

ΑΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

<<ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ
ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ>>



ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ ΕΛΕΝΗ

Α.Μ 9657

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

κος ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 ΤΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ	5
1.2 ΤΑ ΑΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ	6
1.3 ΥΔΡΟΦΟΡΟΙ ΟΡΙΖΟΝΤΕΣ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	12
2. ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ	13
2.1 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ	13
2.2 ΤΥΠΟΙ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ	15
2.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ, ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ	17
2.3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	18
2.3.1.1 ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΓΚΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ.....	18
2.3.1.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ.....	18
2.3.1.3 ΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	18
2.3.1.4 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	19
2.3.1.5 ΓΕΝΙΚΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	19
2.3.1.6 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ, ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	20
2.4 ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο	30
3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	31
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	31
3.2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ.....	32
3.2.1 ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ (<i>Suspended Solids</i>).....	32
3.2.2 ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ (<i>Turbidity</i>)	33
3.2.3 ΧΡΩΜΑ (<i>Colour</i>).....	34
3.2.4 ΓΕΥΣΗ ΚΑΙ ΟΣΜΗ (<i>Taste and Odour</i>).....	34
3.2.5 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (<i>TEMPERATURE</i>).....	35
3.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΧΗΜΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΟΣ.....	36
3.3.1 ΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΕΛΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ (<i>Total Dissolved Solids</i>)	36
3.3.2 ΜΕΤΑΛΛΑ (<i>Metals</i>)	37
3.3.3 Μη-τοξικά Μέταλλα (<i>Non Toxic Metals</i>).....	37
3.3.4 Τοξικά Μέταλλα (<i>Toxic Metals</i>).....	37
3.3.5 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ (<i>Organics</i>).....	38
3.3.5.1 Βιοαποικοδομήσιμα Οργανικά Υλικά (<i>biodegradable organics</i>).....	38
3.3.5.2 Μη-Βιοαποικοδομήσιμα Οργανικά Υλικά (<i>Non-biodegradable organics</i>).....	39
3.3.5.3 ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (<i>BOD</i>)	40
3.3.5.4 ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (<i>COD</i>).....	40
3.3.6 ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ (<i>Nutrients</i>).....	40
3.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ.....	43
3.4.1 ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ.....	43
3.4.2 Βακτήρια (<i>Bacteria</i>)	43
3.4.3 Ιοί (<i>Viruses</i>)	44

3.4.4 Πρωτόζωα.....	44
3.5 ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	45
3.5.1 ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	47
3.5.1.1 ΕΣΧΑΡΩΣΗ.....	48
3.5.1.2 ΕΞΑΜΜΩΣΗ ΚΑΙ ΛΙΠΟΣΥΛΛΟΓΗ (ΑΜΜΟΣΥΛΛΕΚΤΕΣ).....	49
3.5.1.3 ΚΑΘΙΖΗΣΗ.....	50
3.5.2 ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	52
3.5.2.1 ΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ	53
3.5.2.2 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ	53
3.5.2.3 ΑΕΡΟΒΙΑ-ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	54
3.5.3 ΑΕΡΟΒΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	55
3.5.3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ.....	55
3.5.4 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΑΛΑΤΩΝ.....	56
3.5.4.1 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΑΖΩΤΟΥ.....	56
3.5.4.2 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ.....	56
3.5.5 ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ	57
3.5.5.1 ΔΙΗΘΗΣΗ.....	57
3.5.5.2 ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ.....	57
3.5.5.3 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΟΣΜΩΣΗ	58
3.5.6 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο.....	62
4. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	63
4.1 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	63
4.2 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ	63
4.2.1 ΟΙΚΙΑΚΗ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ.....	64
4.2.2 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ.....	66
4.2.3 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	69
4.2.4 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ.....	69
4.3 ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	71
4.4 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο.....	74
5. ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ... 75	
5.1 ΓΕΝΙΚΑ	75
5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΧΕΙΑΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ.....	76
5.3 ΘΕΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΕΧΝΗΤΟ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΟ ΝΕΡΟ.....	80
5.4 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΛΩΡΙΔΑ ΤΗΣ ΓΑΖΑΣ	80
5.5 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΙΣΡΑΗΛ	81
5.6 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΛΑΙΣΤΙΝΗΣ	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο.....	83
6. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	84
6.1 Ο ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	84
6.2 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	86
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ.....	98

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

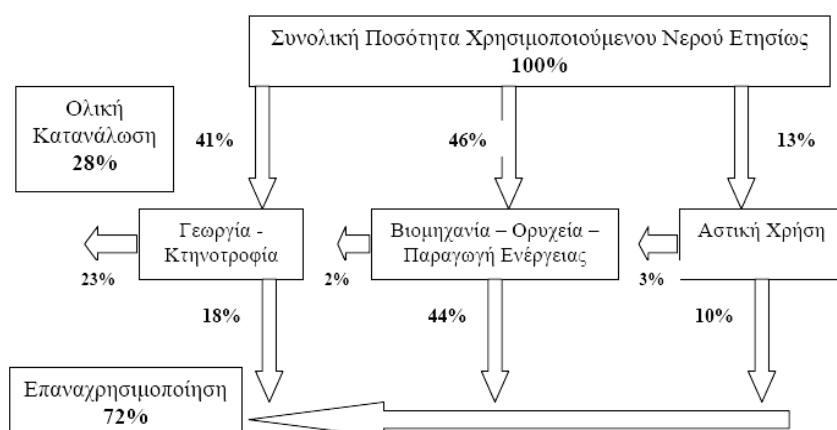
1^ο

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΤΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ

Σε λίγα χρόνια οι υδάτινοι πόροι θα τροφοδοτούν ένα κόσμο από 8 δισεκατομμύρια ανθρώπους. Θα χρειαστεί μια πολύ πιο ορθολογική χρήση του νερού για τη γεωργία, την πόση, την χρήση τους για την δημιουργία ενέργειας, για την ψύξη, την εξόρυξη και την παραγωγή προϊόντων, απαιτήσεις που θα διπλασιαστούν τα επόμενα χρόνια. Τα υψηλότερα ποσοστά αστικοποίησης, η αύξηση της ζήτησης για πόσιμο νερό και για βιομηχανική χρήση, έχουν ως επακόλουθο τη μεγαλύτερη παραγωγή αποβλήτων και την ανάγκη επεξεργασίας τους για επαναχρησιμοποίηση ή για διάθεση τους στο οικοσύστημα.

Το μέλλον που θέλουμε εγκρίθηκε στο Ρίο +20. Στη συνάντηση υπογραμμίστηκε ο κεντρικός ρόλος του νερού για την αειφόρο ανάπτυξη. Επιβεβαιώθηκε η ανάγκη για μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την διαχείριση των υδάτινων πόρων και υπογραμμίστηκε ο ρόλος των οικοσυστημάτων. Οι υδάτινοι πόροι είναι κρίσιμης σημασίας για την κοινωνικο - οικονομική ανάπτυξη και για τη διατήρηση υγιών οικοσυστημάτων, τα οποία με τη σειρά τους διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο όσον αφορά τις υπηρεσίες και τα προϊόντα που παρέχουν στους ανθρώπους, όπως τα τρόφιμα, την ενέργεια, την παραγωγή, την ανακύκλωση και τον καθαρισμό των διαθέσιμων αποθεμάτων νερού. Η διαχείριση των υδάτινων πόρων αποσκοπεί στη βελτιστοποίηση της χρήσης τους. (Πηγή: <http://www.unwater.org/rio2012/report/>)



Εικόνα 1-1: Κατανομή νερού σε διάφορες δραστηριότητες στις Η.Π.Α. κατά το 1990

Πηγή: Gleick, 1993

Για αυτό το λόγο, πρέπει να δοθεί προσοχή σε τομείς όπως:

- η ορθολογική διαχείριση των οικονομικών και της ποσότητας του νερού
- η δημόσια υγεία
- περιβαλλοντικά και οικολογικά θέματα
- κοινωνικά – πολιτιστικά θέματα
- η αποθήκευση του νερού
- η συνδυασμένη διαχείριση επιφανειακών και υπόγειων νερών
- η διαμάχη μεταξύ καθημερινής πρακτικής και τελικών αποφάσεων
- η ευελιξία στην επιτυχή αντιμετώπιση κλιματικών ή άλλων αλλαγών στις προμήθειες νερού
- η περιφερειακή αντί τοπική αντιμετώπιση λύσεων
- η κοινή γνώμη και
- η αειφορία (Ιωάννης Πασχαλινός, 2009)

1.2 ΤΑ ΑΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ

Ο σύγχρονος βιομηχανικός τρόπος ζωής έχει οδηγήσει στην αύξηση των παραγόμενων λυμάτων και αποβλήτων με σοβαρές επιπτώσεις στο γεωπεριβάλλον (Σχ. 1-2). Με την έννοια γεωπεριβάλλον αναφερόμαστε στο έδαφος και το νερό και η προστασία του περιλαμβάνει:

- Έλεγχο κάθε μορφής ρύπανσης και μόλυνσης
- Προστασία της πανίδας, της χλωρίδας και των υγροτόπων
- Προστασία του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος (πολιτιστικά μνημεία, αρχαιολογικοί χώροι).



Σχήμα 1-2: Ο ανθρωπογενής κύκλος του νερού

Πηγή: www.usgs.gov

Τα λύματα μπορεί να προέρχεται από πολλές πηγές, όπως τα σπίτια, οι επιχειρήσεις και οι βιομηχανίες. Όμβρια ύδατα, επιφανειακά και υπόγεια ύδατα μπορούν να εισέλθουν στο σύστημα συλλογής λυμάτων. Η πηγή των λυμάτων καθορίζουν και τα χαρακτηριστικά του και το πώς πρέπει να αντιμετωπιστούν. Για παράδειγμα, τα λύματα από τα σπίτια και τις επιχειρήσεις (οικιακά λύματα) περιέχουν συνήθως ρύπους, όπως κόπρανα και φυτική ύλη, λίπη, απορρυπαντικά, ιζήματα. Από την άλλη πλευρά, τα λύματα από βιομηχανικές διεργασίες (βιομηχανικά λύματα) μπορεί να περιλαμβάνουν τοξικές χημικές ουσίες και μέταλλα, πολύ ισχυρά οργανικά απόβλητα, ραδιενεργά απόβλητα, μεγάλες ποσότητες ιζημάτων, απόβλητα υψηλής θερμοκρασίας ή όξινα / καυστικά απόβλητα. Επίσης υπάρχουν λύματα που προέρχονται από χώρους στάθμευσης και δρόμους κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας που θα μπορούσαν να περιέχουν λάδι κινητήρα, βενζίνη, παρασιτοκτόνα, ζιζανιοκτόνα και τα ιζήματα. Οι πιο σύγχρονες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων έχουν σχεδιαστεί για την επεξεργασία οικιακών λυμάτων. Τα βιομηχανικά λύματα που περιέχουν υψηλής αντοχής απόβλητα, τοξικά απόβλητα πρέπει να επεξεργαστούν κατάλληλα.

Τα αστικά λύματα πρέπει να συλλέγονται σε διαφορετικούς χώρους από τα βιομηχανικά (Office of Water Programs, California State University, Sacramento, Operation of Wastewater Treatment Plants, Volume 1, 4th ed., Chapters 1, 2 and 3).

Οι επιπτώσεις των αποβλήτων και των λυμάτων, ιδιαίτερα αυτών που δεν έχουν υποστεί επεξεργασία είναι σημαντικές στο περιβάλλον. Η ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων είναι μόνιμη απειλή για το περιβάλλον, τους υδατικούς πόρους, το έδαφος και τη

δημόσια υγεία. Επειδή τα λύματα είναι πλούσια σε οργανικά θρεπτικά συστατικά, όταν αποβάλλονται στους υδάτινους αποδέκτες (θάλασσα, λίμνες, ποτάμια) δημιουργούν μεγάλες απαιτήσεις σε οξυγόνο, προκειμένου να διασπαστούν αερόβια από βακτήρια και μύκητες. Οι υδάτινοι αποδέκτες των υγρών αποβλήτων μπορεί να είναι επιφανειακοί (θάλασσα, έλη, λίμνες, ποταμοχείμαρροι) ή υπόγειοι.

Ευαίσθητες περιοχές είναι τα επιφανειακά νερά που προορίζονται για άντληση πόσιμου νερού, οι φυσικές λίμνες γλυκών νερών, οι εκβολές ποταμών, οι όρμοι και άλλα παράκτια νερά με ασθενή εναλλαγή νερού ή που δέχονται μεγάλες ποσότητες θρεπτικών συστατικών.

Η αραίωση είναι βασικός παράγοντας που ελέγχει τις συγκεντρώσεις των ρύπων στα υδρορεύματα και εκφράζεται με τον δείκτη αραίωσης (stream dilution factor), ο οποίος είναι το πηλίκο της απορροής του υδρορεύματος προς τον αθροιστικό όγκο αποβλήτων, που διατέθηκαν σε αυτό. Ο δείκτης κυμαίνεται από 25-100.000 και εκφράζει πρακτικά το ποσοστό της απορροής του υδρορεύματος που προέρχεται από τη διάθεση αστικών ή βιομηχανικών αποβλήτων σε αυτό (Καλλέργης, 2001).

Κοινή για τα περισσότερα απόβλητα είναι η μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στον υδάτινο αποδέκτη. Η μείωση αυτή οφείλεται στη διάσπαση του οργανικού υλικού από μικροοργανισμούς του αποδέκτη, που αφαιρεί O_2 , το οποίο αναπληρώνεται μόνο κατά ένα μικρό μέρος από τη διαλυτοποίηση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου.

Γενικά η προσφορά οξυγόνου από ένα υδάτινο αποδέκτη χαρακτηρίζεται από το διαλυμένο οξυγόνο. Αν το διαλυμένο οξυγόνο βρίσκεται στα όρια κορεσμού, αυτό σημαίνει ότι το οργανικό φορτίο είναι περιορισμένο ή μηδενικό. Επίσης απόρριψη πετρελαιοειδών ή άλλων ελαφρύτερων ουσιών μπορεί να δημιουργήσει τεχνητό αποκλεισμό οξυγόνου από τον υδάτινο αποδέκτη.

Τα επιπλέοντα, αιωρούμενα χρωστικά και αφρίζοντα υλικά προκαλούν μείωση της διαφάνειας, αισθητική όχληση, αλλά και ρύπανση των επιφανειακών νερών. Όταν αποβάλλονται θερμά απόβλητα σε υδάτινους αποδέκτες (ποτάμια, λίμνες) ελαττώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου με δυσμενείς επιπτώσεις στο βιόκοσμό τους. Η παρουσία φωσφόρου και αζώτου συμβάλλει στην ανάπτυξη φυκών και στον ευτροφισμό του αποδέκτη. Η παρουσία αμμωνίας είναι τοξική για τα ψάρια και προκαλεί ζήτηση οξυγόνου με τη μετατροπή του αμμωνιακού σε νιτρικό άζωτο.

Τα λύματα περιέχουν άζωτο σε τρεις μορφές: οργανική μορφή (κυρίως στα στερεά), αμμωνιακό άζωτο (NH_4^+ , NH_3) και οξειδωμένες μορφές του αζώτου (NO_3^- , NO_2^-). Το

οργανικό άζωτο συγκρατείται από το έδαφος και με τη βοήθεια μικροοργανισμών μετατρέπεται σε αμμωνιακό άζωτο που προσροφάται στο έδαφος. Το αμμωνιακό άζωτο μπορεί να προσληφθεί από τα φυτά, να εξαερωθεί ως NH_3 ή να οξειδωθεί σε NO_3^- . Τα NO_3^- δεν προσροφώνται εύκολα, είναι ευκίνητα και αν δεν χρησιμοποιηθούν από τα φυτά ή υποστούν απονιτροποίηση καταλήγουν στα υπόγεια νερά. Το βόριο δεν συγκρατείται από το έδαφος και υπάρχει ο κίνδυνος ρύπανσης των υπόγειων νερών. Ο φωσφόρος απομακρύνεται κατά ένα μέρος από τα φυτά και το υπόλοιπο αδρανοποιείται στο έδαφος, σχηματίζοντας αδιάλυτες φωσφορικές ενώσεις. Οι τοξικές ουσίες που δεν είναι βιοαποικοδομήσιμες συσσωρεύονται στα ιζήματα των λιμνών και θαλασσών που καταλήγουν και η δράση τους είναι μακρόχρονη. Παρατηρούνται κυτταρικές αλλοιώσεις στα υδρόβια είδη από μακροχρόνιες δόσεις οξικών ουσιών, βαρέων μετάλλων, φυτοφαρμάκων, παρασιτοκτόνων, καθώς και συσσώρευση ρυπαντών στο σώμα τους, οι οποίοι διαμέσου της τροφικής αλυσίδας καταλήγουν στον άνθρωπο.

Γενικά η μακροχρόνια διάθεση των αποβλήτων και λυμάτων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, τα καθιστά ακατάλληλα για οποιαδήποτε χρήση. Η ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων στο έδαφος έχει ως αποτέλεσμα τον εμποτισμό του με ανεπιθύμητα συστατικά, καθιστώντας το ακατάλληλο για καλλιέργεια. Επιπλέον υπάρχει κίνδυνος για την υγεία από την κατανάλωση προϊόντων των οποίων τα φυτά αρδεύονται με ανεπεξέργαστα απόβλητα που περιέχουν επιβλαβείς ουσίες. .(Πηγή:<http://www.geo.auth.gr>)

1.3 ΥΔΡΟΦΟΡΟΙ ΟΡΙΖΟΝΤΕΣ

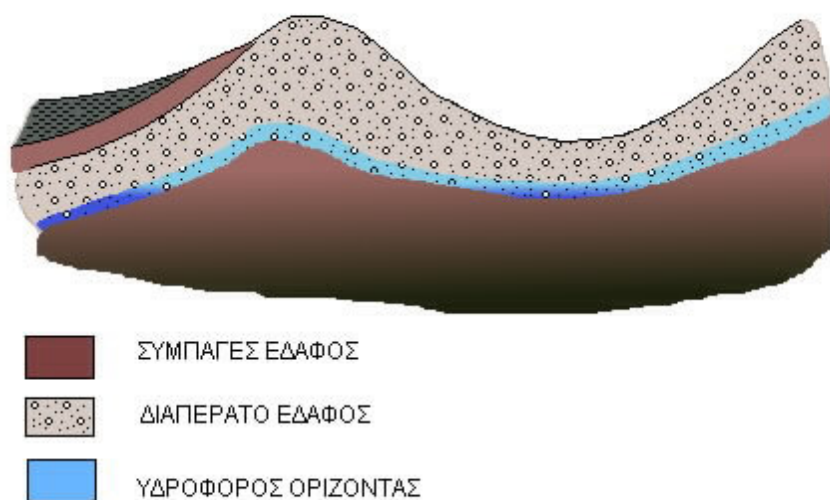
Οι υδροφόροι ορίζοντες είναι υδροπερατοί σχηματισμοί (Εικ. 1-3,1-4). Η δομή τους είναι τέτοια ώστε να είναι δυνατή η κίνηση του νερού μέσα στη μάζα τους υπό την επίδραση της βαρύτητας και πιέσεων.



Εικόνα 1-3: Υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες

Πηγή: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>

Παρά την περατότητα των γεωλογικών σχηματισμών, σε παράκτιες περιοχές τα αποθέματα γλυκών υδάτων βρίσκονται συνήθως σε ισορροπία πιέσεων με τη θάλασσα έτσι, ώστε να μην αναμιγνύεται το θαλασσινό με το γλυκό νερό, παρά μόνο σε μια μικρή σχετικά ζώνη ανάμιξης. Η επιφάνεια που διαχωρίζει το υπόγειο νερό με το αλμυρό θαλασσινό νερό αποτελεί μια ισοδυναμική επιφάνεια .

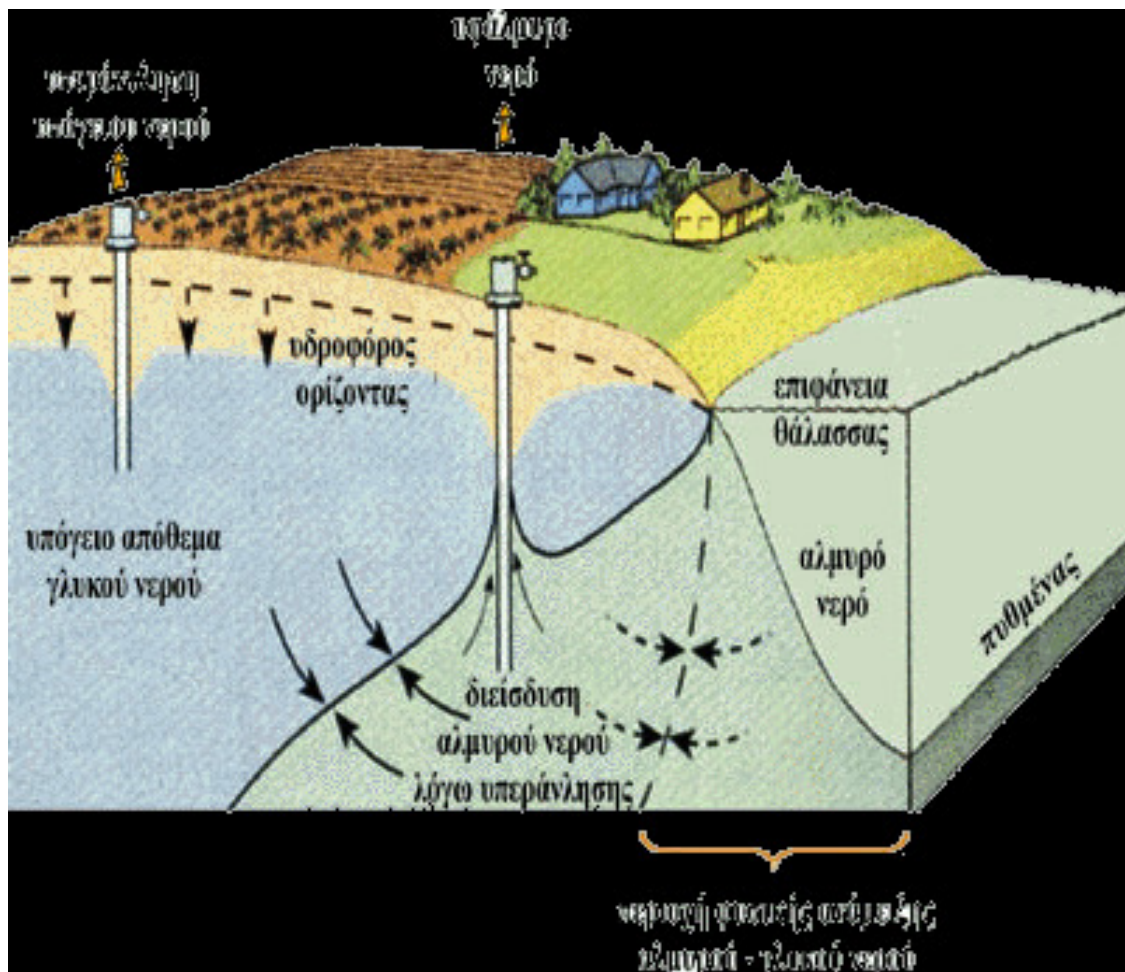


Εικόνα 1-4: Υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας

Πηγή: http://www.xanthi.ilsp.gr/schools/show_picture.asp?codep=56

Σε ορισμένες περιπτώσεις, η πίεση του γλυκού νερού είναι αυξημένη με αποτέλεσμα να διαπιστώνονται «ρεύματα» γλυκού νερού μέσα στη θάλασσα (ακτές Ανατολικού Πηλίου). Σε άλλες πάλι περιοχές παρατηρείται ακριβώς το αντίθετο φαινόμενο. Η μειωμένη πίεση των αποθεμάτων του γλυκού νερού έχει οδηγήσει σε μετακίνηση της ζώνης ανάμιξης προς την ενδοχώρα και παρατηρείται επομένως εισροή θαλασσίων υδάτων στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα και κατά συνέπεια έχουμε υφαλμύρωση του γλυκού νερού (Εικ.1-5). Όταν το ποσοστό άντλησης ενός υδροφόρου ορίζοντα ξεπερνά το ποσοστό φυσικής αναπλήρωσης (υπεράντληση), το επίπεδο του υδροφόρου στη γύρω περιοχή πέφτει. Συγκεκριμένα δημιουργείται ένας κώνος πτώσης γύρω από τη θέση υπεράντλησης. Εφ' όσον δεν παρεμβάλλονται φυσικά εμπόδια (υδροστεγανά πετρώματα, υψομετρική διαφορά) ευνοείται η εισροή αλμυρού νερού, λόγω διαφοράς πιέσεων (ανθρωπογενής υφαλμύρωση). Υπάρχει όμως και το ενδεχόμενο η αυξημένη συγκέντρωση ιόντων στο νερό ενός υδροφόρου

ορίζοντα να οφείλεται σε κατάλοιπα υδάτων που υπάρχουν σε γειτονικά πετρώματα (φυσική υφαλμύρωση).



Εικόνα 1-5: Διείσδυση αλμυρού νερού λόγω υπεράντλησης

Πηγή: http://kpe-kastor.kas.sch.gr/the_lake/water.htm/leipsydria.htm

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2^ο

2. ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ

2.1 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ

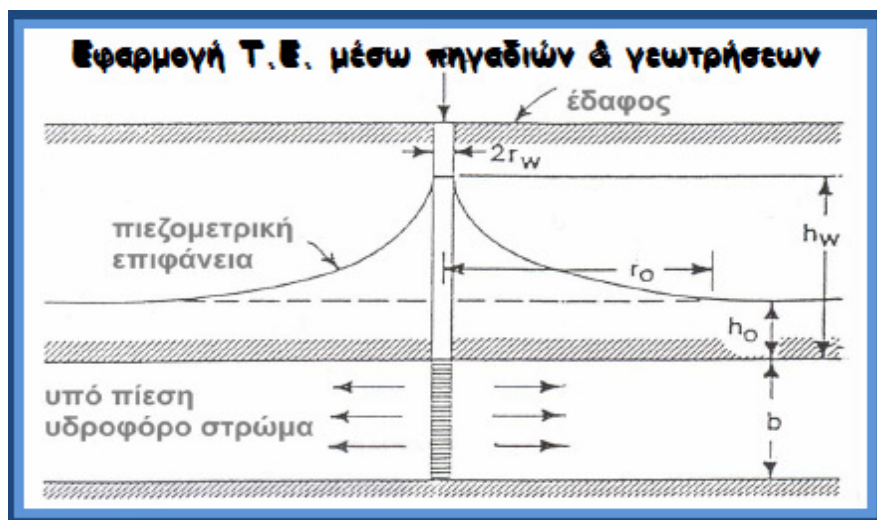
Σε πολλές περιοχές του κόσμου, οι υδροφόροι ορίζοντες που παρέχουν πόσιμο νερό χρησιμοποιούνται πιο γρήγορα από τον ρυθμό επαναφόρτισης με αποτέλεσμα να υπάρχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ύδρευση και στην υγεία των ανθρώπων.

Στις παράκτιες περιοχές, οι υδροφόροι ορίζοντες που περιέχουν καλής ποιότητας νερό μπορεί να μολυνθούν με αλατούχο νερό αν η ταχύτητα άντλησης είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα φόρτισης των υδροφόρων. Η αλατότητα καθιστά το νερό ακατάλληλο για πόση και πολλές φορές ακατάλληλο για άρδευση.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων υπάρχει η μέθοδος του τεχνητού εμπλουτισμού των υδροφόρων οριζόντων με επεξεργασμένα λύματα χρησιμοποιώντας την διήθηση ή και την φόρτιση ανοίγοντας πηγάδια φόρτισης. (Εικ.2-1)

Οι υδροφόροι ορίζοντες μπορούν να επαναφορτιστούν και από άλλες δραστηριότητες όπως είναι η άρδευση.

Στο σχήμα παρουσιάζεται η εφαρμογή του τεχνικού εμπλουτισμού μέσω πηγαδιών και γεωτρήσεων.



Εικόνα 2-1: Εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού

Πηγή: Βουδούρης,2009

Ο τεχνητός εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένα λύματα είναι πιθανόν να αυξηθεί στο μέλλον γιατί έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα.

- Γίνεται αποκατάσταση του ύψους του επιπέδου των υπόγειων υδάτων
- Δημιουργείται ένα φράγμα έναντι της διείσδυσης θαλασσινού νερού σε παράκτιες ζώνες.
- Διευκολύνεται η αποθήκευση του νερού σε περιόδους υψηλής βροχόπτωσης και διαθεσιμότητας του νερού.
- Μειώνεται το κόστος αντλήσεων
- Υπάρχει ελάττωση της εξάτμισης.
- Μειώνεται το φαινόμενο των καθιζήσεων λόγω της ανύψωσης της στάθμης του υδροφορέα.
- Βελτιώνεται η ποιότητα του υπόγειου νερού
- Μετά από κατάλληλη επεξεργασία, αξιοποιούνται λύματα που σε αντίθετη περίπτωση θα ρύπαιναν το περιβάλλον.
- Εξοικονόμηση ή παραγωγή ενέργειας με τη μορφή ζεστού ή κρύου νερού
- Υπάρχει δυνατότητα ελέγχου των πλημμύρων
- Αύξηση της ποσότητας ροής των υδατορευμάτων
- Ανάπτυξη καλλιεργειών

Εάν δεν γίνει σωστά η εκτίμηση της αποθηκευτικής ικανότητας του υπόγειου υδροφορέα θα υπάρξουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον:

- Υπερβολική ανύψωση της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα
- Δημιουργία ελωδών εκτάσεων
- Δημιουργία απορροής σε άλλο υδάτινο συλλέκτη ή στη θάλασσα.

2.2 ΤΥΠΟΙ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ

Υπάρχουν πολλοί τύποι τεχνητού εμπλουτισμού(Εικ.3). Παρακάτω αναφέρονται κάποιοι και παρουσιάζονται σχηματικά.

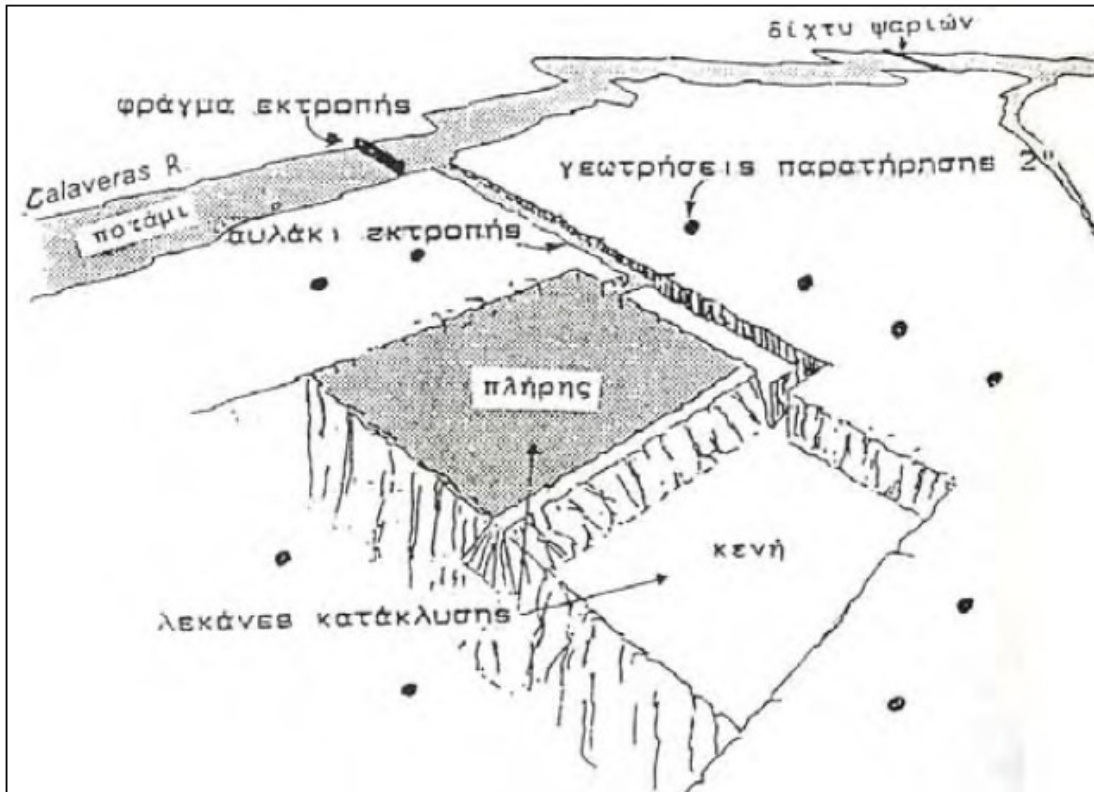
(Α)Υδροφορέας αποθήκευσης και ανάκτησης (ASR) – Φόρτιση νερού μέσω πηγαδιού για αποθήκευση και άντληση από το ίδιο πηγάδι.

