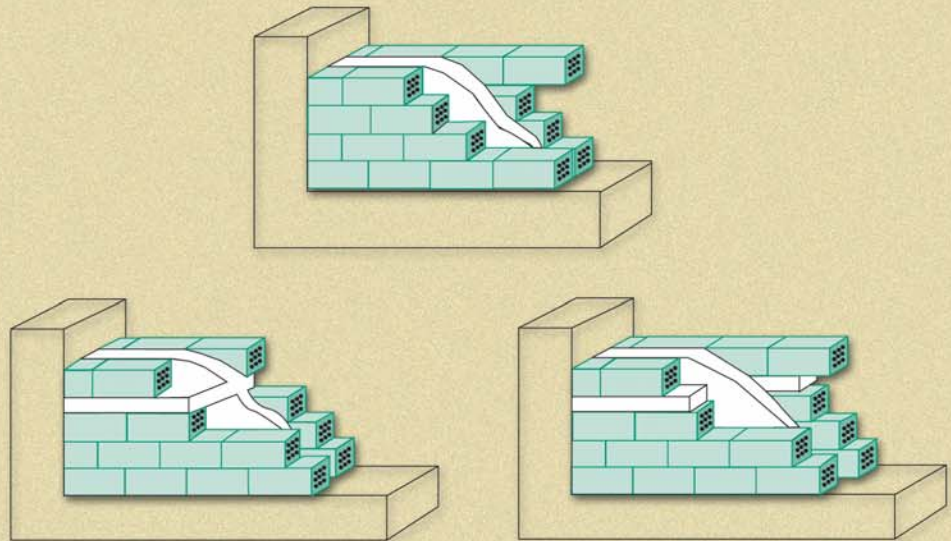




ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

# Τεχνική της Κατασκευής



Τόμος Γ'

Ευγενία Κουτρομάνου  
Αντώνιος Μπαλντούκας  
Ευσάθιος Μπούσιος  
Παναγιώτης Φραντζής



## Δομικά Υλικά και Εξοπλισμός Κατασκευής Τεχνικών Έργων

Δομικά Υλικά  
και  
Εξοπλισμός Κατασκευής Τεχνικών Έργων

**Σημείωση**

*Το ΕΑΠ είναι υπεύθυνο για την επιμέλεια έκδοσης και την ανάπτυξη των κειμένων σύμφωνα με τη Μεθοδολογία της εξ Αποστάσεως Εκπαίδευσης. Για την επιστημονική αρτιότητα και πληρότητα των συγγραμμάτων την αποκλειστική ευθύνη φέρουν οι συγγραφείς, κριτικοί αναγνώστες και ακαδημαϊκοί υπεύθυνοι που ανέλαβαν το έργο αυτό.*





ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Πρόγραμμα Σπουδών  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Θεματική Ενότητα  
ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Τόμος Γ'

# Δομικά Υλικά και Εξοπλισμός Κατασκευής Τεχνικών Έργων

**ΕΥΓΕΝΙΑ ΚΟΥΤΡΟΥΜΑΝΟΥ**

*Πολιτικός Μηχανικός Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου  
Καθηγήτρια Τ.Ε. τ. Υπεύθυνη  
Εργαστηρίου Αντοχής Υλικών της ΣΕΛΕΤΕ*

**ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΜΠΑΛΑΝΤΟΥΚΑΣ**

*Μηχανολόγος Μηχανικός  
Αναπλ. Καθηγητής ΤΕΙ Χαλκίδας*

**ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ ΜΠΟΥΣΙΑΣ**

*Πολιτικός Μηχανικός  
Επικ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών*

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΦΡΑΝΤΖΗΣ**

*Μηχανικός Υλικών  
Σύμβουλος Τεχνολογίας Σύνθετων Υλικών*

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

*Πρόγραμμα Σπουδών*  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

*Θεματική Ενότητα*  
ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

*Τόμος Γ'*  
**Δομικά Υλικά και Εξοπλισμός Κατασκευής Τεχνικών Έργων**

*Συγγραφή*

ΕΥΓΕΝΙΑ ΚΟΥΤΡΟΥΜΑΝΟΥ

Πολιτικός Μηχανικός Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Καθηγήτρια Τ.Ε.  
τ. Υπεύθυνη Εργαστηρίου Αντοχής Υλικών της ΣΕΛΕΤΕ

ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΜΠΑΛΑΝΤΟΥΚΑΣ

Μηχανολόγος Μηχανικός, Αναπλ. Καθηγητής ΤΕΙ Χαλκίδας

ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ ΜΠΟΥΣΙΑΣ

Πολιτικός Μηχανικός, Επίκ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΦΡΑΝΤΖΗΣ

