

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ
ΤΕΧΝΗΤΟ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟ & ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ
ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣ***

ΧΑΙΡΕΤΗ ΟΛΓΑ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2005

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT	8
ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ	9
ΓΕΝΙΚΑ	9
ΦΥΣΙΚΟΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ	9
ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ	9
ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΜΠΙΑ	10
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΚΟΠΗ	12
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
ΛΟΓΟΙ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	12
ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	14
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΑΔΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	15
Φρεάτιο εισόδου	15
Σηπτική δεξαμενή	15
Μονάδα εξουδετέρωσης οσμαερίων σηπτικής δεξαμενής	21
Βιολογική επεξεργασία	23
Δεξαμενή τροφοδοσίας αμμόφιλτρου	23
Φίλτρο άμμου με ανακυκλοφορία (recirculating sand filter)	24
Φρεάτιο τροφοδοσίας & παράκαμψης τεχνητού υγροβιότοπου (by-pass)	25
Τεχνητός υγροβιότοπος	26
Απολύμανση (χλωρίωση) της εκροής	30
Δεξαμενή αποθήκευσης της εκροής	33
Κτίριο διοίκησης	34
Δυνατότητες διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων	35
ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ	37
ΣΗΠΤΙΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ	37
Χαρακτηριστικά	37
Κριτήρια σχεδιασμού	37
ΜΟΝΑΔΑ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗΣ ΟΣΜΑΕΡΙΩΝ ΣΗΠΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ	39
ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	40
Δεξαμενή τροφοδοσίας (δοσομέτρησης) αμμόφιλτρου	40
Αμμόφιλτρο με ανακυκλοφορία	41
ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ	42
Κριτήρια σχεδιασμού	42
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	43
ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ ΕΚΡΟΗΣ ΜΕ ΔΙΑΛΥΜΑ ΥΠΟΧΛΩΡΙΩΔΟΥΣ ΝΑΤΡΙΟΥ	46
Δεξαμενή επαφής χλωρίου	46
Δεξαμενή αποθήκευσης της εκροής	47
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	47

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΝΟΜΑΡΧΙΑΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	48
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΕ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΝΕΡΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΑΣΗ ΠΟΥ ΕΙΧΕ ΠΡΟΒΛΕΦΘΕΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΛΕΤΕΣ	48
ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΔΙΕΘΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	50
ΓΕΝΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ.....	50
ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	52
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΑΖΩΤΟΥ	52
ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΡΥΠΑΝΤΩΝ.....	53
ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	54
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ	55
1 ^η Περίπτωση: Εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε BOD ₅ του τεχνητού υγροβιοτόπου σε συνδυασμό με τη λειτουργία του αμμοφίλτρου.....	56
2 ^η Περίπτωση: Εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε BOD ₅ του τεχνητού υγροβιοτόπου με πρόβλημα βλάβης στη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου.....	58
3 ^η Περίπτωση: Εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε BOD ₅ του τεχνητού υγροβιοτόπου σε συνδυασμό με τη λειτουργία του αμμοφίλτρου για διαφορετικές θερμοκρασίες.....	60
4 ^η Περίπτωση: Εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε BOD ₅ του τεχνητού υγροβιοτόπου με πρόβλημα βλάβης στη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου για διαφορετικές θερμοκρασίες.....	60
5 ^η Περίπτωση: Εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε άζωτο του τεχνητού υγροβιοτόπου σε συνδυασμό με τη λειτουργία του αμμοφίλτρου.....	61
6 ^η Περίπτωση: Εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε άζωτο του τεχνητού υγροβιοτόπου με πρόβλημα βλάβης στη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου.....	63
7 ^η Περίπτωση: Εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε άζωτο του τεχνητού υγροβιοτόπου σε συνδυασμό με τη λειτουργία του αμμοφίλτρου για διαφορετικές θερμοκρασίες.....	64
8 ^η Περίπτωση: Εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε άζωτο του τεχνητού υγροβιοτόπου με πρόβλημα βλάβης στη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου για διαφορετικές θερμοκρασίες.....	65
9 ^η Περίπτωση: Ταχεία εκτίμηση απομάκρυνσης ρυπαντή TSS από τον τεχνητό υγροβιοτόπο σε συνδυασμό με τη λειτουργία του αμμοφίλτρου.....	65
10 ^η Περίπτωση: Ταχεία εκτίμηση απομάκρυνσης ρυπαντή TSS από τον τεχνητό υγροβιοτόπο με πρόβλημα βλάβης στη λειτουργία του αμμοφίλτρου	67
11 ^η Περίπτωση: Ταχεία εκτίμηση απομάκρυνσης ρυπαντή TP από τον τεχνητό υγροβιοτόπο σε συνδυασμό με τη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου.....	68
12 ^η Περίπτωση: Ταχεία εκτίμηση απομάκρυνσης ρυπαντή TP από τον τεχνητό υγροβιοτόπο με πρόβλημα βλάβης στη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου.....	69
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	74
ΕΛΛΗΝΙΚΗ.....	74
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ.....	75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1. ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	76
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	77
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3. ΣΧΕΔΙΑ.....	78

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Συνήθης απομάκρυνση φορτίων από σηπτικές δεξαμενές (Tchobanoglous and Barton, 1991)	18
Πίνακας 2. Ποιότητα εκροής (ΟΑΝΑΚ, 2003).....	25
Πίνακας 3. Κριτήρια σχεδιασμού υγροβιοτόπων (Αγγελάκης και Τσαγκαράκης, 2002).....	26
Πίνακας 4. Συνοπτική παρουσίαση βασικών μηχανισμών απομάκρυνσης και μετατροπής στοιχείων των υγρών αποβλήτων σε τεχνητούς υγροβιοτόπους (Crites and Tchobanoglous, 1998).....	27
Πίνακας 5. Τυπικά κριτήρια σχεδιασμού και προδοκώμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής σε συστήματα τεχνητών υγροβιοτόπων (Αγγελάκης και Τσαγκαράκης, 2002).....	43
Πίνακας 6. Αρδευτικές ανάγκες της προτεινόμενης έκτασης σε μηνιαία βάση (m ³)	49

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Έξοδος τελευταίας κλίνης στον τεχνητό υδροβιότοπο Πόμπιας Δ. Μοιρών (ΟΑΝΑΚ, 2000).	11
Εικόνα 2. Όψη του φρεατίου εισόδου και τμήματος της σηπτικής δεξαμενής.....	15
Εικόνα 3. Όψη σηπτικής δεξαμενής	17
Εικόνα 4. Όψη της σηπτικής δεξαμενής και τμήματος του βιολογικού αμμοφίλτρου	18
Εικόνα 5. Φίλτρα εκροής σηπτικών δεξαμενών (Leverenz et al., 2002)	21
Εικόνα 6. Μονάδα εξουδετέρωσης οσμαερίων.....	21
Εικόνα 7. Αντλίες τροφοδοσίας βιολογικού αμμοφίλτρου	24
Εικόνα 8. Όψη βιολογικού αμμοφίλτρου.....	25
Εικόνα 9. Φρεάτιο τροφοδοσίας και τμήμα λεκάνης τεχνητού υδροβιοτόπου	25
Εικόνα 10. <i>Phragmites australis</i>	29
Εικόνα 11. Όψη τεχνητού υδροβιοτόπου πριν από τη φύτευση.....	30
Εικόνα 12. Δεξαμενή χλωρίωσης μαιανδρικής ροής	33
Εικόνα 13. Δεξαμενή αποθήκευσης εκροής.....	34
Εικόνα 14. Κτίριο Διοίκησης.....	34

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.	Σύστημα υγροβιότοπου FWS (Kapellakis et al., 2004).....	10
Σχήμα 2.	Τυπική τομή υγροβιοτόπου υποεπιφανειακής οριζόντιας ροής (Σιαράπη κ.α., 2005).....	10
Σχήμα 3.	Διάγραμμα ροής της ΜΕΑΛ Κοινότητας Πόμπιας (ΟΑΝΑΚ, 1997).....	11
Σχήμα 4.	Διάγραμμα ροής της ΜΕΑΛ Επισκοπής-Σγουροκεφαλίου (ΟΑΝΑΚ, 2000).....	12
Σχήμα 5.	Τυπική τομή διθάλαμης σηπτικής δεξαμενής (ΟΑΝΑΚ, 2004).....	16
Σχήμα 6.	Απαιτούμενος χρόνος για χώνευση 90% της πρωτοβάθμιας λάσπης (Μαρκαντωνάτος, 1990)	20
Σχήμα 7.	Τυπική όψη διθάλαμης σηπτικής δεξαμενής (Σιαράπη κ.α., 2005).....	20
Σχήμα 8.	Σχηματική τομή βιοφίλτρου και λεπτομέρειες κόκκων (ΟΑΝΑΚ, 2003).....	22
Σχήμα 9.	Σχηματικό διάγραμμα βιόφιλτρου με καταιονισμό (ΟΑΝΑΚ, 2003).....	23
Σχήμα 10.	Ενδεικτική τομή εισόδου (ΟΑΝΑΚ, 2004).....	27
Σχήμα 11.	Ενδεικτική τομή διαδρόμου (ΟΑΝΑΚ, 2004).....	28
Σχήμα 12.	Ενδεικτική τομή στο τέλος της λεκάνης (ΟΑΝΑΚ, 2004).....	28
Σχήμα 13.	Μέση μηνιαία μεταβολή ύψους βροχόπτωσης-θερμοκρασίας και ταχύτητας ανέμου.....	48
Σχήμα 14.	Μέση μηνιαία μεταβολή ηλιοφάνειας και υγρασίας.....	49
Σχήμα 15.	Διάγραμμα τιμών εκροής σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής BOD5 το χειμώνα .	57
Σχήμα 16.	Διάγραμμα τιμών εκροής σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής BOD5 το καλοκαίρι	58
Σχήμα 17.	Διάγραμμα τιμών εκροής σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής BOD5 με πρόβλημα βλάβης στη λειτουργία του αμμοφίλτρου το χειμώνα	59
Σχήμα 18.	Διάγραμμα τιμών εκροής σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής BOD5 με πρόβλημα βλάβης στη λειτουργία του αμμοφίλτρου το καλοκαίρι	59
Σχήμα 19.	Διάγραμμα τιμών εκροής BOD5 σε διαφορετικές τιμές εισροής και θερμοκρασίας και για τις δύο περιόδους (θερμή – ψυχρή).....	60
Σχήμα 20.	Διάγραμμα τιμών εκροής BOD5 σε διαφορετικές τιμές εισροής και θερμοκρασίας και για τις δύο περιόδους (θερμή – ψυχρή) χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου	61
Σχήμα 21.	Διάγραμμα τιμών εκροής TN σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TN το χειμώνα	62
Σχήμα 22.	Διάγραμμα τιμών εκροής TN σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TN το καλοκαίρι	62
Σχήμα 23.	Διάγραμμα τιμών εκροής TN σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TN το χειμώνα χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου.....	63
Σχήμα 24.	Διάγραμμα τιμών εκροής TN σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TN το καλοκαίρι χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου.....	64
Σχήμα 25.	Διάγραμμα τιμών εκροής N σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TN και για τις δύο περιόδους (θερμή – ψυχρή) για διαφορετικές θερμοκρασίες	64
Σχήμα 26.	Διάγραμμα τιμών εκροής TN σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TN και για τις δύο περιόδους (θερμή – ψυχρή) για διαφορετικές θερμοκρασίες χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου.....	65
Σχήμα 27.	Διάγραμμα τιμών εκροής TSS σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής το χειμώνα.....	66
Σχήμα 28.	Διάγραμμα τιμών εκροής TSS σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής το καλοκαίρι .	66
Σχήμα 29.	Διάγραμμα τιμών εκροής σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TSS το χειμώνα χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου.....	67
Σχήμα 30.	Διάγραμμα τιμών εκροής σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TSS το καλοκαίρι χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου.....	68

Σχήμα 31.	Διάγραμμα τιμών εκροής TP σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής το χειμώνα.....	68
Σχήμα 32.	Διάγραμμα τιμών εκροής TP σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής το καλοκαίρι....	69
Σχήμα 33.	Διάγραμμα τιμών εκροής σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TP , το χειμώνα, χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου.....	70
Σχήμα 34.	Διάγραμμα τιμών εκροής σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TP το καλοκαίρι χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου.....	70

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκε η επεξεργασία αστικών αποβλήτων των οικισμών Επισκοπής και Σγουροκεφάλι. Για τους οικισμούς αυτούς έχει κατασκευαστεί έργο επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με σηπτική δεξαμενή, αμμόφιλτρο και τεχνητό υγροβιότοπο επιφανειακής ροής τα οποία περιγράφονται αναλυτικά, όπως και η διαστασιολόγησή τους. Έχει γίνει εκτενής ανάλυση των εκροών του τεχνητού υγροβιότοπου σε σχέση με τις εισροές, για διαφορετικά σενάρια λειτουργίας ή μη του αμμόφιλτρου. Οι ρυπαντές που εξετάζονται είναι BOD₅, TN, TSS, και TP. Έχουν υπολογιστεί αναλυτικά γραφήματα που θα επιτρέψουν στον επιβλέποντα λειτουργίας του έργου να κάνει άμεσες εκτιμήσεις για τη συγκέντρωση εκροής των παραπάνω παραμέτρων σε σχέση με την εισροή.

ABSTRACT

This thesis studied the treatment of municipal wastewater of Episkopi and Sgourokefali. For these villages has already been constructed a septic tank, sand filter and free water surface constructed wetland. It has been undertaken an extensive analysis of effluents in respect to the influent concentration according to operation or not of the sand filter. Pollutants studied are BOD₅, TN, TSS, and TP. There is a great number of graphs that will help for the rapid estimation of the above mentioned pollutants' effluent concentration according to influent concentration. These graphs will be valuable for the operation engineer of the plant.

ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ

ΓΕΝΙΚΑ

Οι υδροβιότοποι είναι τμήματα εδάφους, κατακλυζόμενα με νερό, συνήθως μικρού βάθους (<0,6 m), στα οποία αναπτύσσονται φυτά όπως είναι: τα είδη κύπερης (φυτά της οικογένειας Cyperaceae, κυρίως του γένους Carex spp.), καλάμια νερών (φυτά του γένους Phragmites, κυρίως του P. communis), είδη βούρλων (φυτά του γένους Scirpus spp.) και είδη αφράτου και ψαθιού (όπως είναι τα είδη του γένους Typha spp.). Η φυτική βλάστηση προσφέρει το βασικό υπόστρωμα ανάπτυξης των βακτηρίων, βοηθά στη φιλτράνση και την προσρόφηση συστατικών του αποβλήτου, μεταφέρει οξυγόνο στην μάζα νερού και περιορίζει την ανάπτυξη αλγών, εξαιτίας της σκίασης. Στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο οι τεχνητοί, όσο και οι φυσικοί υδροβιότοποι (Αγγελάκης και Τσαγκαράκης, 2002).

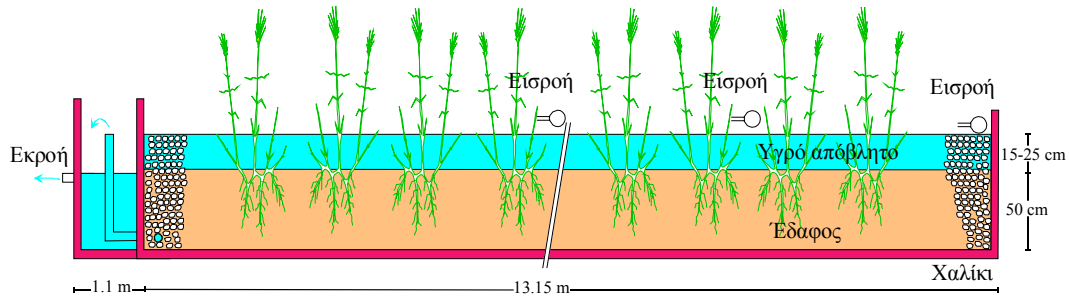
ΦΥΣΙΚΟΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ

Οι φυσικοί υδροβιότοποι μπορούν να θεωρηθούν και ως υδατικοί αποδέκτες. Ουσιαστικά η διάθεση αποβλήτων σε φυσικούς υδροβιότοπους πρέπει να συμμορφώνεται με αυστηρά πρότυπα που στην πράξη σημαίνουν να προηγείται δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων. Τροποποιήσεις σε υπάρχοντες υδροβιότοπους με σκοπό την βελτίωση των συνθηκών επεξεργασίας πρέπει γενικά να αποφεύγονται, γιατί μπορεί να προξενήσουν προβλήματα στο φυσικό οικοσύστημα. (Διαλυνάς, 1994).

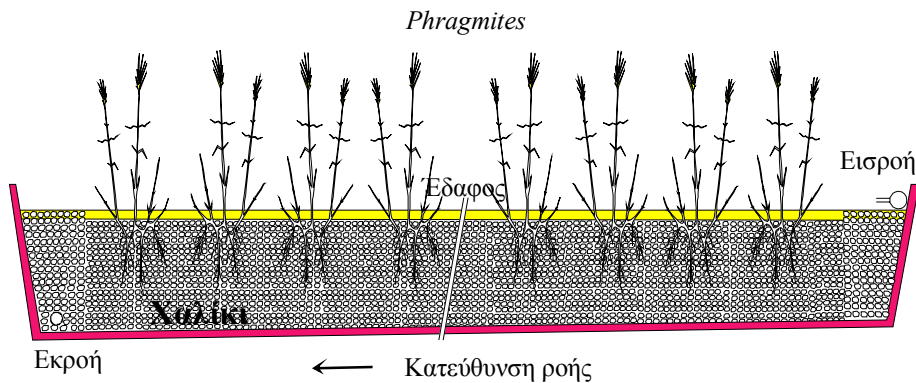
ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ

Οι τεχνητοί υδροβιότοποι έχουν όλες τις δυνατότητες των φυσικών υδροβιότοπων αλλά χωρίς τους περιορισμούς, που αφορούν τη διάθεση εκροών σε φυσικά οικοσυστήματα. Για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων με τεχνητούς υδροβιότοπους, έχουν αναπτυχθεί δύο τύποι συστημάτων: (α) υδροβιότοποι ελεύθερης επιφάνειας (Free Water Surface: FWS) και (β) αυτοί της υποεπιφανειακής ροής (Subsurface Systems: SFS). Τα συστήματα FWS, αποτελούνται συνήθως από παράλληλες λεκάνες, κανάλια ή τάφρους με αδιαπέρατους πυθμένες, με αναφυόμενη φυτική βλάστηση και μικρό βάθος νερού (0,1-0,5 m) (Σχήμα 1). Σε τέτοια συστήματα εφαρμόζεται προεπεξεργασμένο υγρό απόβλητο και η περαιτέρω επεξεργασία του διενεργείται, καθώς η εφαρμοζόμενη εκροή, ρέει με μικρή ταχύτητα δια μέσου των στελεχών και ριζών της υφιστάμενης φυτικής βλάστησης (Hammer, 1989). Ανάλογα, τα συστήματα τύπου SFS, σχεδιάζονται με σκοπό την επίτευξη δευτεροβάθμιας ή προωθημένης επεξεργασίας

(Σχήμα 2). Αυτά τα συστήματα ονομάζονται επίσης συστήματα "ριζόσφαιρας" ή "φίλτρα εδάφους-καλαμιών" και αναπτύσσονται μέσα σε κανάλια ή τάφρους με σχετικά στεγανούς πυθμένες, που περιέχουν άμμο ή άλλα γήινα μέσα υποστήριξης της αναφυόμενης φυτικής βλάστησης (Αγγελάκης και Τσαγκαράκης, 2002).



Σχήμα 1. Σύστημα υγροβιότοπου FWS (Kapellakis *et al.*, 2004)



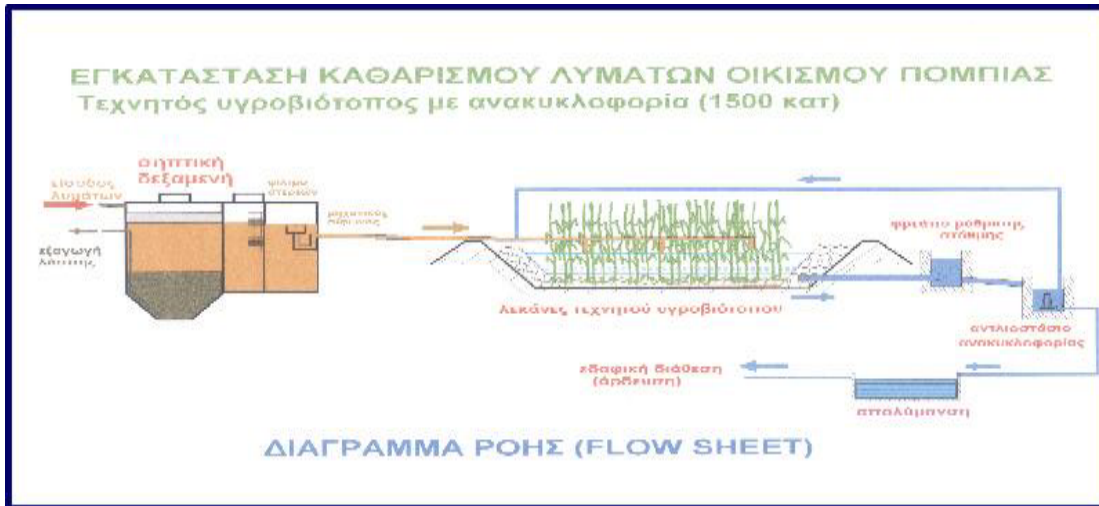
Σχήμα 2. Τυπική τομή υγροβιότοπου υποεπιφανειακής οριζόντιας ροής (Σιαράπη κ.α., 2005)

Τα φυσικά συστήματα χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα. Από τα 300 έργα που λειτουργούν σήμερα στη χώρα το 10% είναι φυσικά συστήματα και ειδικότερα τεχνητοί υγροβιότοποι. Ο αριθμός των τεχνητών υγροβιότοπων έχει αυξηθεί πολύ τα τελευταία χρόνια διότι έχει αποδειχτεί σαν μια αξιόπιστη λύση για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων σε οικισμούς κάτω των 5.000 ισοδυνάμων κατοίκων (ι.κ.).

ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΜΠΙΑ

Στην Κρήτη λειτουργεί ήδη από το 1999, ένα τέτοιο σύστημα, στον οικισμό Πόμπιας Ν. Ηρακλείου, με πολύ καλά αποτελέσματα. Το σύστημα αυτό αποτελείται από σηπτική δεξαμενή, τεχνητό υγροβιότοπο με ανακυκλοφορία και απολύμανση. Η επεξεργασία των αστικών λυμάτων του οικισμού της Πόμπιας γίνεται πρωτοβάθμια με τη σηπτική δεξαμενή (λειτουργεί σαν λιποσυλλέκτης, προκαθίζηση και βιοσταθεροποίηση λασπών) και

δευτεροβάθμια με τον τεχνητό υγροβιότοπο. Έχει επιλεγεί τεχνητός υγροβιότοπος επιφανειακής ροής (Εικόνα 1). Η εκροή από τον υγροβιότοπο καταλήγει στο φρεάτιο ανακυκλοφορίας όπου με αντλία επανακυκλοφορείται στοχεύοντας στη μεγιστοποίηση των αποδόσεων του υγροβιότοπου. Η στάθμη της εκροής στον υγροβιότοπο ρυθμίζεται από τα φρεάτια ρύθμισης στάθμης. Η απολύμανση επιτυγχάνεται με υπεριώδη ακτινοβολία (UV) (Σχήμα 3). (ΟΑΝΑΚ, 1997).



Σχήμα 3. Διάγραμμα ροής της ΜΕΑΛ Κοινότητας Πόμπιας (ΟΑΝΑΚ, 1997)



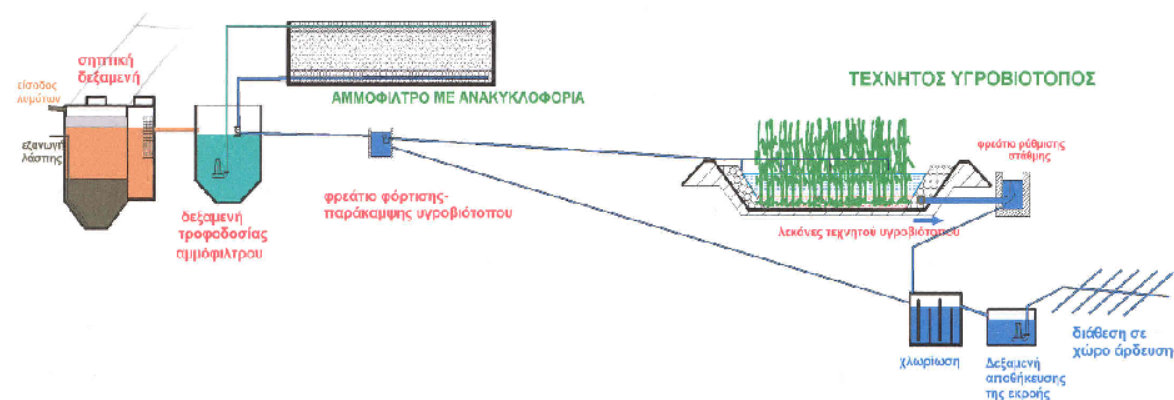
Εικόνα 1. Έξοδος τελευταίας κλίνης στον τεχνητό υγροβιότοπο Πόμπιας Δ. Μοιρών (ΟΑΝΑΚ, 2000)

Ένα άλλο παρόμοιο έργο, στο οποίο έχει βασιστεί η παρούσα Πτυχιακή Εργασία, έχει κατασκευαστεί και πολύ σύντομα πρόκειται να λειτουργήσει στον Οικισμό Επισκοπή.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΚΟΠΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συγκεκριμένη μονάδα επεξεργασίας αστικών λυμάτων (ΜΕΑΛ) καλύπτει τις ανάγκες των οικισμών Επισκοπής και Σγουροκεφαλίου του Δήμου Επισκοπής. Το έτος σχεδιασμού είναι το 2023, ενώ ορισμένες μονάδες όπως η σηπτική δεξαμενή και τα φρεάτια έχουν σχεδιασθεί έως το 2043. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή όλων των μονάδων προβλέπει παντού εφεδρείες και έχει συντελεστή ασφαλείας 20% σε περιπτώσεις υπερφόρτισης, βλάβης ή συντήρησης σε ένα τμήμα της ΜΕΑΛ. Η εγκατάσταση αποτελείται από μία σηπτική δεξαμενή, ακολουθούμενη από ένα αμμόφιλτρο ανακυκλοφορίας, λεκάνες τεχνητών υγροβιότοπων επιφανειακής ροής και απολύμανση της εκροής με υποχλωριώδες νάτριο NaOCl (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Διάγραμμα ροής της ΜΕΑΛ Επισκοπής-Σγουροκεφαλίου (ΟΑΝΑΚ, 2000)

ΛΟΓΟΙ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Μετά την εξέταση των δεδομένων της περιοχής εγκαταστάσεως (είδος και σύσταση παραγομένων λυμάτων, υδραυλικά φορτία και εποχιακές ημερήσιες διακυμάνσεις τους, κλιματολογικές συνθήκες και ιδιομορφίες της περιοχής κ.λ.π.), την πρόσφατη εμπειρία από περιοχές με παρόμοιες τοπικές ιδιομορφίες και κλιματολογικά δεδομένα και τη σχετική οικονομοτεχνική ανάλυση, επιλέχθηκε λύση απλή και οικονομική κατασκευαστικά και λειτουργικά, η οποία να δίνει εκροή κατάλληλη για άρδευση δενδροκομικών καλλιεργειών στην περιοχή. Το σύστημα που επιλέχθηκε μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων (ΟΑΝΑΚ, 2000):

- σηπτική δεξαμενή + βιολογικό αμμόφιλτρο + απολύμανση
- σηπτική δεξαμενή + υγροβιότοπος + απολύμανση

γ) βιολογικός σταθμός (ενεργ. λάσπη – παρατεταμένος αερισμός + απολύμανση)

είναι η δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία:

σηπτική δεξαμενή + βιολογικό αμμόφιλτρο με ανακυκλοφορία + απολύμανση

Προστέθηκε επιπλέον επεξεργασίας, μικρός, τεχνητός υγροβιότοπος επιφανειακής ροής, ο οποίος δίνει τη δυνατότητα πρόσθετης (τριτοβάθμιας) επεξεργασίας.