(Β) Υδροφορέας αποθήκευσης και ανάκτησης (ASTR) - Φόρτιση νερού μέσω γεώτρησης για αποθήκευση και την ανάκτηση από μια διαφορετική γεώτρηση, έτσι το νερό αναμιγνύεται σε μεγαλύτερο βαθμό.

(Γ)Διήθηση – άντληση των υπόγειων υδάτων από γεώτρηση που βρίσκεται κοντά ή κάτω από ένα ποτάμι ή λίμνη για να προκαλέσουν διήθηση από την επιφάνεια του νερού της λίμνης ή του ποταμού βελτιώνοντας έτσι τη συνοχής και τη ποιότητα του νερού .

(Δ) Φιλτράρισμα - διήθηση του νερού από λίμνες που κατασκευάζονται σε αμμόλοφους με μεγαλύτερο υψόμετρο σε λίμνες με χαμηλότερο υψόμετρο για τη βελτίωση της ποιότητας του νερού

(Ε) Κατασκευάζονται λίμνες μετά από εκτροπή ποταμού και στη συνέχεια το νερό της λίμνης αφήνεται να διεισδύσει (συνήθως μέσω μιας ακόρεστης ζώνη) προς το υποκείμενο υδροφόρο από επάλληλα στρώματα .(Εικ.2-2)



Εικόνα 2-2 : Έργο εμπλουτισμού με δύο ανεξάρτητες λεκάνες

Πηγή: Diede,1989

(ΣΤ) Κατασκευάζονται φράγματα με αποτέλεσμα να συσσωρεύεται νερό, να διηθείται και να αντλείται κατάντη του φράγματος από γεώτρηση

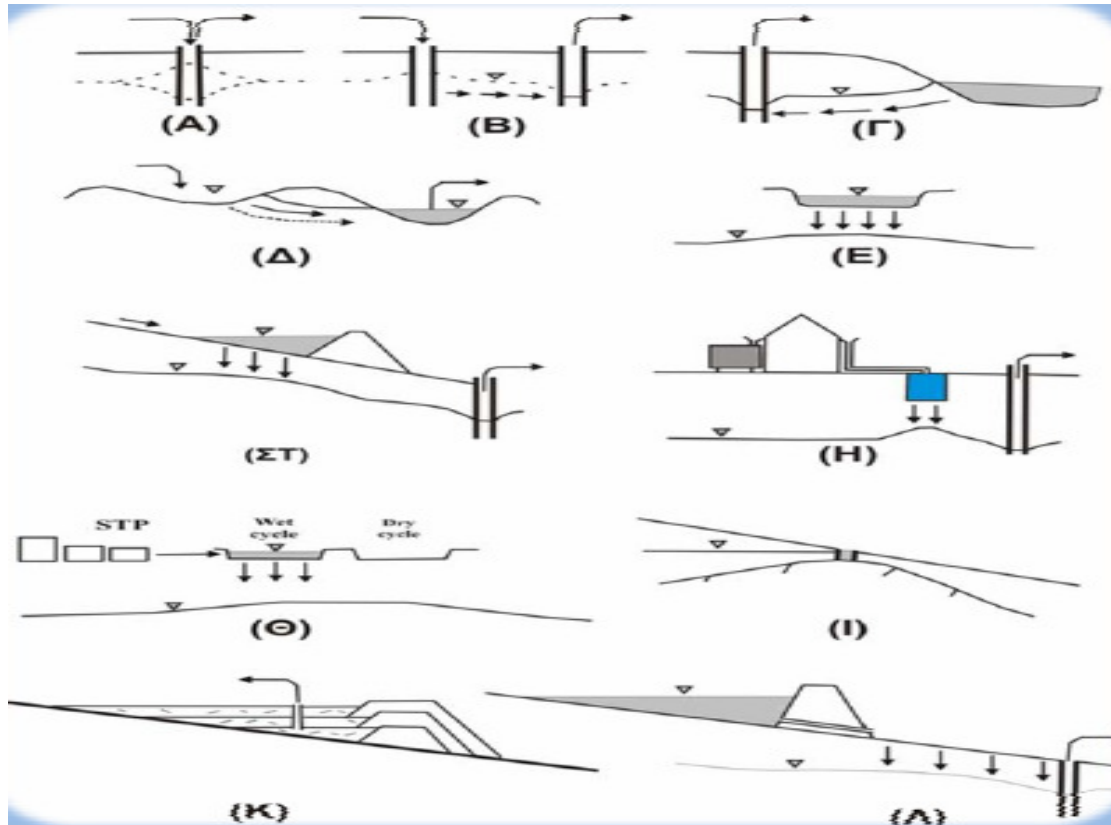
(Η) Η χρήση των όμβριων υδάτων με τη συλλογή της απορροής από τη στέγη των σπιτιών και στη συνέχεια η αποθήκευσή του σε κατάλληλο υπόγειο χώρο με άμμο ή χαλίκι και η διήθησή του στο υπόγειο υδροφορέα

(Θ) Θεραπεία υδροφορέα (SAT). Τα επεξεργασμένα λύματα αποθηκεύονται σε λίμνες και μετά γίνεται διήθηση του νερού στο υπόγειο υδροφορέα. Κατά τη διήθηση απομακρύνονται παθογόνοι μικροοργανισμοί

(Ι) Φράγματα από άμμο . Χτίζονται σε ξηρές περιοχές και λόγω της λιθολογίας τους αποτελούν παγίδα νερού και δημιουργούν υδροφόρο ορίζοντα

(Κ) Υπόγεια φράγματα. Κατασκευή υπόγειων φραγμάτων με κατάλληλο υλικό πλήρωσης για την παγίδευση νερού από πλημμύρες και στη συνέχεια άντλησης του.

(Λ) Φράγμα που προκαλεί βραδεία απελευθέρωση του νερού κατάντη κατά τέτοιον τρόπο για να ταιριάζει με την ικανότητα διείσδυσης σε υποκείμενο υδροφόρο ορίζοντα, ενισχύοντας έτσι σημαντικά την επαναφόρτιση .



Εικόνα 2-3 : Τύποι τεχνητού εμπλουτισμού

Πηγή: Dillon,2005, Βουδούρης,2009

2.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ, ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ

Το νερό που αποθηκεύεται υπόγεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αγροτικές, βιομηχανικές και περιβαλλοντικές ανάγκες. Ο τεχνικός εμπλουτισμός έχει περισσότερα πλεονεκτήματα έναντι των φραγμάτων λόγω του μικρού μεγέθους και την οικονομίας που υφίσταται για την ίδια δυναμικότητα όγκου νερού. Χρειάζονται μεγαλύτερα σε όγκο φράγματα άρα και μεγαλύτερα οικονομικά μεγέθη επένδυσης για να ισοδυναμούν με τη χρήση του τεχνητού εμπλουτισμού σε υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. (Dillon,2005) Στη περίπτωση χρήσης φραγμάτων υπάρχει απώλεια νερού λόγω εξάτμισης και η πιθανότητα εμφάνισης αλγών που παράγουν τοξίνες.

2.3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

2.3.1.1 ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΓΚΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Εποχιακή αποθήκευση. Το νερό αποθηκεύεται τους υγρούς μήνες όταν είναι διαθέσιμο και χρησιμοποιείται τους ξηρούς που υπάρχουν ανάγκες.

Χρόνια αποθήκευση. Το νερό αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια των ετών με έντονη βροχόπτωση και υγρασία ή σε χρόνια που οι διάφορες αγροτικές, βιομηχανικές ή αστικές εγκαταστάσεις έχουν πλεόνασμα σε νερό και χρησιμοποιείται σε χρόνια έντονης ξηρασίας ή σε περιόδους που οι παραπάνω εγκαταστάσεις έχουν μεγάλες ανάγκες νερού που δεν μπορούν να τις καλύψουν. Η αποθήκευση του νερού δεν δίνει μόνο σιγουριά για τα χρόνια έντονης ξηρασίας αλλά προσφέρει ασφάλεια για το μέλλον λόγω της αλλαγής του κλίματος.

Αποθήκευση για χρήση σε στιγμής κινδύνου. Το νερό αποθηκεύεται σε κοντινά μέρη ώστε σε περίπτωση μεγάλης ανάγκης να χρησιμοποιείται άμεσα. Αυτό χρησιμοποιείται σε συστήματα με μια μόνο πηγή νερού και με μεγάλο δίκτυο τροφοδοσίας.

Αποθήκευση για καθημερινή χρήση. Όταν οι ημερήσιες ανάγκες είναι μεγαλύτερες από τις φυσιολογικές, η βραδινή αποθήκευση νερού είναι μια εναλλακτική λύση στο πρόβλημα.

2.3.1.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Η βελτίωση της ποιότητας του νερού είναι σημαντικό πλεονέκτημα. Συγκεκριμένα συστήματα τεχνητού εμπλουτισμού είναι σχεδιασμένα να βελτιώνουν την ποιότητα του νερού. Για παράδειγμα μειώνονται οι συγκεντρώσεις του αζώτου, του μαγνησίου, του σιδήρου και σταθεροποιείται το pH.

Η μείωση των θρεπτικών συστατικών της απορροής από αγροτικές εκτάσεις πετυχαίνεται μέσω της αποθήκευσης της απορροής σε υπόγειους υδροφόρους λόγω της περιεκτικότητας τους σε βακτήρια. Κάποιοι τύποι υδροφόρων μειώνουν την περιεκτικότητα σε φώσφορο μέσω φυσικοχημικών και βακτηριδιακών μηχανισμών.

2.3.1.3 ΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ

- Επαναφορά του επιπέδου του υπόγειου νερού. Οι συνεχόμενες αλλαγές του επιπέδου μπορούν να περιοριστούν μέσω του τεχνικού εμπλουτισμού.

- Μείωση του φαινομένου της καθίζησης. Η διατήρηση του επιπέδου του υπόγειου υδροφόρου σταθεροποιεί την πίεση στα υπόγεια στρώματα με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν συχνές καθιζήσεις και κατολισθήσεις.
- Περιορισμός της εισόδου του θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα κατεστώντας σταθερή την ισοδυναμική επιφάνεια μεταξύ των δύο ρευστών.
- Χρήση του νερού σε χρονικές περιόδους αιχμής. Με τη φόρτιση των υπόγειων υδροφορέων, η χρήση του νερού από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα είναι ικανή να ικανοποιήσει τις εκάστοτε ανάγκες.

2.3.1.4 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα επιφανειακά νερά που αποθηκεύονται στους υδροφόρους κατά τη διάρκεια των υγρών μηνών, βοηθούν στην μείωση της εκτροπής των ρευμάτων κατά τους ξηρούς μήνες.

Η συντήρηση του όγκου αποθήκευσης είναι, επίσης, ένα πλεονέκτημα. Στους υγρούς μήνες το νερό του ποταμού που μπορεί να διεισδύσει σε κατάλληλες τάφρους παράλληλα με το ποτάμι, ξαναγυρνάει στο ποτάμι τους ξηρούς μήνες για την κάλυψη των αναγκών. Η χρήση γης για τον τεχνικό εμπλουτισμό είναι σε έκταση πολύ μικρή της τάξης των τετραγωνικών μέτρων σε σχέση με του ταμιευτήρες που αναλογούν δεκάδες ή και εκατοντάδες στρέμματα. Για παράδειγμα, μία γεώτρηση για την αποθήκευση 10^6 m^3 καταλαμβάνει εμβαδόν λίγα τετραγωνικά μέτρα ενώ αντίστοιχα για επιφανειακό ταμιευτήρα έχει διαστάσεις 500 X500 μέτρα και βάθος 4 μέτρα. Η μελέτη, ο σχεδιασμός και το κόστος του επιφανειακού ταμιευτήρα είναι κατά πολύ πιο σημαντικό από την γεώτρηση. Τέλος, η σταθεροποίηση της θερμοκρασίας λόγω της χρήσης των υπόγειων νερών είναι ένα ακόμα πλεονέκτημα για τη χρήση του νερού σε άλλες δραστηριότητες.

2.3.1.5 ΓΕΝΙΚΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν υφάλμυρα υπόγεια νερά για την αποθήκευση πόσιμου νερού. Στη συγκεκριμένη περίπτωση δημιουργείται μια υπόγεια επιφάνεια γύρω από την γεώτρηση όπου αποθηκεύεται το νερό και όποτε χρειαστεί αντλείται. Η μεγάλη αποθηκευτικότητα του υπόγειου υδροφορέα είναι ένα άλλο πλεονέκτημα (Πιν.2-1).

Η εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού είναι σε χρονικό διάστημα μικρή. Συνήθως χρειάζονται τρία χρόνια από τη στιγμή του σχεδιασμού της γεώτρησης μέχρι να γίνει ενεργή και έτοιμη για χρήση.

Το κόστος είναι πολύ χαμηλό σε αντίθεση με το κόστος των επιφανειακών ταμιευτήρων, των εγκαταστάσεων διαχείρισης και του μεγάλου δικτύου αγωγών μεταφοράς.

Η χρήση του τεχνητού εμπλουτισμού εμφανίζεται σε περιοχές της Νότιας Αφρικής όπου τα σενάρια αλλαγής του κλίματος είναι αποδεκτά (Cave et al,2003).

2.3.1.6 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ, ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Δεν είναι δυνατή η χρησιμοποίηση του τεχνητού εμπλουτισμού σε οποιοδήποτε περιβάλλον. Υπάρχουν κριτήρια για την εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού, κάποια από τα οποία αναφέρονται επιγραμματικά παρακάτω.

- Η ανάγκη για την χρήση του Τεχνητού Εμπλουτισμού
- Η πηγή του νερού
- Οι υδραυλικές ιδιότητες του υπόγειου υδροφορέα
- Η ποιότητα του νερού
- Η μέθοδος του τεχνητού εμπλουτισμού
- Οι περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής
- Το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο
- Τα οικονομικά μεγέθη
- Η διαχείριση του υδροφορέα και η χωρητικότητά του

Συνήθως ο τεχνικός εμπλουτισμός χρησιμοποιείται για να ικανοποιήσει ανάγκες σε τοπικό επίπεδο, για παράδειγμα την ικανοποίηση αναγκών μια πόλης ή μια αρδευόμενης έκτασης.

Πίνακας 2-1 : Ικανότητα αποθήκευσης ενός υδροφόρου ορίζοντα

ΤΥΠΟΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΟΓΚΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (Mm ³)
ΑΜΜΟΣ	20 m X 5Km X 5Km	0.1	50
ΠΕΤΡΩΔΗ ΣΧΗΜΑΤΣΙΜΟΙ		0.003	1.5
ΑΜΜΟΣ	40m X 10 Km X 10 Km	0.1	400
ΠΕΤΡΩΔΗ ΣΧΗΜΑΤΣΙΜΟΙ		0.003	12

Πηγή: Department of water affairs and forestry, Republic of South Africa,2009

Η ποσότητα και η ποιότητα του νερού της πηγής για την τροφοδότηση του τεχνητού εμπλουτισμού είναι απαραίτητα για την λήψη απόφασης (Πίν.2-2). Το νερό που χρησιμοποιείται είναι κυρίως επιφανειακής προέλευσης και το οποίο χάνεται κατά την απορροή του στη θάλασσα ή μέσω της εξάτμισης. (Department of water affairs and forestry, Republic of South Africa,2009).

Πίνακας 2-2 : Ικανότητα αποθήκευσης ενός υδροφόρου ορίζοντα

ΠΗΓΗ ΝΕΡΟΥ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΠΟΙΟΤΗΤΑ
ΠΟΤΑΜΙΑ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ
ΦΡΑΓΜΑΤΑ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΧΑΜΗΛΗ - ΥΨΗΛΗ
ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΑΣΤΙΚΑ ΛΥΜΑΤΑ	ΣΤΑΘΕΡΗ	ΧΑΜΗΛΗ - ΥΨΗΛΗ
ΥΔΡΟΦΟΡΟΙ ΟΡΙΖΟΝΤΕΣ	ΣΤΑΘΕΡΗ	ΣΤΑΘΕΡΗ
ΑΠΟΡΟΗ ΑΠΟ ΠΟΛΕΙΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ
ΑΠΟΡΟΗ ΑΠΟ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΧΑΜΗΛΗ
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΥΨΗΛΗ

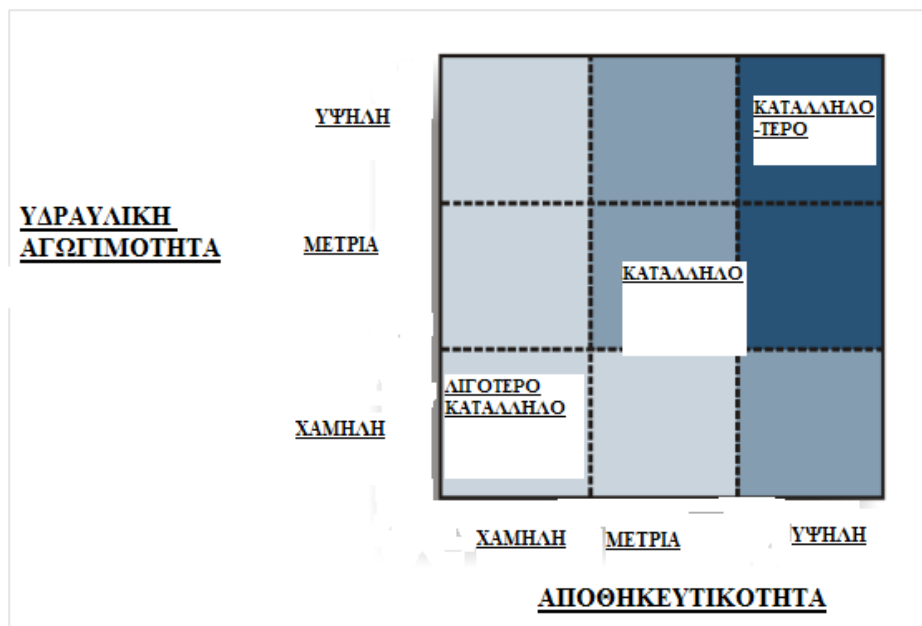
Πηγή: Department of water affairs and forestry, Republic of South Africa,2009

Δύο είναι τα βασικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν εάν ένας υδροφορέας είναι ικανός για αποθήκευση και για άντληση νερού από τεχνητό εμπλουτισμό. Το πρώτο είναι η υδραυλική αγωγιμότητα και το δεύτερο είναι η αποθηκευτική ικανότητα του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Καθώς επίσης και η κλίση του υδροφορέα και οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συνορεύουν με το υδροφορέα.

Τρία είναι τα βασικά ερωτήματα για την καταλληλότητα του υδροφορέα

1. Θα μπορεί το νερό από τον τεχνητό εμπλουτισμό να κινηθεί μέσα στον υδροφόρο ορίζοντα;
2. Θα έχει τον απαραίτητο όγκο για να αποθηκεύσει το νερό;
3. Το νερό θα μπορεί να ανακτηθεί;

Οι υδροφόροι που έχουν υψηλή αγωγιμότητα και μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα είναι ικανή να δεχτούν νερό από τεχνικό εμπλουτισμό σε σχέση με άλλους με χαμηλή υδραυλική αγωγιμότητα και αποθηκευτική ικανότητα (Εικ.2-4). Πρέπει να δοθεί προσοχή στην περίπτωση υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα που περιέχει υφάλμυρο νερό διότι θα υπάρχει ανάμειξη μεταξύ του νερού του τεχνητού εμπλουτισμού και του υφάλμυρου νερού του υδροφορέα. Οι υδροφορείς με μεγάλη κλίση παρουσιάζουν προβλήματα στην ανάκτηση του νερού διότι το νερό απομακρύνεται μακριά από την γεώτρηση. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί χρησιμοποιώντας γεωτρήσεις κατάντη της αρχικής για ανάκτηση.



Εικόνα 2-4 : Καταλληλότητα ενός υδροφόρου ορίζοντα για τεχνητό εμπλουτισμό

Πηγή: Murray and Tredoux, 1998-τροποποιημένο

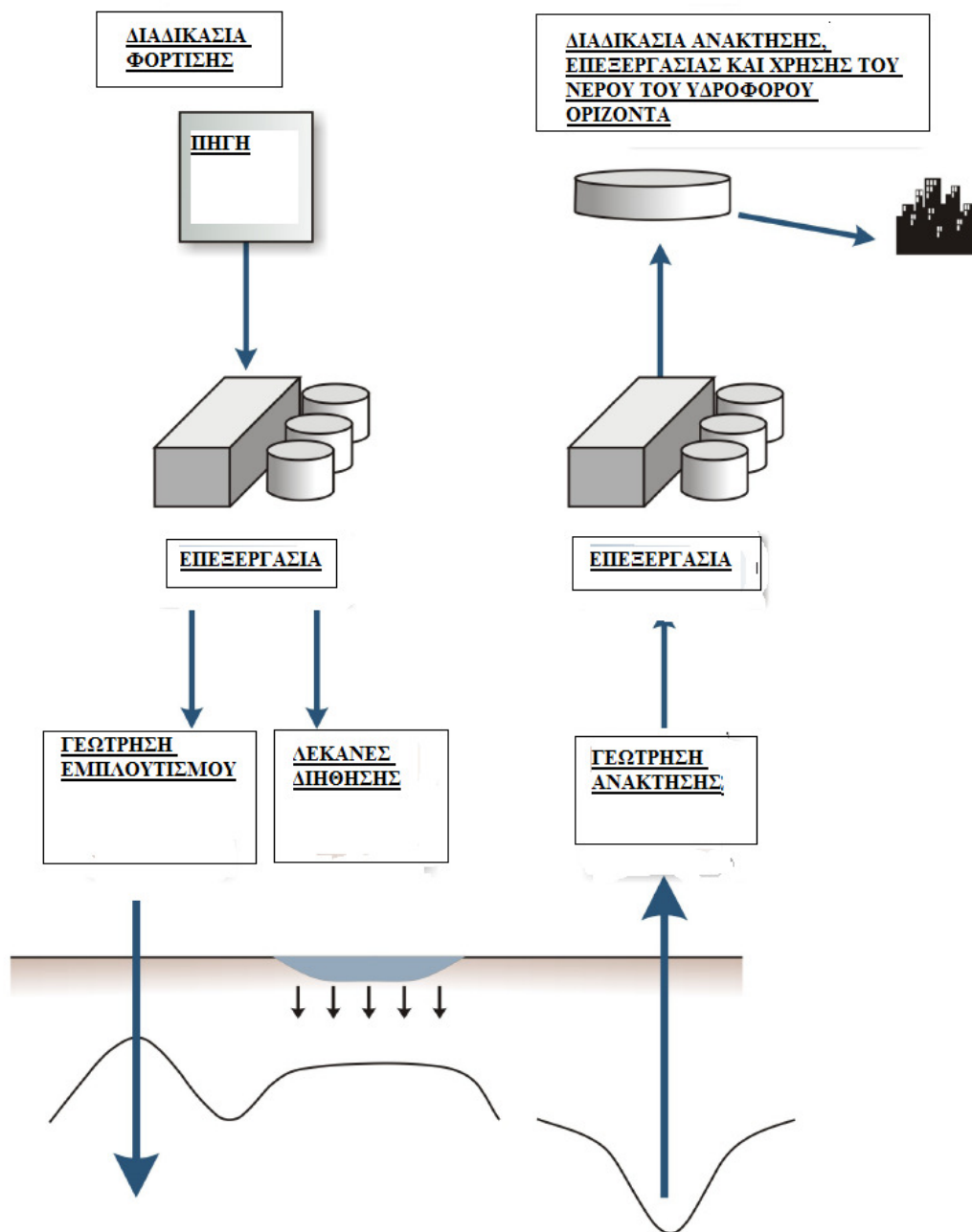
Η γεωλογία και η γεωμετρία του υδροφορέα είναι σημαντικοί παράμετροι. Χρειάζεται πλήρη κατανόηση των γεωλογικών στρωμάτων του υδροφορέα, δημιουργία μοντέλου απορροής και εκτίμηση του φυσικού εμπλουτισμού και εκφόρτωσης του υδροφορέα.

Η αποθηκευτικότητα του υδροφορέα που βασίζεται στο πορώδες, όπως στους αλλουβιακούς και στους αμμώδης σχηματισμούς, είναι μεγάλη έναντι το πέτρινων σχηματισμών. Για αυτό το λόγο αυτοί οι σχηματισμοί είναι οι καταλληλότεροι για τον τεχνητό εμπλουτισμό.

Στην νότιο Αφρική, πολλοί υδροφορείς φορτίζονται με το νερό της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια της περιόδου των βροχοπτώσεων. Τα επίπεδα του υπόγειου νερού είναι από 10 έως 20 μέτρα από την επιφάνεια και η αποφόρτιση γίνεται μέσω πηγών. Σε πολλές περιοχές η στάθμη του νερού στα ποτάμια και στα φράγματα υπερχειλίζει στο υπόγειο νερό. Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν υπάρχει λόγος για τεχνητό εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα. Με τον τεχνητό εμπλουτισμό υπάρχει η δυνατότητα να τροποποιηθεί η διαχείριση του υδροφορέα και να αντλείται νερό σε επίπεδα πάνω από το συνηθισμένο, πάντα όμως δίχως να υπάρχουν περιβαλλοντικές ή κοινωνικές επιπτώσεις. Μια επίπτωση είναι να μειωθεί το επίπεδο του υδροφορέα και σε περιοχές με πηγές που τροφοδοτούνται από τον υδροφορέα να μειωθεί η παροχή του νερού. (Department of water affairs and forestry, Republic of South Africa,2009)

Η υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους καθορίζει την ικανότητα του να μεταφέρει νερό. Εξαρτάται από μια ομάδα φυσικών παραμέτρων που για τους αμμώδης σχηματισμούς είναι το πορώδες, το μέγεθος των σχηματισμών κ.α. Χρειάζεται να γνωρίζουμε την κατεύθυνση της ροής έτσι ώστε να γίνεται ορθή χωροθέτηση των γεωτρήσεων ανάκτησης.

Ένας σκοπός του τεχνητού εμπλουτισμού είναι να προστατεύσει ή να βελτιώσει την ποιότητα του υπόγειου νερού. Οι κατάλληλες υποδομές είναι μείζονος σημασίας για την διαδικασία του τεχνητού εμπλουτισμού (Εικ.2-5). Όταν η ποσότητα του υπόγειου νερού χρησιμοποιείται για χώρος αποθήκευσης ή για χρήση για άρδευση, το νερό του τεχνητού εμπλουτισμού χρειάζεται να είναι καλής ποιότητας για να διατηρηθεί η ποιότητα και να υπάρξει μεγαλύτερη ποσότητα νερού στον υδροφορέα. Η ποιότητα του νερού του τεχνητού εμπλουτισμού δεν πρέπει να είναι κατώτερης ποιότητας από το νερό του υδροφορέα. Οποιοσδήποτε εξαιρέσεις χρειάζονται μελέτη, για παράδειγμα η χρήση στον τεχνητό εμπλουτισμό λυμάτων για φόρτιση υφάλμυρων υδροφορέων. Η μετατροπή των υφάλμυρων υδροφορέων σε υδροφόρους με νερό καλής ποιότητας μέσω του τεχνητού εμπλουτισμού είναι μια πρακτική που χρησιμοποιείται συχνά (Department of water affairs and forestry, Republic of South Africa,2009).



Εικόνα 2-5: Υποδομές για τον τεχνητό εμπλουτισμό

Πηγή: Department of water affairs and forestry(Republic of South Africa),2009 - τροποποιημένο

2.4 ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

Ο τεχνικός εμπλουτισμός άρχισε να εφαρμόζεται στην Ευρώπη, στις αρχές του 19^{ου} αιώνα με τη μορφή του επαγωγικού εμπλουτισμού για την υδροδότηση πόλεων, Γλασκώβη- Σκωτία 1810, Τουλούζη –Γαλλία 1820 και στις Η.Π.Α., την τελευταία δεκαετία του ίδιου αιώνα (στο Denver με λεκάνες κατάκλυσης, στην Καλιφόρνια με άρδευση).

Η εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού έχει σταθερά αυξηθεί σε ολόκληρο τον κόσμο από τότε και κυρίως τις δεκαετίες του '50 και '60 και μετά, όταν η δεύτερη βιομηχανική επανάσταση συνέβαλλε στην όλο και μεγαλύτερη ρύπανση των επιφανειακών υδάτων και ποταμών, με αποτέλεσμα το πόσιμο νερό να είναι δυσεύρετο και ακριβό αγαθό κυρίως στις περιοχές της Αφρικής (Εικ.2-6,2-7,2-8) (Πλιάκας, Διαμαντής, 1998).



Εικόνα 2-6 : Λεκάνη διήθησης στην Νότια Αφρική

Πηγή: Department of water affairs and forestry(Republic of South Africa),2009



Εικόνα 2-7: Λεκάνη διήθησης στην Νότια Αφρική

Πηγή: Department of water affairs and forestry(Republic of South Africa),2009

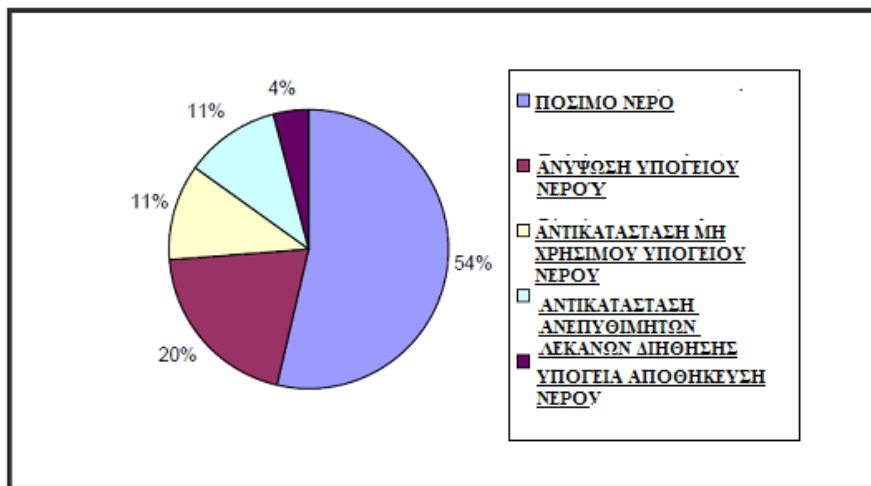


Εικόνα 2-8 : Αμμώδες φίλτρο με γεώτρηση εμπλουτισμού και ανάκτησης -Νότια Αφρική

Πηγή: Department of water affairs and forestry(Republic of South Africa),2009

Η μεγαλύτερη χρήση του τεχνητού εμπλουτισμού αποσκοπεί στην επαναπλήρωση μειωμένων διαθέσιμων ποσοτήτων υπόγειων νερών για την κάλυψη αστικών, βιομηχανικών και αρδευτικών αναγκών ή στη βελτίωση της ποιότητάς τους. Προχωρημένες τεχνικές εφαρμόζονται στη Γερμανία (Διαγρ.2-1), τη Σουηδία, το Ισραήλ, την Αίγυπτο, την Αλγερία, το Ιράν, τη Λιθουανία, το Τουρκμενιστάν, το Ουζμπεκιστάν, την Ουκρανία (Πλιάκας, Διαμαντής, 1998).

