

Βασίλειος Ζ. Αντωνόπουλος
Καθηγητής Α.Π.Θ.

Υδραυλική Περιβάλλοντος και Ποιότητα Επιφανειακών Υδάτων



Εκδόσεις
Γιακούδη



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος

Περιεχόμενα

1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

1.1 Εισαγωγικά	1
1.2 Τι είναι η υδραυλική περιβάλλοντος	3
1.3 Βασικές έννοιες-ορισμοί	6
1.4 Προβλήματα ρύπανσης του νερού και ανάπτυξη της έρευνας και των εφαρμογών	7
1.5 Παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του νερού	13
1.6 Πηγές ρύπανσης	17
1.7 Διάκριση των πηγών ρύπανσης	20
1.8 Ποιοτικές παράμετροι σε σχέση με τα προβλήματα ρύπανσης	23
1.9 Υδατικά συστήματα και πηγές ρύπανσής τους	29
1.10 Ο φυσικός αυτοκαθαρισμός των υδατορευμάτων	31
1.11. Εθνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία για το υδάτινο περιβάλλον	36
Βιβλιογραφία	37

2. ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2.1 Γενικά	39
2.2 Κινητική των αντιδράσεων φθοράς των ρυπαντικών ουσιών	44
2.3 Ποιότητα νερού κατάντη μίας σημειακής πηγής	45
2.4 Ποιότητα νερού λόγω κατανεμημένων ή μη σημειακών πηγών	49
2.5 Βασικές αρχές της ροής του νερού	50
2.6 Ανάλυση συχνότητας ελάχιστων παροχών	54
Προβλήματα για λύση	55
Βιβλιογραφία	58

3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

3.1 Ενέργεια και βιολογική διάσπαση	59
3.2 Αερόβιες και αναερόβιες διαδικασίες	61
3.3 Μικροοργανισμοί και ποιότητα του νερού	63
3.4 Ανάπτυξη των βακτηρίων στα υδατικά συστήματα	65
3.5 Αποσύνθεση των ιζημάτων του πυθμένα των υδατορευμάτων	69
3.6 Επίδραση της απολύμανσης των αποβλήτων στα ποιοτικά χαρακτηριστικά	

των υδατορευμάτων	71
3.7 Παθογόνοι μικροοργανισμοί	72
Βιβλιογραφία	75

4. ΑΠΟΞΥΓΟΝΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΛΟΓΩ ΟΞΕΙΑΩΣΗΣ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ

ΟΥΣΙΩΝ

4.1 Βιοχημική (BOD) και χημική (COD) ζήτηση οξυγόνου	77
4.2 Μέτρηση του BOD	81
4.3 Σχέσεις που περιγράφουν την αντίδραση του BOD	85
4.4 Επίδραση της θερμοκρασίας στην αντίδραση του BOD	87
4.5 Εκτίμηση των παραμέτρων της σχέσης του BOD	90
4.6 Συντελεστές αποξυγόνωσης στα υδατορεύματα	101
Προβλήματα για λύση	103
Βιβλιογραφία	105

5. ΕΠΑΝΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΣΤΑ ΥΔΑΤΙΚΑ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

5.1 Διαλυμένο οξυγόνο στο νερό υδατικών συστημάτων και οι πηγές του	107
5.2 Μεταφορά αερίων	109
5.3 Εξισώσεις ποσοτικής εκτίμησης του επαναερισμού	113
5.4. Οξυγόνο κορεσμού	116
5.5 Έμμεσοι μέθοδοι υπολογισμού του επαναερισμού	119
5.6 Ισοζύγιο οξυγόνου στο νερό των υδατορευμάτων	125
Προβλήματα για λύση	135
Βιβλιογραφία	138

6. ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΛΟΓΩ ΟΞΕΙΑΩΣΗΣ ΑΖΩΤΟΥΧΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