Το παραπάνω σύστημα περιλαμβάνει πρωτοβάθμια επεξεργασία σε σηπτική δεξαμενή και βιολογική επεξεργασία σε αμμόφιλτρο με ανακυκλοφορία. Τα δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται με βαρύτητα σε μικρό τεχνητό υγροβιότοπο επιφανειακής ροής.

Ο υγροβιότοπος αυτός παρέχει τριτοβάθμια επεξεργασία, ενώ σε περίπτωση διακοπής ρεύματος ή σοβαρής ζημιάς στο αμμόφιλτρο δίνει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα οπότε δίνεται η δυνατότητα αντιμετώπισης πιθανών βλαβών στη μονάδα με αποκλεισμό της διαφυγής ανεπεξέργαστων λυμάτων στην εκροή.

Επιπλέον, σε περίπτωση μη ύπαρξης δυνατότητας διάθεσης της εκροής, ο υγροβιότοπος δίνει τη δυνατότητα αποθήκευσης της για περίπου πέντε έως έξι μέρες, με την αύξηση της στάθμης των υγρών.

Από τον υγροβιότοπο, η εκροή οδηγείται με βαρύτητα σε δεξαμενή απολύμανσης με διάλυμα υποχλωριώδους Νατρίου (περίπου 14% σε ενεργό χλώριο) με αποτέλεσμα τη μείωση του μικροβιολογικού της φορτίου πριν την τελική διάθεση.

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού (σηπτική δεξαμενή + βιολογικό αμμόφιλτρο με ανακυκλοφορία) είναι τα παρακάτω:

- α) δεν δημιουργεί αισθητικά προβλήματα και εξουδετερώνει με μεγάλες αποδόσεις τα παθογόνα μικρόβια των λυμάτων.
- β) μεγάλη ανθεκτικότητα σε μεταβολές του υδραυλικού και βιολογικού φορτίου (ακόμη και σε απότομες μεταβολές φορτίων). Μεγάλη αντοχή σε διακοπές ηλεκτρικού ρεύματος, (δεν δημιουργείται καμιά ζημιά στη βιολογική επεξεργασία). Το σύστημα λειτουργεί πλήρως και άμεσα μετά την επανατροφοδοσία από τη ΔΕΗ.
- γ) έχει δυνατότητα πλήρους νιτροποίησης και αρκετά καλής απονιτροποίησης (60-90%) των λυμάτων με τη διακοπόμενη φόρτιση και ανακυκλοφορία.
- δ) η παραγόμενη λάσπη από τη σηπτική δεξαμενή είναι μικρή ποσότητα και αρκετά σταθεροποιημένη ώστε να διατίθεται σε αγρούς ή σε χώρους ταφής απορριμμάτων

με ή χωρίς αφυδάτωση (είναι δε περισσότερο σταθεροποιημένη από την παραγόμενη στον παρατεταμένο αερισμό).

ε) μεγάλη απλότητα στο χειρισμό .

στ) έχει σχετικά χαμηλό κόστος κατασκευής και ελάχιστο κόστος λειτουργίας (υποπενταπλάσιο του κλασσικού συστήματος παρατεταμένου αερισμού).

Τα μειονεκτήματα πιθανού βουλώματος που είχαν παλαιότερα τα αμμόφιλτρα αντιμετωπίστηκαν:

α) με τις σηπτικές δεξαμενές νέου τύπου, που δεν επιτρέπουν τη διαφυγή στερεών προς το αμμόφιλτρο

β) με πρόβλεψη συστήματος έκλυσης-καθαρισμού για περίπτωση βουλώματος μετά από μεγάλα χρονικά διαστήματα λειτουργίας

γ) με χαμηλές φορτίσεις των συστημάτων

δ) στην ανάγκη επίσης αν εγκαταληφθεί πλήρως και δεν συντηρείται καθόλου, το βούλωμα αντιμετωπίζεται με αφαίρεση στρώματος άμμου 5-6 cm.

Το μειονέκτημα επίσης της μεγαλύτερης έκτασης που καταλαμβάνει το έργο (σε σχέση με τον παρατεταμένο αερισμό) αντισταθμίζεται με τα πλεονεκτήματα του, που το καθιστούν πολύ καλή επιλογή για τα κλιματολογικά και λοιπά δεδομένα μικρών οικισμών και πόλεων.

ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Κύρια στάδια επεξεργασίας του συστήματος είναι:

α) έργα εισόδου των υγρών αποβλήτων (φρεάτιο με χονδρή εσχάρα) .

β) σηπτική δεξαμενή

γ) αντλιοστάσιο & δεξαμενή τροφοδοσίας αμμόφιλτρου

δ) βιολογικό αμμόφιλτρο με ανακυκλοφορία

ε) μονάδα τεχνητού υγροβιότοπου πρόσθετης (τριτοβάθμιας) επεξεργασίας

στ) απολύμανση (χλωρίωση) της εκροής

ζ) δεξαμενή αποθήκευσης εκροής (και αντλιοστάσιο εξόδου)

η) κτίριο διοίκησης (χώρος ηλεκτρικού πίνακα, αποθήκη και W.C.)

θ) μονάδα εξουδετέρωσης οσμεριών σηπτικής δεξαμενής

ι) λοιπά έργα υποδομής (διαμόρφωση χώρου, περίφραξη, ύδρευση, ηλεκτροφωτισμός)

ια) δίκτυο άρδευσης

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΑΔΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΦΡΕΑΤΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ

Στο φρεάτιο εισόδου (Εικόνα 2) καταλήγουν οι κεντρικοί αγωγοί του αποχετευτικού δικτύου των εξυπηρετούμενων οικισμών και από εκεί τα λύματα οδηγούνται με φυσική ροή (βαρύτητα) προς τη σηπτική δεξαμενή.



Εικόνα 2. Όψη του φρεατίου εισόδου και τμήματος της σηπτικής δεξαμενής

Αποτελείται από χονδρή ανοξείδωτη σχάρα (ευθύγραμμη με κλίση 60 μοίρες ως προς το οριζόντιο επίπεδο). Τα διάκενα των ράβδων είναι 30-40 mm, ώστε να συγκρατούνται τα χονδρά στερεά, ξύλα, πλαστικά κ.λ.π, που θα μπορούσαν να προκαλέσουν φραξίματα στα επόμενα στάδια. Θα καθαρίζεται με ειδική τσουγκράνα (χειρονακτικά) 1-2 φορές εβδομαδιαίως.

ΣΗΠΤΙΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ

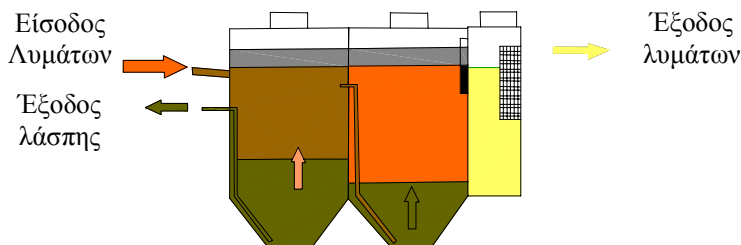
Γενικά. Οι σηπτικές δεξαμενές χρησιμοποιούνται πολλούς αιώνες σαν προεπεξεργασία των αστικών λυμάτων. Χρησιμοποιήθηκαν με μεγάλη επιτυχία για μικρούς οικισμούς ή μεμονωμένα σπίτια. Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν γίνει σημαντικές βελτιώσεις στο σχεδιασμό και την κατασκευή των σηπτικών δεξαμενών. Ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία σε αρκετές περιοχές ανεπτυγμένων χωρών (USA, Ιαπωνία κ.λ.π.) ενισχύθηκε η τάση για αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας αστικών λυμάτων (Ανδρεαδάκης κ.α., 1999, Μαρκαντωνάτος, 1999).

Έτσι απομακρυσμένοι οικισμοί αντί να συνδεθούν με τις ΜΕΑΛ κατασκευάζοντας επιπλέον αντλιοστάσια και καταθλιπτικούς αγωγούς ή τεράστιους και πολυδάπανους αγωγούς βαρύτητας, εξυπηρετούνται σήμερα με νέες μικρές ΜΕΑΛ ή αποκεντρωμένα μικρά συστήματα, (π.χ αμμόφιλτρα, τεχνητούς υγροβιοτόπους ή συστήματα υπεδάφιας διάθεσης). Στα αποκεντρωμένα μικρά συστήματα πολύ συχνά σήμερα η προεπεξεργασία γίνεται από μια σηπτική δεξαμενή ή μια δεξαμενή τύπου Imhoff.

Στόχοι. Οι στόχοι που εξυπηρετούν οι σηπτικές δεξαμενές είναι η αφαίρεση των αιωρούμενων στερεών (λασπών) και επιπλεόντων υλικών (αφρού, λιπών - ελαίων) ώστε η εκροή:

- α) να μην δημιουργεί προβλήματα βουλωμάτων (εμφράξεων) στα επόμενα στάδια επεξεργασίας και διάθεσης των λυμάτων
- β) να αυξάνονται οι αποδόσεις των επόμενων σταδίων

Η σηπτική δεξαμενή (Σχήμα 5) αποτελεί την πρώτη βασική μονάδα καθαρισμού (πρωτοβάθμια επεξεργασία) των λυμάτων, με σημαντικές βελτιώσεις στο σχεδιασμό και την κατασκευή της τις τελευταίες δεκαετίες. Σε αυτή επιτυγχάνεται καθίζηση μέρους των αιωρούμενων στερεών και ταυτόχρονα αναερόβια χώνευση της λάσπης στον πυθμένα (όπου προβλέπεται ο απαραίτητος όγκος).



Σχήμα 5. Τυπική τομή διθάλαμης σηπτικής δεξαμενής (ΟΑΝΑΚ, 2004)

Τα αστικά λύματα περιέχουν σημαντικές ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων με ειδικό βάρος μεγαλύτερο του νερού, τα οποία λόγω της ροής των λυμάτων παραμένουν σε αιώρηση. Με την πρωτοβάθμια επεξεργασία επιδιώκεται η απομάκρυνση σημαντικού μέρους αυτών των σωματιδίων (κατά 50 - 65%) με καθίζηση σε δεξαμενές που επικρατούν συνθήκες σχετικής ηρεμίας. Δεδομένου ότι, σημαντικό μέρος των οργανικών ενώσεων βρίσκεται σε μορφή αιωρούμενων σωματιδίων, επιτυγχάνεται και ταυτόχρονη μείωση του BOD₅ (κατά 15- 40%). Παράλληλα, απομακρύνονται από την επιφάνεια της δεξαμενής και επιπλέοντα στερεά (λίπη, έλαια, αφροί).

Τέλος, η εκροή από σηπτικές δεξαμενές επιδέχεται προσθήκη χημικών (κροκιδωτικών) για την αφαίρεση όλων των στερεών, αζώτου-φωσφόρου και του BOD₅ (70-85%).

Μια σηπτική δεξαμενή που έχει κατασκευαστεί και λειτουργεί σωστά (ακόμα και με ένα θάλαμο) έχει ικανοποιητικές αποδόσεις. Παρ' όλα αυτά συνηθίζεται στεγανή διθάλαμη ή τριθάλαμη δεξαμενή με την ίδια συνολική χωρητικότητα, διότι έτσι επιτυγχάνεται καλύτερη ασφάλεια στην παγίδευση - συγκράτηση και των επιπλεόντων και των λασπών, ιδιαίτερα μάλιστα σε περιόδους που έχουμε μεγαλύτερες φορτίσεις ή ανατάραξη λόγω μεγάλων ρυθμών χώνευσης (πχ. το θέρος). Οι θάλαμοι επικοινωνούν μεταξύ τους με ανοίγματα που βρίσκονται 70-100 cm κάτω από την επιφάνεια του υγρού, για να παρεμποδίζεται η μεταφορά επιπλεόντων.

Σε κάθε θάλαμο καθίζησης διακρίνονται μία ζώνη υγρού όπου τα στερεά καθιζάνουν, μία ζώνη λάσπης όπου συσσωρεύονται καθιζάνοντα στερεά και μία επιφανειακή ζώνη όπου επιπλέουν τα λίπη. Απαραίτητη είναι η ύπαρξη ελεύθερου πάνω χώρου, τουλάχιστον 0,4 m. Ο πρώτος θάλαμος είναι συνήθως μεγαλύτερος σε ωφέλιμο όγκο. Η σηπτική δεξαμενή της υπό εξέτασης ΜΕΑΛ φαίνεται στις Εικόνες 3 και 4.



Εικόνα 3. Όψη σηπτικής δεξαμενής



Εικόνα 4. Όψη της σηπτικής δεξαμενής και τμήματος του βιολογικού αμμοφίλτρου

Για την κατασκευή σηπτικών δεξαμενών υπάρχουν στην Ελληνική Νομοθεσία οι εξής περιορισμοί (Ε1β/221/65 (ΦΕΚ 138/Β/65):

- α) ελάχιστη απόσταση από τα όρια του οικοπέδου 1 m
- β) υδατοστεγής κατασκευή, κατάλληλος εξαερισμός και στεγανά καλύμματα ανθρωποθυρίδων
- γ) αποστάσεις, βάθος και κατάλληλη τοποθέτηση ώστε να προστατεύονται τα υπόγεια νερά σε κάθε περίπτωση διαρροών ή υπερχειλίσεων και γενικά επαρκείς κατά περίπτωση αποστάσεις ώστε να μην ενοχλούνται άνθρωποι και να προστατεύονται τα υπόγεια νερά και η δημόσια υγεία.

Απομάκρυνση φορτίων από σηπτικές δεξαμενές. Στον Πίνακα 1 φαίνονται οι συνήθεις (μέσες) αποδόσεις των σηπτικών δεξαμενών.

