.

Η επιμέτρηση θα περιλαμβάνει τα έξοδα φορτοεκφόρτωσης, μεταφοράς και αποθήκευσης των υλικών τσιμεντενέσεων, την προμήθεια ολόκληρου του απαραίτητου για την εκτέλεση των τσιμεντενέσεων εξοπλισμού, σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην παράγραφο 7.1 της παρούσης ΠΕΤΕΠ, την ανάμιξη και ανάδευση του ενέματος, την ενεμάτωση, το καλαφάτισμα και σφράγιση των ρωγμών από τις οποίες διαρρέει ένεμα, την αφαίρεση των σωλήνων των στομιών από τις οπές τσιμεντενέσεων, τον έλεγχο και την απόρριψη ακάθартου νερού και άχρηστου ενέματος, τον καθαρισμό του σκυροδέματος και τη διάθεση του σχετικού εργατικού δυναμικού και εφοδίων. Στην ανωτέρω επιμέτρηση περιλαμβάνονται και το σύνολο των εργασιών εκτέλεσης όλων των απαιτούμενων δοκιμών ελέγχου και καταγραφής των παραμέτρων εκτέλεσης των ενεματώσεων.

Τα υδραυλικά συγκολλητικά και τσιμεντοκονιάματα, τα αργιλικής φύσεως υλικά (π.χ. μπεντονίτης), ή άμμος και τα χαλίκια, τα χημικά προϊόντα (π.χ. ακρυλικές ή εποξικές ρητίνες, πολυουρεθάνες κλπ.), τα πρόσμικτα υλικά και άλλα υλικά (π.χ. ασβεστιτικά, πυριτικά υλικά, κονιοποιημένη καύσιμη τέφρα, ποζολανών και ιπτάμενης τέφρας) που χρησιμοποιήθηκαν σε ενεματώσεις αποδεκτές από την Υπηρεσία θα επιμετρώνται ξεχωριστά. Δεν θα επιμετρώνται ποσότητες νερού καθώς και πρόσμικτων, τα οποία τυχόν θα χρησιμοποιηθούν από τον Ανάδοχο για διευκόλυνσή του.

Η επιμέτρηση για σύνδεση της γραμμής παροχής ενέματος σε οπές για την εκτέλεση ενεματώσεων θα γίνεται μόνο μία φορά για κάθε οπή ή άλλη θέση που θα εκτελεσθεί ενεμάτωση, και για τις οπές ή θέσεις που πραγματικά εκτελέστηκε ενεμάτωση, ανεξάρτητα από το πόσες πρόσθετες φορές έγινε τοποθέτηση των στεγανωτικών παρεμβυσμάτων ή συνδέθηκε η ίδια οπή για ενεμάτωση, και ανεξάρτητα από τον όγκο νερού ή ενέματος που πραγματικά εισπιάστηκε μέσα σε οπή ενεματώσεων ή σε κάθε σύνδεση για ενεμάτωση.

Καμιά επιμέτρηση δεν θα γίνει για ένεμα, ή για τα συστατικά υλικά του, που χάθηκαν λόγω ακατάλληλης πάκτωσης των σωλήνων ενεματώσεων ή συνδέσεων, ή που απορρίφθηκαν λόγω

ανεπαρκούς και ακατάλληλης ανάμιξης, ή που απωλέσθηκαν από διαρροή λόγω παράλειψης του Αναδόχου να σταματήσει διαρροές από ρωγμές ή οπές ενεματώσεων, όταν του δόθηκε σχετική εντολή ή για ένεμα που κατέστη ακατάλληλο λόγω μη χρησιμοποίησής του στον επιτρεπόμενο από την παρούσα Προδιαγραφή χρόνο.

Θα γίνεται διαφοροποίηση της επιμέτρησης των ενεματώσεων με εκτόπιση γεωυλικού, αναλόγως της εφαρμοζόμενης πίεσης (δηλ. πίεση μικρότερη των 5 MPa, πίεση από 5 έως 20 MPa και πίεση μεγαλύτερη των 20 MPa).

Δοκιμές διαπερατότητας και δοκιμαστικές ενεματώσεις των παραγράφων 5.2 και 5.3 της παρούσης ΠΕΤΕΠ αντιστοίχως θα επιμετρώνται ξεχωριστά.

6.4. ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΑ, ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ, ΑΡΓΙΛΙΚΗΣ ΦΥΣΕΩΣ ΥΛΙΚΑ, ΑΜΜΟΣ, ΧΑΛΙΚΕΣ, ΠΡΟΣΜΙΚΤΑ ΥΛΙΚΑ, ΧΗΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ, ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ

Η επιμέτρηση των υδραυλικών συγκολλητικών και τσιμεντοκονιάματων, των αργιλικής φύσεως υλικών (π.χ. μπεντονίτης), της άμμου και των χαλίκων, των χημικών προϊόντων (π.χ. ακρυλικές ή εποξικές ρητίνες, πολυουρεθάνες κλπ.), των πρόσμικτων και άλλων υλικών (π.χ. ασβεστιτικά, πυριτικά υλικά, κονιοποιημένη καύσιμη τέφρα, ποζολανών και ιπτάμενης τέφρας) θα γίνεται με βάση το πραγματικό βάρος των, όπως αυτό χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του ενέματος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Πίνακας μετρήσεων παραμέτρων διαφόρων τύπων ενεμάτων σύμφωνα με το EN 12715 "Execution of special geotechnical works – grouting".

Tableau — Measurement of grout parameters

Parameter	Unit	Measuring apparatus/method	Application	Solution	Suspension	Mortar
1 Outflow time (Cone viscosity)	[s]	Marsh cone (funnel diameter = 4,75mm), other flow cones (diameter = 8, 10, 12 mm)	lab & site	N/A	A	A
2 Viscosity (dynamic or apparent)	[Pa.s]	coaxial viscometer rheometers	lab lab & site	A	A	N/A
3 Density	[kg/m ³]	Pycnometer Beaker Baroid mud balance	lab & site	A	A	A
4 Cohesion, Yield, Shear strength	[Pa]	coaxial viscometer, rheometer, plate cohesion meter, Kasumeter, shearometer	lab lab & site	N/A	A	N/A
5 Water retention capacity	[m ³]	Baroid filter press (low pressure)	lab & site	N/A	A	A
6 Bleeding rate, sedimentation	[m ³ / m ³] for 2 hours	measuring cylinder	lab & site	N/A	A	A
7 Workability	[mm]	Abrams cone	lab & site	N/A	N/A	A
8 Setting time	[s]	overturned glass beaker, Vicat needle	lab & site	A	A	A
9 Hardening time	[s]	vane test shear box, unconfined compression test	lab & site	A	A	A
10 Hardening Deformation Final strength		unconfined compression test with stress- strain record, triaxial test, point load tests	lab	A	A	A
11 Durability		mechanical: flow test chemical		A	A	A
12 Thixotropy		rheometer, viscometer, hydrometer	lab	N/A	A	N/A
13 Syneresis	[Vol %]	volume of water expelled from sample with time	lab	A	N/A	N/A
14 Shrinkage/expansion	[%] of vol, length	shrinkage limit determination	lab & site	A	A	A
15 Granulometry		particle size measurement	lab & site	N/A	A	A
16 Penetrability		grouting test sand column test	site lab	A	A	N/A

(N/A = not applicable / not generally used, A = applicable)