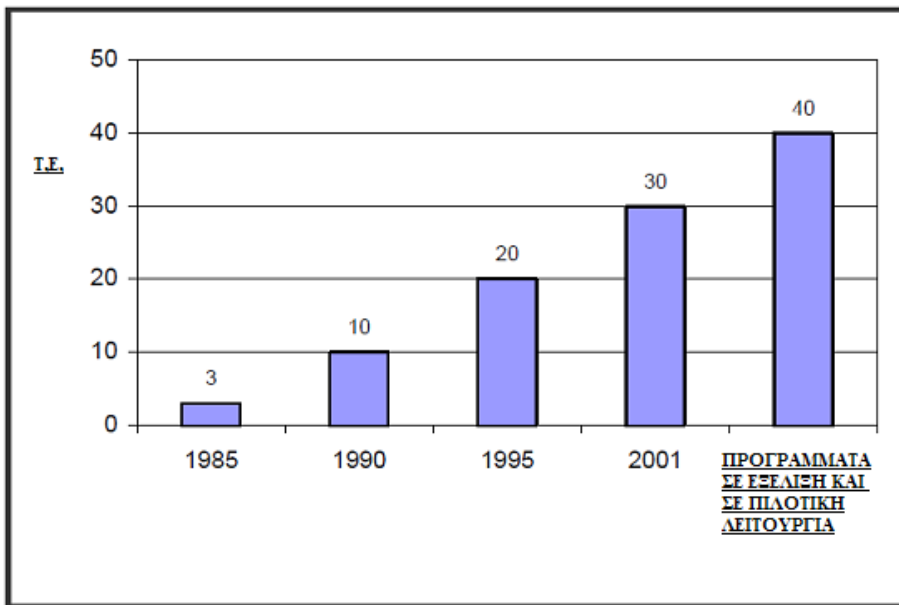
Ο τεχνικός εμπλουτισμός εφαρμόζεται ευρέως για τον έλεγχο της διείσδυσης της θάλασσας σε παράκτιες περιοχές της Αυστραλίας, των Κάτω Χωρών, του Ισραήλ, του Μαρόκο, της Σενεγάλης, των Η.Π.Α., της Ιαπωνίας. Στην Ιαπωνία, ο τεχνικός εμπλουτισμός χρησιμοποιείται και στην αντιμετώπιση προβλημάτων καθίζησης σε περιοχές υπερβολικής άντλησης. Στη Ρουμανία, τη Βουλγαρία και τη Γαλλία ο τεχνητός εμπλουτισμός συμβάλει στη συμπλήρωση του νερού άρδευσης που προέρχεται από υπόγειες τροφοδοσίες. (Πλιάκας, Διαμαντής, 1998).



Διάγραμμα 2-1 : Χρήσεις του τεχνητού εμπλουτισμού στη Γερμανία

Πηγή: Schottler, 1996 τροποποιημένο

Στις ΗΠΑ, από το 1950 κυρίως και μέχρι σήμερα, ο τεχνητός εμπλουτισμός εφαρμόζεται σε όλες σχεδόν τις πολιτείες με μεγάλη ποικιλία μεθόδων και στόχων (Διαγρ.2-2). Οι μεγάλες εγκαταστάσεις αποσκοπούν κυρίως στον περιορισμό της διείσδυσης της θάλασσας σε παράκτιες περιοχές ή στην επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων. Η μεγαλύτερη σε έκταση προσπάθεια εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού γίνεται στην Καλιφόρνια (Πλιάκας, Διαμαντής, 1998).



Διάγραμμα 2-2 : Ιστορική εξέλιξη των προγραμμάτων τεχνητού εμπλουτισμού (ASR) στις ΗΠΑ

Πηγή: AWWA,2002 τροποποιημένο

Η χρήση αποβλήτων για εμπλουτισμό εφαρμόστηκε στην Αθήνα των προχριστιανικών χρόνων, ενώ η χρήση λυμάτων στον εμπλουτισμό με άρδευση έγινε στη Γερμανία, τον 16^ο αιώνα. Η μέθοδος αυτή διαδόθηκε σε όλη την Ευρώπη και συνεχίστηκε στις αποικίες, όπως την Νότια Αφρική, την Αυστραλία, το Μεξικό, όπου πολλές από τις μεγάλες φάρμες εφήρμοσαν υπόγεια στραγγιστήρια για να μεταφέρουν το πλεόνασμα του υπόγειου νερού του τεχνητού εμπλουτισμού σε γειτονικούς χείμαρρους. Σε ημίξηρες περιοχές των ΗΠΑ (Καλιφόρνια, Αριζόνα, Φλόριδα κ.α.) αλλά και στο Ισραήλ (Τελ-Αβίβ) εφαρμόζεται με επιτυχία επί σειρά ετών εμπλουτισμός με τη μέθοδο της φυσικής επεξεργασίας υγρών αποβλήτων μέσω του εδάφους-υδροφορέα 'Soil Aquifer Treatment (SAT) και με αποτέλεσμα την ικανοποίηση διάφορων χρήσεων, κυρίως της άρδευσης. Στο Ορλάντο της Φλόριδας (ΗΠΑ) λειτουργεί, από το 1987, το μεγαλύτερο σύστημα επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων των ΗΠΑ για άρδευση και εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων μέσω λεκανών διήθησης (Πλιάκας, Διαμαντής, 1998).

Στις περισσότερες χώρες – κράτη της Ε.Ο.Κ., ο τεχνητός εμπλουτισμός εφαρμόζεται με μεγάλη ποικιλία και εύρος εφαρμογών, ενώ υπάρχουν σχέδια για μελλοντική και συστηματικότερη ανάπτυξή του. Στην Ιρλανδία, την Ιταλία, το Λουξεμβούργο και την Πορτογαλία, δεν εφαρμόζεται τεχνητός εμπλουτισμός και δεν υπάρχουν σχέδια εφαρμογής του στο άμεσο μέλλον.

Η Σουηδία, οι Κάτω χώρες και η Γερμανία σε εθνικό επίπεδο, βασίζονται σημαντικά σε εφαρμογές του τεχνητού εμπλουτισμού, ο οποίος συμμετέχει με 15 -20 % στο συνολικό όγκο των υδατικών πόρων. Στη Γερμανία το ποσοστό κυμαίνεται γύρω στο 10%. Στο Βέλγιο, τη Δανία, τη Γαλλία την Ελλάδα, την Αγγλία, την Ισπανία, την Ελβετία, ο τεχνητός εμπλουτισμός αντιπροσωπεύει ελάχιστο μόνο ποσοστό του νερού που διατίθεται από εταιρείες (Πλιάκας, Διαμαντής, 1998).

Τρεις είναι οι βασικοί σκοποί του τεχνητού εμπλουτισμού σε όλες τις χώρες που προαναφέρθηκαν :

1. Παροχή δημόσιου νερού
2. Έμμεσα περιβαλλοντικά οφέλη
3. Διατήρηση ή βελτίωση ποιότητας νερού

Η πιο κοινή μέθοδος του τεχνητού εμπλουτισμού είναι η χρήση λεκανών κατάκλισης κοντά στις όχθες μεγάλων ποταμών απ' όπου προέρχεται και το νερό εμπλουτισμού. Σε μικρότερη κλίμακα χρησιμοποιούνται τα κανάλια, οι λίμνες και οι λιμνοδεξαμενές.

Στην Κύπρο, από το 1982, έχει εφαρμοστεί συστηματικά ο τεχνητός εμπλουτισμός με μεθόδους κυρίως κατάκλισης (λιμνοδεξαμενές σε αλλουβιακές αποθέσεις) σε μεγάλους υδροφορείς του νησιού, με στόχο τη κάλυψη αναγκών ύδρευσης και άρδευσης αλλά και την αντιμετώπιση της θαλάσσιας διείσδυσης. Οι υδροφόροι αυτοί έχουν στερηθεί το φυσικό τους εμπλουτισμό λόγω κατασκευής ανάντη ταμιευτήρων. Το 1993 άρχισε η λειτουργία ενός συστήματος 120 απορροφητικών έργων (17 γεωτρήσεις και 103 πηγάδια) εμπλουτίζοντας με όμβρια νερά τον παράκτιο υδροφορέα των Κοκκινοχωριών (Πλιάκας, Διαμαντής, 1998).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3^ο

3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα υγρά απόβλητα είναι το αποτέλεσμα της χρήσης του νερού από τον άνθρωπο στις διάφορες δραστηριότητές του. Για την προστασία του περιβάλλοντος από τα υγρά απόβλητα έχουν θεσμοθετηθεί νόμοι και κανόνες από την ευρωπαϊκή ένωση που παρουσιάζονται στην οδηγία 91/271/ΕΟΚ 21.05.1991. Σύμφωνα με την οδηγία, τα αστικά λύματα είναι τα υγρά απόβλητα που προέρχονται κυρίως από χώρους υγιεινής, κουζίνες, πλυντήρια και γενικά από διαδικασίες καθαριότητας κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων, ξενοδοχείων, εστιατόρια, δημόσιες υπηρεσίες κλπ. Τα κυριότερα συστατικά τους είναι οργανικές ουσίες σε διάλυση ή αιωρούμενα σωματίδια, λίπη, έλαια, ανόργανες ουσίες και σε ελάχιστες ποσότητες διαλυμένα αέρια όπως η αμμωνία (NH_3) και το υδρόθειο (H_2S).

Βιομηχανικά απόβλητα ονομάζονται τα απόβλητα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους βιομηχανικής ή εμπορικής χρήσης ή δραστηριότητας. Είναι δηλαδή τα υγρά απόβλητα των βιομηχανικών ή βιοτεχνικών εγκαταστάσεων, που παράγονται κατά την παραγωγική διαδικασία και μπορεί να περιέχουν υπολείμματα των υλών που χρησιμοποιούνται. Δεν συμπεριλαμβάνονται τα λύματα του προσωπικού τα οποία κατατάσσονται στα αστικά λύματα.

Για μια ολοκληρωμένη διαχείριση των υγρών αποβλήτων χρειάζεται η κατασκευή έργων για τη συλλογή, την επεξεργασία και τη διάθεσή τους. Τα υγρά απόβλητα μιας πόλης συλλέγονται με το σύστημα αποχέτευσης, το οποίο είναι δυνατόν να είναι χωριστικό (όταν δεν δέχεται όμβρια ύδατα) ή παντοροϊκό (όταν δέχεται και όμβρια ύδατα) ή και μερικά χωριστικό (όταν μόνο μερικά τμήματα του δικτύου αποχέτευσης δέχονται όμβρια ύδατα και μερικά δεν δέχονται). Πολλές φορές στο σύστημα εισέρχεται νερό διαφορετικής προέλευσης από επιφανειακούς ή υπόγειους υδροφορείς. Υπό προϋποθέσεις, υπάρχει η δυνατότητα να δέχεται και κάποιες κατηγορίες βιομηχανικών αποβλήτων τα οποία όμως έχουν οπωσδήποτε υποστεί κάποιου είδους προεπεξεργασία σε κατάλληλες εγκαταστάσεις όπως είναι Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) όπου τα λύματα μετά από επεξεργασία με σκοπό τη δέσμευση και την εξουδετέρωση των ανεπιθύμητων συστατικών τους επαναχρησιμοποιούνται.

Σε κάποιες περιοχές που δεν υπάρχει αποχετευτικό δίκτυο και στην θέση του υπάρχουν βόθροι, τα βοθρολύματα μεταφέρονται με τη βοήθεια βυτιοφόρων οχημάτων. Οι σηπτικοί

βόθροι είναι στεγανές δεξαμενές όπου οδηγούνται τα λύματα για καθίζηση και κατακράτηση των αιωρούμενων συστατικών καθώς επίσης και μερική αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).

3.2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ

Φυσικές παράμετροι (Physical Parameters) είναι τα χαρακτηριστικά εκείνα του νερού που ανταποκρίνονται στις αισθήσεις όπως της όρασης, της αφής, της γεύσης κ.λ.π. Τα αιωρούμενα στερεά, η θολερότητα, το χρώμα, η γεύση, η οσμή και η θερμοκρασία ανήκουν σ' αυτή την κατηγορία.

3.2.1 ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ (Suspended Solids)

Τα στερεά ευρίσκονται διασκορπισμένα στο νερό είτε σε μορφή αιωρήματος είτε διαλελυμένα. Τα διαλελυμένα στερεά μερικές φορές μπορούν να γίνουν αντιληπτά από τις αισθήσεις.

Στο νερό τα αιωρούμενα στερεά μπορεί να αποτελούνται από ανόργανα ή οργανικά σωματίδια ή μη αναμίξιμα υγρά. Τα ανόργανα στερεά όπως η άργιλος, η ιλύς και άλλα συστατικά του χόματος απαντώνται συχνά στα επιφανειακά νερά. Οργανικά υλικά όπως ίνες φυτών και βιολογικά στερεά (βακτηρίδια, κ.λπ.) είναι επίσης συνήθη συστατικά των επιφανειακών νερών. Εξαιτίας της δράσης του χόματος ως φίλτρου, τα υπόγεια νερά σπάνια περιέχουν αιωρούμενα στερεά.

Αιωρούμενα στερεά μπορούν να προκύψουν και από την ανθρώπινη χρήση του νερού. Τα αστικά υγρά απόβλητα περιέχουν σημαντικές ποσότητες αιωρούμενων στερεών, κυρίως οργανικής φύσεως. Από τη βιομηχανική χρήση του νερού, είναι δυνατόν να προκύψει μεγάλη ποικιλία αιωρούμενων προσμίξεων, οργανικής ή ανόργανης φύσης. Μη αναμίξιμα οργανικά υγρά όπως λάδια και λιπαντικά αποτελούν επίσης συνήθη αιωρούμενα συστατικά των υγρών αποβλήτων.

Η παρουσία αιωρούμενων στερεών δεν είναι αποδεκτή στο νερό για πολλούς λόγους. Πρώτα απ' όλα είναι θέμα αισθητικής και δεύτερον προσφέρουν θέσεις για την προσρόφηση ανεπιθύμητων χημικών και βιολογικών παραγόντων. Αιωρούμενα οργανικά στερεά μπορούν να αποικοδομηθούν βιολογικά με πιθανότητα να δημιουργηθούν ανεπιθύμητα παραπροϊόντα. Βιολογικώς ενεργά αιωρούμενα στερεά μπορούν να περιέχουν μικροοργανισμούς που

προκαλούν ασθένειες ή και μικροοργανισμούς (π.χ. φύκη) που παράγουν ανεπιθύμητες ουσίες.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για τη μέτρηση των αιωρούμενων στερεών. Οι περισσότερες είναι σταθμικές μέθοδοι που σχετίζονται με τη μέτρηση της μάζας του υπολείμματος κατάλληλης επεξεργασίας του δείγματος. Η μέτρηση των Ολικών Στερεών (Total Solids) μετράει όλα τα στερεά στο νερό (οργανικά και ανόργανα) είτε είναι αιωρούμενα είτε διαλελυμένα.

Αυτή η μέτρηση γίνεται με την πλήρη εξάτμιση του δείγματος, ξήρανση και ζύγιση του υπολείμματος. Η ολική ποσότητα του στερεού υπολείμματος εκφράζεται συνήθως σε mg/L. Τα περισσότερα αιωρούμενα στερεά μπορούν να απομακρυνθούν από το νερό με διήθηση. Χρησιμοποιούνται συχνά οι όροι "διηθήσιμα" (filterable) και "μη διηθήσιμα" (non filterable) στερεά. Τα διηθήσιμα στερεά περνούν από το φίλτρο μαζί με το νερό και προσομοιάζουν περισσότερο με τα διαλελυμένα στερεά, ενώ τα μη διηθήσιμα συμπεριφέρονται περισσότερο σαν τα αιωρούμενα στερεά.

3.2.2 ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ (Turbidity)

Σε δείγματα από καθαρές πηγές νερού ή από παροχές πόσιμου νερού δεν γίνεται χρήση των κλασικών σταθμικών μεθόδων της απ' ευθείας μέτρησης των αιωρούμενων στερεών. Σε αυτές τις περιπτώσεις για την έμμεση μέτρηση των αιωρούμενων στερεών χρησιμοποιείται συνήθως η παράμετρος της θολερότητας.

Η μέτρηση της θολερότητας ανάγεται στο κατά πόσο διερχόμενο φως απορροφάται ή σκεδάζεται από τα αιωρούμενα σωματίδια του δείγματος. Επειδή η απορρόφηση και η σκέδαση επηρεάζεται τόσο από το μέγεθος όσο και από τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του αιωρούμενου υλικού, η θολερότητα δεν αποτελεί πάντα μία άμεση ποσοτική μέτρηση των αιωρούμενων στερεών.

Τις περισσότερες φορές η θολερότητα των επιφανειακών νερών προκύπτει από παρουσία κολλοειδών υλικών όπως πηλός, ιλύς, κομμάτια πετρωμάτων και οξειδία μετάλλων από το χώμα. Στην θολερότητα μπορεί να συνεισφέρουν επίσης φυτικές ίνες και μικροοργανισμοί.

Σαπούνια, μέσα καθαρισμού και άλλοι, γαλακτωματοποιητικοί παράγοντες προκαλούν τη δημιουργία σταθερών κολλοειδών που επίσης συμβάλλουν στη θολερότητα των φυσικών υδάτων. Η τελική διάθεσή επεξεργασμένων ή μη υγρών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες έχει τη δυνατότητα να αυξήσει την θολερότητα του νερού των αποδεκτών.

Το κολλοειδές υλικό, που σχετίζεται με τη θολερότητα, παρέχει και θέσεις προσρόφησης για

χημικές ουσίες, που πολλές φορές είναι βλαβερές ή προκαλούν δυσάρεστες γεύσεις και οσμές, αλλά και για μικροοργανισμούς που ίσως να είναι επικίνδυνοι.

Στα φυσικά υδάτινα σώματα (ποτάμια, λίμνες κλπ.) η θολερότητα μπορεί να προσδώσει καφέ ή άλλο χρώμα στο νερό. Το χρώμα εξαρτάται από τις ιδιότητες απορρόφησης του φωτός των αιωρούμενων στερεών, που την προκαλούν, επηρεάζει την διείσδυση του ηλιακού φωτός στο νερό και παρεμβαίνει στην διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Η θολερότητα μετράται φωτομετρικά καθορίζοντας το ποσοστό φωτός, γνωστής έντασης. (Τσέζος, Χατζηκοσεγιάν, 2012)

3.2.3 ΧΡΩΜΑ (Colour)

Το καθαρό νερό είναι άχρωμο αλλά πολλές φορές χρωματίζεται από την παρουσία ξένων ουσιών. Το νερό του οποίου το χρώμα οφείλεται μερικώς σε αιωρούμενη ύλη, λέγεται Φαινόμενο Χρώμα (Apparent Colour). Το χρώμα που οφείλεται σε διαλελυμένα στερεά και το οποίο παραμένει μετά την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών είναι γνωστό σαν Πραγματικό Χρώμα (True Colour).

Στη φύση το νερό μετά την επαφή του με φυσικά οργανικά συστατικά όπως φύλλα, χόρτα ή ξύλα, αποκτά ενώσεις όπως οι ταννίνες ή τα χουμικά οξέα τα οποία του δίνουν μία κίτρινο καφέ απόχρωση. Υγρά απόβλητα από κλωστοϋφαντουργεία, βαφεία, βιομηχανίες χαρτιού, τροφίμων, χημικών, μεταλλευτικών μονάδων κλπ μπορούν επίσης να χρωματίσουν το νερό των φυσικών αποδεκτών όπου καταλήγουν. Χρωματισμός του νερού είναι δυνατός και από τη διάλυση αιώρηση οξειδίων των μετάλλων με έντονο χρώμα όπως τα οξείδια του σιδήρου κλπ.

Το χρωματισμένο νερό δεν είναι αισθητικά αποδεκτό. Η παρουσία χρώματος στο νερό είναι συνήθως συνδεδεμένη με νερό χαμηλής ποιότητας. Για τους περισσότερους ανθρώπους το διαυγές, άχρωμο νερό με την κατά τα άλλα ίσως χαμηλότερη ποιότητα είναι προτιμητέο, από ίσως υψηλότερης ποιότητας νερό στο οποίο υπάρχει χρώμα. Βαθιά χρωματισμένο νερό είναι ακατάλληλο και για βιομηχανικές χρήσεις. Έτσι, το χρώμα του νερού επηρεάζει την αστική και βιομηχανική χρησιμότητα του (Τσέζος, Χατζηκοσεγιάν, 2012).

3.2.4 ΓΕΥΣΗ ΚΑΙ ΟΣΜΗ (Taste and Odour)

Οι όροι γεύση και οσμή είναι από μόνοι τους προσδιοριστικοί των παραμέτρων. Οι αισθήσεις της γεύσης και της οσμής συνδέονται στενά και συχνά συγγέονται. Ουσίες που προσδίδουν

οσμή στο νερό μπορούν σχεδόν κατά κανόνα να προσδώσουν μία γεύση. Το αντίστροφο δεν είναι πάντα δυνατόν, καθώς υπάρχουν πολλές ουσίες που παράγουν γεύση αλλά όχι οσμή. Πολλές ουσίες με τις οποίες το νερό έρχεται σε επαφή στη φύση ή κατά τη διάρκεια της ανθρώπινης χρήσης, μπορεί να δημιουργήσουν αίσθηση γεύσης ή και οσμής. Αυτές οι ουσίες περιλαμβάνουν ορυκτά, μέταλλα και άλατα του εδάφους, προϊόντα βιολογικών αντιδράσεων και συστατικά αποβλήτων. Οι ανόργανες ουσίες είναι περισσότερο πιθανό να δημιουργήσουν γεύσεις μη συνοδευόμενες από οσμές. Οι αλκαλικές ουσίες (υλικά) συνήθως προσδίδουν μία πικρή γεύση στο νερό, ενώ τα μεταλλικά άλατα μπορεί να δώσουν γλυφή ή πικρή γεύση στο νερό.

Οργανικά υλικά, συνήθως προσδίδουν γεύση και οσμή, όπως π.χ. τα προϊόντα πετρελαίου. Η βιολογική αποσύνθεση των οργανικών υλικών επίσης να δημιουργεί γεύση και οσμή εμπλουτίζοντας το νερό με τα παραπροϊόντα της διεργασίας. Ο συνδυασμός δύο ή περισσότερων ουσιών, από τις οποίες καμία δεν να παράγει από μόνη της είναι γεύση ή οσμή, μπορεί μέσω του φαινομένου της συνεργασίας να δημιουργήσει προβλήματα γεύσης και οσμής όπως π.χ. στην περίπτωση της αντίδρασης οργανικών ενώσεων και του χλωρίου που χρησιμοποιείται για την απολύμανση του νερού και επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (Τσέζος, Χατζηκοσεγιάν, 2012).

3.2.5 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (TEMPERATURE)

Η θερμοκρασία είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους για τον προσδιορισμό της ποιότητας επιφανειακών υδάτων. Η θερμοκρασία των επιφανειακών υδάτινων συστημάτων επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τα βιολογικά είδη που μπορούν να επιβιώσουν σε ένα φυσικό υδάτινο σώμα καθώς και τους ρυθμούς δραστηριότητάς τους.

Τα έμβια όντα έχουν ένα σχετικά στενό εύρος θερμοκρασίας μέσα στο οποίο αναπτύσσονται χωρίς θερμοκρασιακή αναστολή. Η θερμοκρασία έχει και την γνωστή επίδραση και στις χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στα επιφανειακά και τα φυσικά νερά (ισορροπία και κινητική των αντιδράσεων). Η θερμοκρασία επιδρά και στις διαλυτότητες των αερίων στο νερό(π.χ. O₂, CO₂) (νόμος του Henry) γεγονός υψηλής σημασίας για τη χημεία των υδατικών διαλυμάτων και τις βιολογικές διεργασίες.

Η θερμοκρασία των φυσικών υδάτων επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Για παράδειγμα ρηγά νερά, επηρεάζονται συνήθως εντονότερα απ' τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, απ' ότι τα βαθύτερα νερά. Η χρήση του υδάτινου σώματος ως μέσου για την απόρριψη χαμηλής αξίας θερμότητας (κυκλώματα ψύξης διεργασιών) μπορεί σταδιακά να

προκαλέσει έντονες αλλαγές στην θερμοκρασία του με επακόλουθες σημαντικές επιδράσεις στην ισορροπία του αντιστοίχου οικοσυστήματος.

Τα ψυχρότερα νερά λόγω της αυξημένης περιεκτικότητας σε διαλυμένο οξυγόνο συνήθως στηρίζουν μια ευρεία ποικιλία ζώντων οργανισμών. Οργανισμοί ανώτερης τάξης, όπως τα ψάρια, επηρεάζονται σημαντικά από την θερμοκρασία του νερού και από το επίπεδο του διαλελυμένου οξυγόνου, το οποίο είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας του νερού. Τα ψάρια γενικώς απαιτούν καθαρά νερά ψυχρότερες θερμοκρασίες και υψηλότερα επίπεδα διαλελυμένου οξυγόνου.

Σε πολύ χαμηλότερες θερμοκρασίες, ο ρυθμός βιολογικής δραστηριότητας επιβραδύνεται. Αν η θερμοκρασία αντιθέτως αυξηθεί, η βιολογική δραστηριότητα αυξάνεται. Μια αύξηση κατά 10° C είναι συνήθως επαρκής σχεδόν για να διπλασιάσει τη βιολογική δραστηριότητα, εφόσον υπάρχουν τα απαιτούμενα θρεπτικά συστατικά.

Η θερμοκρασία επηρεάζει και άλλες φυσικές ιδιότητες του νερού. Το ιξώδες του νερού αυξάνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας. Η μέγιστη πυκνότητα του νερού παρουσιάζεται στους 4°C, και ελαττώνεται πάνω ή κάτω από αυτή τη θερμοκρασία (ένα μοναδικό φαινόμενο στα υγρά). Η θερμοκρασία και η πυκνότητα έχουν μια λεπτή επίδραση στους μικροοργανισμούς τύπου πλαγκτόν. Η σχέση θερμοκρασίας-πυκνότητας στην στρωμάτωση των υδάτων κλειστών υδάτινων σωμάτων όπως λίμνες και κόλποι είναι ένα σημαντικό φυσικό φαινόμενο με αξιοσημείωτες επιδράσεις στην φυσική λειτουργία των φυσικών υδάτινων σωμάτων (Τσέζος, Χατζηκοσεγιάν, 2012).

3.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΧΗΜΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΟΣ

3.3.1 ΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΕΛΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ (Total Dissolved Solids)

Οι ενώσεις που παραμένουν στο νερό μετά τη διήθηση για την μέτρηση των αιωρούμενων στερεών θεωρείται ότι αποτελούν διαλελυμένη μάζα. Το υλικό αυτό το οποίο μένει σαν ένα στερεό υπόλειμμα μετά την εξάτμιση του νερού, αποτελεί ένα μέρος των ολικών στερεών και αποκαλείται: Ολικά Διαλελυμένα Στερεά (TDS) (Τσέζος, Χατζηκοσεγιάν, 2012).

3.3.2 ΜΕΤΑΛΛΑ (Metals)

Όλα τα μέταλλα είναι, σε κάποιο βαθμό, διαλυτά στο νερό. Παρά το γεγονός ότι υψηλές συγκεντρώσεις του οποιουδήποτε μετάλλου μπορεί να δημιουργήσουν κινδύνους για την υγεία, μόνο τα μέταλλα τα οποία είναι επιβλαβή σε σχετικά μικρές ποσότητες, αναφέρονται ως τοξικά. Τα άλλα μέταλλα ανήκουν στη κατηγορία των μη-τοξικών. Πηγές εμπλουτισμού των φυσικών υδάτων σε μέταλλα είναι η διάλυση από φυσικά πετρώματα και τα αστικά, βιομηχανικά ή αγροτικά απόβλητα που διατίθενται σε φυσικούς αποδέκτες. Η μέτρηση της συγκέντρωσης των μετάλλων σε δείγματα νερού, γίνεται με διάφορες τεχνικές κυρίως φασματοφωτομετρικές (Τσέζος, Χατζηκοσεγιάν, 2012).

3.3.3 Μη-τοξικά Μέταλλα (Non Toxic Metals)

Πέρα από τα συνήθη ιόντα της σκληρότητας του νερού όπως το ασβέστιο και το μαγνήσιο, άλλα συνήθη μη τοξικά μέταλλα που βρίσκονται στο νερό, είναι το νάτριο, ο σίδηρος, το μαγγάνιο, το αλουμίνιο, ο χαλκός και ο ψευδάργυρος. Το νάτριο, το πιο κοινό μη τοξικό μέταλλο που βρίσκεται στα φυσικά ύδατα, είναι άφθονο στο φλοιό της γης. Τα άλατα του νατρίου είναι ευδιάλυτα στο νερό. Υψηλές συγκεντρώσεις Na, δημιουργούν μία πικρή γεύση στο νερό και αυξημένο κίνδυνο στην υγεία των καρδιοπαθών και νεφροπαθών ασθενών.

Το νάτριο είναι επίσης διαβρωτικό για τις μεταλλικές επιφάνειες και σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι τοξικό για τα φυτά.

Ο σίδηρος και το μαγγάνιο συχνά συνυπάρχουν και δεν είναι επικίνδυνα για την υγεία στις συνήθεις φυσιολογικές συγκεντρώσεις των φυσικών υδάτων. Ο σίδηρος και το μαγγάνιο σε πολύ μικρές ποσότητες μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα χρώματος στο νερό (Τσέζος, Χατζηκοσεγιάν, 2012).

3.3.4 Τοξικά Μέταλλα (Toxic Metals)

Τα τοξικά μέταλλα είναι επιβλαβή, για τους ανθρώπους και τους άλλους οργανισμούς, σε μικρές ποσότητες. Ανάμεσα στα τοξικά στοιχεία τα οποία θα μπορούσαν να υπάρξουν σε διαλυτή μορφή στο νερό περιλαμβάνονται το αρσενικό, το βάριο, το κάδμιο, το χρώμιο, ο μόλυβδος, ο υδράργυρος και ο άργυρος.

Τα τοξικά μέταλλα συνήθως εμφανίζονται μόνο σε πολύ μικρές ποσότητες στα περισσότερα συστήματα φυσικών υδάτων. Σημαντικές συγκεντρώσεις τοξικών μετάλλων ανιχνεύονται συνήθως στις όξινες απορροές μεταλλείων, στα βιομηχανικά, στα γεωργικά απόβλητα κλπ.