Πίνακας 1. Συνήθης απομάκρυνση φορτίων από σηπτικές δεξαμενές (Tchobanoglous and Barton, 1991)

Παράμετρος	Ανεπεξέργαστα Λύματα	Έξοδος Σηπτικής Δεξαμ
Χημικά απαιτούμενο Οξυγόνο (COD), mg/L	400-1000	120-700
Βιοχημικά απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD ₅), mg/L	210-530	140-200
Αιωρούμενα στερεά (SS), mg/L	237-600	50-90
Ολικό Άζωτο, mg/L	35-80	25-60
Αμμωνιακά (NH ₄) ⁺ , mg/L	7-40	20-60
Νιτρικά (NO ₃) ⁻ , mg/L	< 1	< 1
Ολικός Φόσφορος (TP), mg/L	10-27	10-27
Κοπρανώδη κολοβακτηρίδια (FC), απ./100 ml	106 - 1010	103 – 106
Ιοί (Viruses), μονάδες PFU/ml	άγνωστο	105 – 107

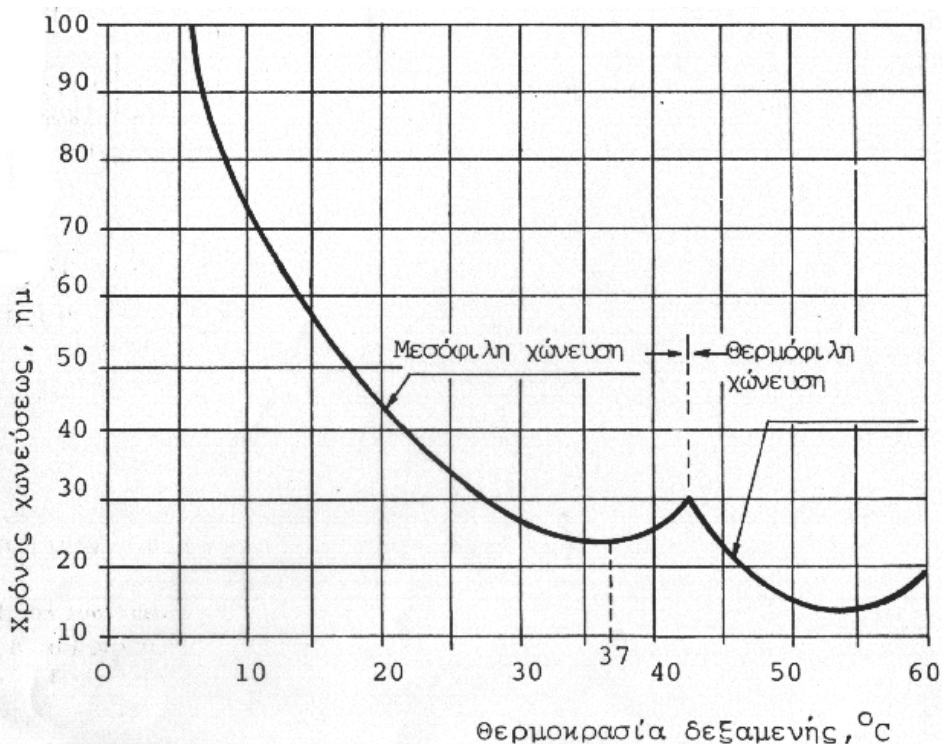
Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των σηπτικών δεξαμενών είναι:

- α) η υδραυλική επιφανειακή φόρτιση (μεγάλη επιφανειακή φόρτιση μπορεί να μειώσει την απόδοση καθίζησης ή επίπλευσης. Επιτρεπόμενη φόρτιση 30 – 50 m³/m²·d)
- β) ο υδραυλικός χρόνος παραμονής (πρέπει να είναι αρκετός για να ολοκληρώνονται οι διεργασίες συσσωμάτωσης και καθίζησης. Συνήθως 1,5 – 2,5h)
- γ) γεωμετρία (σχήμα, διαστάσεις, σχέση μήκους-πλάτους-ύψους, κλπ.)
- δ) διαμορφώσεις εισόδου-εξόδου
- ε) αριθμός θαλάμων
- στ) θερμοκρασία περιβάλλοντος & λυμάτων
- ζ) τρόπος λειτουργίας & συντήρησης

Κύρια σημεία για το σχεδιασμό και τη λειτουργία της σηπτικής δεξαμενής που πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη είναι:

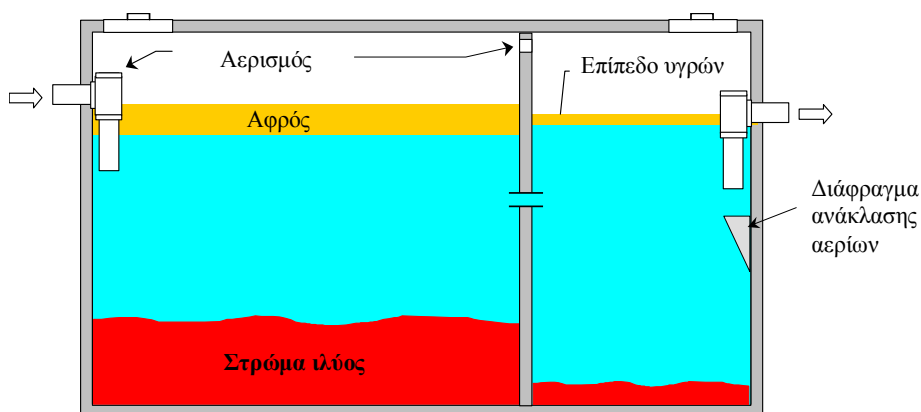
- α) λανθασμένος σχεδιασμός ή κακή τοποθέτηση των διαφραγμάτων μπορούν να προκαλέσουν τυρβώδη ροή τοπικά και να μειώσουν την απόδοση της καθίζησης.
- β) λάθος τοποθέτηση των διαφραγμάτων μπορούν να διευκολύνουν τη διαφυγή επιπλεόντων προς το σύστημα διάθεσης της εκροής (πχ. λίπη, λάδια που κλείνουν το πορώδες του εδάφους)
- γ) κακή λειτουργία και συντήρηση μπορούν να μειώσουν τις αποδόσεις του συστήματος
- δ) διάφορα υλικά που πέφτουν στην αποχέτευση μπορούν να προκαλέσουν βουλώματα στα ανοίγματα επικοινωνίας των θαλάμων ή στον αγωγό διάθεσης της εκροής
- ε) φράξιμο στην αντλία ή στον αγωγό εκκένωσης των λασπών μπορεί να προκαλέσει ανύψωση της στάθμης των λασπών και τη διαφυγή τους μαζί με την εκροή.

Η παραγόμενη λάσπη από τις σηπτικές δεξαμενές θα πρέπει αφαιρείται κάθε 6-12 μήνες τουλάχιστον. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6, η λάσπη μετά τις 40 μέρες παραμονή στη σηπτική δεξαμενή (με μέση θερμοκρασία 20°C), είναι χωνεμένη τουλάχιστον 90%, ενώ συγκριτικά η σταθεροποιημένη λάσπη που παράγεται από τον παρατεταμένο αερισμό είναι χωνεμένη 40-70%. Επίσης από το ίδιο σχήμα προκύπτει ότι σε 15°C απαιτούνται 55 ημέρες για σταθεροποίηση του 90% των πτητικών της ιλύος (στην περίπτωσή μας η χώνευση διαρκεί τουλάχιστον 6 μήνες), ενώ τα συστήματα ενεργού ιλύος με παρατεταμένο αερισμό δίνουν σταθεροποιημένη λάσπη μέχρι 60%.



Σχήμα 6. Απαιτούμενος χρόνος για χώνευση 90% της πρωτοβάθμιας λάσπης (Μαρκαντωνάτος, 1990)

Τα λύματα, μετά τη σηπτική δεξαμενή, υπερχειλίζουν σε ανεξάρτητο θάλαμο, μέσω σωλήνα, σε στάθμη που εξασφαλίζει ότι δεν θα συμπαρασύρονται αφροί και λίπη (στο κατακόρυφο τοίχιο της δεξαμενής και κάτω από το στόμιο του σωλήνα έχει διαμορφωθεί τριγωνική προεξοχή από σκυρόδεμα). Στο Σχήμα 7 φαίνεται σχέδιο σηπτικής δεξαμενής με την προαναφερόμενη τριγωνική διατομή.



Σχήμα 7. Τυπική όψη διθάλαμης σηπτικής δεξαμενής (Σιαράπη κ.α., 2005)

Στο θάλαμο αυτό, έχουν τοποθετηθεί δύο (2) ειδικά κόσκινα εκροής (screen vault) (βλ. Σχέδιο 2, Παράρτημα 3). Τα κόσκινα αυτά συγκρατούν στερεά ή λίπη που διέφυγαν, ώστε να προστατεύονται τα επόμενα στάδια από εμφράξεις (αντλίες, δίκτυα διανομής στις λεκάνες του χαλκίφιλτρου). Στην Εικόνα 5 φαίνονται τέτοια φίλτρα.



Εικόνα 5. Φίλτρα εκροής σηπτικών δεξαμενών (Leverenz *et al.*, 2002)

Η δεξαμενή στο υπό εξέταση έργο αποτελείται από τρεις (3) θαλάμους οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους με σωλήνα στο μέσον περίπου του ύψους του ενδιάμεσου τοιχίου (βλ. Σχέδιο1, Παράρτημα 3).

ΜΟΝΑΔΑ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗΣ ΟΣΜΑΕΡΙΩΝ ΣΗΠΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Γενικά. Ως αποτέλεσμα της αναερόβιας χώνευσης έχουμε την παραγωγή δύσοσμων αερίων, όπως π.χ. υδρόθειο (H_2S), αμμωνία (NH_3) και οργανικές ενώσεις, (ινδόλες, σκατόλες, μερκαπτάνες, αμίνες κ.ά) τα οποία σε μεγάλες ποσότητες είναι επικίνδυνα αν δεν λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα προστασίας.

Η αντιμετώπιση των οσμαερίων της σηπτικής δεξαμενής γίνεται με δίκτυο συγκέντρωσης-απαγωγής, το οποίο μεταφέρει τα οσμάερια με εξαεριστήρα σε βιολογικό φίλτρο με πληρωτικό υλικό ώριμο κόμποστ (Εικόνα 6). Η διατήρηση της απαιτούμενης υγρασίας στο φίλτρο επιτυγχάνεται με καταιονισμό των οσμαερίων με σταγονίδια νερού στο θάλαμο εφύγρανσης.



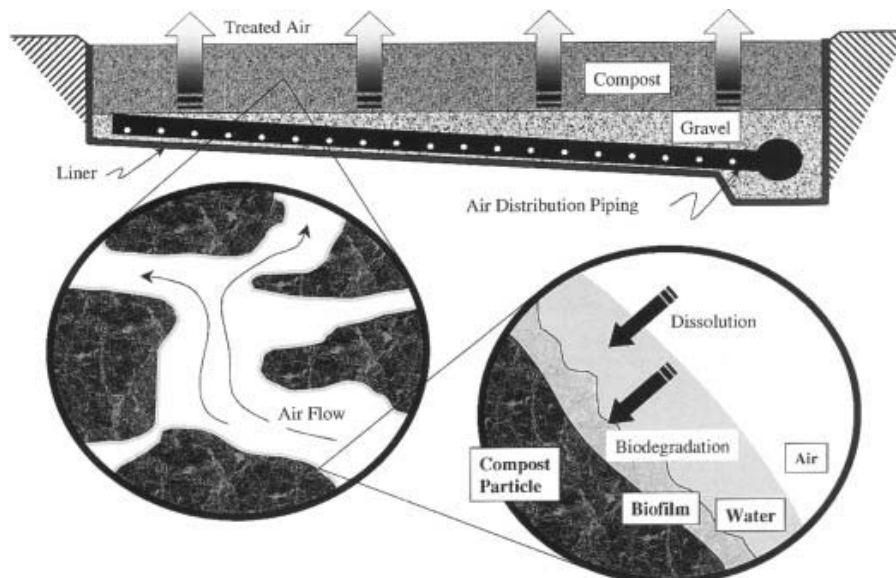
Εικόνα 6. Μονάδα εξουδετέρωσης οσμαερίων

Το φίλτρο αυτό επιλέχτηκε διότι είναι απλό στην κατασκευή και λειτουργία. Επίσης είναι οικονομικότερο στη λειτουργία απ' ό,τι όλα τα άλλα συστήματα. Δε χρησιμοποιεί χημικά όπως οι πλυντρίδες και δεν παράγει κατάλοιπα για εξουδετέρωση όπως τα φίλτρα ενεργού άνθρακα και οι πλυντρίδες.

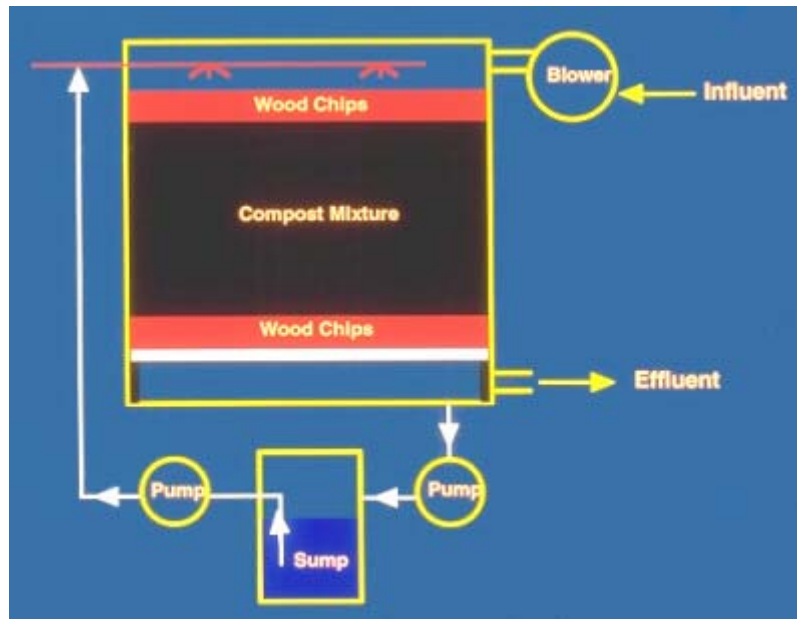
Το βιόφιλτρο compost αποτελείται από το σύστημα εξαερισμού (με ανοξείδωτο ventilateur), το κυρίως φίλτρο και τη μονάδα εφύγρανσης (κύλινδρο κατακόρυφο με ακροφύσιο (μπεκ) καταωνισμού νερού στο ρεύμα των οσμερίων). Τα φίλτρα τοποθετούνται σε ορθογωνικά δοχεία με ανοξείδωτη αυλακωτή λαμαρίνα ή εναλλακτικά από πολυεστέρα πάχους 8 mm τουλάχιστον, σπλισμένο με υαλοβάμβακα ή εναλλακτικά μπορούν να κτιστούν με οικοδομικά υλικά.