Μηχανικός Υλικών, Σύμβουλος Τεχνολογίας Σύνθετων Υλικών

*Κριτική Ανάγνωση*

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΔΡΑΚΑΤΟΣ

Καθηγητής Τμήματος Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών

*Ακαδημαϊκός Υπεύθυνος για την επιστημονική επιμέλεια του τόμου*

ΕΥΘΥΜΙΟΣ ΜΑΣΤΡΟΓΙΑΝΝΗΣ

Καθηγητής Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών

*Επιμέλεια στη μέθοδο της εκπαίδευσης από απόσταση*

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ

*Γλωσσική Επιμέλεια*

ΧΡΥΣΟΥΛΑ ΨΑΡΡΟΥ

*Τεχνική Επιμέλεια*

ΕΣΠΙ ΕΚΔΟΤΙΚΗ Ε.Π.Ε.

*Καλλιτεχνική Επιμέλεια*

ΤΥΡΟΡΑΜΑ

*Σελιδοποίηση*

ΔΗΜΗΤΡΑ ΖΟΥΠΑ

*Συντονισμός ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού και γενική επιμέλεια των εκδόσεων*

ΟΜΑΔΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΟΥ ΕΑΠ / 1997–2003

ISBN: 960–538–232–6

Κωδικός Έκδοσης: ΔΧΤ 51/3

Copyright 2003 για την Ελλάδα και όλο τον κόσμο

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Οδός Παπαφλέσσα & Υψηλάντη, 26222 Πάτρα – Τηλ: (2610) 314094, 314206 Φαξ: (2610) 317244

Σύμφωνα με το Ν. 2121/1993, απαγορεύεται η συνολική ή αποσπασματική αναδημοσίευση του βιβλίου αυτού ή η αναπαραγωγή του με οποιοδήποτε μέσο χωρίς την άδεια του εκδότη.

## Περιεχόμενα

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

#### **Αδρανή υλικά**

---

*Σκοπός, Προσδοκώμενα Αποτελέσματα,*

<i>Έννοιες κλειδιά, Εισαγωγικές Παρατηρήσεις</i> .....	13
1.1 Ορισμός – Προέλευση .....	14
1.1.1 Γενικά .....	14
1.1.2 Φυσικά αδρανή .....	15
1.1.3 Θραυστά αδρανή .....	15
1.2 Έλεγχοι αδρανών .....	16
1.2.1 Μορφολογικοί έλεγχοι .....	16
1.2.2 Έλεγχοι φυσικών χαρακτηριστικών .....	16
1.2.3 Έλεγχοι μηχανικών χαρακτηριστικών .....	17
1.2.4 Έλεγχοι καθαρότητας των αδρανών .....	18
1.3 Υποχρεώσεις μηχανικού .....	19
1.4 Εργαστηριακές δοκιμές .....	25
1.4.1 Κοκκομετρική ανάλυση .....	25
1.4.2 Έλεγχοι προσδιορισμού ειδικού βάρους (E.B.) φαινόμενου ειδικού βάρους (Φ.Β) και υδαταπορρόφησης αδρανών υλικών .....	38
1.4.3 Δοκιμή καθορισμού αντίστασης σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles .....	46
1.4.4 Δοκιμή ανθεκτικότητας σε αποσάθρωση ή έλεγχος υγείας πετρώματος των αδρανών (Soundness test).....	49
1.4.5 Δοκιμή ισοδύναμου της άμμου .....	51
<i>Σύνοψη κεφαλαίου</i> .....	55

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

**Νερό**

<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα Αποτελέσματα, Έννοιες κλειδιά, Εισαγωγικές Παρατηρήσεις</i> .....	57
2.1 Απαιτήσεις .....	58
<i>Σύνοψη κεφαλαίου</i> .....	59

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

**Ασφαλτικά Υλικά**

<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα Αποτελέσματα, Έννοιες κλειδιά, Εισαγωγικές Παρατηρήσεις</i> .....	61
3.1 Ορισμός – Προέλευση .....	62
3.1.1 Γενικά .....	62
3.1.2 Εφαρμογές .....	62
3.1.3 Ασφαλτικά προϊόντα .....	62
3.1.4 Τύποι ασφάλτου οδοστρωσίας – ιδιότητες .....	63
3.1.5 Ποιοτικός Έλεγχος .....	64
3.2 Ασφαλτικά διαλύματα .....	66
3.3 Ασφαλτικά γαλακτώματα .....	68
3.4 Δοκιμή διεισδύσεως .....	71
<i>Σύνοψη κεφαλαίου</i> .....	74