Τα μέταλλα βιοσυσσωρεύονται μέσω της τροφικής αλυσίδας και με αυτό τον τρόπο αποτελούν μεγαλύτερο κίνδυνο για τους οργανισμούς που βρίσκονται κοντά στην κορυφή της τροφικής αλυσίδας (Τσέζος, Χατζηκοσεγιάν, 2012).

3.3.5 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ (Organics)

Πολλές οργανικές ενώσεις είναι διαλυτές στο νερό. Τα οργανικά υλικά στα συστήματα φυσικών υδάτων προέρχονται από φυσικές πηγές ή είναι παραπροϊόντα των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Τα περισσότερα φυσικά οργανικά υλικά είναι προϊόντα αποσύνθεσης των οργανικών υλών, ενώ η παρουσία συνθετικών οργανικών μορίων είναι συνήθως αποτέλεσμα της απόρριψης υγρών αποβλήτων ή παραπροϊόντα αγροτικών δραστηριοτήτων. Τα διαλελυμένα στο νερό οργανικά διαιρούνται συνήθως σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στα βιοαποικοδομήσιμα (biodegradable) και στα μη-βιοαποικοδομήσιμα (non-biodegradable).

3.3.5.1 Βιοαποικοδομήσιμα Οργανικά Υλικά (biodegradable organics)

Τα βιοαποικοδομήσιμα υλικά αποτελούνται από οργανικά μόρια τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τροφή από τους φυσικά υπάρχοντες στο περιβάλλον μικροοργανισμούς, μέσα σε ένα λογικό διάστημα χρόνου. Τα υλικά αυτά συνήθως αποτελούνται από άμυλο, λίπη, πρωτεΐνες, αλκοόλες, οξέα, αλδεύδες, εστέρες κλπ. Συνήθως είναι το τελικό προϊόν της βιολογικής αποσύνθεσης των ιστών των φυτών ή των ζώων, ή μπορεί να εμπεριέχονται σε απορριπτόμενα αστικά ή βιομηχανικά υγρά απόβλητα. Μερικά από αυτά τα υλικά μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα χρώματος, γεύσης και οσμής στους φυσικούς αποδέκτες. Το σημαντικότερο πρόβλημα που δημιουργούν οι βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ενώσεις όταν απορρίπτονται σε φυσικά υδάτινα σώματα προκύπτει από την χρήση των ενώσεων αυτών από φυσικούς μικροοργανισμούς και η οποία οδηγεί στην κατανάλωση και μείωση του διαλελυμένου οξυγόνου των φυσικών υδάτινων σωμάτων (π.χ. λιμνών, ποταμών, θαλασσιών περιοχών) στερώντας το οξυγόνο αυτό από αλλούς ανώτερους οργανισμούς.

Η χρησιμοποίηση των διαλελυμένων οργανικών από τους μικροοργανισμούς μπορεί να συνοδεύεται από οξείδωση ή από αναγωγή του οργανικού μορίου. Είναι πιθανόν οι δύο διεργασίες να συμβούν ταυτόχρονα. Η διεργασία της οξείδωσης είναι πολύ πιο αποτελεσματική και η επικρατέστερη όταν υπάρχει οξυγόνο. Σε "αερόβια" (παρουσία οξυγόνου) περιβάλλοντα τα τελικά προϊόντα της βιολογικής αποσύνθεσης των οργανικών ενώσεων, είναι συνήθως σταθερές και περιβαλλοντικά αποδεκτές ενώσεις.

Η "αναερόβια" (απουσία οξυγόνου) αποσύνθεση αποδίδει συνήθως ασταθή και ανεπιθύμητα τελικά προϊόντα. Εάν αργότερα το οξυγόνο ξαναγίνει διαθέσιμο, τα τελικά προϊόντα της αναερόβιας διεργασίας είναι δυνατό να οξειδωθούν περαιτέρω σε τελικά προϊόντα τυπικά των αερόβιων διεργασιών. Η έμμεσα δημιουργούμενη λόγω της βιολογικής δράσης απαίτηση σε οξυγόνο των βιοαποικοδομήσιμων οργανικών ενώσεων είναι υψίστης σημασίας για τα φυσικά υδάτινα συστήματα (Τσέζος, Χατζηκοσεγιάν, 2012).

3.3.5.2 Μη-Βιοαποικοδομήσιμα Οργανικά Υλικά (Non-biodegradable organics)

Μερικά οργανικά υλικά ανθίστανται στην βιολογική αποικοδόμηση. Τανίνες, λιγνίνες, κυτταρίνη και οι φαινόλες συναντώνται συχνά στα συστήματα φυσικών υδάτων. Είναι συστατικά των ξυλωδών φυτών και αποικοδομούνται αργά ώστε συνήθως θεωρούνται μηαποικοδομήσιμα βιολογικά. Μόρια με εξαιρετικά ισχυρούς δεσμούς (μερικά από τους πολυσακχαρίτες) και δομές δακτυλίου άνθρακος (βενζόλικοι δακτύλιοι) θεωρούνται δύσκολα για βιοαποικοδόμηση.

Μερικά οργανικά μόρια είναι πρακτικά μη-βιοαποικοδομήσιμα διότι είναι τοξικά στους συνήθεις οργανισμούς. Τέτοια για παράδειγμα είναι τα οργανικά παρασιτοκτόνα, μερικά βιομηχανικά χημικά και ενώσεις υδρογονάνθρακων που έχουν ενωθεί με χλώριο.

Τα παρασιτοκτόνα, που περιλαμβάνουν εντομοκτόνα και ζιζανιοκτόνα, έχουν ευρεία χρήση στην σύγχρονη κοινωνία τόσο στις αστικές όσο και στις αγροτικές περιοχές. Κακές πρακτικές χρήσης η απορροή και το ξέπλυμα των αγροτικών καλλιεργήσιμων εκτάσεων από τις βροχοπτώσεις ή και διαρροές μπορεί να προκαλέσουν ρύπανση των επιφανειακών ρευμάτων και τελικά υπόγειων υδροφόρων οριζόντων η τελικών υδάτινων αποδεκτών με αυτά τα επικίνδυνα αγροτικά χημικά.

Τα οργανικά εντομοκτόνα περιλαμβάνουν και χλωριωμένους υδρογονάνθρακες όπως Aldrin, Dieldrin, Endrin και Lindane. Τα παρασιτοκτόνα περιέχουν συνήθως χλωροφαινολικές ενώσεις (π.χ. 2,4,5-τριχλωροφαινοξυπροπιονικό οξύ κλπ). Παρασιτοκτόνα, και συσσωρευμένες τοξίνες, προκαλούν σοβαρά προβλήματα στα ανώτερα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας μέσω της διεργασίας της βιοσυσσώρευσης. Ως παράδειγμα αναφέρεται η βιοσυσσώρευση του εντομοκτόνου DDT, η χρήση του οποίου πλέον απαγορεύεται στις αναπτυγμένες χώρες.

Μετρήσεις των μη-βιοαποικοδομήσιμων οργανικών γίνονται συνήθως με τη μέτρηση του χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου (COD). Συγκεκριμένες οργανικές ενώσεις μπορούν να

ταυτοποιηθούν και να μετρηθούν μέσω εξειδικευμένων χημικών αναλύσεων όπως π.χ. αέρια χρωματογραφία κλπ (Τσέζος, Χατζηκοσεγιάν, 2012).

3.3.5.3 ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (BOD)

Το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD) είναι η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς για την πλήρη βιοχημική οξείδωση των περιεχόμενων οργανικών ουσιών στα υγρά απόβλητα. Η ταχύτητα της βιολογικής αυτής οξείδωσης εξαρτάται από το είδος της οργανικής ύλης που περιέχεται στο προς εξέταση δείγμα. Υπάρχουν οργανικές ουσίες που οξειδώνονται ή αποικοδομούνται βιολογικά σχετικά εύκολα αλλά υπάρχουν και αυτές που δεν οξειδώνονται βιολογικά (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).

3.3.5.4 ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (COD)

Με τον όρο COD (Chemical Oxygen Demand) εννοούμε την ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την χημική οξείδωση της οργανικής ύλης σε CO₂ και H₂O. Η οξείδωση αφορά το σύνολο των οργανικών ενώσεων που περιέχονται σε ένα δείγμα και μπορούν να οξειδωθούν με ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο. Σαν τέτοιο οξειδωτικό χρησιμοποιείται το διχρωμικό κάλιο (K₂Cr₂O₇) σε όξινο περιβάλλον. Το COD των φρέσκων ανεπεξεργαστων αστικών λυμάτων είναι περίπου 500 mg/l O₂ ή 110 gr/κατ. ημ. Κατά κανόνα το COD είναι πάντα μεγαλύτερο από το BOD₅ και για τα αστικά λύματα ο λόγος COD / BOD₅ είναι 1,2 - 1,5 (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).

3.3.6 ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ (Nutrients)

Ως θρεπτικά ορίζονται τα βασικά στοιχεία, απαραίτητα για την ανάπτυξη και αναπαραγωγή των φυτών και των ζώων. Τα υδρόβια είδη εξαρτώνται από το περιβάλλον νερό που τους παρέχει τα θρεπτικά. Τα σημαντικότερα θρεπτικά είναι : ο άνθρακας, το άζωτο και ο φωσφόρος.

Ο άνθρακας είναι εύκολα διαθέσιμος από πολλές πηγές. Το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, τα ανθρακικά ιόντα (αλκαλικότητα), οι οργανικές ύλες, όλα παρέχουν άνθρακα στους οργανισμούς.

Σε πολλές περιπτώσεις το άζωτο και ο φωσφόρος είναι τα θρεπτικά στοιχεία που μπορούν να αποτελέσουν τον περιοριστικό παράγοντα της ανάπτυξης των οργανισμών λόγω χαμηλής διαθεσιμότητάς τους.

➤ Άζωτο

Το αέριο άζωτο (N_2) είναι κύριο συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας. Είναι χημικά σταθερό και αντιδρά με το οξυγόνο σε περιβάλλοντα υψηλής ενέργειας όπως ηλεκτρικές εκκενώσεις ή καύσεις προς σχηματισμό οξειδίων του αζώτου. Παρότι μερικά βιολογικά είδη έχουν την ικανότητα να οξειδώνουν το αέριο άζωτο, το άζωτο ως θρεπτικό συστατικό είναι διαθέσιμο στους οργανισμούς κυρίως από πηγές διαφορετικές απ' το ατμοσφαιρικό άζωτο.

Το άζωτο είναι ένα συστατικό των πρωτεϊνών, της χλωροφύλλης και πολλών άλλων βιολογικών ενώσεων. Μετά το θάνατο των φυτών ή των ζώων, σύνθετες οργανικές ουσίες αποικοδομούνται σε απλές μορφές μέσω της βιολογικής αποσύνθεσης.

Άλλες πηγές αζώτου είναι τα υγρά απόβλητα (αστικά και βιομηχανικά) και οι γεωργικές απορροές λιπασμάτων. Οι ενώσεις του αζώτου μπορούν να οξειδωθούν προς νιτρικά ιόντα από μικροοργανισμούς στη φύση. Η συνεχής συνεισφορά αζώτου στα φυσικά υδάτινα σώματα από τις ανωτέρω πηγές είναι δυνατόν να οδηγήσει στον υπερεμπλουτισμό των φυσικών υδάτων σε άζωτο (Τσέζος, Χατζηκοσεγιάν, 2012).

Το αζωτούχο ρυπαντικό φορτίο των φρέσκων ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων κυμαίνεται από 35 – 100 mg/l ή 10 gr/κατ. ημ. Οι ευαίσθητοι φυσικοί αποδέκτες επεξεργασμένων εκροών απαιτούν πάντα την απομάκρυνση του αζώτου από τα υγρά απόβλητα επειδή το άζωτο όπως και ο φώσφορος σαν θρεπτικά συστατικά, προκαλούν το πρόβλημα του ευτροφισμού και τελικά της αποξυγόνωσης των φυσικών νερών. Ο ευτροφισμός συνίσταται στην υπερβολική αύξηση της πρωτογενούς παραγωγικότητας μιας υδάτινης μάζας, με δυσμενή αποτελέσματα στα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των νερών και της χρήσης της (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).

➤ Φωσφόρος

Ο φωσφόρος σε υδατικό περιβάλλον εμφανίζεται με τη μορφή φωσφορικών ιόντων (PO_4^{3-}). Υπάρχουν διάφορες μορφές φωσφορικών αλάτων οι οποίες περιλαμβάνουν ορθοφωσφορικά άλατα (πυρο-, μετά-, και πολυφωσφορικά άλατα) και οργανικά δεσμευμένα φωσφορικά άλατα. Όπως το άζωτο, έτσι και τα φωσφορικά άλατα περνούν μέσω του κύκλου της αποσύνθεσης και της φωτοσύνθεσης.

Τα φωσφορικά άλατα είναι συστατικά των εδαφών και χρησιμοποιούνται εκτενώς στα λιπάσματα για να ενισχύσουν τις φυσικές συγκεντρώσεις στα γεωργικά εδάφη. Τα φωσφορικά άλατα είναι επίσης συστατικό των αποβλήτων των ζώων και μπορούν να συσσωρευτούν στο έδαφος στους βοσκότοπους και στις περιοχές όπου εκτρέφονται ζώα. Οι απορροές απ' τις αγροτικές περιοχές είναι σημαντικός συντελεστής εμπλουτισμού των επιφανειακών υδάτων σε φωσφόρο. Η τάση των φωσφορικών αλάτων να απορροφώνται στους κόκκους του εδάφους, περιορίζει την κινητικότητα τους στο φυσικό περιβάλλον.

Τα αστικά υγρά απόβλητα είναι μια σημαντική πηγή εμπλουτισμού των επιφανειακών υδάτων με φωσφορικά άλατα. Τα συμπυκνωμένα φωσφορικά άλατα χρησιμοποιούνται εκτενώς ως συστατικά των απορρυπαντικών, και τα οργανικά φωσφορικά άλατα είναι συστατικά των αποβλήτων του σώματος και των καταλοίπων των τροφών. Άλλες πηγές φωσφόρου είναι τα βιομηχανικά απόβλητα δεδομένου ότι φωσφορικά άλατα χρησιμοποιούνται για σκοπούς όπως η επεξεργασία του νερού στους ατμολέβητες κλπ.

Ενώ τα φωσφορικά άλατα δεν είναι τοξικά και δεν αποτελούν μια άμεση απειλή για την υγεία των ανθρώπων ή άλλων οργανισμών, αποτελούν μια σοβαρή έμμεση, απειλή για την ποιότητα του νερού (Τσέζος, Χατζηκοσεγιάν, 2012).

Το φορτίο επιβάρυνσης των λυμάτων (Πιν.3-1) με φώσφορο υπολογίζεται συνήθως με τιμές περίπου **2 – 4 gr/κατ. ημ.** Ένα ποσοστό της τάξης του 10 % έως 30 % της εισερχόμενης ποσότητας φωσφόρου απομακρύνεται από τους μικροοργανισμούς κατά τη διάρκεια της βιολογικής επεξεργασίας στις δεξαμενές αερισμού, ενώ το σύνολο σχεδόν των φωσφορικών ενώσεων μετατρέπεται σε διαλυτά ορθοφωσφορικά ιόντα (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).

Πίνακας 3-1: Χαρακτηριστικά τυπικών αστικών λυμάτων

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΡΥΠΑΝΣΗ gr/κατ. ημ.	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ mg/lt
Ολικά στερεά	100 – 150	680 – 1.000
Πτητικά στερεά	65 – 85	380 – 500
Αιωρούμενα στερεά	35 – 50	200 – 290
Οργανική ύλη ως BOD ₅	50 – 70	200 – 400
Οργανική ύλη ως COD	115 – 125	680 – 730
Ολικό άζωτο	6 – 17	35 – 100
Αμμωνία	1 – 3	6 – 18
Νιτρώδη & Νιτρικά	< 1	< 5
Ολικός φώσφορος	2 – 4	6 – 24
Ολικά κολοβακτηριοειδή	-	10 ¹⁰ - 10 ¹² αποικ./ml
Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	-	10 ⁸ - 10 ¹⁰ αποικ./ml

Πηγή: Ευθύμιος Νταρακάς, 2010

3.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

3.4.1 ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Οι παθογόνοι οργανισμοί είναι ικανοί να μολύνουν ή να μεταφέρουν ασθένειες στους ανθρώπους. Πολλά είδη παθογόνων οργανισμών είναι ικανά να επιβιώσουν στο νερό και να διατηρήσουν τις μολυσματικές τους ικανότητες για σημαντικές χρονικές περιόδους. Οι μεταδιδόμενοι μέσω του νερού παθογόνοι μικροοργανισμοί περιλαμβάνουν είδη όπως τα βακτήρια, τους ιούς, τα πρωτόζωα, κλπ (Τσέζος, Χατζηκοσεγιάν, 2012).

3.4.2 Βακτήρια (Bacteria)

Τα βακτήρια είναι μονοκύτταροι μικροοργανισμοί, συνήθως άχρωμοι, και είναι η μικρότερη μορφή ζωής ικανή να συνθέσει πρωτόπλασμα. Εκτός από το σχήμα της ράβδου (βάκιλοι) που αναφέρθηκε πιο πάνω, τα βακτήρια μπορεί επίσης να είναι σφαιρικά (cocci) ή σε σχήμα σπιδίλλια (spirillia). Πολλές ασθένειες μεταδίδονται μέσω παθογόνων βακτηριδίων που υπάρχουν στο νερό.

Ο τυφοειδής πυρετός, είναι επίσης μια ασθένεια που μεταδίδεται από το παθογόνο βακτήριο “*Salmonella typhosa*” μέσω του νερού. Παρότι ο εμβολιασμός των ανθρώπων και η

απολύμανση των πόσιμων υδάτων έχουν περιορίσει τη χολέρα και τον τυφοειδή πυρετό στα περισσότερα μέρη του κόσμου, σε περιοχές του τρίτου κόσμου όπου επικρατούν συνωστισμός και κακές συνθήκες υγιεινής, εμφανίζονται κατά καιρούς ξεσπάσματα αυτών και άλλων ασθενειών.

3.4.3 Ιοί (Viruses)

Οι ιοί είναι οι μικρότερες βιολογικές δομές που είναι γνωστές, και περιέχουν όλες τις γενετικές πληροφορίες, απαραίτητες για την αναπαραγωγή τους. Οι ιοί δρουν ως παράσιτα τα οποία απαιτούν ένα άλλο κύτταρο ως μέσο εντός του οποίου θα ζήσουν και θα αναπαραχθούν. Υπάρχει πληθώρα ιογενών ασθενειών (Πιν.3-2) μερικές δε όπως παραδείγματος χάριν η ηπατίτιδα μεταδίδονται και μέσω του νερού. Παρότι οι συνήθεις πρακτικές απολύμανσης είναι γνωστό ότι εξουδετερώνουν τους ιούς, η εξασφάλιση μιας δραστικής και αποτελεσματικής απολύμανσης για τους ιούς είναι δύσκολη και οφείλεται στο μικρό μέγεθος των οργανισμών και στην απουσία γρήγορων και αξιόπιστων μεθόδων ανίχνευσης και μέτρησής τους (Τσέζος, Χατζηκοσεγιάν, 2012).

3.4.4 Πρωτόζωα

Είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, πιο σύνθετοι στη λειτουργική τους δραστηριότητα από τα βακτήρια. Είναι εντελώς αυτόνομοι και μπορούν να ζουν ελεύθερα ή παρασιτικά, να είναι παθογόνοι ή μη παθογόνοι. Μικροσκοπικοί, ευπροσάρμοστοι, τα πρωτόζωα είναι ευρέως διαδεδομένα στα φυσικά ύδατα, παρότι μόνο μερικά είδη πρωτόζωων είναι παθογόνα. Κάτω από αντίξοες συνθήκες διαβίωσης, τα πρωτόζωα δημιουργούν κύστες, οι οποίες είναι δύσκολο να καταστραφούν ακόμα και αν αποξηρανθούν.

Πίνακας 3-2: Παθογόνα βακτήρια που σχετίζονται με το νερό

Γένος	Είδος	Ξενιστής	Νόσος	Οδός Μεταφοράς
<i>Salmonella</i>	<i>S. typhi</i>	Ανθρώπινο και	Τυφοειδής	Νερό και τροφές
	<i>S. enteritidis</i>	ζωικό εντερικό	πυρετός	παρασκευασμένες
	<i>S. typhimurium</i>	σύστημα, Μολυσμένο νερό, τροφή		με μολυσμένο νερό
<i>Shigella</i>	<i>S. sonnei</i>	Ανθρώπος	Σιγκέλλωση	Όπως παραπάνω
	<i>S. flexneri</i>			και ανθρώπινη
	<i>S. dysentericae</i>			επαφή
<i>Vibrio</i>	<i>V. cholera</i>	Ανθρώπος	Χολέρα	Μολυσμένο νερό, ανθρώπινη επαφή
<i>Leptospira</i>	<i>L. pomona</i>	Ανθρώπος	Λεπτοσπίρωση	Μολυσμένο νερό,
	<i>L. australis</i>			μεταφορά στο σίμα από ζώα
<i>E. coli</i>	Διάφορα	Θερμόαιμα ζώα	Μολύνσεις ουροποιητικού	Μολυσμένο νερό και τροφές

Πηγή: Kiely, 1996

3. 5 ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων πριν από τη διάθεσή τους μειώνει τις αρνητικές επιπτώσεις στους αποδέκτες, διαφυλάσσει την οικολογική ισορροπία και προστατεύει το περιβάλλον.

Οι μέθοδοι επεξεργασίας με φυσικές δυνάμεις είναι γνωστές ως φυσικές διεργασίες, ενώ οι μέθοδοι κατά τις οποίες η απομάκρυνση των ρυπογόνων ουσιών επιτυγχάνεται με χημικές και βιολογικές αντιδράσεις είναι γνωστές ως χημικές και βιολογικές διεργασίες.

Το βασικό τρίπτυχο που ενδιαφέρει στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι οι μικροοργανισμοί, η περιεχόμενη οργανική ύλη η οποία αποτελεί την τροφή των μικροοργανισμών και το οξυγόνο το οποίο είναι απαραίτητο για την ενέργεια και την επιβίωση των μικροοργανισμών (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).

Τα κύρια στάδια της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι τα παρακάτω:

- Προεπεξεργασία, κατά την οποία απομακρύνονται υλικά όπως πανιά, χαλίκια, άμμος, μικρά τεμάχια ξύλου και πλαστικού, λάδια, λίπη κ.λπ. τα οποία συνήθως προκαλούν ζημιές στο μηχανολογικό εξοπλισμό και προβλήματα στη συντήρηση και τη λειτουργία της Ε.Ε.Λ.
- Πρωτοβάθμια επεξεργασία, κατά την οποία απομακρύνεται ένα μέρος των αιωρούμενων στερεών και ένα μέρος των οργανικών ουσιών. Αυτό επιτυγχάνεται με το φυσικό φαινόμενο της καθίζησης.
- Δευτεροβάθμια επεξεργασία, κατά την οποία απομακρύνονται οι βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ουσίες και τα αιωρούμενα στερεά με τη χρήση βιολογικών και χημικών διεργασιών. Σημειώνεται ότι και η απολύμανση περιλαμβάνεται στον τυπικό ορισμό της συμβατικής δευτεροβάθμιας επεξεργασίας.
- Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση των θρεπτικών ουσιών, κατά την οποία απομακρύνονται οι βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ουσίες, τα αιωρούμενα στερεά και οι θρεπτικές ουσίες του αζώτου και του φωσφόρου και πάλι με τη χρήση βιολογικών και χημικών διεργασιών.
- Τριτοβάθμια επεξεργασία, κατά την οποία απομακρύνονται οι εναπομείνουσες από την δευτεροβάθμια επεξεργασία αιωρούμενες ουσίες, συνήθως με χρήση μέσου διήθησης.
- Προχωρημένη επεξεργασία, για την απομάκρυνση των αιωρούμενων αλλά και των διαλυμένων ουσιών που παραμένουν στα απόβλητα μετά τη συνηθισμένη βιολογική επεξεργασία, όταν αυτή απαιτείται σε διάφορες εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης του νερού. Η επεξεργασία αυτή επιτυγχάνεται με συνδυασμό φυσικών, βιολογικών και χημικών διεργασιών και συνήθως περιλαμβάνει διήθηση, χρήση μεμβρανών, αντίστροφη ώσμωση, προσρόφιση σε ενεργό άνθρακα, ιοντοεναλλαγή κ.ά. (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).

Τα τελευταία χρόνια έχουν κατασκευαστεί πολλά σύγχρονα έργα διαχείρισης και επεξεργασίας λυμάτων. (Εικ.3-1)



Εικόνα 3-1: Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (Ψυτάλλεια, Θεσσαλονίκη, Πάτρα)

Πηγή: Ευθύμιος Νταρακάς, 2010

Συνήθως, στις διαδικασίες καθαρισμού των υγρών αποβλήτων είναι η υποδοχή των υγρών αποβλήτων και η αφαίρεση ευμεγεθών στερεών συνήθως με σχάρες ή κόσκινα, η αφαίρεση λιπών και ελαίων (λιποσυλλέκτες) και η αφαίρεση της άμμου (αμμοσυλλέκτες). Στη συνέχεια απομακρύνονται ουσίες που καθίζουν στην δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης. Και με αυτό το στάδιο ολοκληρώνεται η πρωτοβάθμια επεξεργασία

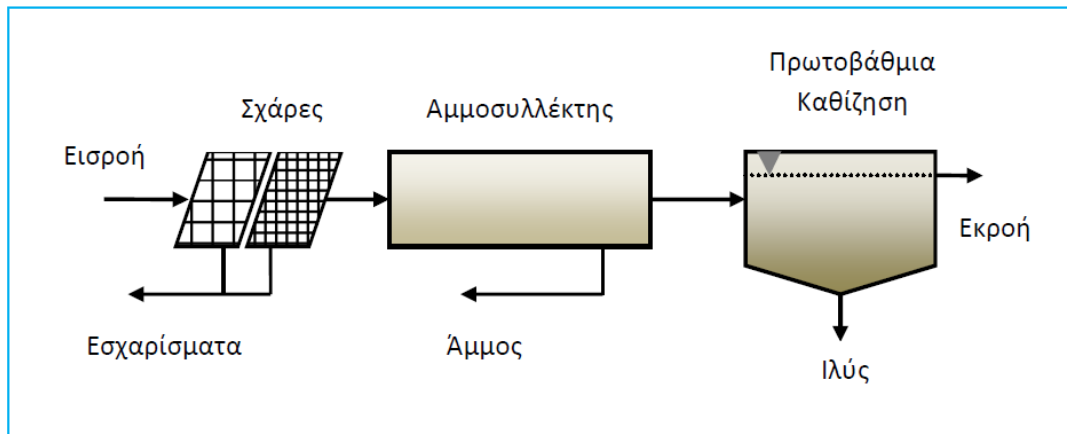
Η δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία περιλαμβάνει τον βιοαντιδραστήρα (δεξαμενή αερισμού) και την δεξαμενή τελικής καθίζησης. Τα λύματα που υπερχειλίζουν από την δεξαμενή τελικής καθίζησης απολυμαίνονται, συνήθως με χλωρίωση (Cl_2) και πιο σπάνια με υπεριώδη ακτινοβολία (UV) ή όζον (O_3) και διατίθενται σε κάποιον αποδέκτη. Εάν ο αποδέκτης των επεξεργασμένων εκροών είναι ευαίσθητος απομακρύνονται από τα απόβλητα και τα άλατα του αζώτου (N) και του φωσφόρου (P). Σε περιπτώσεις πολύ αυστηρών απαιτήσεων για τις εκροές, τα απόβλητα θα πρέπει να υποβληθούν και σε τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία η οποία περιλαμβάνει διήθηση, διεργασίες μεμβρανών, αντίστροφη ώσμωση κ.λπ.

Η ιλύς που προκύπτει από τις δεξαμενές καθίζησης οδηγείται προς πάχυνση (παχυντής), σταθεροποίηση (αερόβια ή αναερόβια) και αφυδάτωση είτε με φυσική ξήρανση (κλίνες ξήρανσης, χωμάτινες δεξαμενές, ηλιακή ακτινοβολία) είτε με μηχανική αφυδάτωση (ταινιοφιλτρόπρεςες, φυγοκεντρικοί διαχωριστές). Η σταθεροποιημένη και αφυδατωμένη ιλύς διατίθεται σε χώρους που προβλέπονται.

3.5.1 ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Στην πρωτοβάθμια επεξεργασία περιλαμβάνεται ο εσχαρισμός, η αμμοσυλλογή, η λιποσυλλογή και η πρωτοβάθμια καθίζηση. Στο συγκεκριμένο τμήμα της εγκατάστασης

απομακρύνονται από τα λύματα όλες οι ανόργανες φερτές ύλες και από τις οργανικές ουσίες αυτές που καθιζάνουν και αυτές που επιπλέουν.(Εικ.3-2)



Εικόνα 3-2: Πρωτοβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων

Πηγή: Ευθύμιος Νταρακάς, 2010

Η απόδοση της επεξεργασίας είναι :

- ✓ Μείωση αιωρούμενων σωματιδίων (TSS) κατά 40 – 50 %.
- ✓ Μείωση οργανικού φορτίου ως BOD₅ κατά 25 – 30 %.

3.5.1.1 ΕΣΧΑΡΩΣΗ

Τα λύματα μόλις εισέλθουν στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, διέρχονται από σχάρες όπου συγκρατούνται τα ευμεγέθη στερεά όπως τεμάχια ξύλου, πανιά, γυαλιά, πλαστικά, φλοιοί φρούτων και λαχανικών κ.λπ. τα οποία είναι δυνατόν να προκαλέσουν εμφράξεις στις σωληνώσεις και τις αντλίες της εγκατάστασης παρεμποδίζοντας την επεξεργασία των λυμάτων (Εικ.3-3).



Εικόνα 3-3 : Σχάρες

Πηγή: Ευθύμιος Νταρακάς, 2010

Με τις σχάρες επιτυγχάνεται :

- Μείωση αιωρούμενων σωματιδίων (TSS) κατά 5 – 10 %.
- Μείωση οργανικού φορτίου ως BOD₅ κατά 0 – 10 %.

3.5.1.2 ΕΞΑΜΜΩΣΗ ΚΑΙ ΛΙΠΟΣΥΛΛΟΓΗ (ΑΜΜΟΣΥΛΛΕΚΤΕΣ)

Με την συγκεκριμένη διαδικασία απομακρύνεται η άμμος από τα λύματα. Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την εξάμμωση ονομάζονται αμμοσυλλέκτες και η λειτουργία τους βασίζεται είτε στην επίδραση της βαρύτητας είτε στην επίδραση της φυγόκεντρης δύναμης.