Σ' αυτά τα φίλτρα απόσμησης επιτελείται βιοχημική διεργασία από μικροοργανισμούς σε φυτικό υπόστρωμα (μίγμα τεμαχίων ξύλου και ώριμου compost ή φυτοχώματος). Η μόνη εξάρτηση από μηχανήματα και συσκευές είναι ο εξαεριστήρας μεταφοράς των οσμερίων, ο οποίος απαιτείται εξάλλου σε κάθε σύστημα φίλτρανσης.

Η λειτουργία τους βασίζεται σε βακτηριακή βιομάζα που αναπτύσσεται σε ειδικό υπόστρωμα (φλύδες δέντρων ή ροκανίδια με ώριμο compost και αφομοιώνει τις ουσίες που περιέχουν τα οσμαέρια (υδρόθειο, φαινόλες, μερκαπτάνες, ινδόλη κλπ.). Η απόδοση καθαρισμού για ένα σωστά σχεδιασμένο βιόφιλτρο compost κυμαίνεται μεταξύ 90 και 99%. Η Σχηματική τομή βιοφίλτρου και λεπτομέρειες των κόκκων, όπως και το σχηματικό διάγραμμα βιόφίλτρου με καταιονισμό φαίνονται στα Σχήματα 8 και 9.



Σχήμα 8. Σχηματική τομή βιοφίλτρου και λεπτομέρειες κόκκων (ΟΑΝΑΚ, 2003)



Σχήμα 9. Σχηματικό διάγραμμα βιοφίλτρου με καταιονισμό (OANAK, 2003)

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Το σύστημα βιολογικής επεξεργασίας περιλαμβάνει δεξαμενή τροφοδοσίας (δοσομέτρησης) αμμόφιλτρου, αμμόφιλτρα, φρεάτιο τροφοδοσίας & παράκαμψης τεχνητού υγροβιότοπου (bypass) και λεκάνη τεχνητού υγροβιότοπου επιφανειακής ροής.

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ

Στην έξοδο της σηπτικής δεξαμενής, προβλέπεται ξεχωριστός θάλαμος (δεξαμενή δοσομέτρησης, με ωφέλιμη χωρητικότητα ίση τουλάχιστον με το 40% της μέγιστης ημερήσιας παραγωγής λυμάτων (θέρος 40ετίας)). Η δεξαμενή αυτή χρησιμεύει σαν αποθήκη της πρωτοβάθμιας εκροής, που έρχεται από τη σηπτική δεξαμενή με υπερχειλίση. Από τη δεξαμενή ξεκινά η γραμμή τροφοδοσίας (& ανακυκλοφορίας) του αμμόφιλτρου, που αποτελείται από τις αντλίες τροφοδοσίας (δύο για κάθε λεκάνη αμμόφιλτρου (Εικόνα 7)), τους κεντρικούς αγωγούς μεταφοράς - διανομής (ένα για κάθε αμμόφιλτρο) και του αγωγούς διανομής της ροής πάνω στο αμμόφιλτρο (βλ. Σχέδιο 5, Παράρτημα 3).



Εικόνα 7. Αντλίες τροφοδοσίας βιολογικού αμμόφιλτρου

Στη δεξαμενή αυτή καταλήγει με φυσική ροή ο αγωγός επιστροφής, με τις συλλεκτήριες γραμμές που μεταφέρουν τη διηθημένη εκροή από κάθε αμμόφιλτρο στη δεξαμενή δοσομέτρησης. Στη είσοδο του αγωγού αυτού στη δεξαμενή δοσομέτρησης, υπάρχει μια ειδική βαλβίδα με μπάλα που κλείνει τη γραμμή προς τη δεξαμενή δοσομέτρησης (όταν η δεξαμενή γεμίσει) και οδηγεί την περίσσεια προς της δεξαμενή αποθήκης εκροής. Αντί τη χρήση βαλβίδας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και υπερχειλίση για την περίσσεια προς τη δεξαμενή αποθήκευσης εκροής.

ΦΙΑΤΡΟ ΑΜΜΟΥ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ (RECIRCULATING SAND FILTER)

Τα αμμόφιλτρα αυτά χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερες φορτίσεις σε σχέση με τα φίλτρα περιοδικής φόρτισης (intermittent filters) και ανακυκλοφορία 100-500 % και χρησιμοποιούνται κυρίως σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις (βλ. Σχέδιο 3, Παράρτημα 3). Βασικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού είναι: προεπεξεργασία σε σηπτική δεξαμενή αφαίρεση λιπών και αδρομερών (πρωτοβάθμια), υλικό πλήρωσης άμμος με διάμετρο 1,5-2,5 mm ή λεπτό χαλίκι, φορτίσεις μέχρι 0,2 m³/m²·d (για άμμο 1,5-2,5 mm), πάχος στρώματος άμμου 60 cm, πάχος υποστρώματος: 30 cm και πάχος στρώματος τροφοδοσίας-διανομής: 25 cm (OANAK, 2000) (βλ. Σχέδιο 4, Παράρτημα 3). Η αναμενόμενη ποιότητα της εκροής μετά την απολύμανση φαίνεται στον Πίνακα 2. Όψη του βιολογικού αμμοφίλτρου φαίνεται στην Εικόνα 8.

Πίνακας 2. Ποιότητα εκροής (ΟΑΝΑΚ, 2003)

Παράμετρος	Μονάδες	Ποιότητα εκροής
BOD ₅	mg/L	≤ 20
COD	mg/L	< 80
SS	mg/L	< 25
pH		6.5-7.5
TN	mg/L	<20
TP	mg/L	<25
Total Coliforms (TC)	απ./100ml	0-100
FC	απ./100ml	0-10



Εικόνα 8. Όψη βιολογικού αμμοφίλτρου

ΦΡΕΑΤΙΟ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ & ΠΑΡΑΚΑΜΨΗΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ (BY-PASS)

Το φρεάτιο αυτό (Εικόνα 9) χρησιμεύει για τροφοδοσία του τεχνητού υγροβιοτόπου με μηχανικό σίφωνα (και υπερχειλίση ασφαλείας) και για παράκαμψη του σε περίπτωση βλάβης (by-pass).



Εικόνα 9. Φρεάτιο τροφοδοσίας και τμήμα λεκάνης τεχνητού υγροβιοτόπου

ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ

Στους τεχνητούς υγροβιότοπους επιφανειακής ροής τα λύματα διέρχονται οριζοντίως επιφανειακά μέσα σε λεκάνη όπου έχουν φυτευτεί κατάλληλα φυτά π.χ. καλάμια. Για να αποφευχθούν προβλήματα οσμών και ξήρανσης της φυτικής βλάστησης τα λύματα υποβάλλονται σε πρωτοβάθμια καθίζηση. Πάνω στην ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους και των φυτών δημιουργείται ένα φιλμ από ενεργούς μικροοργανισμούς, το οποίο αποικοδομεί το οργανικό φορτίο των λυμάτων. Τα επεξεργασμένα λύματα συλλέγονται σε μία ζώνη εκροής από χαλίκια και στη συνέχεια διατίθενται στον αποδέκτη, ενώ συχνά υποβάλλονται και σε τριτοβάθμια επεξεργασία.

Τα βασικά κριτήρια για τον σχεδιασμό των τεχνητών υγροβιότοπων είναι ο υδραυλικός χρόνος παραμονής, ρυθμός εφαρμογής του οργανικού φορτίου, η απαιτούμενη επιφάνεια, το βάθος νερού, ο λόγος μήκους/πλάτους, το εύρος των θερμοκρασιών λειτουργίας και οι υδραυλικές παραδοχές. Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει τα τυπικά κριτήρια για το σχεδιασμό των υγροβιότοπων.

Πίνακας 3. Κριτήρια σχεδιασμού υγροβιότοπων (Αγγελάκης και Τσαγκαράκης, 2002)

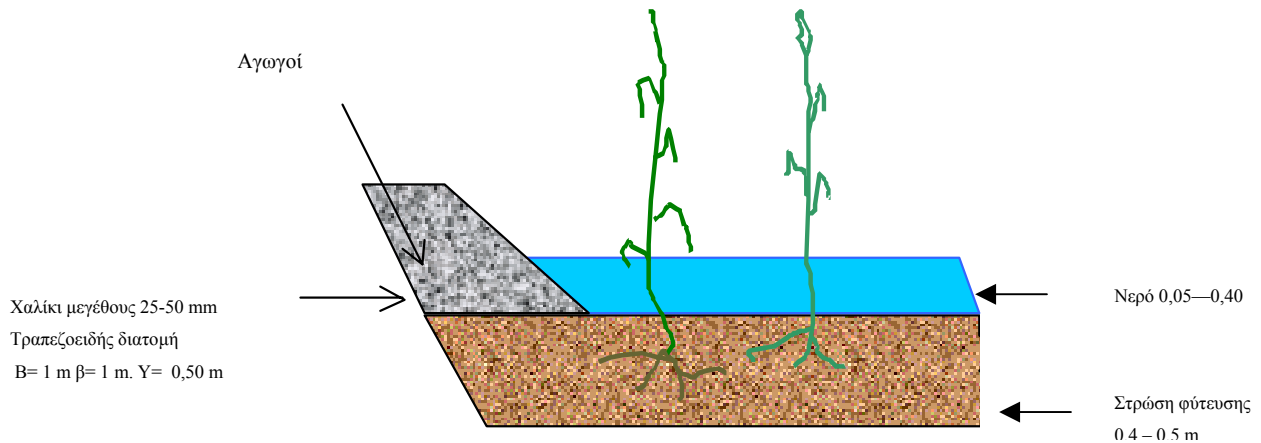
Κριτήριο	Μονάδα	Τιμή
Υδραυλικός χρόνος παραμονής	ημέρες	2-5 (BOD) 7-14 (N)
Ρυθμός εφαρμογής οργανικού φορτίου BOD ₅	κιλά/στρέμμα/ ημέρα	<11
Βάθος νερού	μέτρα	0.10 -0.50
Λόγος μήκους/πλάτους		2:1 – 4:1 (έως και 10:1)
Έλεγχος κουνουπιών		απαιτείται
Συχνότητα συγκομιδής	έτη	3-5
Προσδοκώμενη ποιότητα εκροής		
BOD	mg/L	<20
TSS	mg/L	<20
TN	mg/L	<10
TP	mg/L	<5

Οι βασικοί μηχανισμοί απομάκρυνσης και μετατροπής των συστατικών των λυμάτων στους υγροβιότοπους επιφανειακής ροής παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

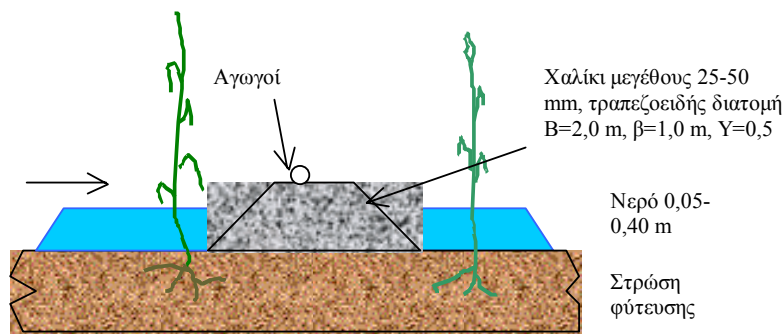
Πίνακας 4. Συνοπτική παρουσίαση βασικών μηχανισμών απομάκρυνσης και μετατροπής στοιχείων των υγρών αποβλήτων σε τεχνητούς υγροβιότοπους (Crites and Tchobanoglous, 1998).

Συστατικό	Βιοδιαικοδομήσιμα οργανικά υλικά	Αιωρούμενα στερεά	Άζωτο	Φωσφόρος	Βαρέα Μέταλλα	Οργανικά ιχνοστοιχεία	Παθογόνοι μικροοργανισμοί
Μηχανισμοί Απομάκρυνσης /μετατροπής	Βιομετατροπή με αερόβια, ελεύθερα και αναερόβια βακτήρια στην επιφάνεια των φυτών και στο έδαφος του διαλυτού BOD ₅ , προσρόφηση, φιλτράρισμα και καθίζηση του στερεού BOD ₅	Καθίζηση, φιλτράρισμα	Νιτροποίηση, απονιτροποίηση, πρόσληψη από τα φυτά, εξάτμιση	Καθίζηση, πρόσληψη από τα φυτά	Προσρόφηση από φυτά και το έδαφος, καθίζηση	Εξάτμιση, προσρόφηση, Βιοαποικοδόμηση	Φυσική σήψη, καθίζηση, υπεριώδης ακτινοβολία, εξαγωγή αντιβιοτικών από τις ρίζες των φυτών

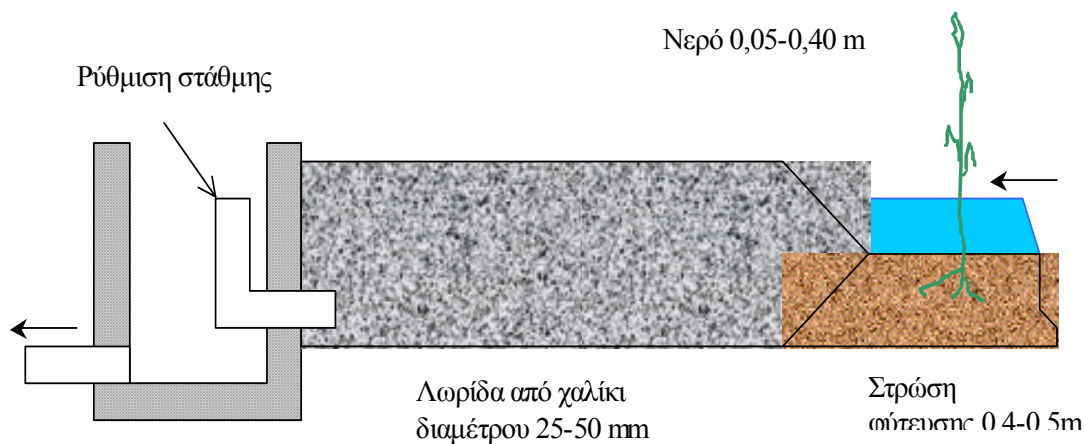
Οι τομές στην είσοδο, την έξοδο και στους διαδρόμους προσπέλασης σε τεχνητό υγροβιότοπο επιφανειακής ροής φαίνονται στα Σχήματα 10, 11 και 12.