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

**Σκυρόδεμα**

<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα Αποτελέσματα, Έννοιες κλειδιά, Εισαγωγικές Παρατηρήσεις</i> .....	75
4.1 Μηχανικά χαρακτηριστικά του σκυροδέματος .....	77
4.1.1 Εργασιμότητα .....	77
4.1.2 Μηχανική αντοχή σκυροδέματος .....	78
4.1.3 Ανθεκτικότητα σκυροδέματος – ενανθράκωση .....	79

4.2 Μέτρηση των ιδιοτήτων του σκυροδέματος .....	81
4.2.1 Κρουσίμετρο αναπήδησης .....	82
4.2.2 Δοκιμή διείσδυσης .....	83
4.2.3 Εξόλκευση ήλου .....	84
4.2.4 Ακουστικές μέθοδοι .....	84
4.2.5 Πυρήνες σκυροδέματος .....	89
4.3 Έλεγχοι ποιότητας σκυροδέματος .....	90
4.3.1 Καμπύλη κανονικής κατανομής συχνότητας αντοχής σκυροδέματος ...	90
4.3.2 Έλεγχος ποιότητας σκυροδέματος – κριτήρια συμμόρφωσης .....	92
4.4 Είδη σκυροδεμάτος τεχνικών έργων .....	97
<i>Σύνοψη κεφαλαίου</i> .....	99

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### **Χάλυβας**

---

<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα Αποτελέσματα, Έννοιες κλειδιά, Εισαγωγικές Παρατηρήσεις</i> .....	101
5.1 Δομικός χάλυβας .....	102
5.2 Χάλυβας οπλισμένου σκυροδέματος .....	103
5.2.1 Σήμανση χαλύβων οπλισμού .....	105
5.2.2 Ποιότητα χαλύβων οπλισμού – Μηχανικά χαρακτηριστικά .....	106
5.3 Χάλυβες προέντασης .....	111
<i>Σύνοψη κεφαλαίου</i> .....	114

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### **Τοιχοποιία**

---

<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα Αποτελέσματα, Έννοιες κλειδιά, Εισαγωγικές Παρατηρήσεις</i> .....	115
6.1 Λιθασώματα .....	116
6.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά .....	116



6.1.2 Έλεγχος ποιότητας λιθοσωμάτων .....	117
6.2 Τοιχοποιία οπτοπλίνθων .....	118
6.2.1 Χαρακτηριστικά και μηχανικές ιδιότητες τοιχοποιίας .....	118
6.2.2 Έλεγχος ποιότητας τοιχοποιίας – δοκιμές .....	121
6.3 Οπλισμένη τοιχοποιία .....	123
6.3.1 Χαρακτηριστικά και ιδιότητες .....	123
<i>Σύνοψη κεφαλαίου</i> .....	124

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### **Συνθετικά υλικά και μήτρα από τσιμέντο**

---

<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα Αποτελέσματα, Έννοιες κλειδιά, Εισαγωγικές Παρατηρήσεις</i> .....	127
7.1 Γενικά χαρακτηριστικά .....	130
7.1.1 Εισαγωγή .....	130
7.1.2 Ταξινόμηση .....	133
7.1.3 Συνθετικά υλικά με ενίσχυση από ίνες .....	134
7.1.4 Συνθετικά υλικά από ελάσματα .....	134
7.1.5 Δομή συνθετων υλικών .....	135
7.1.6 Είδη ινών .....	135
<i>Σύνοψη</i> .....	135
7.2 Θραυστική συμπεριφορά .....	136
7.2.1 Μηχανική θραύσης .....	137
7.2.2 Αποκόλληση και αποχώρηση των ινών .....	138
<i>Σύνοψη</i> .....	142
7.3 Έλεγχος ποιότητας και εργαστηριακές μετρήσεις χαρακτηριστικών .....	143
7.3.1 Δοκιμή θραυστικής σκληρότητας .....	144
7.3.2 Δοκιμή αποκόλλησης – αποχώρησης ινών .....	144
7.3.3 Δοκιμή αθεκτικότητας .....	145

<i>Σύνοψη</i> .....	146
7.4 Σύγχρονη τεχνολογία σύνθετων υλικών από τσιμέντο .....	147
7.4.1 Εξειδικευμένα τσιμέντα για ταχείες επιδιορθώσεις .....	148
7.4.2 Τσιμέντο με βάση τη φωσφορική μαγνησία (MPC) .....	149
7.4.3 Σύνθετα υλικά υψηλής επίδοσης (HPFRCC) .....	149
7.4.4 Βιομηχανικές εφαρμογές με συνηθισμένα σύνθετα υλικά .....	151
7.4.5 Βιομηχανικές εφαρμογές με συνηθισμένα σύνθετα υλικά υψηλής απόδοσης .....	152
<i>Σύνοψη</i> .....	152
<i>Σύνοψη κεφαλαίου</i> .....	153
Φωτογραφίες .....	159