Η διάταξη της εξάμμωσης, δηλαδή ο αμμοσυλλέκτης (Εικ.3-4), είναι στην πραγματικότητα μια δεξαμενή καθίζησης στην οποία τα διακεκριμένα στερεά τα οποία βρίσκονται σε υγρό με μικρότερη πυκνότητα, επιταχύνονται μέχρις ότου φθάσουν να κινούνται με μια τερματική ή οριακή ταχύτητα. Τότε η δύναμη βαρύτητας εξισορροπείται με τη οπισθέλκουσα δύναμη με αποτέλεσμα την καθίζηση των στερεών. Ο στόχος είναι ο διαχωρισμός των κόκκων άμμου, των σωματιδίων αργίλου ή των άλλων αδρανών υψηλής πυκνότητας, με διάμετρο

μεγαλύτερη από 200 μm που δεν είναι οργανικά και έχουν ταχύτητες καθίζησης σημαντικά μεγαλύτερες από εκείνες των οργανικών στερεών. Η ταυτόχρονη καθίζηση και μικρής ποσότητας οργανικών ουσιών αντιμετωπίζεται με διατάξεις πλύσης της άμμου οι οποίες τοποθετούνται στους αμμοσυλλέκτες. Στους αμμοσυλλέκτες τα λύματα δεν είναι στάσιμα αλλά βρίσκονται σε συνεχή ροή. Συνεπώς και η ροή (στρωτή ή τυρβώδης) παίζει σημαντικό ρόλο καθώς επίσης και η θερμοκρασία των λυμάτων (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).



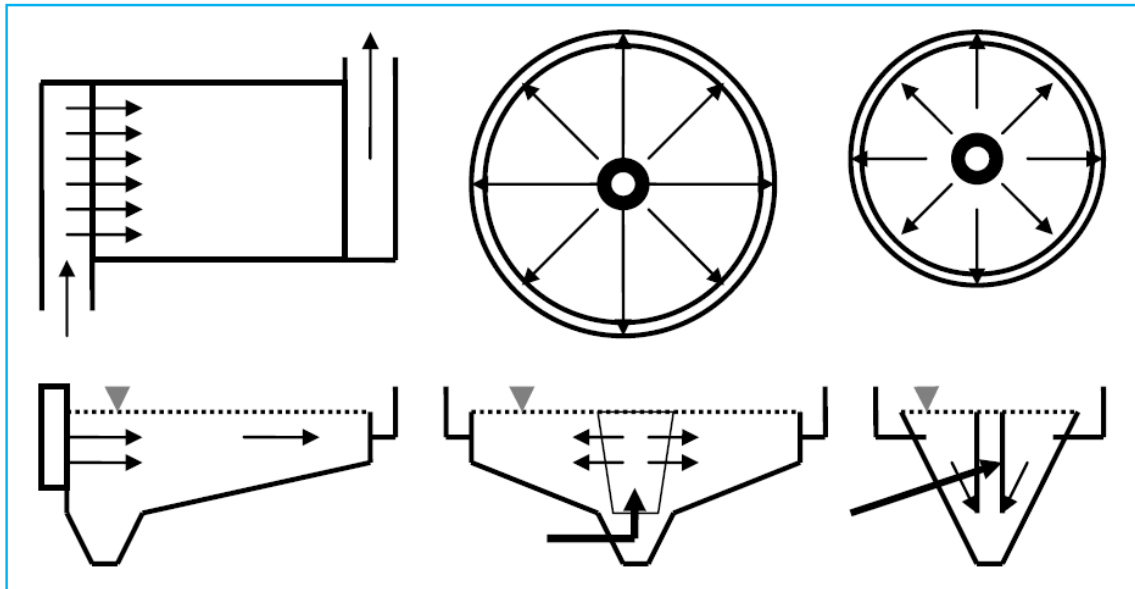
Εικόνα 3-4: Αμμοσυλλέκτες

Πηγή: Ευθύμιος Νταρακάς, 2010

3.5.1.3 ΚΑΘΙΖΗΣΗ

Με την καθίζηση (Εικ.3-5,3-6,3-7) επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός από τα λύματα των ουσιών που καθιζάνουν και αυτών που επιπλέουν. Πρόκειται για μια φυσική διεργασία διαχωρισμού των αιωρούμενων σωματιδίων, το ειδικό βάρος των οποίων είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του νερού. Για σωματίδια με μέσο μέγεθος μεγαλύτερο από 100 μm και συγκέντρωση μεγαλύτερη από 50 mg/lit, η καθίζηση είναι η κατ' εξοχήν εφαρμοζόμενη μέθοδος διαχωρισμού. Στηρίζεται στο φαινόμενο της βαρύτητας και εφαρμόζεται για την απομάκρυνση διαφόρων στερεών που καθιζάνουν.

Η ευρεία χρήση της καθίζησης οφείλεται στην απλότητα της μεθόδου, παρά τις περιπλοκές που παρουσιάζουν πολλές φορές διάφορες δεξαμενές καθίζησης, και στη μικρή κατανάλωση ενέργειας (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).



Εικόνα 3-5 : Δεξαμενές καθίζησης

Πηγή: Ευθύμιος Νταρακάς, 2010



Εικόνα 3-6: Δεξαμενές καθίζησης

Πηγή: www.mhhe.com/engcs/civil/.../chapter1.pdf



Εικόνα 3-7 : Ορθογώνια δεξαμενή καθίζησης

Πηγή: Ευθύμιος Νταρακάς, 2010

Με την πρωτοβάθμια καθίζηση επιτυγχάνεται :

- Μείωση αιωρούμενων σωματιδίων (TSS) κατά 40 – 50 %.
- Μείωση οργανικού φορτίου ως BOD₅ κατά 25 – 30 %.

3.5.2 ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία των αστικών λυμάτων ακολουθεί συνήθως την πρωτοβάθμια και αποσκοπεί στη περαιτέρω μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου (BOD) και των αιωρούμενων στερεών (S.S.), ενώ ακόμα μπορεί να στοχεύει στη μείωση των αζωτούχων (N) και φωσφορικών (P) ενώσεων, που μπορεί να υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Με δεδομένο ότι το κυριότερο ρυπαντικό φορτίο στα αστικά λύματα είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος (σε ποσοστό περίπου 70 %) οργανικής σύνθεσης, η βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στηρίζεται στη βιοχημική αποικοδόμηση και μετατροπή των πολύ λεπτών και διαλυμένων οργανικών ουσιών σε συσσωματώματα, τα οποία στη συνέχεια απομακρύνονται με καθίζηση. Διακρίνεται ανάλογα με τους μικροοργανισμούς οι οποίοι παίζουν το

σπουδαιότερο ρόλο και είναι υπεύθυνοι για τη διάσπαση και τη σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών σε:

- **αερόβια**, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς,
- **αναερόβια**, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση από αναερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς και
- **αερόβια-αναερόβια**, κατά την οποία επιτυγχάνεται διάσπαση και σταθεροποίηση και από τα τρία είδη των οργανισμών (αερόβιοι, αναερόβιοι και επαμφοτερίζοντες).

Κατά τη βιολογική διεργασία οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν ένα μέρος της τροφής (του υποστρώματος) σε διεργασίες αποσύνθεσης, εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη για τις λειτουργικές τους ανάγκες ενέργεια, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούν ένα άλλο μέρος του υποστρώματος για τη σύνθεση της κυτταρικής τους δομής.

3.5.2.1 ΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

Η απομάκρυνση και η σταθεροποίηση της διαλυμένης και της σωματιδιακής οργανικής ύλης που βρίσκεται στα λύματα επιτυγχάνεται βιολογικά με τη χρήση αερόβιων μικροοργανισμών, κυρίως βακτηρίων. Οι μικροοργανισμοί λαμβάνουν ενέργεια καταναλώνοντας στοιχειακό οξυγόνο (O_2) και οξειδώνουν το οργανικό υλικό των αποβλήτων (την τροφή τους) σε διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), νερό (H_2O) και επιπρόσθετη βιομάζα (νέα κύτταρα) (σχήμα 4.2.1). Τα θρεπτικά συστατικά (N και P) απαιτούνται για τη μετατροπή της οργανικής ύλης σε απλά τελικά προϊόντα. Η αμμωνία (NH_3) που υπάρχει στα απόβλητα οξειδώνεται από ειδικά βακτήρια σε νιτρώδη (NO_2^-) και νιτρικά (NO_3^-) άλατα σε μια διαδικασία η οποία ονομάζεται νιτροποίηση και τα νιτρικά άλατα μετατρέπονται από άλλα ειδικά βακτήρια σε αέριο άζωτο (N_2) σε μια διαδικασία η οποία ονομάζεται απονιτροποίηση. Έτσι απομακρύνεται το άζωτο από τα απόβλητα. Για την απομάκρυνση του φωσφόρου, οι βιολογικές διεργασίες διαμορφώνονται έτσι ώστε να προάγουν την ανάπτυξη βακτηρίων με την ικανότητα να απορροφούν και να αποθηκεύουν μεγάλα ποσά ανόργανου φωσφόρου.

3.5.2.2 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

Κατά την αναερόβια διεργασία, η βιολογική αποικοδόμηση του οργανικού υλικού πραγματοποιείται απουσία οξυγόνου με τη δράση αναερόβιων μικροοργανισμών, οι οποίοι

αναπτύσσονται χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας τις οργανικές ενώσεις. Τα βασικότερα προϊόντα της αναερόβιας διεργασίας, είναι μεθάνιο (CH_4), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), υδρόθειο (H_2S), υδρογόνο (H_2), αμμωνία (NH_3) και αναερόβια βιομάζα. Η δημιουργία των προϊόντων εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας, τα χαρακτηριστικά της τροφοδοσίας και τα εμπλεκόμενα είδη των μικροοργανισμών

3.5.2.3 ΑΕΡΟΒΙΑ-ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

Πρόκειται για συστήματα μικτής επεξεργασίας η οποία πραγματοποιείται σε δεξαμενές ή λίμνες σταθεροποίησης, όπου στο ανώτερο στρώμα διατηρούνται αερόβιες συνθήκες εξαιτίας του ατμοσφαιρικού οξυγόνου ή του παραγόμενου από τα φύκια οξυγόνου με τη διεργασία της φωτοσύνθεσης, ενώ στο κατώτερο στρώμα όπου δεν διεισδύει το φως επικρατούν αναερόβιες συνθήκες.

Οι δεξαμενές σταθεροποίησης (Εικ.3-8) είναι σχετικά μικρού βάθους λεκάνες με επίπεδο πυθμένα και συνήθως κατασκευάζονται με χωμάτινο ανάχωμα. Το σχήμα και οι ακριβείς διαστάσεις των λιμνών ποικίλουν ανάλογα με τη διεργασία, τον τύπο των αποβλήτων (ποσότητα, ποιοτικά χαρακτηριστικά) και το κλίμα της περιοχής. Το σχήμα μπορεί να είναι στρογγυλό, τετράγωνο ή ορθογώνιο (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).



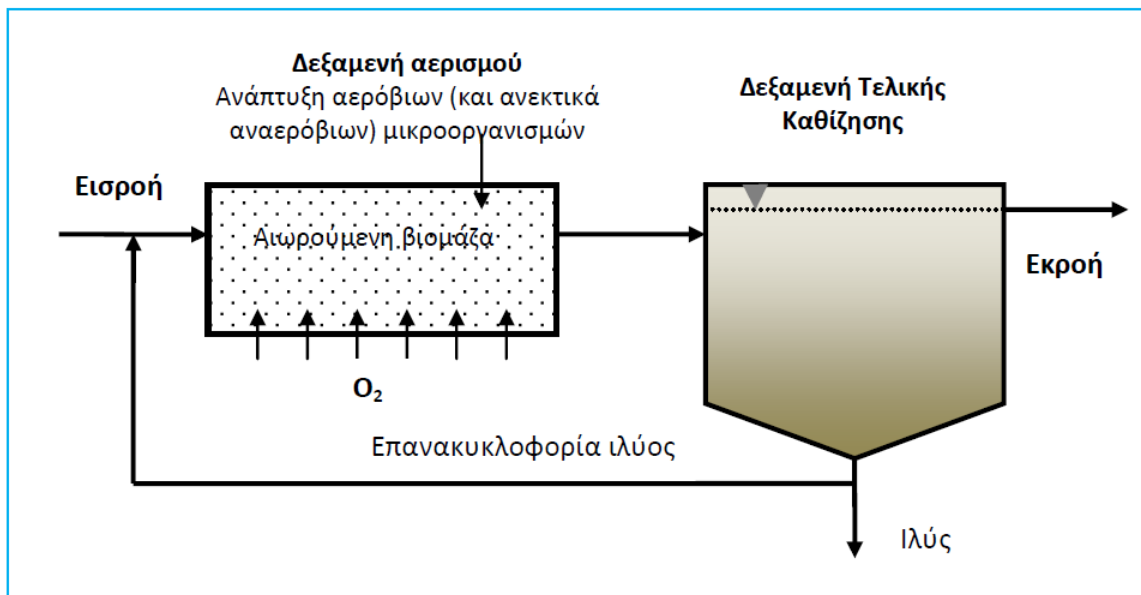
Εικόνα 3-8 : Δεξαμενές ή λίμνες σταθεροποίησης λυμάτων

Πηγή: Ευθύμιος Νταρακάς, 2010

3.5.3 ΑΕΡΟΒΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

3.5.3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ

Στα αερόβια συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Εικ.3-9) κυριαρχεί η μέθοδος της «ενεργού ιλύος». Η ενεργός ιλύς αποτελείται από μια συσσωμάτωση ζωντανών και νεκρών μικροοργανισμών που δεν έχουν ακόμα αποσυντεθεί, οργανικών αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών που δεν έχουν απομακρυνθεί στο στάδιο της προεπεξεργασίας των αποβλήτων, οργανικών ουσιών κολλοειδούς υφής, ενδιάμεσων προϊόντων βιολογικής αποικοδόμησης οργανικών ενώσεων και αδρανών στερεών που δεν επιδέχονται αποσύνθεση. Η μέθοδος της ενεργού ιλύος εφαρμόζεται σε έναν αριθμό παραλλαγών που παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και κάθε εφαρμογή έχει τις ιδιαιτερότητές της. Η διαδικασία συνίσταται από δύο βασικές διεργασίες, τον αερισμό και την καθίζηση.



Εικόνα 3-9: Αερόβια βιολογική επεξεργασία

Πηγή: Ευθύμιος Νταρακάς, 2010

Στη δεξαμενή αερισμού ή δεξαμενή ενεργού ιλύος ή βιοαντιδραστήρα, παρέχεται ο κατάλληλος χρόνος για την ανάμιξη και τον αερισμό των εισερχόμενων υγρών αποβλήτων με την αιωρούμενη βιομάζα, δηλαδή το μικροβιακό εναιώρημα, το οποίο γενικά αναφέρεται ως αιωρούμενα στερεά ανάμικτου υγρού (Mixed Liquor Suspended Solids, MLSS) και πτητικά στερεά ανάμικτου υγρού (Mixed Liquor Volatile Suspended Solids, MLVSS) που είναι ουσιαστικά το οργανικό περιεχόμενο των MLSS. Η δεξαμενή ενεργού ιλύος προσφέρει

το κατάλληλο περιβάλλον όπου η αιωρούμενη βιολογικά ενεργός μάζα, αυξάνεται συνεχώς. Οι μικροοργανισμοί προσροφούν διαλυμένες οργανικές ενώσεις, τις οξειδώνουν και τις απομακρύνουν από το ρεύμα των αποβλήτων.

3.5.4 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΑΛΑΤΩΝ

3.5.4.1 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΑΖΩΤΟΥ

Το άζωτο και ο φώσφορος είναι δυο πολύ σημαντικά στοιχεία με ιδιαίτερη σημασία στην επεξεργασία των λυμάτων. Τα θρεπτικά άλατα, δηλαδή οι αζωτούχες και οι φωσφορικές ενώσεις που υπάρχουν στα υγρά απόβλητα, αποτελούν απαραίτητα συστατικά για την επιβίωση των βακτηρίων στους βιοαντιδραστήρες, πρέπει όμως οπωσδήποτε να απομακρυνθούν ώστε να μην δημιουργήσουν προβλήματα αποξυγόνωσης και ευτροφισμού στον τελικό αποδέκτη.

Όταν η ουρία (NH_2CONH_2) εισέρχεται στο νερό μετατρέπεται σε αμμωνία (NH_3). Η αμμωνία βρίσκεται στα απόβλητα είτε με τη μορφή των αμμωνιακών (NH_4^+) ιόντων είτε με τη μορφή της ελεύθερης αμμωνίας (NH_3) σε αέρια μορφή.

Η διεργασία της νιτροποίησης – απονιτροποίησης στοχεύει στην απομείωση των αμμωνιακών που περιέχονται στα απόβλητα και εφαρμόζεται μαζί με την βιολογική οξείδωση του οργανικού φορτίου (BOD) στα συστήματα της ενεργού ιλύος, γιατί έχει πλεονεκτήματα όπως υψηλό βαθμό απόδοσης, σταθερότητα και αξιοπιστία, εύκολο έλεγχο και σχετικά χαμηλό κόστος (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).

3.5.4.2 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ

Ο φώσφορος (P) πρέπει να απομακρυνθεί από τα απόβλητα για τον ίδιο λόγο που απομακρύνονται οι ενώσεις του αζώτου. Η συγκέντρωση του φωσφόρου στην εκροή των Ε.Ε.Λ. καθορίζεται από τον χαρακτηρισμό (ωφέλιμες χρήσεις) του αποδέκτη. Συνήθως όταν πρόκειται για ευαίσθητους αποδέκτες, θεωρείται ικανοποιητική η ποσότητα του φωσφόρου στην απορροή όταν αυτή δεν υπερβαίνει τα 2,0 mg/l. Η πρακτική που ακολουθείται πάντως, εφόσον αποφασίζεται απομάκρυνση του φωσφόρου, αποβλέπει στην απομάκρυνση της τάξης του 90 έως και 95 %.

Οι επιστημονικά παραδεκτές μέθοδοι απομάκρυνσης του φωσφόρου από τα υγρά απόβλητα είναι η βιολογική και η χημική μέθοδος. Κάθε μια έχει διαφορετικό βαθμό απόδοσης, αλλά και διαφορετικά λειτουργικά έξοδα. Η χημική μέθοδος με τη χρήση κροκιδωτικών

εφαρμόστηκε με μεγάλη επιτυχία και απόδοση. Τα τελευταία χρόνια και η βιολογική μέθοδος απομάκρυνσης του φωσφόρου κερδίζει έδαφος. Στα κύρια πλεονεκτήματά της ανήκουν οι μειωμένες δαπάνες σε χημικά και η μικρότερη παραγωγή ιλύος, συγκριτικά με τη χημική καθίζηση.

Η βιολογική απομάκρυνση του φωσφόρου πραγματοποιείται στις εγκαταστάσεις με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος, ταυτόχρονα με τη βιολογική απομάκρυνση του οργανικού φορτίου. Η αποφωσφόρωση γίνεται συνήθως μόνη της αλλά πολλές φορές συνδυάζεται και με την απομάκρυνση του αζώτου (νιτροποίηση - απονιτροποίηση) στην ίδια δεξαμενή.

Η μονάδα βιολογικής αποφωσφόρωσης αποτελείται από μια δεξαμενή αναερόβιων συνθηκών κατασκευασμένη πριν από τη δεξαμενή ενεργού ιλύος όπου τα λύματα έρχονται σε επαφή κάτω από αναερόβιες συνθήκες με την ιλύ επανακυκλοφορίας. Τα λύματα μετά τη δεξαμενή βιολογικής αποφωσφόρωσης εισέρχονται μέσω υποβρύχιας οπής στο δάπεδο της δεξαμενής απονιτροποίησης. Στον πυθμένα κάθε διαδρόμου της δεξαμενής βιολογικής επεξεργασίας εγκαθίσταται υποβρύχιος αναμικτήρας για καλή ανάμειξη των περιεχόμενων λυμάτων και ικανοποιητική επαφή βιομάζας και λυμάτων (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).

3.5.5 ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

3.5.5.1 ΔΙΗΘΗΣΗ

Η διαδικασία της διήθησης περιλαμβάνει πολλές παραλλαγές όπως η διήθηση χώρου, η διήθηση επιφάνειας κ.α. που βασίζονται στη διήθηση του νερού, με βαρύτητα ή υπό πίεση, με διάφορους συνδυασμούς διηθητικών μέσων όπως η άμμος, ο ανθρακίτης και διάφορες συνθετικές ίνες και μεμβράνες.

Η διήθηση σε πολλαπλή κλίνη αποτελεί την πιο διαδεδομένη διάταξη προχωρημένης επεξεργασίας και των υγρών αποβλήτων και αποσκοπεί κυρίως στην απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, τα οποία διαφεύγουν από τις δεξαμενές καθίζησης. Οι συνήθεις διατάξεις βασίζονται στη διήθηση των επεξεργασμένων αποβλήτων, με βαρύτητα ή υπό πίεση, σε κλίνες αποτελούμενες από αλληπάλληλα στρώματα άμμου και ανθρακίτη.

3.5.5.2 MEMBRANES

Η χρήση των μεμβρανών στην προχωρημένη επεξεργασία του νερού και των υγρών αποβλήτων είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία που χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια και κερδίζει συνεχώς έδαφος έναντι άλλων διεργασιών. Τα βασικά της μειονέκτηματα είναι το

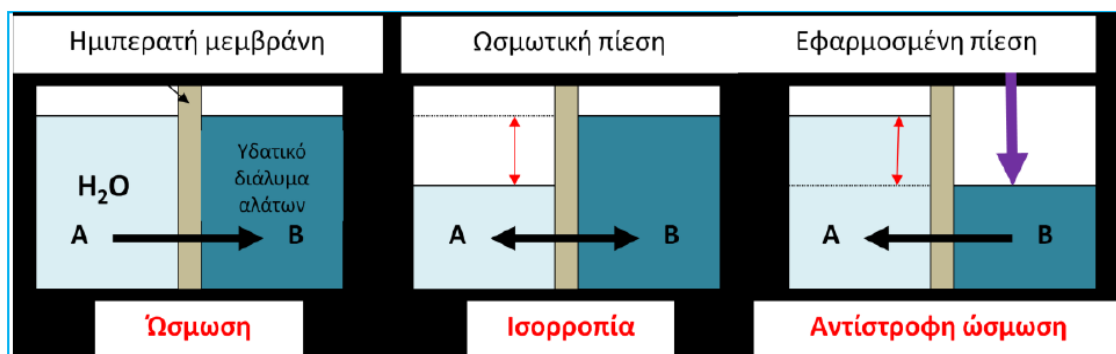
υψηλό κόστος και η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας που χρησιμοποιείται για την επίτευξη της απαιτούμενης υπερπίεσης. Επίσης, υπάρχουν μεγάλες απαιτήσεις για τακτικές αντικαταστάσεις ή καθαρισμό των μεμβρανών. Η επεξεργασία και διάθεση του παραγόμενου πυκνού διαλύματος είναι μείζονος σημασίας και παρουσιάζει μεγάλο επίπεδο δυσκολίας.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της χρήσης μεμβρανών κατά την τριτοβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων είναι ο μεγάλος βαθμός απομάκρυνσης οργανικού φορτίου και διαλυτών αλάτων (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).

3.5.5.3 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΟΣΜΩΣΗ

Η αντίστροφη ώσμωση είναι μια μέθοδος αντιστροφής της φυσικοχημικής διεργασίας που καλείται ώσμωση (Εικ.3-10). Είναι μια διεργασία κατά την οποία μια μεμβράνη δρα σαν μοριακό φίλτρο που συγκρατεί τα διαλυμένα συστατικά ενός υδατικού διαλύματος. Η διεργασία αυτή χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό διαλυτών συστατικών του νερού. Ωθούσα δύναμη είναι η πίεση που εφαρμόζεται σε ένα υδατικό διάλυμα η οποία υπερβαίνει την ωσμωτική πίεση του διαλύματος έναντι μιας ημιπερατής μεμβράνης. Η δύναμη αυτή εξαναγκάζει τη διέλευση καθαρού νερού διαμέσου της ημιπερατής μεμβράνης και όχι των διαλυτών συστατικών του. Η βασική εφαρμογή της αντίστροφης ώσμωσης είναι η αφαλάτωση του νερού.

Όταν δύο διαλύματα διαφορετικής συγκέντρωσης, π.χ. αποσταγμένο νερό και υδατικό διάλυμα αλάτων, διαχωρίζονται από μια ημιπερατή μεμβράνη, τότε το καθαρό νερό διέρχεται διαμέσου της μεμβράνης από το διάλυμα (Α), δηλαδή το αποσταγμένο νερό, προς το διάλυμα (Β) με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση. Η ωσμωτική ροή συνεχίζεται μέχρι να επιτευχθεί ισορροπία, η οποία χαρακτηρίζεται από την υψηλότερη στάθμη του διαλύματος με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση. Αυτή η κατάσταση ισορροπίας είναι γνωστή ως οσμωτική και η διαφορά της στάθμης των διαλυμάτων αντιστοιχεί στην οσμωτική πίεση του συστήματος των δύο διαλυμάτων. Εάν στο διάλυμα Β εφαρμοστεί εξωτερική πίεση μεγαλύτερη από την οσμωτική, τότε αντιστρέφεται η ροή και καθαρό νερό διέρχεται διαμέσου της μεμβράνης από το διάλυμα Β προς το διάλυμα Α. Η διεργασία αυτή ονομάζεται αντίστροφη ώσμωση (Reverse Osmosis RO). Το νερό που προκύπτει είναι εξαιρετικά καθαρό (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).



Εικόνα 3-10 : Σχηματική παράσταση της όσμωσης, της οσμωτικής ισορροπίας και της αντίστροφης όσμωσης

Πηγή: Ευθύμιος Νταρακάς, 2010

3.5.6 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η απολύμανση των υγρών αποβλήτων γίνεται

- με χλωρίωση (Cl_2) (Εικ.3-11)
- με οζόνωση (O_3) (Εικ.3-13)
- με υπεριώδη ακτινοβολία (UV) (Εικ.3-12)



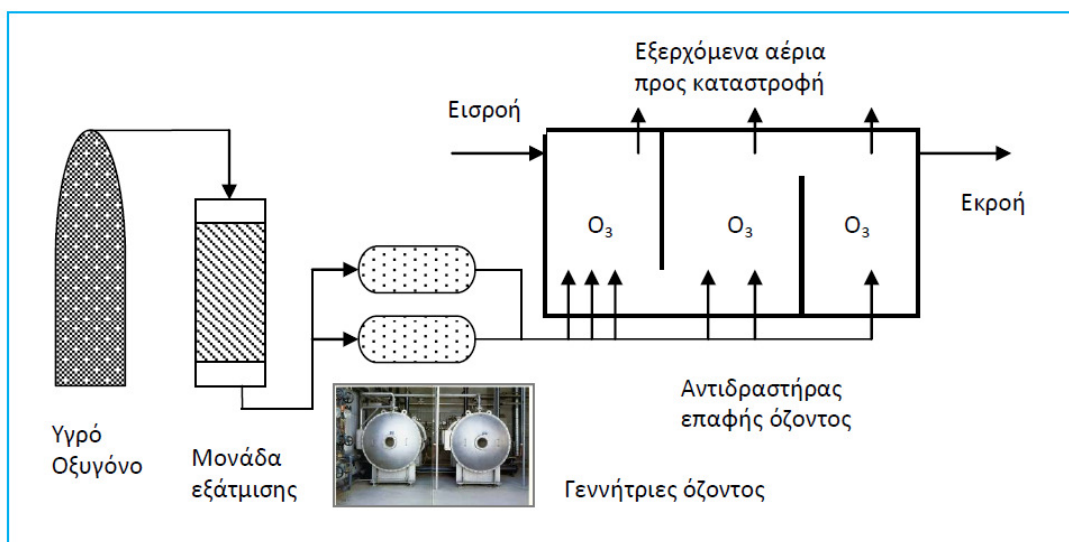
Εικόνα 3-11 : Μαιανδρικές δεξαμενές χλωρίωσης

Πηγή: Ευθύμιος Νταρακάς, 2010



Εικ.3-12 : Απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία

Πηγή: Ευθύμιος Νταρακάς, 2010



Εικόνα 3-13 : Τυπικό διάγραμμα ροής απολύμανσης υγρών αποβλήτων με όζον

Πηγή: Ευθύμιος Νταρακάς, 2010

Ο στόχος των παραπάνω είναι η καταστροφή ή αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών ώστε να προστατευτεί η δημόσια υγεία. Όλες οι μέθοδοι απολύμανσης στοχεύουν στην καταστροφή των βακτηρίων, των ιών και των λοιπών μικροοργανισμών που πιθανό να είναι φορείς ασθενειών ή μπορούν να εξελιχθούν σε τέτοιους.

Το απολυμαντικό μέσο χρειάζεται να είναι δραστικό σε όλες τις κατηγορίες μικροοργανισμών που παρουσιάζονται ή πρόκειται να παρουσιασθούν στο σύστημα, η εφαρμογή του να είναι οικονομική και να μην δημιουργεί παρενέργειες στο σύστημα. Επίσης δεν πρέπει να διευκολύνει την ανεξέλεγκτη ανάπτυξη ανεπιθύμητων ειδών, να μην δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους για το προσωπικό και το περιβάλλον.

Στα λύματα υπάρχουν παθογόνοι μικροοργανισμοί. Με τις επί μέρους διαδικασίες κατά την επεξεργασία των λυμάτων απομακρύνεται ένα μεγάλο ποσοστό αυτών των μικροοργανισμών.

- Στις σχάρες επιτυγχάνεται ποσοστό απομάκρυνσης 10 – 20 % περίπου,
- στους αμμοσυλλέκτες 10 – 25 % περίπου και κατά την καθίζηση απομακρύνεται ποσοστό της τάξης του 25 – 75 %.
- Με τη βιολογική επεξεργασία επιτυγχάνεται απομάκρυνση του 90 – 98 % των μικροοργανισμών.

Η απολύμανση με τη χρήση ισχυρών οξειδωτικών παραγόντων (Cl_2 , ClO_2 , O_3) ή με υπεριώδη ακτινοβολία (UV) είναι απαραίτητη προκειμένου να αποφευχθεί η μικροβιακή

μόλυνση των φυσικών αποδεκτών γιατί αυτοί χρησιμοποιούνται για υδροληψία, κολύμβηση, αλιεία κ.λπ.

Μέσω της απολύμανσης επιτυγχάνεται καταστροφή ή αδρανοποίηση των μικροοργανισμών που περιέχονται στα λύματα, σε ποσοστό της τάξης του 98 – 99,9 %, ώστε αυτοί να μην είναι ικανοί να μεταδώσουν ασθένειες στα ζώα και τους ανθρώπους. Με τον όρο «αδρανοποίηση» εννοείται όχι απαραίτητα θανάτωση των μικροοργανισμών αλλά παρεμπόδιση της ανάπτυξης ή της δυνατότητας αναπαραγωγής (Ευθύμιος Νταρακάς, 2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4^ο

4. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

4.1 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ

Τα τελευταία χρόνια αυξάνονται οι απαιτήσεις για νερό καθώς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αυξημένη χρήση του νερού. Με τις νέες τεχνικές επεξεργασίας λυμάτων υπάρχει η δυνατότητα κατεργασίας του νερού και επίτευξης παραγωγής νερού υψηλής ποιότητας από λύματα. Το νερό που παράγεται από τα λύματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλούς τομείς της οικονομίας από την χρήση του για άρδευση έως και την χρήση του από τα νοικοκυριά για καθημερινή χρήση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν πολλά οφέλη, όπως η προστασία του περιβάλλοντος αλλά και οικονομικά οφέλη αφού υπάρχει εξοικονόμηση των υδάτινων πόρων. Πάντα, όμως, χρειάζεται μια πολιτική ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών διαθεσίμων να ακολουθείται, σε διαφορετική περίπτωση θα υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις στο ανθρώπινο και φυσικό περιβάλλον.

