
ΣΤΟΙΧΕΙΑ

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ**

Μ. ΚΑΒΒΑΔΑΣ

Μ. ΠΑΝΤΑΖΙΔΟΥ

Ε. Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σεπτέμβριος 2007

Στοιχεία Περιβαλλοντικής Γεωτεχνικής

Μ. Καβαδάς, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Μ. Πανταζίδου, Επίκουρη Καθηγήτρια ΕΜΠ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε. Μ. Πολυτεχνείο

Έκδοση Ε. Μ. Πολυτεχνείου

Έκδοση 12, Σεπτέμβριος 2007

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1-1
1.1 Αντικείμενο της Περιβαλλοντικής Γεωτεχνικής.....	1-1
1.2 Εξέλιξη της Περιβαλλοντικής Γεωτεχνικής.....	1-3
1.3 Το θεσμικό πλαίσιο.....	1-6
1.3.1 Στις ΗΠΑ	1-6
1.3.2 Στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	1-6
2. ΠΗΓΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΕΚΤΑ ΟΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	2-1
2.1 Γενικά	2-1
2.2 Κατηγορίες Στερεών Αποβλήτων	2-3
2.2.1 Αστικά απορρίμματα	2-3
2.2.2 Απόβλητα ορυχείων	2-4
2.2.3 Βιομηχανικά απόβλητα.....	2-5
2.2.4 Επικίνδυνα απόβλητα	2-5
2.3 Αποδεκτά όρια ρύπανσης	2-7
2.3.1 Αποδεκτά όρια ρύπανσης στις ΗΠΑ (USEPA, 1989)	2-7
2.3.2 Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα αποδεκτά όρια ρύπανσης	2-9
2.3.3 Αποδεκτά όρια ρύπανσης στη Βρετανία (ICRCL, 1987).....	2-11
2.3.4 Αποδεκτά όρια ρύπανσης στην Ολλανδία	2-11
2.4 Βιβλιογραφικές αναφορές.....	2-13
3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ	3-1
3.1 Γενικές Αρχές	3-1
3.2 Στοιχεία υδραυλικής των υπογείων υδάτων	3-6
3.2.1 Γενικά	3-6
3.2.2 Κίνηση του υπόγειου νερού στην κορεσμένη ζώνη των εδαφών.....	3-7
3.2.3 Η αρχή διατήρησης της μάζας σε κορεσμένα εδάφη.....	3-14
3.2.4 Κίνηση του υπόγειου νερού προς αντλούμενες γεωτρήσεις.....	3-16
3.2.5 Εκτίμηση των υδραυλικών παραμέτρων υδροφορέων μέσω δοκιμαστικών αντλήσεων	3-18
3.2.6 Εκμετάλλευση υδροφορέων με αντλήσεις	3-22
3.2.7 Κίνηση του υπόγειου νερού στη μερικώς κορεσμένη ζώνη των εδαφών.....	3-28
3.3 Υποχωρήσεις εδαφών λόγω αντλήσεων	3-32
3.4 Βιβλιογραφικές αναφορές.....	3-35
4. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΡΥΠΩΝ ΜΕ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	4-1
4.1 Εισαγωγή	4-1
4.1.1 Οι φάσεις του εδάφους και των ρύπων	4-1
4.1.2 Περιεχόμενα κεφαλαίου.....	4-3
4.2 Ισορροπία μεταξύ αέριας φάσης και μη υδατικής υγρής φάσης	4-4
4.3 Ισορροπία μεταξύ αέριας φάσης και υδατικής φάσης	4-7
4.4 Ισορροπία μεταξύ υδατικής φάσης και μη υδατικής υγρής φάσης.....	4-9
4.5 Ισορροπία μεταξύ υδατικής φάσης και στερεάς φάσης	4-10

4.5.1 Μηχανισμοί εισρόφησης	4-11
4.5.2 Μαθηματική προσομοίωση του φαινομένου της εισρόφησης	4-12
4.5.3 Αργιλικά υλικά.....	4-20
4.6 Πρακτικές συνέπειες της αλληλεπίδρασης ρύπων – εδάφους	4-26
4.7 Παράδειγμα υπολογισμού συνολικής μάζας ρύπου στο υπέδαφος	4-28
4.8 Περίληψη	4-31
4.9 Βιβλιογραφικές αναφορές	4-32
5. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	5-1
5.1 Γενικά.....	5-1
5.2 Φυσικοί μηχανισμοί μεταφοράς ρύπων	5-2
5.3 Προσομοίωση της μεταφοράς ρύπων.....	5-4
5.3.1 Μεταφορά ρύπων λόγω μεταγωγής.....	5-4
5.3.2 Μεταφορά ρύπων λόγω διάχυσης-διασποράς.....	5-5
5.3.3 Αρχή διατήρησης της μάζας του ρύπου	5-6
5.4 Μονοδιάστατη κίνηση ρύπων στο έδαφος	5-8
5.5 Εξέλιξη του ρυπαντικού φορτίου μετά την αναίρεση του αιτίου της ρύπανσης	5-21
5.6 Βιβλιογραφικές αναφορές	5-24
6. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ	6-1
6.1 Γενικά.....	6-1
6.2 Συνήθειες γεωτεχνικές έρευνες.....	6-1
6.2.1 Επιτόπου έρευνες.....	6-2
6.2.2 Εργαστηριακές δοκιμές.....	6-7
6.3 Ειδικές γεωτεχνικές έρευνες.....	6-8
6.4 Έλεγχος της συμπυκνωσιμότητας των εδαφών	6-10
6.5 Βιβλιογραφικές αναφορές	6-14
7. ΧΩΡΟΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	7-1
7.1 Γενικά.....	7-1
7.2 Κριτήρια επιλογής της θέσης του αποδέκτη	7-4
7.3 Παραγωγή στραγγίσματος και βιο-αερίου	7-8
7.3.1 Γενικά.....	7-8
7.3.2 Μηχανισμοί αποσύνθεσης των οργανικών ουσιών.....	7-9
7.4 Τυπικές διατάξεις των σύγχρονων αποδεκτών	7-13
7.5 Στεγανωτικές στρώσεις πυθμένα	7-14
7.5.1 Στρώσεις συμπυκνωμένης αργίλου	7-15
7.5.2 Συνθετικές μεμβράνες.....	7-19
7.5.3 Σύνθετες μεμβράνες	7-24
7.5.4 Γεω-συνθετικές μεμβράνες	7-27
7.5.5 Υπολογισμός προστασίας πυθμένα ΧΥΤΑ	7-28
7.6 Σύστημα συλλογής του στραγγίσματος.....	7-31
7.7 Σύστημα τελικής κάλυψης.....	7-35
7.8 Σύστημα απαγωγής του βιο-αερίου	7-35
7.9 Θεσμικό πλαίσιο για αποδέκτες στερεών αποβλήτων	7-37
7.9.1 Γενικά.....	7-37
7.9.2 Ευρωπαϊκές Οδηγίες για τη διάθεση των αποβλήτων	7-37
7.9.3 Ελάχιστες απαιτήσεις στη Γαλλία.....	7-38
7.9.4 Ελάχιστες απαιτήσεις στη Γερμανία.....	7-39
7.9.5 Ελάχιστες απαιτήσεις στη Βρετανία.....	7-40