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### **Τεχνολογία συγκόλλησης υλικών με κολλώδη υλικά**

---

<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα Αποτελέσματα, Έννοιες κλειδιά, Εισαγωγικές Παρατηρήσεις</i> .....	163
8.1 Στοιχεία τεχνολογίας συγκολλητών συνδέσμων .....	165
8.1.1 Προέλευση και εξέλιξη .....	166
8.1.2 Σχεδιασμός κόλλησης .....	167
8.1.3 Επιλογή και ταξινόμηση κολλωδών υλικών .....	167
8.1.4 Προετοιμασία επιφανειών που πρόκειται να κολληθούν .....	170
8.1.5 Μέθοδοι εφαρμογής κολλώδους υλικού και στάδια κόλλησης .....	171
<i>Σύνοψη</i> .....	172
8.2 Ποιοτικός έλεγχος και εργαστηριακές μετρήσεις χαρακτηριστικών .....	172
8.2.1 Μη καταστροφικές μέθοδοι .....	172
8.2.2 Καταστροφικές μέθοδοι .....	173
8.2.3 Δοκιμή Ανθεκτικότητας .....	173
8.2.4 Υπολογισμός ενέργειας θραύσης .....	176

8.2.5 Υπολογισμός ταχύτητας διάδοσης της ρωγμής .....	178
8.2.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τεχνολογίας .....	180
8.3 Σύγχρονες βιομηχανικές εφαρμογές .....	183
8.3.1 Μέθοδος pultrusion .....	183
8.3.2 Εφαρμογή 1: κατασκευή τεχνικών έργων με Fibreforce pultrusions ...	185
8.3.3 Εφαρμογή 2: κατασκευή καταστρωμάτων γεφυρών .....	186
8.3.4 Εφαρμογή 3: παραγωγή κατασκευών χωρίς συνδέσμους .....	186
8.3.5 Εφαρμογή 4: επιδιορθώσεις γεφυρών .....	187
8.3.6 Εφαρμογή 5: επιδιορθώσεις θαλασσίων μεταλλικών κατασκευών .....	187
8.3.7 Εφαρμογή 6: επιδιορθώσεις με τη μέθοδο κάψουλας .....	188
<i>Σύνοψη</i> .....	189
<i>Σύνοψη κεφαλαίου</i> .....	190
Φωτογραφίες .....	195

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

### **Εξοπλισμός κατασκευής τεχνικών έργων**

---

<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα Αποτελέσματα, Έννοιες κλειδιά, Εισαγωγικές Παρατηρήσεις</i> .....	199
9.1 Εισαγωγή .....	201
9.2 Εκσκαφείς .....	203
9.2.1 Εκσκαφείς με ανεστραμμένο κάδο – Γεωμετρικά χαρακτηριστικά .....	207
9.2.2 Χρήσεις .....	207
9.2.3 Λειτουργία .....	208
9.2.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά .....	210
9.2.5 Παραγωγικότητα .....	212
9.2.6 Άλλα είδη εκσκαφών .....	214
<i>Σύνοψη</i> .....	220
9.3 Φορτωτές .....	221

9.3.1 Τροχοφόρος φορτωτής – Γεωμετρικά χαρακτηριστικά .....	223
9.3.2 Χρήσεις .....	223
9.3.3 Λειτουργία .....	224
9.3.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά .....	226
9.3.5 Παραγωγικότητα .....	227
<i>Σύνοψη</i> .....	232
9.4 Προωθητές εδαφών .....	233
9.4.1 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά .....	235
9.4.2 Χρήσεις προωθητών .....	235
9.4.3 Λειτουργία προωθητών.....	235
9.4.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά ερπυστριοφόρων προωθητών .....	236
9.4.5 Παραγωγικότητα προωθητών .....	237
<i>Σύνοψη</i> .....	242
9.5 Μηχανές διακίνησης υλικών .....	242
9.5.1 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά .....	244
9.5.2 Χρήσεις .....	244
9.5.3 Λειτουργία .....	244
9.5.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά .....	245
9.5.5 Παραγωγικότητα .....	245
<i>Σύνοψη</i> .....	249
<i>Σύνοψη κεφαλαίου</i> .....	249
Απαντήσεις Ασκήσεων Αυτοαξιολόγησης .....	251
Ενδεικτικές Απαντήσεις Δραστηριοτήτων .....	272
Βιβλιογραφία .....	275
Οδηγός για περαιτέρω μελέτη .....	279
Αλφαβητικό Ευρετήριο Όρων .....	280