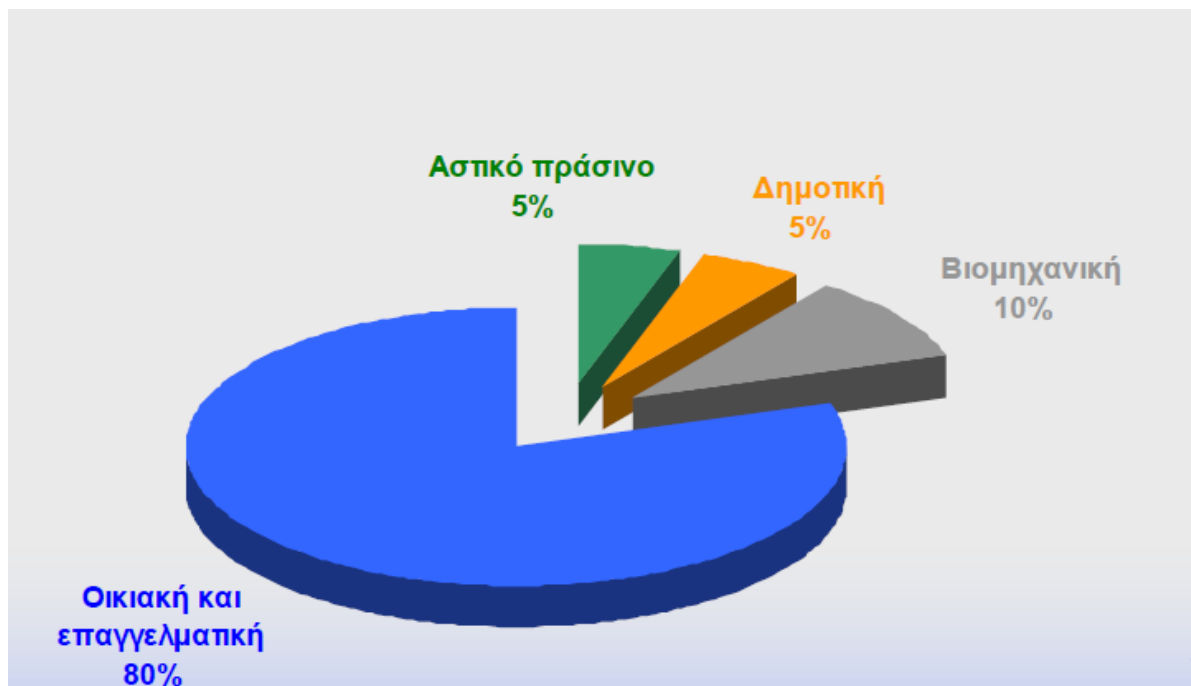
4.2 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες από τις δυνατότητες αξιοποίησης των λυμάτων:

- Οικιακή επαναχρησιμοποίηση
- Αστική χρήση (Πυρόσβεση, air condition, δημόσιες τουαλέτες)
- Επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία (πύργοι ψύξης, λέβητες, βαριές κατασκευές)
- Άρδευση περιαστικού πρασίνου και καλλιεργειών (φυτώρια)
- Άρδευση αστικού πρασίνου και άλλες δημοτικές χρήσεις (άρδευση πάρκων, γήπεδα γκολφ, νεκροταφεία)
- Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων (αποθήκευση για αρδευτικούς σκοπούς)
- Αναψυχή (λίμνες, τεχνητό χιόνι, ενίσχυση χειμάρρων, ψαρότοποι)

Σε κάθε μια περίπτωση από τις παραπάνω χρειάζεται προχωρημένη επεξεργασία πέραν της βιολογικής με αναμενόμενη αύξηση του κόστους των εγκαταστάσεων κατά 20-25% (Ειδική Γραμματεία Υδάτων ΥΠΕΚΑ, 2011).

Με βάση στατιστικά στοιχεία, το 10 % του πληθυσμού καταναλώνει τρόφιμα που έχουν αρδευτεί με επεξεργασμένα λύματα (Μανδηλαρά, 2009).

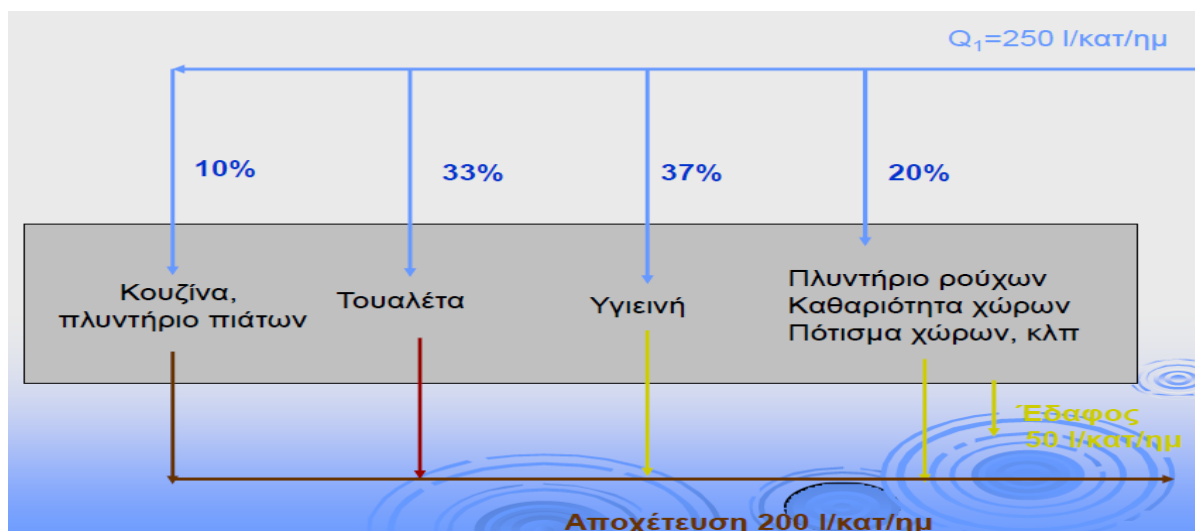


Σχήμα 4-1: Κατανομή κατανάλωσης

Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων ΥΠΕΚΑ, 2011

4.2.1 ΟΙΚΙΑΚΗ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ

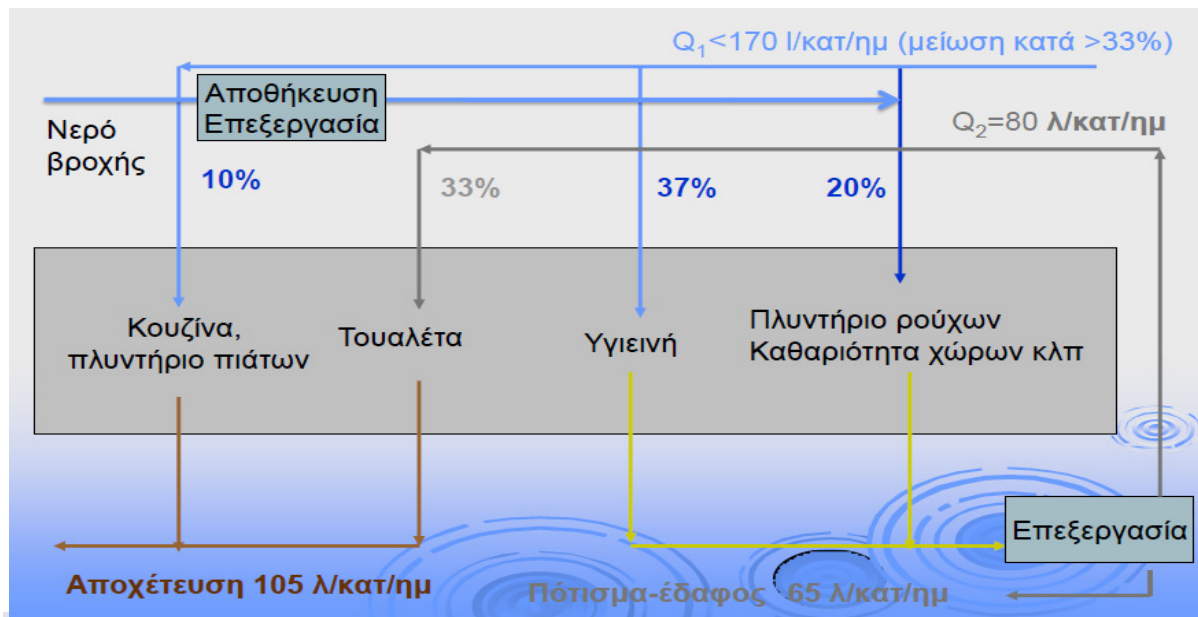
Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η οικιακή κατανάλωση, εφόσον λάβουμε την κατανάλωση ανά κάτοικο ίσο με 250 λίτρα/κατ/ημ. (Σχ.4-2).



Σχήμα 4-2: Οικιακή κατανάλωση, Υφιστάμενο σύστημα διαχείρισης

Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων ΥΠΕΚΑ, 2011

Το νερό μετά τη χρήση του στην υγιεινή, στο πλυντήριο ρούχων και στην καθαριότητα των οικιακών χώρων, υφίσταται επεξεργασία και ένα μέρος τροφοδοτεί την τουαλέτα και το άλλο το πότισμα (Σχ.4-3).



Σχήμα 4-3: Δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης (γκρι νερό)

Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων ΥΠΕΚΑ, 2011

Στην οικιακή κατανάλωση, το ποσό του νερού που μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί είναι της τάξης των $100 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / \text{έτος}$. Το σύστημα της συγκεκριμένης διαχείρισης είναι δαπανηρό και παρουσιάζει πρακτικές δυσκολίες, όπως την κατασκευή εγκαταστάσεων σε κάθε σπίτι και τη κατασκευή του αντίστοιχου δικτύου επανατροφοδότησης. Μελλοντικά αποτελεί έναν μακροπρόθεσμο στόχο που εντάσσεται στο πλαίσιο μια μελλοντικής διαχείρισης με επί τούτου επεξεργασία και ανακύκλωση χωρίς κεντρικά συστήματα συλλογής και επεξεργασίας (Ειδική Γραμματεία Υδάτων ΥΠΕΚΑ, 2011).

Σύμφωνα με την οδηγία 91/271 της Ευρωπαϊκής ένωσης (Για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων), τα κράτη μέλη πρέπει να μεριμνήσουν ώστε όλοι οι οικισμοί να διαθέτουν δίκτυα επεξεργασίας αστικών λυμάτων (Μανδηλαρά, 2009).

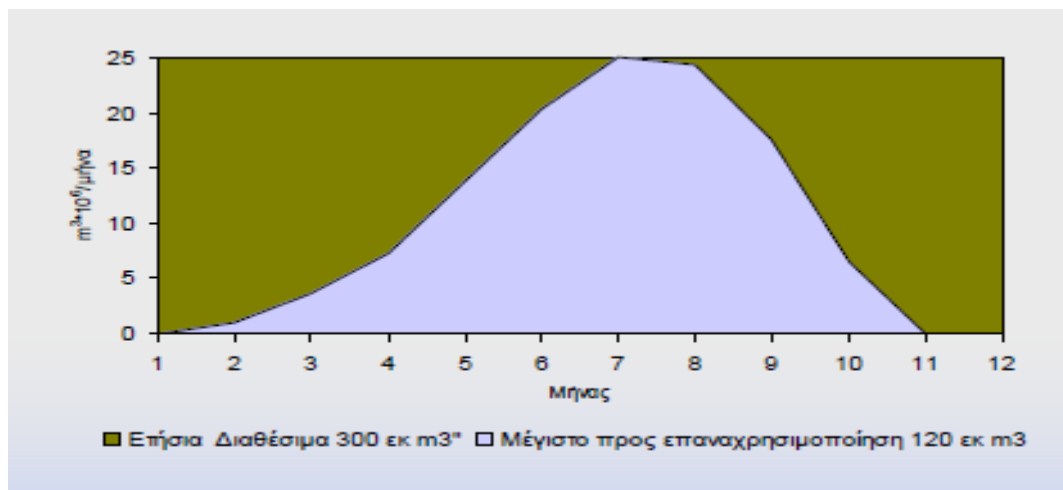
4.2.2 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΙΗΣΗ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ

Η άρδευση αποτελεί την πιο μαζική χρήση νερού, ιδιαίτερα σε ξηρές περιοχές.

Στις Η.Π.Α. η άρδευση αντιπροσωπεύει το 34% - 40% της συνολικής χρήσης νερού, ενώ στις πολιτείες Καλιφόρνια και Αριζόνα το 80 με 85%. Στο Ισραήλ αποτελεί το 73.1% και στην Ελλάδα το 83.7%.

Επίσης, και σε υγρές περιοχές η άρδευση εφαρμόζεται συμπληρωματικά των βροχοπτώσεων. Παγκοσμίως, η αγροτική άρδευση αποτελεί το 70% της συνολικής χρήσης νερού και υπερβαίνει κάθε άλλη χρήση κατά τουλάχιστον 1000%.

Όταν οι υδατικοί πόροι μιας περιοχής δεν επαρκούν για την ικανοποίηση της ζήτησης (αστικής και γεωργικής), τότε επιλέγεται το διαθέσιμο νερό να χρησιμοποιηθεί δύο φορές: αρχικά για αστική χρήση και μετά να επαναχρησιμοποιηθεί για άρδευση αφού πρώτα υποστεί κάποια επεξεργασία. Έτσι σήμερα λειτουργούν αρκετά συστήματα επαναχρησιμοποίησης που παρέχουν ανακτημένο νερό για αγροτική άρδευση. Στις Η.Π.Α. μόνο υπάρχουν 3000 τέτοιες περιπτώσεις. Στις αναπτυσσόμενες χώρες η εφαρμογή λυμάτων στο έδαφος αποτελούσε πάντα και συνεχίζει να αποτελεί τον κύριο τρόπο διάθεσης των αστικών λυμάτων και ικανοποίησης των αρδευτικών αναγκών. π.χ. στην Κίνα 1.33 - 106 εκτάρια αγροτικής γης αρδεύονται με ανεπεξέργαστα ή μερικώς επεξεργασμένα αστικά λύματα, ενώ στο Μεξικό πάνω από 70000 εκτάρια αρδεύονται με απόβλητα (Ιωάννης Πασχαλινός,2009). Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η μηνιαία κατανομή της επαναχρησιμοποίησης του νερού για άρδευση αστικού και περιαστικού πρασίνου και καλλιεργειών.(Σχ.4-4)



Σχήμα 4-4: Μηνιαία κατανομή της επαναχρησιμοποίησης του νερού για άρδευση αστικού και περιαστικού πρασίνου και καλλιεργειών

Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων ΥΠΕΚΑ, 2011

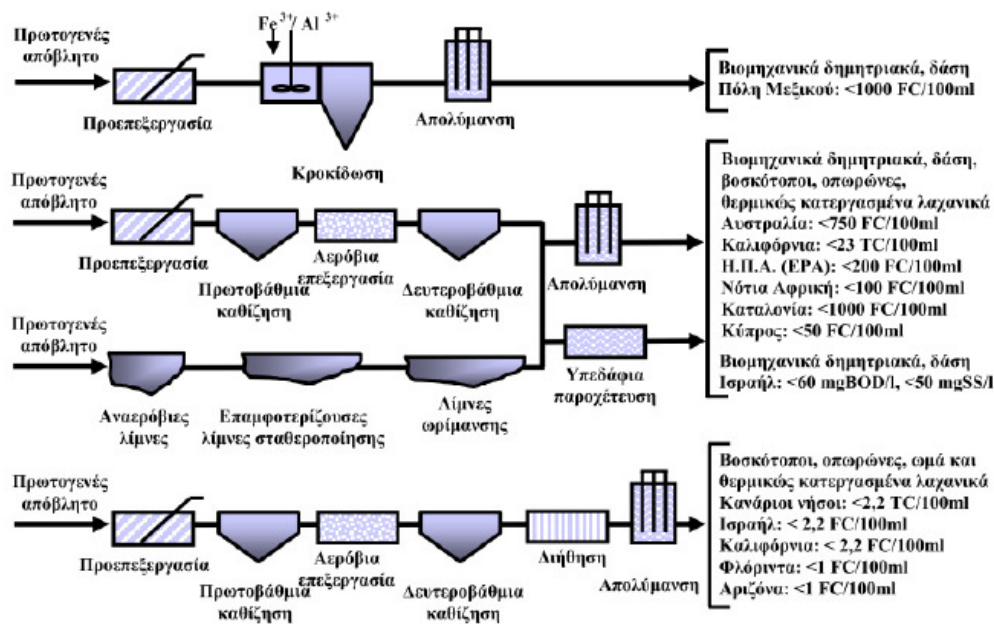
Χρησιμοποιώντας λύματα για άρδευση, γίνεται φυσική προσθήκη θρεπτικών συστατικών στο έδαφος, όπως άζωτο, φωσφόρος, κάλιο, ψευδάργυρος, βόριο και θείο, που βοηθούν την ανάπτυξη των φυτών. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό της ποσότητας λίπανσης που χορηγείται στις καλλιέργειες με τις κλασσικές μεθόδους.

Η τυπική περιεκτικότητα των επεξεργασμένων λυμάτων σε θρεπτικά συστατικά είναι: άζωτο 50 mg/L, φωσφόρος 10 mg/L. Θεωρώντας ότι η απαιτούμενη ποσότητα άρδευσης είναι 400-600 m³/στρέμμα, ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας, προκύπτει ότι, αρδεύοντας τις καλλιέργειες με επεξεργασμένα αστικά λύματα προσφέρεται ετησίως: άζωτο 20-30 Kg/στρέμμα και φωσφόρος 4-6 Kg/στρέμμα. Έτσι οι απαιτούμενες ποσότητες σε θρεπτικά συστατικά μπορούν να προσφερθούν από τα επεξεργασμένα λύματα (Πανώρας & Ηλίας, 1999).

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Γεωργίας και Τροφίμων (FAO), τα φυτά που αρδεύονται με επεξεργασμένα λύματα ταξινομούνται σε μια φθίνουσα σειρά κινδύνου μεταφοράς παθογόνων μικροοργανισμών στον άνθρωπο (Πανώρας & Ηλίας, 1999):

- Λαχανικά που καταναλώνονται νωπά
- Λαχανικά που καταναλώνονται μαγειρεμένα
- Ανθοκομικά είδη που καλλιεργούνται σε θερμοκήπια
- Φρούτα που καταναλώνονται με τη φλούδα
- Γρασίδια σε χώρους αναψυχής
- Φρούτα που καταναλώνονται χωρίς τη φλούδα
- Γρασίδια με περιορισμένη πρόσβαση στο κοινό
- Φυτά που προορίζονται για ζωοτροφές
- Βιομηχανικά φυτά.

Γενικά, καλλιέργειες που καταναλώνονται νωπές απαιτούν υψηλή ποιότητα επεξεργασμένων λυμάτων, απαλλαγμένων από παθογόνους μικροοργανισμούς (Σχ.4-5, Πίν.4-1).



Σχήμα 4-5: Τυπικά σχήματα ανάκτησης λυμάτων για γεωργική χρήση

Πηγή: Μανδηλαρά, 2009

Πίνακας 4-1: Εθνικά και τοπικά κριτήρια της Ιταλίας για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στη γεωργία (Barbagalo et al., 2000, Bonomo et al., 1999)

Περιγραφή	Κριτήρια Ποιότητας	
	Μικροβιακή ποιότητα	Άλλες παράμετροι
Εθνικά κριτήρια <ul style="list-style-type: none"> Καλλιέργειες που καταναλώνονται ωμές (Απεριόριστη άρδευση) Βοσκότοποι (Περιορισμένη άρδευση) 	2 TC/100ml 20 TC/100ml	
Puglie <ul style="list-style-type: none"> Απεριόριστη άρδευση Περιορισμένη άρδευση 	2 TC/100ml 20 TC/100ml	15mg/l BOD ₅ , 40mg/l COD, 10mg/l TSS, 0,2 mg/l υπολειμματικό χλώριο, 6,5-8,5 pH
Emilia Romagna <ul style="list-style-type: none"> Απεριόριστη άρδευση Περιορισμένη άρδευση 	2 TC/100ml 20 TC/100ml	
Sicilia <ul style="list-style-type: none"> Περιορισμένη άρδευση <p>• Απαγορεύεται η άρδευση καλλιεργειών που έρχονται σε απευθείας επαφή με τα επεξεργασμένα λύματα</p>	3000 TC/100ml 1000 FC/100ml 1 αυγό νηματοειδών ανά λίτρο Μη ανιχνεύσιμη σαλμονέλα	40mg/l BOD ₅ , 160mg/l COD, 30mg/l TSS, 6,5-8,5 pH

Πηγή: Μανδηλαρά, 2009

4.2.3 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Η βιομηχανία πρόκειται να αποτελέσει μελλοντικά σημαντικό χρήστη των ανακτημένων αστικών λυμάτων. Τα αστικά λύματα είναι κατάλληλα για πολλές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν νερό το οποίο δεν χρειάζεται να έχει την ποιότητα του πόσιμου.

Οι κύριες βιομηχανικές χρήσεις των αστικών λυμάτων είναι:

- το νερό ψύξης,
- το νερό τροφοδοσίας λεβήτων και
- το νερό κατεργασίας ή βιομηχανικό νερό.

Η κυρίαρχη όμως χρήση που παρουσιάζει την μεγαλύτερη ζήτηση είναι το νερό ψύξης.

4.2.4 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ

Αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος

Τα αστικά λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής.

Η χρήση ανακτημένων λυμάτων για αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής περιλαμβάνει:

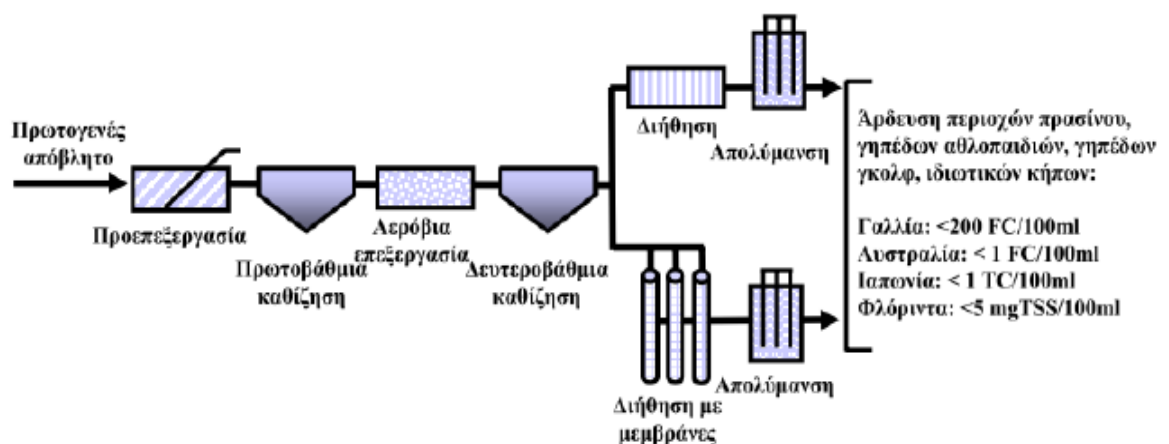
- 1) την δημιουργία τεχνητών υδροβιότοπων ή την διατήρηση φυσικών
- 2) την δημιουργία χώρων αναψυχής
- 3) την αύξηση της παροχής επιφανειακών ρευμάτων
- 4) διάφορες άλλες χρήσεις.

Σκοπός τους είναι η δημιουργία ενός περιβάλλοντος στο οποίο θα μπορεί να αναπτυχθεί η ζωή στο φυσικό περιβάλλον και η ανάπτυξη μιας περιοχής με αυξημένη αισθητική αξία.

Αστική επαναχρησιμοποίηση

Τα συστήματα αστικής επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων παρέχουν ανακτημένο νερό για οποιαδήποτε χρήση εκτός της πόσης σε αστικές περιοχές. Οι ποσότητες των επεξεργασμένων λυμάτων που χρησιμοποιούνται σήμερα για αστική χρήση παγκοσμίως είναι πολύ περιορισμένες και προβλέπεται ότι θα παραμείνουν σε χαμηλά επίπεδα και στο προσεχές μέλλον. Η τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί στον τομέα αυτό έχει μεγάλο επιστημονικό και κοινωνικό ενδιαφέρον. Μερικές μικρές κοινότητες λόγω της δυσκολίας ανάπτυξης άλλων διαθέσιμων υδατικών πόρων αναπτύσσουν και υλοποιούν μελέτες για τέτοια συστήματα. Μερικές από τις αστικές χρήσεις στις οποίες χρησιμοποιούνται τα αστικά λύματα είναι το πότισμα δημόσιων πάρκων και κέντρων αναψυχής, αθλητικών γηπέδων, σχολικών αυλών,

γηπέδων παιχνιδιού, νησίδων και κρασπέδων αυτοκινητοδρόμων, νεκροταφείων και κήπων που περιβάλουν δημόσια κτίρια και εγκαταστάσεις, κήπων μονοκατοικιών και πολυκατοικιών, γενικό πλύσιμο και άλλες εργασίες συντήρησης, εμπορικές χρήσεις, όπως οι εγκαταστάσεις πλυσίματος οχημάτων, το πλύσιμο παραθύρων, το νερό ανάμιξης για ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα και υγρά λιπάσματα, πυροπροστασία, κ.λ.π. Για τον ορθολογικό σχεδιασμό των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης των ανακτημένων υγρών αποβλήτων για αστική χρήση, οι σημαντικότεροι παράγοντες που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι η αξιοπιστία εξυπηρέτησης και η προστασία της δημόσιας υγείας (Σχ.4-6).



Σχήμα 4-6: Τυπικό σχήμα ανάκτησης λυμάτων για αστική χρήση

Πηγή: Μανδηλαρά, 200

Φόρτιση υπόγειων υδροφορέων

Η χρησιμοποίηση επεξεργασμένων αποβλήτων για τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με σκοπό είτε την αποτροπή της διείσδυσης της θάλασσας στους υπόγειους υδροφορείς, είτε την ανύψωση της στάθμης υφισταμένων υπόγειων υδροφορέων, είτε την αποθήκευση νερού για σκοπούς άρδευσης ή ακόμη και ύδρευσης μετά από κατάλληλη επεξεργασία είναι μια πρακτική που χρησιμοποιείται όλο και πιο συχνά.

Υπάρχουν, όμως, ερωτήματα σχετικά με την υγεία των καταναλωτών και την αντίστοιχη μέθοδο επεξεργασίας για την επίτευξη της βέλτιστης ποιότητας για μετατροπή των λυμάτων σε πόσιμο νερό.

Στην Καλιφόρνια χρησιμοποιούνται απόβλητα επεξεργασμένα σε ποιότητα πόσιμου νερού για την φόρτιση του υπόγειου υδροφορέα που χρησιμοποιείται για ύδρευση, με σκοπό την διατήρηση της ισοδυναμικής επιφάνειας μεταξύ υδροφορέα και θάλασσας. Μετά από

χρονοβόρες έρευνες διαπιστώθηκε ότι η ποιότητα του υπογείου ύδατος διατηρήθηκε σταθερή, ενώ σχεδιάζεται επέκταση της παροχής φόρτισης (από 57.000 m³/d σε περίπου 200.000 m³/d).

4.3 ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ

Οδηγία Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.):

Το 1989, κατά τη διαδικασία διαμόρφωσης των ισχυουσών οδηγιών επαναχρησιμοποίησης λυμάτων διερευνήθηκαν, από τον Π.Ο.Υ. με την υποστήριξη της Παγκόσμιας Τράπεζας και άλλων διεθνών οργανισμών, οι ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες μέτρων για τη μείωση ή εξάλειψη των κινδύνων μετάδοσης ασθενειών κατά την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση.

Οι τέσσερις αυτές κατηγορίες είναι οι εξής:

- Επεξεργασία των λυμάτων,
- Περιορισμός των τύπων των αρδευόμενων καλλιεργειών,
- Επιλογή μεθόδου άρδευσης
- Έλεγχος της ανθρώπινης έκθεσης στους παθογόνους μικροοργανισμούς των λυμάτων του εδάφους ή των καλλιεργειών.

Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην επιλογή του τύπου των αρδευόμενων καλλιεργειών και στον βάσει αυτού διαχωρισμό της άρδευσης σε δύο κατηγορίες. Την «περιορισμένη» άρδευση η οποία αφορά καλλιέργειες με προϊόντα που δεν τρώγονται ωμά και την «απεριόριστη» η οποία μπορεί να εφαρμοσθεί σε κάθε τύπο καλλιέργειας αλλά και για πότισμα γηπέδων, πάρκων, κ.λπ. Είναι πάντως γεγονός ότι η οδηγία του Π.Ο.Υ. βασίζεται κυρίως στα δεδομένα των επιδημιολογικών ερευνών σε συνδυασμό με μία εμφανή προσπάθεια ρεαλιστικής αντιμετώπισης των δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στις αναπτυσσόμενες χώρες, και θέτει όχι ιδιαίτερα αυστηρά κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά, όμως έχουν υποστεί και εξακολουθούν να υφίστανται έντονη κριτική στις αναπτυγμένες χώρες.

Κανονισμός Πολιτείας Καλιφόρνια, Η.Π.Α.:

Η πολιτεία της Καλιφόρνιας έχει μακρά ιστορία επαναχρησιμοποίησης λυμάτων και θεσμοθέτησε τον πρώτο σχετικό κανονισμό το 1918. Ο κανονισμός αυτός έχει υποστεί αναθεωρήσεις και επεκτάσεις και με τη σημερινή του μορφή, όπως διαμορφώθηκε το 1978,

αποτελεί τη βάση για τα κριτήρια επαναχρησιμοποίησης όχι μόνο στην Καλιφόρνια αλλά και σε άλλες πολιτείες των Η.Π.Α. και χώρες του κόσμου.

Στον κανονισμό της Καλιφόρνιας και για την κατηγορία της περιορισμένης άρδευσης γίνονται περαιτέρω διαφοροποιήσεις που αφορούν βοσκοτόπους, επιφανειακή άρδευση βρώσιμων καλλιεργειών, πότισμα γηπέδων, γκολφ, νεκροταφείων κ.λπ., καθώς και ορισμένες κατηγορίες τεχνητών λιμνών, όπου αναγνωρίζεται μία έστω και σχετικά περιορισμένη πιθανότητα επαφής με παθογόνους μικροοργανισμούς.

Τέλος, στην περίπτωση της απεριόριστης επαναχρησιμοποίησης (η οποία περιλαμβάνει και την απεριόριστη άρδευση) κατά την οποία αναγνωρίζεται μεγάλη πιθανότητα άμεσης επαφής με το επαναχρησιμοποιούμενο νερό (είτε μέσω κολύμβησης ή μέσω κατανάλωσης προϊόντων που έχουν έρθει σε επαφή με το νερό άρδευσης), ο κανονισμός απαιτεί λύματα τα οποία πρακτικά είναι απαλλαγμένα από παθογόνους μικροοργανισμούς.

Το Νομικό Πλαίσιο στον Ευρωπαϊκό χώρο:

Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία στερείται νομοθετικών ρυθμίσεων σχετικά με την απαιτούμενη ποιότητα των προς επαναχρησιμοποίηση λυμάτων. Μια γενική αναφορά στο θέμα γίνεται στην Οδηγία 91/271 της Ε.Ε. «...περί της επεξεργασίας υγρών αποβλήτων», όπου αναφέρεται (άρθρο 12, § 1) ότι: «Τα επεξεργασμένα λύματα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται, όποτε είναι σκόπιμο».