Σχήμα 10. Ενδεικτική τομή εισόδου (ΟΑΝΑΚ, 2004)



Σχήμα 11. Ενδεικτική τομή διαδρόμου (ΟΑΝΑΚ, 2004)



Σχήμα 12. Ενδεικτική τομή στο τέλος της λεκάνης (ΟΑΝΑΚ, 2004)

Ο τεχνητός υγροβιότοπος παραλαμβάνει τα λύματα μετά την εκροή τους στο αμμόφιλτρο. Η προσθήκη τεχνητού υγροβιότοπου (συνολικής επιφάνειας 3 στρεμμάτων περίπου), βελτιώνει κατά πολύ τα δεδομένα του συστήματος. Οι λόγοι που επιλέχθηκε σαν πρόσθετη επεξεργασία είναι:

- α) δίνει ανώτερη επεξεργασία (effluent polishing) με ελάχιστο πρόσθετο κόστος επεξεργασίας (σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας λειτουργεί χωρίς ηλεκτρική ενέργεια). Η καταστροφή παθογόνων μικροβίων στον τεχνητό υγροβιότοπο μειώνει τις ανάγκες σε απολύμανση
- β) σε περίπτωση ανάγκης που δεν μπορούμε να διαθέσουμε την εκροή προσωρινά, μπορούμε να αποθηκεύσουμε 1500 m³ καθαρισμένα λύματα, εκροή που αντιστοιχεί σε παροχή 5-6 ημέρες
- γ) σε διακοπή ρεύματος λειτουργεί μόνο ο τεχνητός υγροβιότοπος με αποδόσεις 85% - 90%

- δ) το όλο σύστημα (αμμόφιλτρο - υγροβιότοπος) μπορεί να αντέξει για οποιαδήποτε πολυήμερη βλάβη και να δίνει εκροή τουλάχιστον δευτεροβάθμια (σε αντίθεση με ένα σύστημα ενεργού ιλύος που εύκολα μπορεί να πάθει βλάβη και τότε δίνει κακή εκροή ενώ για να επανέλθει απαιτούνται αρκετές ημέρες).
- ε) ο τεχνητός υγροβιότοπος προσθέτει υψηλή ποιότητα αισθητικής στο τοπίο με ελάχιστες σχετικά δαπάνες.

Έχει επιλεγεί ο τύπος επιφανειακής ροής (FWS) ο οποίος, μετά την επιτυχή αντιμετώπιση του θέματος των κουνουπιών (με ομοιόμορφη - τμηματική τροφοδοσία και καταιονισμό με επεξεργασμένα λύματα στα σημεία εισόδου και εξόδου του υγροβιότοπου), θεωρείται ο πιο αποδοτικός και με τα λιγότερα προβλήματα εμφράξεων.

Τα φυσικά συστήματα πρέπει να διαθέτουν στεγανό πυθμένα για να αποφεύγεται η πιθανότητα ρύπανσης των υπογείων υδάτων. Αυτό επιτυγχάνεται με τοποθέτηση μεμβράνης ή με εδαφικό υπόστρωμα περατότητας μικρότερης της 1,5 cm/h. Η επίτευξη αποδεκτής περατότητας του εδαφικού υποστρώματος συντελείται με κατάλληλη συμπίεση του υποστρώματος.

Στην περίπτωση μας οι δεξαμενές υγροβιότοπων κατασκευάστηκαν με εκσκαφή - ανάχωμα, συμπίεση του εδάφους, τοποθέτηση πλαστικής μεμβράνης από PE (0,75 mm). Μετά την τοποθέτηση των απαραίτητων δικτύων αγωγών διανομής των λυμάτων τοποθετήθηκε πληρωτικό υλικό (φυτική γη) ύψους 0,40-0,50 m, όπου έγινε η φύτευση των φυτών. Το υπερκείμενο υγρό έχει βάθος 0,10-0,50 m (ρυθμιζόμενο εποχιακά με ειδική διάταξη). Το συνολικό βάθος των δεξαμενών υγροβιότοπων είναι 1,1-1,2 m.

Η ποικιλία των φυτών που έχουν επιλεγεί είναι *Phragmites australis* (Εικόνα 10), φυτά κατάλληλα για υγροβιότοπους που ευδοκούν στην Κρήτη. Στην Εικόνα 11 φαίνεται η κλίνη πριν από τη φύτευση.



Εικόνα 10. *Phragmites australis*



Εικόνα 11. Όψη τεχνητού υγροβιοτόπου πριν από τη φύτευση

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ (ΧΛΩΡΙΩΣΗ) ΤΗΣ ΕΚΡΩΣ

Γενικά. Απολύμανση των λυμάτων επιτυγχάνεται κατά κανόνα με την εφαρμογή φυσικών ή χημικών μεθόδων, όπως χλωρίωση, οζόνωση ή υπεριώδη ακτινοβολία (Ανδρεαδάκης κ.α., 1999).

Ο ρυθμός εξουδετέρωσης των παθογόνων μικροοργανισμών (αποτελεσματικότητα της απολύμανσης) που περιέχονται στα λύματα (ιοί, βακτήρια, παράσιτα), είναι μια σύνθετη συνάρτηση πολλών μεταβλητών, όπως το είδος, οι ιδιότητες και η δόση του μέσου απολύμανσης, το είδος και η συγκέντρωση των μικροοργανισμών, ο χρόνος επαφής, τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της δεξαμενής απολύμανσης, και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των λυμάτων (π.χ. οργανικό φορτίο, αμμωνιακό άζωτο, συγκέντρωση στερεών, θολότητα, θερμοκρασία).

Από αυτές, ο χρόνος επαφής, τα χαρακτηριστικά του μέσου απολύμανσης (το είδος, η δόση και η τεχνική εφαρμογής) και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της δεξαμενής απολύμανσης, είναι οι μεταβλητές που ελέγχονται τεχνικά, και κατά συνέπεια αποτελούν τις παραμέτρους σχεδιασμού μιας μονάδας απολύμανσης.

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται συχνά για την επιλογή/αξιολόγηση του μέσου απολύμανσης και κατά συνέπεια και της διεργασίας, είναι η συσχέτιση της συγκέντρωσης και της απαίτησης σε ποσότητα του απολυμαντικού και του χρόνου που απαιτείται για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου ποσοστού καταστροφής των μικροοργανισμών, συνήθως 99%.

Γενικά τα μέσα απολύμανσης μπορούν με βάση τη φύση τους να διαχωριστούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

- α) Στα χημικά. Διακρίνονται δύο κατηγορίες χημικών μέσων απολύμανσης, τα οξειδωτικά (π.χ. αέριο χλώριο, υποχλωριώδες νάτριο, διοξείδιο του χλωρίου, στερεό χλώριο, όζον) και τα μη οξειδωτικά (κυρίως οργανικές ενώσεις)
- β) Στα μη χημικά (π.χ. υπεριώδη ακτινοβολία)

Τα χαρακτηριστικά του ιδανικού απολυμαντικού, που αποτελούν και τα κριτήρια για την επιλογή του, είναι ο υψηλός ρυθμός εξουδετέρωσης των παθογόνων μικροοργανισμών, χαμηλή δραστηριότητα με ουσίες που περιέχονται στο νερό και χαμηλή παραγωγή επικίνδυνων παραπροϊόντων, εύκολη ανιχνευσιμότητα στο νερό, χαμηλή τοξικότητα στους υδρόβιους οργανισμούς, μεγάλη απόδοση της μονάδας, χαμηλό κόστος λειτουργίας και μικρές απαιτήσεις συντήρησης, μηδενική επίδραση του μέσου απολύμανσης στα διάφορα τμήματα της μονάδας, ο μηδενικός κίνδυνος κατά τη χρήση του και η ασφάλεια κατά τη λειτουργία της μονάδας. Συγκεκριμένα, το επίπεδο ικανοτήτων χειρισμού του προσωπικού, ο βαθμός επίβλεψης και ελέγχου της μονάδας, για να επιτευχθεί ικανοποιητική λειτουργία και απόδοση καθώς και η απαιτούμενη συντήρηση του εξοπλισμού και η ικανότητα του απολυμαντικού να διατηρεί μια υπολειμματική συγκέντρωση στο σύστημα διανομής και να εξασφαλίζει ένα τελικό αποτέλεσμα, το οποίο να προστατεύει την δημόσια υγεία.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω ιδιότητες δεν είναι συγκεντρωμένες σε ένα απολυμαντικό, θα πρέπει όμως να λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση των εναλλακτικών μεθόδων.

Για την ικανοποίηση των παραπάνω κριτηρίων, η χρήση διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου, αποτελεί την βέλτιστη επιλογή απολυμαντικού μέσου, δεδομένου ότι είναι ισχυρό οξειδωτικό μέσο. Επίσης, είναι ασταθής ένωση και δίσταται στο νερό (σχηματίζοντας υποχλωριώδες οξύ HOCl και ιόντα Na^+ και OCl^- , που αποτελούν το ελεύθερο χλώριο) που στη συνέχεια παίρνουν μέρος σε μια σειρά αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα. Η απόδοση της μονάδας είναι περίπου 99%.

Το κόστος λειτουργίας είναι ελάχιστο, γιατί είναι πολύ κοινό χημικό υλικό, με χαμηλό κόστος αγοράς και δεν χρειάζεται συντήρηση κανένα μέρος της εγκατάστασης, εκτός από τις δοσομετρικές αντλίες (π.χ. το διοξείδιο του χλωρίου, που θα μπορούσε εναλλακτικά να χρησιμοποιηθεί, πρέπει να παρασκευάζεται επιτόπου και να χρησιμοποιείται άμεσα στην εγκατάσταση επεξεργασίας).

Είναι μηδενικός ο κίνδυνος κατά τη χρήση του. Προσκομίζεται στις εγκαταστάσεις σε διάλυμα που περιέχει συνήθως 12 – 14% ελεύθερο χλώριο, και αποθηκεύεται σε δεξαμενές ανθεκτικές στη διάβρωση (σε αντίθεση π.χ. με το αέριο χλώριο, που αν και είναι ιδιαίτερα δραστικό, σε ανάμιξη με τον ατμοσφαιρικό αέρα σχηματίζει εκρηκτικό μίγμα). Το υπολειμματικό χλώριο είναι εύκολα ανιχνεύσιμο

Στα πλαίσια της επισήμανσης των πιθανών περιβαλλοντικών προβλημάτων που μπορεί να προκληθούν από τη χλωρίωση των λυμάτων, πρέπει να σημειωθεί ότι το χλώριο είναι ιδιαίτερα τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς. Στις περιπτώσεις που απαιτείται απομάκρυνση του υπολειμματικού χλωρίου (δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 6,8 μg/L), πριν από τη διάθεση στον τελικό αποδέκτη, προστίθεται διοξείδιο του Θείου. Οι αντιδράσεις αποχλωρίωσης, είναι στιγμιαίες και δεν απαιτείται ειδική δεξαμενή επαφής για την αποχλωρίωση, παρά μόνο έντονη ανάμιξη στο σημείο εφαρμογής. Στη συγκεκριμένη μονάδα, ο σχεδιασμός γίνεται θεωρώντας ότι η τροφοδοσία είναι σε υπολειμματικό (ελεύθερο χλώριο ικανό να αντιδράσει) χλώριο 6 gr ανά m³ εκροής, και λόγω των διεργασιών και της αστάθειας του υποχλωριώδους νατρίου, η τελική εκροή δεν υπερβαίνει τα 2 ppm. Για τον καθορισμό της γεωμετρίας της δεξαμενής χλωρίωσης χρησιμοποιούνται δύο παράμετροι:

η λειτουργία της δεξαμενής ως αντιδραστήρα εμβολικής ροής.

ο αριθμό διασποράς d.

Όσο ο αριθμός διασποράς d μικραίνει σε ένα αντιδραστήρα, τόσο η λειτουργία του πλησιάζει προς τον ιδανικό αντιδραστήρα εμβολικής ροής (αν d=0 ιδανικός αντιδραστήρας εμβολικής ροής).

Στην πράξη έχει αποδειχτεί ότι τιμές διασποράς μικρότερες από 0,01, βελτιώνουν ελάχιστα τη λειτουργία των δεξαμενών χλωρίωσης. Δεδομένου δε ότι για δεξαμενές χλωρίωσης από σκυρόδεμα, που είναι η συνηθέστερη των περιπτώσεων, ισχύει με ικανοποιητική προσέγγιση

$d = 0,14 / \beta$, όπου β = μήκος/πλάτος δεξαμενής.

Για d= 0,01, βρίσκεται $\beta=14$, δηλαδή για να πλησιάσουμε ικανοποιητικά τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του αντιδραστήρα εμβολικής ροής το μήκος της δεξαμενής πρέπει να είναι δεκατετραπλάσιο του πλάτους.