ΚΑΙ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ

6.1 Αζωτούχος ζήτηση και έλλειμμα οξυγόνου στα υδατορεύματα	141
6.1.1 Εξισώσεις που περιγράφουν το ισοζύγιο οξυγόνου	143
6.1.2 Εκτίμηση των σταθερών αποξυγόνωσης λόγω νιτροποίησης	147
6.2 Φωτοσύνθεση και ισοζύγιο οξυγόνου σε υδατορεύματα	152
6.2.1 Εξισώσεις ισοζυγίου οξυγόνου	153
6.2.2 Λύσεις της εξίσωσης φωτοσύνθεσης και ισοζυγίου οξυγόνου	156
6.2.3 Εκτίμηση των ρυθμών φωτοσύνθεσης και αναπνοής	158
6.2.4 Εκτίμηση των συντελεστών αποξυγόνωσης και επαναερισμού	160
Προβλήματα για λύση	162
Βιβλιογραφία	165

7. ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΑΖΑΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	167
7.1 Γενικά	167
7.2 Μοριακή διάχυση	168
7.3 Μεταφορά μάζας με μετακίνηση	171
7.4 Τυρβώδης διάχυση	172
7.5 Ανάμιξη ρύπων με το νερό ποταμών	178
7.6 Εξισώσεις του συντελεστή διασποράς	180
7.7 Αναλυτική μέθοδος υπολογισμού του συντελεστή διασποράς του Fischer	181
7.8 Υπολογισμός του συντελεστή διασποράς με τη μέθοδο της διάδευσης της μάζας μίας ουσίας από δύο διαδοχικούς σταθμούς	188
7.9 Μονοδιάστατη μεταφορά ουσιών σε υδατορεύματα	197
7.10 Μονοδιάστατη διάχυση ουσίας από εφαρμογή σταθερής συγκέντρωσης	199
7.11 Μονοδιάστατη διάχυση μάζας σε υδατορεύματα λόγω στιγμιαίας εισροής της ουσίας	201
7.12 Μονοδιάστατη μεταφορά μάζας μη μεταβαλλόμενης ουσίας σε υδατόρευμα λόγω σταθερής εισροής της ουσίας	205
7.13 Αναλυτικές λύσεις σε δι-και τρισδιάστατα πεδία διάχυσης	210
Προβλήματα για λύση	213
Βιβλιογραφία	215
 8. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΙΜΝΟΛΟΓΙΑΣ	217
8.1 Γενικά	217
8.2 Φυσικές διεργασίες	218
8.2.1 Θερμική στρωμάτωση	218
8.2.2 Αρχές και διαδικασίες της μεταφοράς θερμότητας και της θερμικής στρωμάτωσης στις λίμνες	221
8.2.3 Ανάμιξη των λιμνών από τους ανέμους	231
8.2.4 Διείσδυση του ηλιακού φωτός	233
8.3 Ισοζύγιο νερού στις λίμνες	235
8.4 Ισοζύγιο μάζας θρεπτικών στοιχείων στις λίμνες	239
8.4.1 Εποχιακή διακύμανση των θρεπτικών στοιχείων στις λίμνες	242
8.5 Βιολογική δραστηριότητα των λιμνών	243
8.5.1 Παραγωγικότητα	244
8.6 Ευτροφισμός	250
8.6.1 Προσδιορισμός της τροφικής κατάστασης των λιμνών	254
8.6.2 Αντιμετώπιση του ευτροφισμού	256
8.7 Μοντέλα ευτροφισμού	261
Βιβλιογραφία	264

9. ΑΖΩΤΟ ΣΤΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	267
9.1 Γενικά	267
9.2 Το άζωτο στα απόβλητα και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του	269
9.3 Διαδικασίες μετασχηματισμού του αζώτου στα υδατικά συστήματα	272
9.4 Μεταφορά μάζας σε υδατορεύματα από αζωτούχα λύματα	
σημειακών πηγών	281
Προβλήματα για λύση	286
Βιβλιογραφία	289
 10. Ο ΦΩΣΦΟΡΟΣ ΣΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ	291
10.1 Γενικά.	291
10.2 Μορφές του φωσφόρου	294
10.3 Μεταφορά φωσφόρου από τα εδάφη στα υδατικά συστήματα	296
10.4 Ανταλλαγή φωσφόρου στην διεπιφάνεια ιζημάτων-νερού των λιμνών	298
10.5 Ο φώσφορος στα υδατορεύματα	299
10.6 Εκτίμηση των μεταβολών του φωσφόρου στις λίμνες	304
10.7 Σχέση της τροφικής κατάστασης των λιμνών και του φωσφόρου	310
Προβλήματα για λύση	319
Βιβλιογραφία	320
 11. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	
11.1 Γενικά	321
11.2 Στάδια ανάπτυξης μαθηματικών μοντέλων ποιότητας νερού	323
11.3 Το μαθηματικό μοντέλο QUAL2E	326
11.4 Το μοντέλο WASP	332
11.5. Μονοδιάστατο μαθηματικό μοντέλο ποιότητας νερού ταμιευτήρων CE-QUAL-R1	334
11.6 Μαθηματικό μοντέλο MINLAKE	336
11.7 Έλεγχος καταλληλότητας και αξιοπιστίας μαθηματικών μοντέλων	341
11.8 Μοντέλα προσομοίωσης χρονικών μεταβολών της ποιότητας του νερού υδατορευμάτων	342
Βιβλιογραφία	349
 12. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΗΣ ΚΑΙΜΑΚΑΣ	
12.1. Εισαγωγή	353
12.2 Παροχές λυμάτων και χαρακτηριστικά τους	357
12.3 Προκατεργασία και πρωτοβάθμια επεξεργασία	360
12.3.1 Εσχάρωση	360