Πολλές από τις αιτίες για τη δυσκολία θέσπισης ενός ενιαίου Νομοθετικού πλαισίου έχουν ήδη αναφερθεί κατά την παρουσίαση και συναξιολόγηση της Οδηγίας του Π.Ο.Υ. και του κανονισμού της Καλιφόρνιας. Ειδικότερα, για τον χώρο της Ευρώπης σημαντική παράμετρος για την έλλειψη ενιαίας θεώρησης είναι η ανισοκατανομή των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Στο πλαίσιο αυτό η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων εμφανίζεται ως λύση στη Νότια Ευρώπη κυρίως, αλλά και στη Γαλλία και τη Μεγάλη Βρετανία. Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση εφαρμόζεται σε αρκετά εκτεταμένη κλίμακα στην Ισπανία, την Γαλλία και την Κύπρο, ενώ αυξανόμενο ενδιαφέρον παρατηρείται στην Ελλάδα, την Ιταλία και την Πορτογαλία.

Χώρες που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα προωθούν τη θέσπιση κριτηρίων, συνήθως με τη μορφή οδηγιών, όπως η Γαλλία η Ιταλία, η Κύπρος, η Ισπανία και η Ελλάδα. (<http://www.pure-hersonissos.gr/>)

4.4 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα η πρακτική της άμεσης εφαρμογής των λυμάτων δεν είναι συνηθισμένη. Η έμμεση χρήση διαμέσου των νερών των ποταμών και των λιμνών είναι συνηθισμένη. Από το Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικών Ερευνών (ΕΘΙΑΓΕ) έχουν εκπονηθεί τα τελευταία χρόνια πολλά ερευνητικά προγράμματα για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς ή τη δημιουργία τεχνητών υγροτόπων. Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων (Πανώρας, 1999) που αφορούν στην αρδευτική χρήση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων Θεσσαλονίκης στα ζαχαρότευτλα-βαμβάκι, προκύπτει ότι τα νερά μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάτω υπό προϋποθέσεις.

Στον Δήμο Χερσονήσου του Νομού Ηρακλείου, από το 2000, χρησιμοποιούνται τα επεξεργασμένα λύματα από τον βιολογικό καθαρισμό για αρδευτικούς σκοπούς, κυρίως για την άρδευση ελαιόδενδρων. Στη Χαλκίδα εγκαινιάστηκε τον Ιούλιο του 2002 έργο επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων, όπου περιλαμβάνει άρδευση 13.000 δένδρων στη ζώνη εργατικών κατοικιών στις παρυφές της πόλης. Έτσι επετεύχθη αλλαγή της εικόνας υποβαθμισμένων περιοχών και δημιουργήθηκαν χώροι αναψυχής για τους κατοίκους της πόλης. Επίσης σχεδιάζεται η βιομηχανική χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων για ψύξη στην υδροβόρο βιομηχανία ΤΣΙΜΕΝΤΑ ΧΑΛΚΙΔΑΣ, καθώς επίσης και για αστική χρήση (πλύσεις δρόμων, δασοπυρόσβεση) εξοικονομώντας πολύτιμους υδατικούς πόρους (Βουδούρης, 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5^ο

5. ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο τεχνητός εμπλουτισμός με επεξεργασμένα λύματα εμπεριέχει ένα ευρύ φάσμα προκλήσεων από τεχνικής πλευράς αλλά και από την άποψη της υγείας των χρηστών που πρέπει να αξιολογηθούν.

Κάποια βασικά ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν είναι τα παρακάτω (Asano and Wassermann, 1980; Roberts, 1980; NRC, 1994) :

- Ποια είδους επεξεργασία είναι διαθέσιμη για την παραγωγή νερού κατάλληλης ποιότητας για τον τεχνητό εμπλουτισμό;
- Πως αυτές οι επεξεργασίες εφαρμόζονται σε συγκεκριμένα μέρη;
- Πως αλλάζει η ποιότητα του νερού κατά τη διάρκεια της διήθησης και του φιλτραρίσματος και μέσα στον υπόγειο υδροφορέα;
- Πως οι διαδικασίες της διήθησης και του φιλτραρίσματος και της εισόδου του νερού στον υδροφορέα συμμετέχουν στο σύστημα της επεξεργασίας και ποια είναι η απόδοσή του και η αξιοπιστία του;
- Ποια είναι τα σημαντικά θέματα υγείας που πρέπει να επιλυθούν;
- Πως τα συγκεκριμένα θέματα επηρεάζουν την νομοθεσία για την εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού κατά την διαδικασία της φόρτισης αλλά και της ανάκτησης;
- Ποια είναι τα προβλήματα, τα πλεονεκτήματα και οι επιτυχίες που έχουν παρουσιαστεί κατά την διάρκεια της εφαρμογής;

Οι απαιτήσεις επεξεργασίας για τον τεχνητό εμπλουτισμό ποικίλουν και εξαρτώνται από το σκοπό του τεχνητού εμπλουτισμού, τις πηγές των ανακυκλωμένων λυμάτων, τις μεθόδους της φόρτισης και την τοποθεσία.

Παρόλο, που ο τεχνητός εμπλουτισμός είναι ένα είδος επεξεργασίας των λυμάτων, ένα συγκεκριμένο επίπεδο επεξεργασίας πρέπει να υπάρξει στα αστικά και άλλα λύματα πριν χρησιμοποιηθούν (T. Asano¹ and J. Cotruvo, 2003).

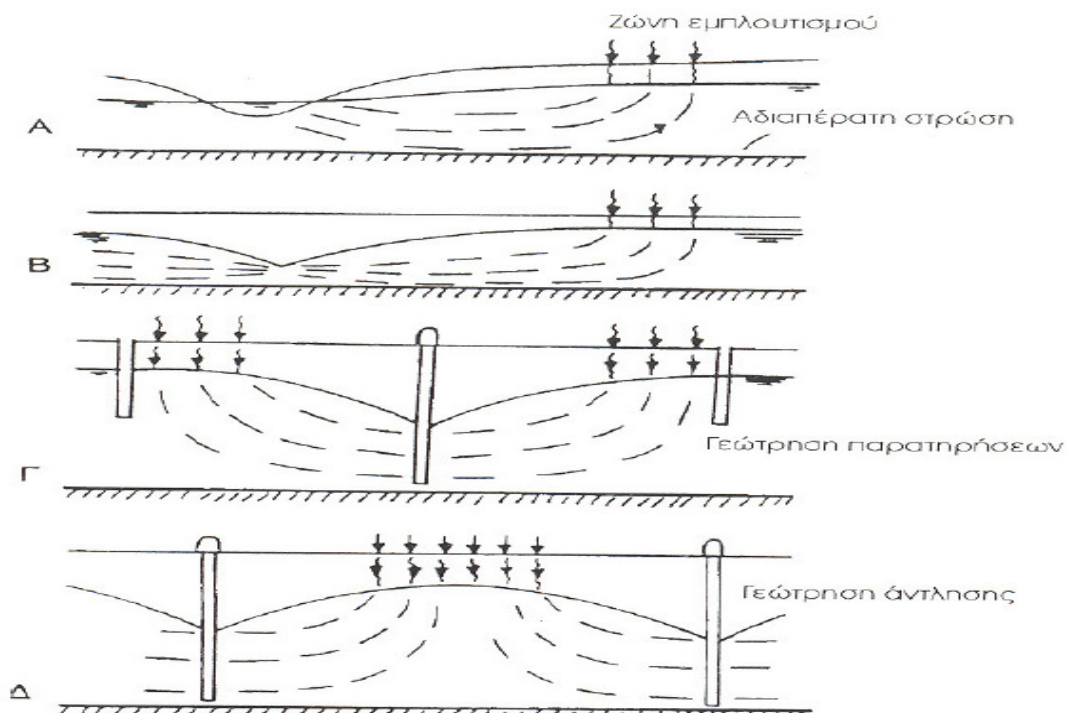
Η δομή του εδάφους μέσα από την οποία κατέρχονται τα επεξεργασμένα λύματα αποτελεί ένα είδος φίλτρου που συγκρατεί στερεά, οργανικές ενώσεις, βακτήρια, ιούς και μικροοργανισμούς.

Το επεξεργασμένο νερό κατά την είσοδό του στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα υφίσταται περαιτέρω φυσικοχημική επεξεργασία και ανάλογα την διάρκειά του μέσα στον υδροφορέα η επεξεργασία συνεχίζεται μέχρι να φτάσει να αποτελεί καθαρό νερό και ανακτηθεί από μια γεώτρηση.

Σημαντικό ρόλο παίζει η σύσταση του εδάφους αλλά και η γεωμετρία του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα καθώς επίσης και η βακτηριδιακή ανάλυση του υπόγειου νερού.

5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΧΕΙΑΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ

Ταχεία διήθηση ονομάζεται η ελεγχόμενη διάθεση μερικών επεξεργασμένων λυμάτων (π.χ. μετά από σηπτική δεξαμενή / καθίζηση) σε αβαθείς λεκάνες κατάκλισης που έχουν δημιουργηθεί σε εδάφη μέσης και υψηλής διαπερατότητας. Τα επεξεργασμένα λύματα κατεισδύουν και διηθούνται μέσα στο εδαφικό στρώμα και με τη βοήθεια των βακτηρίων του εδάφους αποδομούνται. Συνήθως η διαδικασία που εφαρμόζεται είναι ένα κυκλικό σχήμα φόρτισης των λεκανών έτσι ώστε να υπάρχει χρόνος για την αποκατάσταση των αερόβιων συνθηκών στη ζώνη διήθησης και τη μεγιστοποίηση της βιολογικής δράσης.



Σχήμα 5-1: Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου ταχεία διήθησης για εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα.

Πηγή: Bouwer, 1991

Στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η μέθοδος ταχείας διήθησης για τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφορέα. Συγκεκριμένα στο σχήμα (5-1Α) απεικονίζεται η ανάκτηση νερού από παρακείμενη λίμνη ή ρέμα. Στο σχήμα (5-1Β) απεικονίζεται η συλλογή νερού με υπόγεια στράγγιση. Στο σχήμα (5-1Γ) παρουσιάζεται η άντληση ύδατος μέσω κεντρικής γεώτρησης και στο σχήμα (5-1Δ) απεικονίζεται η άντληση ύδατος μέσω περιφερειακών γεωτρήσεων. Λόγω των υψηλών φορτίσεων που επιβάλλονται στα συστήματα αυτά και της μεγάλης διαπερατότητας του εδάφους είναι απαραίτητη η λεπτομερής γνώση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής ώστε να αποφευχθεί τυχόν μόλυνση των υπογείων νερών, πηγών, φρεάτων κ.λπ.

Η ύπαρξη βλάστησης δεν είναι απαραίτητη στη λειτουργία των συστημάτων ταχείας διήθησης αλλά η ανάπτυξη χλόης ή ζιζανίων δεν προκαλεί προβλήματα. Ο απαιτούμενος βαθμός προεπεξεργασίας των λυμάτων είναι τουλάχιστον πρωτοβάθμια καθίζηση ή μερική βιολογική επεξεργασία με αεριζόμενες λίμνες. Εδάφη κατάλληλα για την εφαρμογή της ταχείας διήθησης είναι αυτά με διαπερατότητες της τάξης των 0,05 - 0,2 m/h. Οι δόσεις εφαρμογής των λυμάτων κυμαίνονται αντίστοιχα 0,03 - 0,4 m/ημέρα. Συνήθως, αφού έχει εκτιμηθεί η ταχύτητα διήθησης του εδάφους εφαρμόζεται ένας συντελεστής ασφαλείας που κυμαίνεται από 4-10%. Έτσι προσδιορίζεται η δόση εφαρμογής και στην συνέχεια η απαιτούμενη επιφάνεια. Η συνολική επιφάνεια χωρίζεται συνήθως σε επτά ή περισσότερες επιμέρους κλίνες έτσι ώστε να φορτίζεται η κάθε κλίση επί μία ημέρα και να παραμένει ελεύθερη τις υπόλοιπες ώστε να αποκατασταθεί η αφομοιωτική της ικανότητα. Οι κλίνες σχηματίζονται με χωμάτινα φράγματα όσο το δυνατόν χαμηλότερου ύψους. Το φράγμα προς την εξωτερική πλευρά έχει αρκετό πλάτος ώστε να επιτρέπει τη κυκλοφορία οχημάτων. Το υγρό βάθος δεν ξεπερνά 0,5-0,9m. Ειδικά όταν χρησιμοποιούνται λεκάνες, η εφαρμογή των λυμάτων πραγματοποιείται για μια περίοδο 1-7 ημερών και διακόπτεται για 6-20 ημέρες. Στο σημείο της εισόδου των λυμάτων θα πρέπει να υπάρχει κατάλληλη διάταξη ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση του πυθμένα. Κατά την κατασκευή των κλινών θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την απομάκρυνση λεπτόκοκκων υλικών που θα μειώσουν τη διαπερατότητα.



Εικόνα 5-1: Λεκάνες ταχείας διήθησης

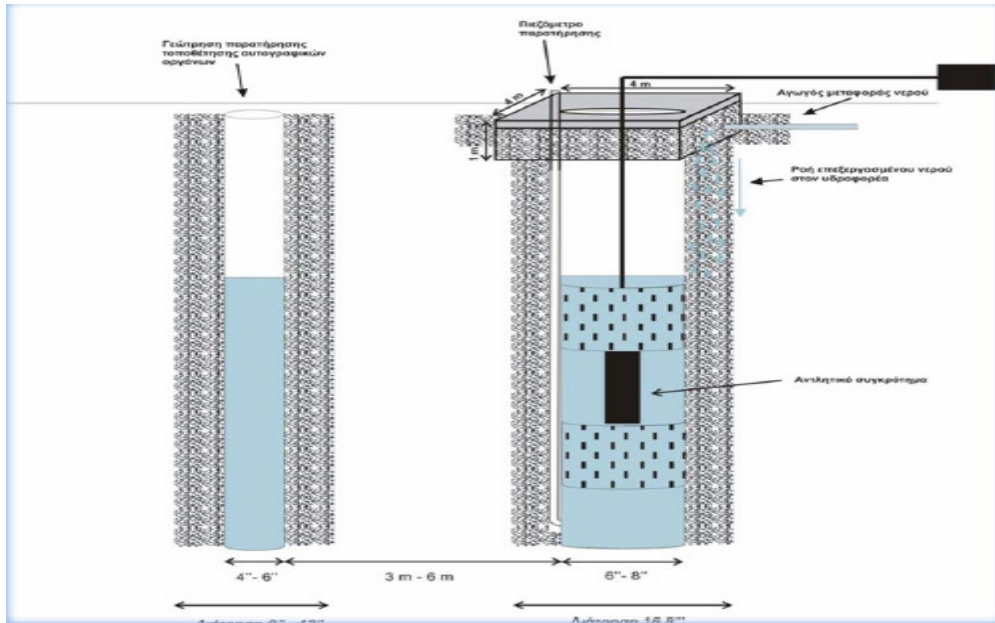
Πηγή: mycourses.ntua.gr/courses/.../Land_treatment.pdf

Τα κύρια πλεονεκτήματα του συστήματος είναι γενικά παρόμοια με αυτά της βραδείας εφαρμογής (εκτός από την χαμηλότερη απομάκρυνση παθογόνων), επιπλέον όμως εμφανίζει:

- Οι σχετικά περιορισμένες αναγκαίες εκτάσεις ($4-60 \text{ στρ./}10^3 \text{ m}^3/\text{d}$), σε σύγκριση με τα συστήματα βραδείας εφαρμογής.
- Η δυνατότητα εφαρμογής της μεθόδου και σε εκτάσεις χωρίς φυτική κάλυψη.
- Η σχετικά υψηλή απόδοση στην απομάκρυνση τόσο του οργανικού φορτίου.
- Η δυνατότητα εφαρμογής και σε εκτάσεις με μεγαλύτερες κλίσεις.
- Εφαρμογή καθ' όλη την περίοδο του έτους.

Τα κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου είναι γενικά παρόμοια με αυτά της βραδείας εφαρμογής (εκτός από τις μικρότερες απαιτούμενες εκτάσεις) αφορούν:

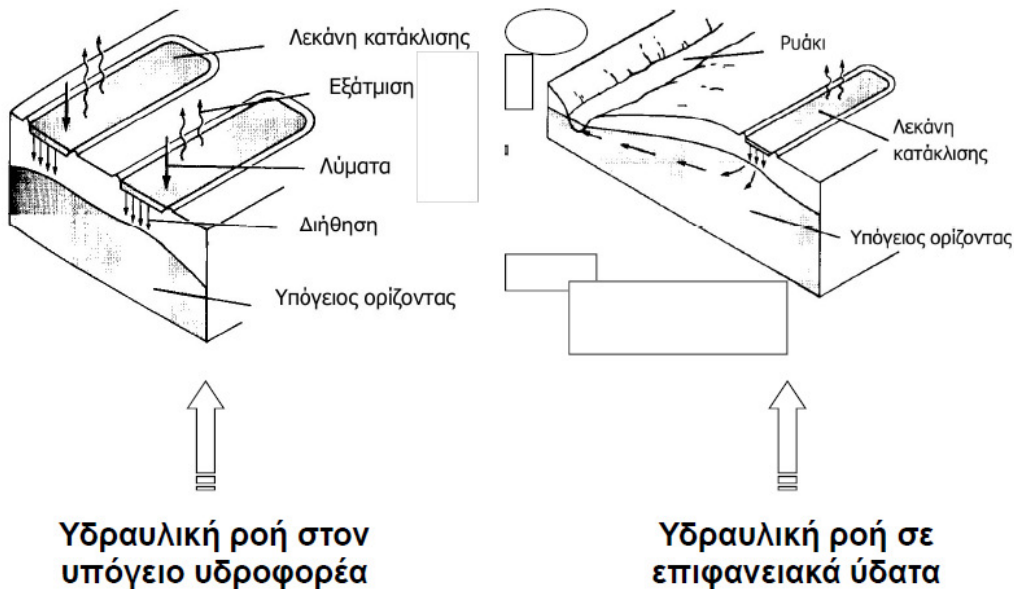
- Στην ανάγκη διαμόρφωσης των εκτάσεων που θα γίνει η εφαρμογή της μεθόδου (λεκάνες διήθησης, αύλακες).
- Εξάρτηση από κλιματολογικούς παράγοντες.
- Στην πιθανότητα ρύπανσης των υπόγειων υδροφορέων με νιτρικά.
- Αναγκαιότητα κατασκευής δεξαμενής εξισορρόπησης.



Σχήμα 5-2: Σκαρίφημα γεώτρησης εμπλουτισμού με επεξεργασμένα λύματα

Πηγή: Βουδούρης 2009

Στην Ελλάδα αναπτύσσονται γεωλογικοί σχηματισμοί κατάλληλοι για την αναγέννηση των οικιακών λυμάτων, δηλ. σχηματισμοί με μεγάλη ικανότητα αυτοκαθαρισμού και χαμηλή τρωτότητα (λεπτομερής φάση νεογενών, φλύσχης, φυλλίτες, σχιστογενέσιοι, λεπτόκκοκα τεταρτογενή ιζήματα) (Βουδούρης,2009).



Σχήμα 5-3: Σχηματική απεικόνιση μεθόδου ταχείας διήθησης

Πηγή: ΔΠΜΣ 'Επιστήμη και τεχνολογία υδατινών πόρων, Μάθημα: Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μικρής κλίμακας

5.3 ΘΕΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΤΕΧΝΗΤΟ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΟ ΝΕΡΟ

Ο τεχνητός εμπλουτισμός με ανακυκλωμένο νερό δημιουργεί ερωτήματα σχετικά με την υγεία των καταναλωτών όταν το νερό προέρχεται από ρυπασμένα ποτάμια και λεκάνες. Έχει συζητηθεί ότι όλες οι πηγές φυσικές ή ανακυκλωμένου νερού πρέπει να έχουν τις ίδιες προδιαγραφές (Ongerth και Ongerth, 1982). Η εφαρμογή σχετικά με την χρήση των λυμάτων εμπεριέχει περισσότερες απαιτήσεις από την χρήση νερού από φυσικές πηγές. Οποιαδήποτε είναι η πηγή, η χημική σύσταση παίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία των καταναλωτών. Σε υφιστάμενες πηγές, τα χημικά συστατικά χρειάζεται να βρεθούν και τα επικίνδυνα για την υγεία να αφαιρεθούν σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία. Υπάρχει διαφορά μεταξύ του νερού της φυσικής πηγής και του επεξεργασμένου και η νομοθεσία δεν είναι η ίδια, για αυτόν το λόγο δεν μπορεί να υπάρχει πλήρης αξιολόγηση. Χρειάζεται ανάλυση ρίσκου σχετικά με την χρήση του ανακυκλωμένου νερού και να απαντηθούν ορισμένα ερωτήματα, όπως αν είναι ικανή η εναλλακτική λύση της χρήσης των επεξεργασμένων λυμάτων και ποια είναι τα επίπεδα ρίσκου κατά τα οποία μπορεί να θεωρηθεί ικανή (Ongerth και Ongerth, 1982). Για παράδειγμα υπάρχει περίπτωση τα επεξεργασμένα λύματα της πόλης να περιέχουν φαρμακευτικές ουσίες οι οποίες χρίζουν ιδιαίτερης προσοχής λόγω των επιπτώσεών του στο περιβάλλον. Χρειάζονται ειδικές κατασκευές για την απομάκρυνσή τους πριν φτάσουν στον υπόγειο υδροφόρα.

5.4 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΛΩΡΙΔΑ ΤΗΣ ΓΑΖΑΣ

Οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ικανοποιούν μόνο τις ανάγκες της Βόρειας Γάζας και των γύρω επαρχιών. Δεν είναι, όμως, όλα τα σπύτια στις επαρχίες συνδεδεμένα στο αποχετευτικό δίκτυο. Παρόλο το συγκεκριμένο, τα τρία εργοστάσια είναι υπερφορτισμένα αφού η πραγματική ροή λυμάτων ξεπερνά την ροή σχεδιασμού. Σωλήνες που έχουν ξεχειλίσει και φρεάτια που έχουν πλημμυρίσει είναι καθημερινό φαινόμενο στη λωρίδα της Γάζας. Η μέγιστη χωρητικότητα των τριών εργοστασίων επεξεργασίας λυμάτων είναι περίπου 20.5 Mm³/έτος. Τα λύματα των βόρειων επαρχιών εκφορτίζονται στους κοντινούς αμμόλοφους προκαλώντας πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα στον υπόγειο υδροφόρα και στους κατοίκους. Τα εργοστάσια στη Γάζα εμπλουτίζουν τον υδροφόρα με

3.6 Mm³ όγκο επεξεργασμένων λυμάτων ετησίως μέσω των αμμωδών λεκανών διήθησης και η υπολειπόμενη ποσότητα 11.7 Mm³ εκφορτίζεται στην Μεσόγειο.

Το μέλλον της επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων φαίνεται να είναι πολλά υποσχόμενο στη λωρίδα της Γάζας. Η αναμενόμενη ποσότητα των λυμάτων που θα χρησιμοποιηθούν στη γεωργία θα αυξηθεί στα επόμενα 20 χρόνια εξοικονομώντας έτσι παραπάνω από τη μισή ποσότητα του νερού των υπόγειων υδροφορέων. Για την κατανομή του ανακυκλωμένου νερού στις αγροτικές περιοχές και στις λεκάνες διήθησης για τεχνητό εμπλουτισμό, προτείνεται να κατασκευαστεί ένα δίκτυο που αν ενώνει τα τρία υφιστάμενα εργοστάσια με τις αγροτικές περιοχές και τις λεκάνες διήθησης (Tubail et. al., 2003).

5.5 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΙΣΡΑΗΛ

Το Ισραήλ είναι από τους πρωταγωνιστές στην έρευνα και την υλοποίηση σχεδίων για τη διαχείριση των επιφανειακών και υπόγειων νερών. Ο υπόγειος υδροφορέας με το όνομα Yarkon-Taninim είναι ένα δολομητικός και ασβεστολιθικός υδροφορέας και αποτελεί έναν από τις τρεις βασικές πηγές νερού του Ισραήλ. Ο υδροφορέας φορτίζεται με γεωτρήσεις-πηγάδια χρησιμοποιώντας νερό από τη λίμνη Kinneret.

Το μεγαλύτερο έργο τεχνητού εμπλουτισμού στο Ισραήλ είναι το Dan Region Project που χρησιμοποιεί ανακυκλωμένο νερό από το Τελ Αβίβ. Το νερό ανάκτησης χρησιμοποιείται για άρδευση και κατά την πενταετή περίοδο 1991-1996 ένα σύνολο 400 Mm³ νερού χρησιμοποιήθηκαν για αυτό τον σκοπό. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός έργων τεχνητού εμπλουτισμού στο Ισραήλ όπως το Nahaley Menashe Project βόρεια του Τελ Αβίβ αλλά και νότια στην έρημο (Guttman, 1995), (Kanarek και Michail, 1996).

5.6 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΛΑΙΣΤΙΝΗΣ

Ο τεχνητός εμπλουτισμός χρησιμοποιώντας επεξεργασμένα λύματα και νερό βροχοπτώσεων είναι ένας τρόπος να μειωθεί το έλλειμμα νερού στη Παλαιστίνη. Η, σε μεγάλο βαθμό, ανάκτηση νερού από τους υπόγειους υδροφορείς οδήγησε στην υφαλμύρυνση των υπόγειων υδροφορέων και την είσοδο του θαλασσινού νερού. Στη λωρίδα της Γάζας, η ανάκτηση του υπόγειου νερού είναι περίπου 98 Mm³, από τα οποία τα 46 Mm³ προμηθεύονται από νερό βροχόπτωσης χρησιμοποιώντας ταχεία διήθηση. Ο συνολικός όγκος της ανάκτησης του υπόγειου νερού είναι 145 Mm³. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα έλλειμμα 47 Mm³. Το αποτέλεσμα αυτής της υπερ-ανάκτησης είναι η μείωση της στάθμης του υπόγειου νερού και

η είσοδο τους θαλασσινού νερού με την υποβάθμιση της ποιότητας του νερού. Ο τεχνητός εμπλουτισμός δεν πρόκειται μόνο να προμηθεύσει 56 Mm³ για να συμπληρώσει το έλλειμμα έως το έτος 2020, αλλά πρόκειται να μειώσει την είσοδο του θαλασσινού νερού (El Sheikh and Hamdan, 2002).

Πίνακας 5-1: Αναμενόμενη απαίτηση νερού και τροφοδοσίας σε Mm3

ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΣΕ Mm3					
ΕΤΟΣ ΣΤΟΧΟΥ	2000	2005	2010	2015	2020
ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΝΕΡΟ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ	10	12	13	15	18
ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΛΥΜΑΤΑ	5	10	14	29	38
ΦΥΣΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ	99	97	79	78	77
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ	114	119	106	122	133
ΔΗΜΟΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	63.1	83.9	11	147	182
ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	91	92.2	88.3	83.6	79.7
ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	154	176	200	230	262
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΛΛΕΙΜΑ	40	57	94	108	129

Πηγή: El Sheikh και Hamdan, 2002

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

6^ο

6. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

6.1 Ο ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στο Αργολικό Πεδίο έχουμε μια σειρά από προσπάθειες εφαρμογής του τεχνητού εμπλουτισμού με πρώτη εκείνη του υπουργείου γεωργίας (ΥΕΒ), την περίοδο 1963-1966, με τη μέθοδο των φρεάτων. Χρησιμοποιήθηκαν περίπου 60 φρέατα εμπλουτισμού και αξιοποιήθηκαν τα χειμερινά νερά των πηγών Κεφαλαρίου και Λέρνης.

Ο εμπλουτισμός συνεχίστηκε και τις χρονιές 1967, 1968 όταν εγκαταλείφθηκε πλέον η προσπάθεια λόγω έλλειψης συστηματικού δικτύου μεταφοράς του επιφανειακού νερού και ανόρυξης πολλών βαθιών γεωτρήσεων στη περιοχή. Η συνολική ποσότητα νερού, που διοχετεύτηκε στα υδροφόρα στρώματα κατά την τριετία 1965, 1966, 1967, ανέρχεται σε $3,29 \times 10^6 \text{ m}^3$. Η δεύτερη προσπάθεια ξεκίνησε με την πρόταση του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής του Γεωργικού Πανεπιστημίου Αθηνών μέσω ερευνητικού προγράμματος, που του ανατέθηκε από το υπουργείο γεωργίας το 1984, με θέμα την υφαλμύρωση των υδροφορέων του Αργολικού Πεδίου, για εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού με τα νερά των πηγών Κεφαλαρίου και Λέρνης, με στόχο την αναπλήρωση και την ποιοτική αναβάθμιση των υπόγειων νερών, όπως επίσης και την παρεμπόδιση της θαλάσσιας διείσδυσης. Το έλλειμμα στα υπόγεια νερά εκτιμήθηκε σε $50 \times 10^6 \text{ m}^3$ περίπου, κάθε χρόνο, κατά τους χειμερινούς μήνες. Το 1986-1987, εφαρμόστηκε τεχνητός εμπλουτισμός σε δύο χείμαρρους του πεδίου με την κατασκευή λεκανών διήθησης και 5 γεωτρήσεων εμπλουτισμού για εκμετάλλευση των χειμερινών ροών, χωρίς όμως να υπάρξει σημαντικό αποτέλεσμα λόγω των περιορισμένων έως ασήμαντων ροών των χειμάρρων αυτών. Η Τρίτη προσπάθεια έγινε το 1993 με την κατασκευή της προσαγωγού διώρυγας Αναβάλου. Έτσι, το 1994 άρχισε ο τεχνητός εμπλουτισμός μέσω πηγαδιών, 80 γεωτρήσεων και 11 γεωτρήσεων εμπλουτισμού, καλύπτοντας μια έκταση 40.000 στρεμμάτων.

Στην περιοχή της Απεράθου της Νάξου, από το 1987, ξεκίνησε μια προσπάθεια εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού με την κατασκευή 98 μικρών χαμηλών φραγμάτων ανάσχεσης της χειμαρικής ροής για τον εμπλουτισμό των υδροφόρων στρωμάτων της περιοχής.

Στην Βιομηχανική Περιοχή Πατρών (ΒΙΠΠΕΠ), το 1993, εφαρμόστηκε πειραματικά ο τεχνητός εμπλουτισμός μέσω μια γεώτρησης στα πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα της λεκάνης του Πείρου ποταμού, στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος της Αθηναϊκής Ζυθοποιίας

που εκτελέστηκε από το Water Research Center σε συνεργασία με το εργαστήριο Υδρογεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών.

Στη περιοχή Καλοχωρίου Ν. Θεσσαλονίκης προτάθηκε το 1995 μια διαδικασία εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού με επεξεργασμένα αστικά λύματα με στόχο την αντιμετώπιση φαινομένων καθίζησης της ευρύτερης περιοχής, την επαναχρησιμοποίηση του νερού για βιομηχανική και γεωργική χρήση και την ανάπλαση του Γαλλικού ποταμού.

Το ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. (Ινστιτούτο Εγγείων βελτιώσεων – Ινστιτούτο Υγιεινής Τροφίμων), σε συνεργασία με το Α.Π.Θ. (Τομέας Εγγείων βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής, Τμήμα Γεωπονίας), εκπονεί ερευνητικό πρόγραμμα Τεχνητού Εμπλουτισμού των υδροφόρων στρωμάτων της περιοχής Ριζού –Πετραίας –Αρσενίου Ν. Πέλλης (νότια της Σκύδρας), για λογαριασμό του Τοπικού Οργανισμού Εγγείων βελτιώσεων Εδεσσαίου.