Στην πράξη, κατασκευάζονται δεξαμενές μαιανδρικής ροής (Εικόνα 12), (βλ. Σχέδιο 6, Παράρτημα 3). για να επιτυγχάνεται η παραπάνω απαίτηση σχέσης πλάτους/μήκους . Μετά τη

βιολογική επεξεργασία, τα λύματα οδηγούνται για απολύμανση στη δεξαμενή επαφής χλωρίου όπου προστίθεται (αναλογικά-αυτόματα) διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου για απολύμανση της εκροής. Η λειτουργία των χλωριωτών είναι αναλογική (με βάση το σήμα του παροχόμετρου). Μετά και την απολύμανση τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων λυμάτων θα ήταν:

- α) $BOD_5 \leq 15 \text{ mg/L}$
- β) $SS \leq 15 \text{ mg/L}$
- γ) $TC < 100 \text{ αποικ./100 ml}$

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα είναι σημαντικά καλύτερα:

- α) βιοχημικά απαιτ. οξυγόνο: $BOD_5 \leq 10 \text{ mg/L}$
- β) αιωρούμενα στερεά: $SS \leq 10 \text{ mg/L}$
- γ) ολικά κολοβακτηρίδια: (TC) 0-20 αποικ./100 ml



Εικόνα 12. Δεξαμενή χλωρίωσης μαιανδρικής ροής

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΡΟΗΣ

Κατασκευάστηκε μικρή δεξαμενή αποθήκευσης της εκροής, η οποία εκτός της αποθήκευσης μικρής ποσότητας εκροής, εξυπηρετεί την άντληση καθαρισμένων νερών προς την αρδευόμενη περιοχή (Εικόνα 13).

Σε περίπτωση ζημιάς σε όλο το σύστημα του αμμόφιλτρου τα λύματα με παρακαμπτήρια διάταξη (by-pass) οδηγούνται από τη σηπτική δεξαμενή στον τεχνητό υγροβιότοπο και από εκεί στη χλωρίωση και τη δεξαμενή εκροής και από τη δεξαμενή αυτή με άντληση οδηγούνται για διάθεση (άρδευση) σε δασική έκταση.

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα να έχουμε παράκαμψη μόνο του τεχνητού υδροβιότοπου (αν αυτό χρειαστεί για επεμβάσεις μέσα στη λεκάνη του υδροβιότοπου).



Εικόνα 13. Δεξαμενή αποθήκευσης εκροής

ΚΤΙΡΙΟ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Το κτίριο διοίκησης (Εικόνα 14) εξυπηρετεί τις ανάγκες της εγκατάστασης με τους χώρους:

- α) γραφείο-αίθουσα ελέγχου με τον κεντρικό πίνακα της εγκατάστασης & χώρο εργαστηρίου
- β) συνεργείο-αποθήκη εργαλείων-ανταλλακτικών
- γ) χώρο υγιεινής (W.C.)



Εικόνα 14. Κτίριο Διοίκησης

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Επιλογή αποδέκτη. Η επιλογή της άρδευσης δενδροκομικών ή καλλωπιστικών καλλιεργειών (μετά από σωστή απολύμανση), ως κύρια διάθεση της επεξεργασμένης εκροής, επιβεβαιώνεται σαν σωστή και ασφαλής λύση διότι:

- α) έχει αποδειχθεί ότι η άρδευση ελαιοδένδρων με δευτεροβάθμια καθαρισμένα λύματα δεν επηρεάζει το δένδρο ή τον καρπό, αντίθετα μάλιστα οι μικρές ποσότητες αζώτου και φωσφόρου που περιέχουν τα καθαρισμένα λύματα βοηθούν στη φυσική λίπανση και αποφεύγεται η χρήση χημικών λιπασμάτων. Η εγκατάσταση παράγει τριτοβάθμια εκροή, η οποία θεωρείται άριστη για άρδευση δενδροκομικών καλλιεργειών
- β) η στάγδην άρδευση είναι ασφαλέστατη και για τους γεωργούς
- γ) η άρδευση με καθαρισμένα λύματα εξοικονομεί ποσότητες νερού, ιδιαίτερα το θέρος που έχουμε αυξημένη ποσότητα λυμάτων και μεγάλη έλλειψη αρδευτικού νερού.

Σήμερα δεν υπάρχει επίσημη νομοθεσία για άρδευση με καθαρισμένα λύματα ελαιοδένδρων, αμπελιών ή άλλων καλλιεργειών στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα και στην Ελλάδα.

Ο σχεδιασμός στο συγκεκριμένο έργο, έγινε με αρδευόμενη επιφάνεια 500 στρεμμάτων, όπου είναι φυτεμένα κυρίως ελαιόδενδρα. Η ποσότητα της επεξεργασμένης εκροής είναι πολύ μικρή για τις συνθήκες της περιοχής (σαν συμπληρωματική άρδευση εκτός των βροχοπτώσεων) και έτσι εκτιμάται ότι δεν θα υπάρχει ποτέ πρόβλημα διάθεσης των εκροών όλο σχεδόν το χρόνο. Σαν εφεδρική λύση (τη χειμερινή περίοδο όπου έχουμε μικρότερα φορτία λυμάτων ή σε περίπτωση ανεπαρκούς επεξεργασίας ή μεγάλης βλάβης) προτείνεται η διασπορά με κατάλληλο δίκτυο σε χώρους πρασίνου ή δημοτική δασική έκταση.

Πιθανοί κίνδυνοι και αντιμετώπιση. Σήμερα τα όρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (W.H.O.) για άρδευση δένδρων με σύστημα στάγδην για άρδευση δένδρων (ελιάς κ.λ.π.) δίνουν επαρκή την πρωτοβάθμια επεξεργασία (υπό την προϋπόθεση ότι τα λύματα δεν έρχονται σε επαφή με τους καλλιεργητές).

Υπάρχει όμως πιθανότητα ο καλλιεργητής να έρθει σε επαφή με τα επεξεργασμένα λύματα και επειδή η άρδευση με επεξεργασμένα λύματα πρέπει να είναι επιτυχημένη επιλογή και απόλυτα ασφαλής για τους καλλιεργητές (ακόμη και στην περίπτωση που έρχονται σε επαφή με τα νερά αυτά).

Για τους παραπάνω λόγους προτάθηκε το αμμόφιλτρο (που θα δώσει εκροή υψηλής ποιότητας με αφαίρεση ποσοστών του αζώτου και φωσφόρου), ο τεχνητός υδροβιότοπος ο οποίος θα

δώσει τριτοβάθμια εκροή και μετά η απολύμανση (χλωρίωση) ώστε να είναι ασφαλέστερη η επαναχρησιμοποίηση.

Τα προτεινόμενα (ανώτατα) χαρακτηριστικά για άρδευση δένδρων στην περιοχή είναι:

- α) $BOD_5 < 15 \text{ mg/L}$,
- β) $SS < 15 \text{ mg/L}$,
- γ) $TC < 100 \text{ απ/100 ml}$
- δ) $FC < 10 \text{ απ/100 ml}$

Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι προσιτά από την λειτουργία της εγκατάστασης που αναμένεται να δίνει καλύτερη εκροή (όπως αναφέρεται σε προηγούμενο κεφάλαιο).

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΣΗΠΤΙΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η σηπτική δεξαμενή έχει:

- α) επαρκή όγκο για παραμονή των υγρών τουλάχιστον 6 ώρες εκτός τον όγκο που απαιτείται για την μέγιστη ποσότητα λάσπης και επιπλεόντων (αφρού, λιπών, λαδιών). Ειδικά για πολύ μικρές δεξαμενές ή όπου χρησιμοποιούνται αντλίες για απομάκρυνση των υγρών τότε έχει υπολογιστεί επαρκής όγκος για 24-48 ώρες, ώστε να υπάρχει αρκετός χρόνος για την επισκευή της αντλίας
- β) διαφράγματα ή κατάλληλες διατάξεις στην είσοδο και την έξοδο ώστε να παρεμποδίζεται διαφυγή στερεών και επιπλεόντων
- γ) επαρκή όγκο για συγκράτηση λασπών και επιπλεόντων
- δ) προβλέψεις για σωστό εξαερισμό απρόσκοπτης απομάκρυνσης αερίων (μεθανίου, υδροθείου κλπ.).

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Παροχή λυμάτων. Εφόσον έχουμε μετρήσει την ημερήσια ποσότητα λυμάτων έχουμε τη σωστότερη δυνατότητα υπολογισμού του όγκου. Αν δεν υπάρχουν στοιχεία παροχής τότε υπολογίζεται ο όγκος με βάση τα εξυπηρετούμενα άτομα ή τις κατοικίες (με μέσο όρο 3,5 άτομα ανά κατοικία). Για λίγους κατοίκους υπολογίστηκαν μεγάλοι συντελεστές ασφάλειας (λόγω μεγάλης διαφοροποίησης της μέγιστης παροχής από τη μέση παροχή). Τα προβλήματα αιχμής μετριάζονται με διθάλαμες ή τριθάλαμες δεξαμενές.

Διαστάσεις . Παρακάτω αναλύονται οι επιφάνεια δεξαμενής, όγκος αποθήκευσης, παροχή και ταχύτητα εξόδου:

- α) μεγάλη επιφάνεια βοηθά στη μικρή άνοδο στάθμης τις ώρες αιχμής, μείωση της παροχής και της ταχύτητας εξόδου, μείωση των προβλημάτων που δημιουργεί το “κύμα” λυμάτων τη στιγμή της παροχής αιχμής
- β) αύξηση του διαφράγματος εξόδου, μείωση της διατομής του αγωγού εξόδου ελαττώνουν την πιθανότητα διαφυγής στερεών στην έξοδο.
- γ) η είσοδος στη σηπτική δεξαμενή έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να διασκορπίζεται η ενέργεια των εισερχόμενων λυμάτων, να μειώνονται οι τύρβοι και τα λύματα να

- ακολουθούν τη μεγαλύτερη δυνατή διαδρομή. Το διάφραγμα εισόδου δεν είναι πολύ μεγάλο ώστε στην παροχή αιχμής να ξεπλένεται από τυχόν αποθέσεις και επιπλέοντα.
- δ) στην έξοδο μπορούμε να έχουμε διάφραγμα ή σωλήνα P.V.C. με ταινία για έλεγχο και ξεβούλωμα όταν χρειάζεται.
- ε) κάτω από το σημείο εξόδου τοποθετήθηκε εμπόδιο ώστε να παρεμποδίζεται η διαφυγή αερίων από το σημείο εξόδου, γεγονός που ανυψώνει και συμπαρασύρει στερεά με την εκροή.
- στ) τα φρεάτια ελέγχου - εκκένωσης προεξέχουν 15 cm πάνω από τη σηπτική δεξαμενή.

Μεθοδολογία υπολογισμών. Υπολογίστηκε παραγόμενος όγκος ανά εξυπηρετούμενο κάτοικο: 120 L/κατ.·ημ. Ο ελάχιστος ωφέλιμος όγκος υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο:

$$V = 4,3 + 0,75 \times Q,$$

Προστίθεται 30% για τον αφρό και λάσπες.

Δεδομένα σχεδιασμού. Εξυπηρετούμενοι κάτοικοι (PE) μέχρι 2.000-2.250 (ανάλογα με την εποχή, για κάλυψη των αναγκών για 20 τουλάχιστον χρόνια).

- Μέση ημερήσια παροχή λυμάτων : $Q_d = 270 \text{ m}^3/\text{d}$
- Μέγιστη ημερήσια παροχή λυμάτων : $Q_{d,\text{max}} = 405 \text{ m}^3/\text{d}$
- Μέση ωριαία παροχή λυμάτων (στη μέγιστη ημερήσια παροχή):
- $Q_h = 405/24 = 16,88 \text{ m}^3/\text{h}$
- Συντελεστής ωριαίας αιχμής $= 1,5 + 2,5 (Q_{d,\text{max}})^{-1/2} = 2,65$
- όπου $Q_{d,\text{max}}$ η μέγιστη ημερήσια παροχή σε L/sec
- Μέγιστη ωριαία παροχή λυμάτων : $Q_{h,\text{max}} = 2,65 \times Q_h = 44,8 \text{ m}^3/\text{h}$

Υπολογισμοί. Ο υπολογισμός του όγκου έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες του τμήματος Δημόσιας υγείας της Καλιφόρνιας, των ΗΠΑ (που είναι και οι πλέον μοντέρνες σήμερα). Οι παραγόμενες ποσότητες λάσπης και αφρού υπολογίστηκαν με τις παρακάτω σχέσεις:

αφρός: $S_{ca} = 5,24.t + 12,04$

λάσπη: $S_{La} = 8,15.t + 38,82$, σε γαλόνια ανά κάτοικο, 1 gal = 3,7854 λίτρα

όπου t ο αριθμός των ετών.

Οι παραγόμενες ποσότητες λάσπης και αφρού υπολογίστηκαν, για απομάκρυνση μετά από ένα έτος (t=1) :

αφρός: $S_{Ca} = 65,41 \text{ L / κάτοικο και έτος}$

λάσπη: $S_{La} = 177,80 \text{ L / κάτοικο και έτος}$

Για 2.250 κατοίκους απαιτείται όγκος για τη λάσπη $177,80 \times 2.250 = 400,05 \text{ m}^3$ (ενώ για εκκένωση κάθε 6 μήνες απαιτείται ο μισός όγκος)

Με μέγιστο ωφέλιμο βάθος λάσπης 2,1 m απαιτείται ελάχιστη επιφάνεια $190,5 \text{ m}^2$

Για την επιφάνεια αυτή έχουμε απαιτούμενο ωφέλιμο βάθος για τον αφρό και τα λίπη 0,77 m

Επιλέχθηκε ελάχιστο συνολικό ωφέλιμο βάθος 3,2 m. Ολικό βάθος 3,6 - 4,7 m

Η εκκένωση (έξοδος) των υγρών θα γίνεται από βάθος 1,0 m περίπου κάτω από την επιφάνεια, ώστε να υπάρχει ένα περιθώριο ασφαλείας.

Ο έλεγχος της στάθμης λάσπης και του στρώματος αφρού θα γίνεται με ειδική συσκευή κάθε τρίμηνο ώστε να υπάρχει πάντα μεγάλο περιθώριο ασφαλείας.

Το σχήμα της σηπτικής δεξαμενής είναι ορθογωνικό και τύπου μαιάνδρου (βλ. Σχέδιο 1, Παράρτημα 3).