12.3.2 Αμμοσυλέκτης ή εξαμωτής	361
12.3.3 Αυτοσυλλέκτης – εξαφριστήρας	364
12.3.4 Δεξαμενές καθίζησης	365
12.3.5 Σηπτικές δεξαμενές	374
12.3.6 Επεξεργασία λάσπης και διάθεση	376
12.4. Τεχνητοί υγρότοποι	383
12.4.1 Τύποι και χαρακτηριστικά λυμάτων	384
12.4.2 Συστατικά και συναρτήσεις των τεχνητών υγροτόπων σε σχέση με την επεξεργασία των λυμάτων	386
12.4.3 Επιλογή της θέσης	392
12.4.4 Υδρολογία	393
12.4.6 Διάκριση των συστημάτων τεχνητών υγροτόπων	398
12.4.7. Υγρότοποι υπόγειας οριζόντιας ροής	398
12.4.8. Υγρότοποι οριζόντιας ροής με ελεύθερη επιφάνεια	405
12.4.9 Υγρότοποι κατακόρυφης ροής των λυμάτων στις λεκάνες	414
12.5 Δεξαμενές Σταθεροποίησης Λυμάτων	416
Βιβλιογραφία	422
13. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ	425
13.1 Γενικά για τα κριτήρια απαιτήσεων ποιότητας νερού	425
13.1.1 Αστικές χρήσεις του νερού	426
13.1.2 Βιομηχανικές χρήσεις	428
13.1.3 Ποιότητα του νερού για τους υδρόβιους οργανισμούς	430
13.1.4 Ποιότητα του νερού για αναψυχή και αισθητική χρήση	431
13.1.5 Ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται για ενέργεια και ναυσιπλοΐα	431
13.2 Κριτήρια του νερού για τον έλεγχο της ρύπανσης αποδεκτών	432
Βιβλιογραφία	435
14. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ	437
14.1 Γενικά	437
14.2 Αρδευτικό νερό και προβλήματα ποιότητας	439
14.2.1 Μεταφερόμενα και διαλυμένα υλικά του αρδευτικού νερού που καθορίζουν την ποιότητα του	439
14.2.2 Τα προβλήματα ποιότητας του αρδευτικού νερού	442
14.3 Συστήματα ποιοτικής κατάταξης του νερού	445
14.4 Αντιμετώπιση των προβλημάτων από την ποιότητα του νερού	450
14.4.1 Προβλήματα αλατότητας	450
14.4.2 Προβλήματα διήθησης	457

14.4.3 Προβλήματα τοξικότητας	462
14.4.4 Ειδικά προβλήματα	465
14.4.5 Αλλαγή του νερού εφαρμογής ή βελτίωσή του	469
14.5 Χρησιμοποίηση των υφάλμυρων νερών για άρδευση	472
14.6 Χρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση	475
14.6.1 Απαιτήσεις ποιότητας των επεξεργασμένων λυμάτων για την άρδευση	478
14.6.2 Απαιτήσεις ποιότητας σε σχέση με τη δημόσια υγεία	478
14.6.3 Παράγοντες σχεδιασμού αρδευτικών συστημάτων	482
Βιβλιογραφία	490
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	493
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΡΩΝ	501