Το τελευταίο καιρό, το Υπουργείο Γεωργίας έχει αρχίσει να χρηματοδοτεί ερευνητικά προγράμματα τεχνητού εμπλουτισμού όπως είναι οι περιπτώσεις του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, που εκπονεί σχετικό πρόγραμμα για το Αργολικό Πεδίο, και του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης που εκπονεί ανάλογο ερευνητικό πρόγραμμα για περιοχές της Θράκης. Στη Θράκη από το 1993, στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος που ανατέθηκε από το Υπουργείο Γεωργίας και εκπονείται από τα εργαστήρια Υδραυλικής Έργων και Τεχνικής Γεωλογίας της Πολυτεχνικής σχολής του Δ.Π.Θ., μελετάται η δυνατότητα εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού σε επιλεγμένες περιοχές των νομών Ξάνθης και Ροδόπης. Οι παραπάνω περιοχές είναι :

- Μία από τις πολλές παλαιές διάσπαρτες κοίτες του Νέστου στο ανατολικό τμήμα του Δέλτα του
- Η περιοχή της παλαιάς κοίτης του χειμάρου Κόσυνθου
- Η κοίτη-τάφος του ποταμού Λίσσου
- Η περιοχή απόθεσης φερτών υλικών του χειμάρου Κομψάτου Ν. Ροδόπης

Στις παραπάνω περιοχές ο τεχνητός εμπλουτισμός μπορεί να συμβάλλει θετικά στην επαναφορά του διαταραγμένου συστήματος των υπόγειων νερών στα φυσικά επίπεδα.

Η έρευνα βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο και περιλαμβάνει ένα πακέτο ερευνητικών εργασιών .

Στην περιοχή Πολυσίτου του νομού Ξάνθης το εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας της Πολυτεχνικής σχολής του Δ.Π.Θ. έχει προχωρήσει από το 1994, στο στάδιο της εφαρμογής του τεχνητού εμπλουτισμού με αξιόλογα αποτελέσματα. Μετά από αρκετή έρευνα και οικονομοτεχνικές μελέτες αποφασίστηκε η κατάλληλη μέθοδος τεχνητού εμπλουτισμού η

οποία είναι η ενεργοποίηση παλιών αδρανοποιημένων κοιτών. Επιλέχθηκε μια παλαιά κοίτη, έγιναν οι απαραίτητες αναλύσεις (κοκκομετρικές, δοκιμαστικές αντλήσεις, γεωφυσικές διασκοπήσεις, σύνταξη πιεζομετρικών χαρτών) για να αποφασιστεί η καταλληλότητα και αποφασιστήκανε οι περαιτέρω ενέργειες.

Η διαδικασία ενεργοποίησης της κοίτης περιλαμβάνει τρεις χρονικές φάσεις:

- 2/3/1994 -30/5/1994
- 20/2/1995 – 7/6/1995
- 22/3/1996 – 20/6/1996

Στις δυο πρώτες φάσεις διοχετεύτηκε νερό από το παρακείμενο ποταμό Κόσυνθο με άντληση απευθείας στην υπό ενεργοποίηση κοίτη δίχως καμία επέμβαση στην κοίτη. Στην Τρίτη φάση διοχετεύτηκε νερό από τον Κόσυνθο με ελεγχόμενη παροχή απευθείας στην κοίτη μέσω αγωγού αφού έγινε παράκαμψη του Κοσύνθου και διευθέτηση της κοίτης εμπλουτισμού. Το έργο κατασκευάστηκε το φθινόπωρο του 1995. Πραγματοποιήθηκαν συστηματικές μετρήσεις της μεταβολής της στάθμης σε 32 γεωτρήσεις στην περιοχή κυρίως νότια της κοίτης,

Ο τεχνητός εμπλουτισμός με την ενεργοποίηση παλαιών αδρανοποιημένων κοιτών αποτελεί μια ελπιδοφόρα λύση για την αποτροπή της ποσοτικής και ποιοτικής επιβάρυνσης των υπόγειων υδάτων σε περιοχές όπως αυτές της Θράκης (Πλιάκας, Διαμαντής, 1998).

6.2 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Στο ΦΕΚ 354 που δημοσιεύτηκε στις 8 Μαρτίου 2011 καθορίζονται τα μέτρα, οι όροι και οι διαδικασίες για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.

Ο σκοπός της παραπάνω απόφασης όπως αναφέρεται και μέσα στο νόμο, είναι η βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου, η προώθηση της αξιοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και η μέσω αυτής εξοικονόμηση υδατικών πόρων, η οποία θα διατελέσει σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τη λειψυδρία και ξηρασία στην περιοχή της Μεσογείου, καθώς και την αναμενόμενη επιδείνωση του προβλήματος λόγω της κλιματικής αλλαγής. Επίσης αντιμετωπίζεται η έντονη ταπείνωση και υφαλμύριση των υπόγειων υδροφορέων ορισμένων περιοχών της χώρας από την υπεράντληση, την λειψυδρία και την είσοδο του θαλάσσιου μετώπου σε παραλιακές περιοχές.

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων επιτρέπεται για γεωργική χρήση (άρδευση), για την τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων, για αστική και περιαστική χρήση και για βιομηχανική χρήση.

Άρδευση

Σύμφωνα με το παραπάνω νόμο, η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση διακρίνεται σε δύο τύπους άρδευσης με βάση το είδος των καλλιεργειών, το σύστημα άρδευσης και την προσβασιμότητα του κοινού στην αρδευόμενη περιοχή:

- Την άρδευση με περιορισμούς (περιορισμένη), η οποία αφορά μόνο σε καλλιέργειες που τα προϊόντα τους καταναλώνονται μετά από θερμική ή άλλη επεξεργασία ή δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ή δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος, όπως καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δέντρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες σπόρων.
- Η άρδευση χωρίς περιορισμούς (απεριόριστη), η οποία μεταξύ άλλων, αφορά σε όλα τα άλλα είδη καλλιεργειών όπως λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, ανθοκομικά.

Στην περιορισμένη ή απεριόριστη άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα απαιτείται η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του συστήματος της άρδευσης ανάλογα με το συγκεκριμένο είδος της καλλιέργειας και τη συγκεκριμένη περιοχή.

Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει:

- το υδατικό ισοζύγιο, σε συνάρτηση και με τις αρδευόμενες καλλιέργειες και το ισοζύγιο οργανικού φορτίου και θρεπτικών καθώς και κρίσιμων ιχνοστοιχείων, προκειμένου να προσδιορισθεί η ανά μονάδα αρδευόμενης επιφάνειας επιτρεπόμενη φόρτιση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα
- τον υπολογισμό της συνολικά απαιτούμενης εδαφικής έκτασης,
- τα προγράμματα παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επαναχρησιμοποιούμενων υγρών αποβλήτων και κατά περίπτωση, τα απαιτούμενα προγράμματα παρακολούθησης των χαρακτηριστικών του εδάφους και των αρδευόμενων καλλιεργειών,
- τα τυχόν απαιτούμενα πρόσθετα μέτρα και όρια για την συγκεκριμένη εφαρμογή (ενδεχόμενη περίφραξη της αρδευόμενης έκτασης, τρόπος άρδευσης, κ.λπ.),

- τα απαιτούμενα μέτρα ενημέρωσης και προστασίας για τους χρήστες και τους καταναλωτές, που πρέπει να λαμβάνονται, με ευθύνη του φορέα υλοποίησης της άρδευσης, ο οποίος μπορεί να είναι ο φορέας διαχείρισης ή ο άμεσος χρήστης του ανακτημένου νερού.
- τον προσδιορισμό των τυχόν ελάχιστων απαιτούμενων αποστάσεων της συγκεκριμένης εφαρμογής από υφιστάμενες ή μελλοντικές υδροληψίες ή άλλες χρήσεις.

Τροφοδότηση ή εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων

Σύμφωνα με τον παραπάνω νόμο, η τροφοδότηση ή εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα επιτρέπεται κάτω από κάποιους περιορισμούς και κανόνες που έχουν θεσμοθετηθεί με το ΠΔ 51/2–3–2007 και την υπ. αριθ. 39626/2208/2009 ΚΥΑ.

Επίσης αναφέρεται με λεπτομέρεια τί απαιτείται για κάθε μέθοδο εμπλουτισμού. Συγκεκριμένα, για την αποφυγή συσσώρευσης οργανικών στα υπόγεια ύδατα, που ενδέχεται να βλάψουν μελλοντικές χρήσεις των υπογείων υδάτων του υδροφορέα απαιτείται:

- Στις περιπτώσεις άμεσου εμπλουτισμού μέσω γεωτρήσεων υπό πίεση ή με βαρύτητα σε επιλεγμένες θέσεις γεωτρήσεων, επαρκής βαθμός επεξεργασίας για την απομάκρυνση οργανικών που περιλαμβάνει, εκτός από δευτεροβάθμια βιολογική και ενδεχόμενη τριτοβάθμια επεξεργασία, προχωρημένες μεθόδους κατάλληλες για την απομάκρυνση διαλυτού οργανικού υλικού, όπως μέσω μεμβρανών τουλάχιστον υπερδιήθησης ή ισοδύναμης αποτελεσματικότητας εναλλακτικής μεθόδου προχωρημένης επεξεργασίας.
- Στις περιπτώσεις εμπλουτισμού με μέθοδο διήθησης δια μέσου στρώματος εδάφους με κατάλληλα χαρακτηριστικά και επαρκές βάθος, η αποφυγή των πρόσθετων προχωρημένων μεθόδων επεξεργασίας στο βαθμό που τεκμηριώνεται ότι επιτυγχάνεται επαρκής κατακράτηση οργανικών από το έδαφος.

Απαιτείται η εκπόνηση ειδικής υδρογεωλογικής μελέτης, από την οποία τεκμαίρεται η διασφάλιση της αποφυγής της διείσδυσης υγρών αποβλήτων σε υπόγειους υδροφορείς τα ύδατα των οποίων χρησιμοποιούνται για απόληψη πόσιμου νερού. Με την υδρογεωλογική μελέτη, εξετάζεται μεταξύ των άλλων:

- το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα,
- η ύπαρξη ή μη πολλαπλών γεωλογικών στρωμάτων και η υδραυλική αγωγιμότητα εκάστου στρώματος,
- το βάθος που θα πραγματοποιείται ο εμπλουτισμός.

Για τον εμπλουτισμό (τροφοδότηση) υπόγειου υδροφορέα με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, απαιτείται η εκπόνηση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής του εμπλουτισμού, στην οποία θα προσαρτάται ως αναπόσπαστο παράρτημα η προαναφερόμενη υδρογεωλογική μελέτη.

Η τροφοδότηση (εμπλουτισμός) υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα αποβλέπει κυρίως:

- στη δημιουργία υδραυλικού φράγματος που θα παρεμποδίζει τη διείσδυση και ανάμιξη του θαλάσσιου νερού με το γλυκό νερό παράκτιων υδροφορέων,
- στην αποθήκευση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για μελλοντική χρήση ή για εξισορρόπηση των διακυμάνσεων της ζήτησης, όπως για άρδευση που είναι συνήθως εποχιακή,
- στην ανύψωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, που μπορεί να φθίνει λόγω υπερεκμετάλλευσης και επειδή η φυσική ανανέωση γίνεται με πολύ αργό ρυθμό,
- στον έλεγχο πιθανών καθιζήσεων του εδάφους.

Αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση

Στον παραπάνω νόμο αναφέρονται οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης καθώς και ορισμένοι ορισμοί. Συγκεκριμένα, η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστικές και περιαστικές δραστηριότητες αναφέρεται κυρίως στο αστικό και περιαστικό πράσινο, τις δασικές εκτάσεις, την αναψυχή, την αποκατάσταση φυσικού περιβάλλοντος, την πυρόσβεση, τον καθαρισμό οδών, εκτός των χρήσεων για πόση, την κολύμβηση και τις οικιακές δραστηριότητες.

Οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης περιλαμβάνουν κυρίως το πότισμα συγκεντρωμένων εκτάσεων πρασίνου, όπως δάση, άλση, νεκροταφεία, πρανή και νησίδες αυτοκινητοδρόμων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα, αυλές οικιών, ελεύθερος χώρος ξενοδοχειακών εγκαταστάσεων και εγκαταστάσεων αναψυχής, νερό για την κατάσβεση πυρκαϊών, για τη συμπύκνωση εδαφών, για τον καθαρισμό οδών και πεζοδρομίων, για διακοσμητικά σιντριβάνια, για τη δημιουργία τεχνητών ή τη διατήρηση φυσικών λιμνών ή υγροβιότοπων, για την ενίσχυση της παροχής επιφανειακών ρευμάτων.

Ο νόμος αναφέρει την ύπαρξη μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής της δραστηριότητας που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη χρήση.

Επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανική χρήση

Σύμφωνα με το νόμο, η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στη βιομηχανία περιλαμβάνει εφαρμογές όπως χρήση νερών ψύξης, αναπλήρωση νερών λεβήτων και αξιοποίηση για τις διάφορες βιομηχανικές διεργασίες. Η ως άνω επαναχρησιμοποίηση δεν εφαρμόζεται στις βιομηχανίες προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για βιομηχανική χρήση, σύμφωνα με το νόμο, απαιτείται μελέτη εφαρμογής με την οποία τεκμηριώνεται η συγκεκριμένη χρήση. Η μελέτη αυτή εξετάζει επιπλέον, πέραν των άλλων πρόσθετων περιορισμών που τυχόν θα απαιτηθούν για τη συγκεκριμένη χρήση, και την τελική διάθεση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων μετά την επαναχρησιμοποίησή τους.

Για τη βιομηχανική επαναχρησιμοποίηση πέραν των νερών ψύξης μιας χρήσης, απαιτείται πρόσθετη επεξεργασία, η οποία καθορίζεται ανάλογα με το είδος βιομηχανικής επαναχρησιμοποίησης

Ο παραπάνω νόμος περιγράφει τις απαιτήσεις για τις άδειες επαναχρησιμοποίησης και τις προϋποθέσεις έκδοσης, τους όρους και τις διαδικασίες έκδοσης αδειών, καθώς και το περιεχόμενο τους. Επίσης, καθορίζει τις γενικές υποχρεώσεις των φορέων ανακτημένου νερού, τους ελέγχους και τις αντίστοιχες κυρώσεις.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για περιορισμένη άρδευση, βιομηχανική χρήση νερού ψύξης μιας χρήσης και εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα, που δεν χρησιμοποιείται για πόση και με διήθηση διαμέσου κατάλληλου εδαφικού στρώματος.

Πίνακας 6-1: Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	<i>Escherichia coli</i> (EC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p>Περιορισμένη άρδευση Περιοχές όπου δεν αναμένεται πρόσβαση του κοινού, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικές καλλιέργειες, λιβάδια, δένδρα (μη συμπεριλαμβανομένων των οπωροφόρων), με την προϋπόθεση ότι κατά τη συλλογή οι καρποί δεν βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, καλλιέργειες σπόρων και καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα τα οποία υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία πριν την κατανάλωσή τους. Άρδευση με καταιονισμό δεν θα εφαρμόζεται</p> <p>Βιομηχανική χρήση Νερό ψύξης μιας χρήσης</p> <p>Τροφοδότηση υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007, (με την επικύρωση των παραγράφων 4 και 5 του άρθρου 5 της παρούσας), με διήθηση διαμέσου εδαφικού στρώματος με επαρκές πάχος και κατάλληλα χαρακτηριστικά⁽⁹⁾</p>	≤ 200 διάμεση τιμή	Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/1997	Σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/1997	-	Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία ^{(α), (β)} Απολύμανση ^(γ)	<p>BOD₅, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>EC: μια ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό χλώριο: συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Πηγή: ΦΕΚ 354, 2011

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και η συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για απεριόριστη άρδευση και βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης.

Πίνακας 6-2: Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	<i>Escherichia coli</i> (EC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p>Απεριόριστη άρδευση Όλες οι καλλιέργειες όπως οπωροφόρα δένδρα, λαχανικά, αμπέλια ή καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά, θερμική. Η απεριόριστη άρδευση επιτρέπει την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων εφαρμογής της άρδευσης συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού.</p> <p>Βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης επανακυκλοφορούμενο νερό ψύξης, νερό για λέβητες, νερό διεργασιών κλπ⁽⁹⁾</p>	<p>≤ 5 για το 80% των δειγμάτων και</p> <p>≤ 50 για το 95% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία^(α) ακολουθούμενη από Τριτοβάθμια επεξεργασία^(β) και Απολύμανση^(γ)</p>	<p>BOD₅, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις</p> <p>EC: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις. Κατ εξαίρεση για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής μια ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό Cl₂ συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Πηγή: ΦΕΚ 354, 2011

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται τα όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματολημιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστική και περιαστική χρήση και εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με γεωτρήσεις.

Πίνακας 6-3: Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματολημιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p>Αστική χρήση Μεγάλες εκτάσεις (νεκροταφεία, πρανή αυτοκινητόδρομων, γήπεδα γκολφ, δημόσια πάρκα), εγκαταστάσεις αναψυχής, κατάσβεση πυρκαϊών, συμπύκνωση εδαφών, καθαρισμός οδών και πεζοδρομών, διακοσμητικά σιντριβάνια Πότισμα με καταιονισμό απαγορεύεται.</p> <p>Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007 (ΦΕΚ54Α/8-3-2007), με γεωτρήσεις</p> <p>Περιαστικό πράσινο συμπεριλαμβανομένων των αλσών και δασών⁽⁴⁾</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 20 για το 95 % των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία⁽⁸⁾</p> <p>ακολουθούμενη από Προχωρημένη επεξεργασία και Απολύμανση⁽⁶⁾</p>	<p>BOD₅, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις</p> <p>TC: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους επτά ανά εβδομάδα και τρεις ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις Κατ εξαίρεση για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής δύο ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό Cl₂ συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Πηγή: ΦΕΚ 354, 2011

Επίσης, αναφέρονται οι μέγιστες συγκεντρώσεις των μετάλλων, καθώς και η συχνότητα δειγματολημιών και αναλύσεων ανά έτος ανάλογα με τον πληθυσμό και το είδος των αποβλήτων.

Πίνακας 6-4: Μέγιστες συγκεντρώσεις μετάλλων

Μέταλλο	Μέγιστη συγκέντρωση (mg/l)
Al (αργίλιο)	5
As (αρσενικό)	0.1
Be (βηρύλλιο)	0.1
Cd (κάδμιο)	0.01
Co (κοβάλτιο)	0.05
Cr (χρώμιο)	0.1
Cu (χαλκός)	0.2
F (φθόριο)	1.0
Fe (σίδηρος)	3.0
Li (λίθιο)	2.5
Mn (μαγγάνιο)	0.2
Mo (μολυβδαίνιο)	0.01
Ni (νικέλιο)	0.2
Pb (μόλυβδος)	0.1
Se (σελήνιο)	0.02
V (βανάδιο)	0.1
Zn (ψευδάργυρος)	2.0
Hg (υδράργυρος)	0.002
B (Βόριο)	2

Πηγή: ΦΕΚ 354, 2011`

Στον επόμενο πίνακα αναφέρονται τα επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά των προς άρδευση επαναχρησιμοποιημένων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων:

Πίνακας 6-5: Επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά

Πιθανό πρόβλημα κατά την άρδευση	Μονάδες	Βαθμός περιορισμών κατά την εφαρμογή		
		Μηδαμινός	Μικρός-Μέτριος	Μεγάλος
Αλατότητα (Επηρεάζει την διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος)				
ECw ⁽¹⁾	dS/m	< 0.7	0.7 -3.0	> 3.0
Ή				
TDS (ολικά διαλυμένα)	mg/l	< 450	450 -2000	> 2000
Διαπερατότητα				
SAR ⁽²⁾ = 0 - 3 και ECw =				
3 - 6		> 0.7	0.7 -0.2	< 0.2
6 -12		> 1.2	1.2 -0.3	< 0.3
12-20		> 1.9	1.9 -0.5	< 0.5
20-40		> 2.9	2.9 -1.3	< 1.3
		> 5.0	5.0 -2.9	< 2.9
Ειδική τοξικότητα ιόντων				
Νάτριο (Na)				
Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση δια των ριζών)	SAR	< 3	3 -9	> 9
Καταιονισμός (προσρόφηση δια των φύλλων)	mg/l	≤70	> 70	
Χλωριόντα (Cl)				
Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση δια των ριζών)	mg/l	< 140	140 -350	> 350
Καταιονισμός (προσρόφηση δια των φύλλων)	mg/l	≤ 100	> 100	
Άλλες επιπτώσεις				
Αζωτο (NO ₃ -N) ⁽³⁾	mg/l	< 5	5 -30	> 30
HCO ₃ (μόνο για άρδευση για καταιονισμό)	mg/l	< 90	90-500	> 500
Ph		Τυπικό διάστημα 6.5-8.5		

Πηγή: ΦΕΚ 354, 2011

Οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν τις μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας σε ανακτημένα υγρά απόβλητα.

Πίνακας 6-6: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας σε ανακτημένα υγρά απόβλητα

Παράμετρος	CAS	Μέγιστη συγκέντρωση (µg/l)
Alachlor	15972-60-8	0.7
Ανθρακένιο	120-12-7	1
Ατραζίνη	1912-24-9	2
Βενζόλιο	71-43-2	5
Βρωμιούχος διφαινυλαιθέρας	32534-81-9	0.025
Ανθρακο-τετραχλωρίδιο	56-23-5	MA
C10-13 Χλωροαλκάνια	85535-84-8	1.4
Chlorfenvinphos	470-90-6	0.3
Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-ethyl)	2921-88-2	0.1
Aldrin	309-00-2	MA
Dieldrin	60-57-1	MA
Endrin ⁴	72-20-8	MA
Isodrin	465-73-6	0,01
DDT ολικό	Δεν	MA
para-para-DDT	50-29-3	MA
1,2 Διχλωροαιθάνιο	107-06-2	20
Διχλωρομεθάνιο	75-09-2	50
Φθαλικό δι(2-αιθυλεξίλιο) – (ΦΔΕΕ-DEHP)	117-81-7	10
Diuron	330-54-1	1.0
Ενδοσουλφάνιο	115-29-7	0.01
Φλουορανθένιο	206-44-0	1
Εξαχλωροβενζόλιο	118-74-1	MA
Εξαχλωροβουταδιένιο	87-68-3	0,6
Εξαχλωροκυκλοεξάνιο	608-73-1	MA
Isoproturon	34123-59-6	1
Ναφθαλένιο	91-20-3	2.4
Εννεύλοφαινόλη [4-εννεύλοφαινόλη]	104-40-5	2

Πηγή: ΦΕΚ 354, 2011

Πίνακας 6-7: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας σε ανακτημένα υγρά απόβλητα

Παράμετρος	CAS	Μέγιστη συγκέντρωση (µg/l)
Οκτυλοφαινόλη [(4-(1,1', 3,3'-τετραμεθυλβουτυλική)-φαινόλη)]	140-66-9	1
Πενταχλωροβενζόλιο	608-93-5	0,1
Πενταχλωροφαινόλη	87-86-5	1
Βενζο(α)πυρένιο	50-32-8	0,1
Βενζο(β)φλουορανθένιο Βενζο(κ)φλουορανθένιο	205-99-2 207-08-9	Αθροιστικά=0,03
Βενζο(ζ,η,θ)-περιλένιο Ινδενο(1,2,3-γδ)πυρένιο	191-24-2 193-39-5	Αθροιστικά=0,02
Σιμαζίνη	122-34-9	1
Τετραχλωροαιθυλένιο	127-18-4	10
Τριχλωροαιθυλένιο	79-01-6	10
Ενώσεις τριβουτυλίνης (κατιόν	36643-28-4	0,003
Τριχλωροβενζόλια (όλα ισομερή)	12002-48-1	0,4
Τριχλωρομεθάνιο	67-66-3	2,5
Τριφθοραλίνη	1582-09-8	0,03
Οξεία τοξικότητα στον οργανισμό δείκτη <i>Daphnia Magna</i> (πρίν από την απολύμανση)		1 Μονάδα Τοξικότητας (TU 50 ≤1

MA= Μη ανιχνεύσιμο

Πηγή: ΦΕΚ 354, 2011

Αποφάσεις

Παρακάτω παρουσιάζονται τρεις αποφάσεις που σχετίζονται με άδειες επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων:

- Χορήγηση Άδειας Επαναχρησιμοποίησης Επεξεργασμένων Υγρών Αποβλήτων, για τροφοδότηση ή εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα με διήθηση δια μέσω στρώματος εδάφους στην εταιρεία με την επωνυμία: «Επεξεργασία–Τυποποίηση–Εξαγωγές σταφίδας και αγροτικών προϊόντων Α.Ε.» και δ.τ. «ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ Α.Ε.», για τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα της μονάδας επεξεργασίας σταφίδας, που βρίσκεται στη θέση «Λεύκα» Αμαλιάδας του Δήμου Ηλιδας, Π.Ε. Ηλείας».

- Χορήγηση Άδειας Επαναχρησιμοποίησης Επεξεργασμένων Υγρών Αποβλήτων, για τροφοδότηση ή εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα με διήθηση δια μέσω στρώματος εδάφους, στην εταιρεία με την επωνυμία: «Γ. Αγγελόπουλος –Α. Γαρδικιώτης Α.Β.Ε.Ε.» και δ.τ. «Γεωφρούτα Ελλάς Α.Ε.», για τα υγρά απόβλητα της μονάδας «ψυγείο –διαλογητήριο πατάτας και οπωροκηπευτικών» στη θέση «Βαρτζελή» Δ.Κ. Λεχαινών του Δήμου Ανδραβίδας - Κυλλήνης, Π.Ε. Ηλείας».
- Χορήγηση Άδειας Επαναχρησιμοποίησης Επεξεργασμένων Υγρών Αποβλήτων, για τροφοδότηση ή εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα με διήθηση δια μέσω στρώματος εδάφους στην εταιρεία με την επωνυμία: «ΟΛΥΜΠΙΑ ΞΕΝΙΑ Ανώνυμη Εταιρεία Παραγωγής και Επεξεργασίας Αγροτικών και λοιπών ειδών διατροφής» και δ.τ. «ΟΛΥΜΠΙΑ ΞΕΝΙΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗ Κ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Ε.», για τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα της μονάδας επεξεργασίας και τυποποίησης αγροτικών προϊόντων, που βρίσκεται στο 81ο χλμ. Ν.Ε.Ο. Πατρών – Πύργου, Τ.Κ. Δουνείκα Δήμου Ηλιδας, Π.Ε. Ηλείας».

Στις παραπάνω αποφάσεις αναφέρεται η έγκριση μελέτης σχεδιασμού και εφαρμογής της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων της μονάδας επεξεργασίας σταφίδας. Δίνεται άδεια επαναχρησιμοποίησης για εμπλουτισμό υπόγειου υδροφορέα. Καθορίζονται οι φορείς παροχής και διαχείρισης και ο χρήστης του νερού. Αναφέρονται οι τρόποι επεξεργασίας και διάθεσης των αποβλήτων καθώς και τα όρια των χημικών παραμέτρων και μικροβιολογικών παραμέτρων. Τέλος αναφέρονται τα μέτρα και οι υποχρεώσεις του φορέα διαχείρισης και παροχής και η διάρκεια ισχύος της άδειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ

1. Natural systems for water and wastewater treatment and reuse, France, Saroj Sharma and Diederik Rousseau, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands, SWITCH Scientific conference, January 2011
2. Impacts of waste water use and disposal on groundwater, Technical Report, British Geological Survey SSD Foster, I N Gale, I Hespanhol, Nottingham, 1994
3. Linking water quality changes to geochemical processes occurring in a reactive soil column during treated wastewater infiltration using a large-scale pilot experiment: Insights into Mn behaviour, Patrick Ollivier, Nicolas Surdyk, Mohamed Azaroual, Katia Besnard, Joel Casanova, Nicolas Rampnoux, 2013
4. Artificial Recharge, The International Banking and Treating of Water in aquifers, Dr R Murray, Groundwater Africa, Water affairs and Forestry, Republic of South Africa, January 2009
5. SAT (Soil Aquifer Treatment) – The Long-Term Performance of the Dan Region Reclamation Project, The World Bank, Emanuel Idelovitch, Tel Aviv University, March 2003
6. Water and wastewater engineering, Mackenzie I. Davis, Michigan State University, 2010
7. Groundwater recharge with recycled municipal wastewater: health and regulatory considerations, T. Asano and J. Cotruvo
8. Artificial Recharge via Boreholes Using Treated Wastewater: Possibilities and Prospects, Kostas Voudouris, September 2011
9. WASTEWATER ENGINEERING – Treatment and Reuse, Metcalf and Eddy, Inc., Mc Graw- Hill, Fourth Edition.
10. Διεργασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, Ευθύμιος Νταρακάς, Επ. Καθηγητής, Θεσσαλονίκη, 2010
11. Επεξεργασία υγρών αποβλήτων με δεξαμενές σταθεροποίησης και επαναχρησιμοποίησης τους για άρδευση, Γ. Παρισόπουλος, Α. Παπαδόπουλος, Φ. Παπαδόπουλος,
12. Τεχνολογία Επεξεργασίας υγρών Αποβλήτων, Βοηθητικές Σημειώσεις, Μάριος Τσέζος Καθηγητής Ε.Μ.Π. Αρτίν Χατζηκιοσεγιάν Χημικός Μηχανικός Ε.Μ.Π., M.Sc., Ph.D, ΑΘΗΝΑ, 2012

13. Δυνατότητες Επαναχρησιμοποίησης Λυμάτων στο λεκανοπέδιο της Αθήνας, Ειδική Γραμματεία υδάτων ΥΠΕΚΑ, 2011
14. Ο Τεχνητός Εμπλουτισμός των Υπόγειων Νερών και Εφαρμογές του στην Ελλάδα και το Διεθνή Χώρο, Τεχν. Χρονικά Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ,1, Τεύχος 1, Φ. Πλιάκας, Ι. Διαμαντής, 1998
15. Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων και οι δυνατότητες άρδευσης των καλλιεργειών αλλά και τεχνητού εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένα αστικά λύματα – Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, Ιωάννης Πασχαλινός, 2009
16. Επαναχρησιμοποίηση Λυμάτων – Μικροβιολογική Ποιότητα –Νομοθεσία, Μανδηλαρά Γεωργία, 2009
17. Άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, Α.Πανώρας, Α. Ηλίας, Θεσσαλονίκη 1999
18. ΔΠΜΣ ‘ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΠΟΡΩΝ’ ΜΑΘΗΜΑ: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ‘ΔΙΑΘΕΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ’
19. Κείμενο Κατευθυντήριων Γραμμών για τη Διαχείριση Λυμάτων Μικρών Οικισμών , Υ.Π.Ε.Κ.Α, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Απρίλιος 2012
20. ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΛΥΜΑΤΩΝ, Α.Ανδρεαδάκης.
21. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ, Σημειώσεις για το μάθημα ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ, Δημήτρης Κουτσογιάννης.

ΧΡΗΣΙΜΟΙ ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής www.ypeka.gr
- ΔΠΜΣ ‘Επιστήμη και τεχνολογία υδάτινων πόρων’
<http://mycourses.ntua.gr/courses/PSTGR1044/document>
- <http://www.geo.auth.gr/courses>
- <http://www.fao.org/docrep/t0551e/t0551e06.htm>
- [http://www .diocles.civil.duth.gr](http://www.diocles.civil.duth.gr)
- www.usgs.gov