7.9.6	Ελάχιστες απαιτήσεις στις ΗΠΑ	7-40
7.9.7	Το θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα	7-42
7.10	Αποδέκτες αποβλήτων ορυχείων	7-42
7.10.1	Στερεά απόβλητα ορυχείων.....	7-42
7.10.2	Υδαρή υπολείμματα εκμετάλλευσης ορυχείων (tailings).....	7-44
7.10.3	Υγρά απόβλητα ορυχείων	7-47
7.11	Βιβλιογραφικές αναφορές.....	7-48
8.	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	8-1
8.1	Γενικά	8-1
8.2	Τεχνολογίες απορρύπανσης εδαφών	8-4
8.2.1	Μέθοδος της βιολογικής αποκατάστασης.....	8-4
8.2.2	Έκπλυση του εδάφους με χημικές ουσίες	8-9
8.2.3	Θερμική επεξεργασία	8-9
8.2.4	Απορρύπανση με εφαρμογή υποπίεσης	8-9
8.3	Τεχνολογίες απορρύπανσης υδροφορέων	8-11
8.3.1	Βιολογική αποκατάσταση	8-11
8.3.2	Απορρύπανση με άντληση διαλυμένων ρύπων	8-12
8.3.3	Απορρύπανση με άντληση επιπλεόντων ρύπων	8-12
8.3.4	Απορρύπανση με εφαρμογή υποπίεσης	8-17
8.3.5	Απορρύπανση υδροφορέων από βαρέα μέταλλα	8-17
8.4	Προστασία από την επέκταση της ρύπανσης.....	8-18
8.4.1	Γενικά	8-18
8.4.2	Συστήματα κάλυψης.....	8-18
8.4.3	Κατακόρυφα περιμετρικά διαφράγματα.....	8-20
8.4.4	Οριζόντια διαφράγματα βάσης	8-22
8.4.5	Μέθοδοι σταθεροποίησης του εδάφους	8-22
8.4.6	Υδραυλικά συστήματα	8-23
8.5	Διάθεση αποβλήτων στο έδαφος.....	8-23
8.6	Βιβλιογραφικές αναφορές.....	8-25
9.	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ	9-1
9.1	Γενικά	9-1
9.2	Στοιχεία της θεωρίας πιθανοτήτων	9-1
9.2.1	Το πείραμα Bernoulli	9-1
9.2.2	Η διωνυμική κατανομή	9-2
9.2.3	Η κατανομή Poisson.....	9-2
9.2.4	Η εκθετική κατανομή	9-4
9.3	Πιθανοτική θεώρηση της αστοχίας των τεχνικών έργων	9-5
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. Στοιχεία εδαφολογίας.....	A-1
A.1	Σχηματισμός του εδάφους.....	A-1
A.2	Είδη εδαφών	A-4
A.2.1	Αλλούβια	A-4
A.2.2	Οργανικά εδάφη.....	A-6
A.3	Εδαφικοί ορίζοντες και εδαφογένεση	A-6
A.4	Βιβλιογραφικές αναφορές	A-8

Πρόλογος

Στο βιβλίο αυτό συνοψίζονται οι αρχές και η σύγχρονη τεχνολογία της Περιβαλλοντικής Γεωτεχνικής σε θέματα διάθεσης των αποβλήτων, προστασίας από την επέκταση της ρύπανσης και απορρύπανσης εδαφών και υπόγειων υδροφορέων. Τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια, τα αντικείμενα αυτά έχουν αποκτήσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, λόγω της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης σε διεθνές επίπεδο.

Το παρόν βιβλίο απευθύνεται κυρίως στους φοιτητές του 9ου εξαμήνου της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ και αποτελεί το διδακτικό εγχειρίδιο του κατ' επιλογήν υποχρεωτικού μαθήματος “Περιβαλλοντική Γεωτεχνική”.

Μ. Καββαδάς – Μ. Πανταζίδου
Σεπτέμβριος 2007

**Μ.ΚΑΒΒΑΔΑ – Μ. ΠΑΝΤΑΖΙΔΟΥ : ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ
2007**