Τελικές (προτεινόμενες) διαστάσεις:

Ωφέλιμο βάθος (για το περιεχόμενο) 3,2 m και στα σιλό 4,30 m

Ολικό ωφέλιμο βάθος = 3,60 - 4,70 m

Ολικό ωφέλιμο μήκος = 17,60 m

ολικό ωφέλιμο πλάτος = 11,10 m

ολική ωφέλιμη επιφάνεια = $195,36 \text{ m}^2$

(Οι τελικές διαστάσεις είναι αυτές που φαίνονται στα σχέδια 1,2 του παραρτήματος 3).

ΜΟΝΑΔΑ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗΣ ΟΣΜΑΕΡΙΩΝ ΣΗΠΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Η αντιμετώπιση των οσμαερίων της σηπτικής δεξαμενής θα γίνει με δίκτυο συγκέντρωσης-απαγωγής, θα μεταφέρει τα οσμαέρια σε φίλτρο με πληρωτικό υλικό ώριμο κόμποστ, αφού πρώτα διέλθουν μέσα από μικρό θάλαμο εφύγρανσης. Η εφύγρανση θα γίνεται με καταιονισμό νερού εκρόης σε κατακόρυφο σωλήνα Φ400 από P.V.C., ο οποίος θα τοποθετηθεί στην κεντρική γραμμή απαγωγής καυσαερίων. Τα δεδομένα σχεδιασμού της μονάδας είναι:

Ανανέωση αέρα στον υπερκείμενο χώρο 5 φορές τουλάχιστον την ώρα

Εξυπηρετούμενη παροχή οσμαερίων $300 \text{ m}^3/\text{h}$

Φόρτιση επιφάνειας φίλτρανσης $100 \text{ Nm}^3/\text{m}^2/\text{h}$ (επιτρεπόμενη μέχρι 600)

Απαιτούμενη επιφάνεια φίλτρου 3 m^2

Συνολικές απώλειες : 60 mm υδάτινης στήλης

Απαιτούμενη παροχή εξαεριστήρα 300 Nm³/h σε 60 mm υδάτινης στήλης

Συλλεκτήριοι αγωγοί οσμεαρίων Φ100, PVC 4-6 atm, ρύθμιση παροχών με damper

Κεντρικός συλλεκτήριοι αγωγός Φ160, PVC 4-6 atm

Αγωγός τροφοδοσίας οσμεαρίων στο φίλτρο Φ160, PVC 4-6 atm

Υπόστρωμα φίλτρανσης πάχους 30 cm από χαλίκι διαμέτρου 1-2 cm

Ύψος στρώματος φίλτρανσης 60-70 cm

Σύνθεση υλικού φίλτρανσης: μίγμα ξηρές-τεμαχισμένες κληματίδες ή χονδροκομμένο πριονίδι με ώριμο COMPOST σε αναλογία 1:1.

Η προώθηση των οσμεαρίων θα γίνεται με εξαεριστήρα παροχής 300 m³/h σε 80 mm υδάτινης στήλης τουλάχιστον, σε σύστημα φίλτρανσης με επιφάνεια 5 m² και ελάχιστο πάχος πληρωτικού υλικού 60 cm.

Η λειτουργία του εξαεριστήρα θα γίνεται με προγραμματιστή (ηλεκτρονικό χρονοδιακόπτη) ή μέσα από το κεντρικό λογικό ελεγκτή (PLC) του κεντρικού πίνακα. Για χειμερινές περιόδους τα οσμεαρία είναι ελάχιστα, οπότε η απόσμιση θα γίνεται με απλό εξαερισμό μέσω του φίλτρου, χωρίς τη λειτουργία του εξαεριστήρα.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ (ΔΟΣΟΜΕΤΡΗΣΗΣ) ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ

Δεδομένα σχεδιασμού. Όπως στην περίπτωση των υπολογισμών της σηπτικής δεξαμενής καθώς και τα παρακάτω.

Ανακυκλοφορία μέχρι 500%: 84,4 m³/h

Προεπεξεργασία: πρωτοβάθμια (σηπτική δεξαμενή)

- Χωρητικότητα της δεξαμενής (επαρκής για το 40% της μέγιστης ημερήσιας παροχής):
 $Q_{d,max} \times 40\% = 405 \text{ m}^3/\text{d} \times 40\% = 162 \text{ m}^3$

Διαστάσεις δεξαμενής (σχήμα ορθογωνικό):

μήκος = 8,0 m

πλάτος = 5,0 m

ολ. Βάθος = 5,0 m

ωφ.βάθος = 4,6 m

ωφέλιμος όγκος = 180 m³

ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ

Δεδομένα σχεδιασμού. Όπως στην περίπτωση των υπολογισμών της σηπτικής δεξαμενής. Η διαστασιολόγηση γίνεται σύμφωνα με τις προτεινόμενες τιμές των Reed *et al.* (1995).

Προεπεξεργασία: πρωτοβάθμια (σηπτική δεξαμενή)

Συγκέντρωση BOD₅ μετά την πρωτοβάθμια. επεξεργασία: C₀ = 300 mg/L

Συγκέντρωση BOD₅ στην έξοδο: C_e = 10 mg/L

Υδραυλική φόρτιση: 0,12 m³/m²·d

Οργανική φόρτιση: 25 g BOD₅ /m³·d

Κόκκος άμμου (ή λεπτών χαλίκων): 2,0 - 5,0 mm

Συντελεστής ομοιομορφίας: <2,5

Υπολογισμός επιφάνειας αμμοφίλτρου.

α) με υδραυλική φόρτιση:

$$A = 405 \text{ m}^3 / \text{d} : 0,12 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{d} = 3.375 \text{ m}^2$$

β) με οργανική φόρτιση (μετά την προκαθίζηση)

$$A = 405 \text{ m}^3 / \text{d} \times 0,2 \text{ kg BOD}_5 / \text{m}^3 : 25 \text{ g BOD}_5 / \text{m}^2 \cdot \text{d} = 3.240 \text{ στρέμματα.}$$

Τελικά επιλέγεται επιφάνεια: 3.600 m² σε 3 φίλτρα των 1.200 m² καθένα με ωφέλιμες διαστάσεις: L= 80,0 m & W=15,0m ((βλ. Σχέδιο 3, Παράρτημα 3).

Προτεινόμενη Διαμόρφωση στρωμάτων (βλ. Σχέδιο 4, Παράρτημα 3).

α) Χαλίκι (επιφάνεια), διαμέτρου 1-2 cm, h₁ = 25cm

β) Στρώμα φίλτρανσης άμμος ή λεπτό χαλίκι 2,5-5,0 mm h₂ = 60cm

γ) Χαλίκι (πυθμένας), διαμέτρου 1-2 cm , h₃ = 30 cm

(Οι τελικές διαστάσεις είναι αυτές που φαίνονται στα σχέδια 4,5 του παραρτήματος 3).

Υπολογισμοί λειτουργίας.

Ρυθμός ανακυκλοφορίας 4 x Q_d = 4 x 405 = 1.620 m³/d = 67,5 m³/h

Τροφοδοσία: 2 φορές/ώρα x 5 min/ φορά x 11,77 m³ /min = 92,5 m³/h (οι πράξεις δίνουν 117,7 m³/h άρα υπάρχει κάποιο λάθος στους υπολογισμούς)

Αριθμός αντλιών (δύο ανά φίλτρο) = 3 + 3 εφεδρικές (συνολικά έξι)

Παροχή κάθε αντλίας = $11,77 \text{ m}^3/\text{min} : 3 = 3,923 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{αντλία} = 185 \text{ m}^3/\text{h}$ (οι πράξεις δίνουν $235,38 \text{ m}^3/\text{h}$ άρα υπάρχει κάποιο λάθος στους υπολογισμούς)

Ποσότητα δοσομέτρησης αγωγών διανομής $1,64 \text{ L}/\text{οπή}$ και δόση

Αριθμός απαιτούμενων στομιών = $46.250 \text{ L}/\text{δόση}$: $7,81 \text{ L}/\text{οπή} \cdot \text{δόση} = 3.600$ οπές ή 900 οπές ανά φίλτρο (λάθος υπολογισμών προκύπτουν 5921 έστω 6000 οπές δηλαδή 2.000 ανά φίλτρο)

Διάμετρος αγωγού διανομής (lateral with orifices): $\Phi 1''$, PE 6 Atm τουλάχιστον ($2^{\text{ης}}$ ή $3^{\text{ης}}$ γενιάς)

Απόσταση αγωγών διανομής $0,8 \text{ m}$

Διάμετρος οπών τροφοδοσίας $3,5 \text{ mm}$

Απόσταση οπών μεταξύ τους $0,8 \text{ m}$

Διάμετρος κεντρικού αγωγού διανομής (manifolds): $\Phi 110$, PVC 10 Atm τουλάχιστον (πχ. helidur 10),

Απόσταση κεντρικών αγωγών διανομής $1,0 \text{ m}$

Αγωγοί συλλογής-απομάκρυνσης εκροής (διάτρητοι ή με εγκοπές) από σωλήνα PVC, $\Phi 110$ (πχ. Helidur-WN ή Helidur-10) ή PE, $\Phi 110$, 6 atm. (βλ. Σχέδια 4,5, Παράρτημα 3).

(Οι τελικές διαστάσεις είναι αυτές που φαίνονται στα σχέδια 4,5 του παραρτήματος 3).

ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΣ

Στο σύστημα επεξεργασίας, ο τεχνητός υγροβιότοπος θα δέχεται τις εκροές του βιολογικού αμμόφιλτρου και σε περίπτωση σοβαρής βλάβης σε όλο το υπόλοιπο σύστημα θα λειτουργεί σαν κύρια επεξεργασία. Επιλέγεται ο σχεδιασμός ενός τεχνητού υγροβιότοπου επιφανειακής ροής, λόγω χαμηλότερου κόστους κατασκευής και ελάχιστων λειτουργικών προβλημάτων.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Τα τυπικά κριτήρια σχεδιασμού των τεχνητών υγροβιότόπων αναφέρονται στον Πίνακα 5.

Δεδομένα σχεδιασμού. Ισχύουν τα ίδια με την περίπτωση των υπολογισμών της σηπτικής δεξαμενής. Δεδομένου ότι έχει γίνει προεπεξεργασία, πρωτοβάθμια (σηπτική δεξαμενή) και δευτεροβάθμια προχωρημένη (αμμόφιλτρο με ανακυκλοφορία), χρησιμοποιούμε επιπλέον τα παρακάτω στοιχεία.

Συγκέντρωση BOD_5 εισόδου πριν την επεξεργασία, $C_0 = 20 \text{ mg/L}$

Συγκέντρωση BOD₅ εξόδου από τον υγροβιότοπο, C_e = 5 mg/L (η ίδια μονάδα όταν δεν λειτουργεί το αμμόφιλτρο, σε περίπτωση βλάβης θα δίνει με είσοδο C₀ = 200 mg/L, έξοδο C_e = 50 mg/L)

Θερμοκρασία λυμάτων σχεδιασμού το καλοκαίρι, T = 22 °C

Θερμοκρασία λυμάτων σχεδιασμού το χειμώνα : 10 °C

Πίνακας 5. Τυπικά κριτήρια σχεδιασμού και προδοκώμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά εκροής σε συστήματα τεχνητών υγροβιότοπων (Αγγελάκης και Τσαγκαράκης, 2002).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΤΙΜΕΣ	
		FWS	SWF
Χρόνος παραμονής	d	2-5(BOD ₅) 7-14(N)	3-4(BOD ₅) 6-10(N)
Ρυθμός φορτίου BOD ₅	kg/στρ·d	<12	
Βάθος νερού	m	0,1-1,0	0,3-0,6
Τυπικό βάθος	m	0,1-0,3	0,4-0,5
Ρυθμός υδραυλικού φορτίου	m ³ /m ² ·d	0,015-0,045	
Συγκεκριμένη περιοχή	στρ.(10 ³ ·m ³ /d)	20-70	
Λόγος μήκους/πλάτους		1-10:1	0,75-4:1
Έλεγχος κουνουπιών		Απαιτείται	Δεν απαιτείται
Διάστημα συγκομιδής	yr	3-5	Δεν απαιτείται
Προσδοκώμενη ποιότητα εκροής ^α			
BOD ₅	mg/L	<20	
TS	mg/L	<20	
TN	mg/L	<10	
TP	mg/L	<5	

^α Προσδοκώμενη ποιότητα εκροής βασισμένη ένα φορτίο BOD₅ ίσου ή λιγότερου από 12 kg/στρ·d και στην τυπική εγκατεστημένη αστική εκροή.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Η απαιτούμενη επιφάνεια του υγροβιότοπου δίδεται από τη σχέση:

$$A = \frac{Q(\ln C_0 - \ln C_e)}{K_T \times y \times n}$$

όπου A = Η επιφάνεια του υγροβιότοπου, m²

C₀ = Συγκέντρωση BOD στην είσοδο του υγροβιότοπου, mg/L

C_e = Συγκέντρωση BOD στην έξοδο του υγροβιότοπου, mg/L

K_T = Κινητικός συντελεστής διάσπασης του οργανικού φορτίου, d^{-1}

y = Το βάθος του νερού στον υγροβιότοπο. Τυπικές τιμές είναι 0,10 - 0,50 m

(επιλέγουμε βάθος $y = 0,40$ m)

n = "Πορώδες", ήτοι το καθαρό ποσοστό του υγροβιότοπου που καταλαμβάνει το νερό, συνήθως 60 - 70 %. Δεχόμαστε τιμή 0,65.

Ο κινητικός συντελεστής εξαρτάται από τη θερμοκρασία των επεξεργασμένων λυμάτων, και υπολογίζεται ως συνάρτηση της θερμοκρασίας από τη σχέση :

$$K_T = K_{20} \times (1,06)^{(T-20)} = 0,678 \times (1,06)^{(T-20)}$$

Για το θέρος (υψηλότερη πιθανή θερμοκρασία λυμάτων) $22^{\circ}C$, η τιμή του συντελεστή είναι:

$$K_T = 0,678 \times (1,06)^{(22-20)} = 0,762 d^{-1}$$

Για το χειμώνα (χαμηλότερη πιθανή θερμοκρασία λυμάτων) $10^{\circ}C$, η τιμή του συντελεστή είναι : $K_T = 0,678 \times (1,06)^{(10-20)} = 0,379 d^{-1}$ (Στη μελέτη δεν έχει υπολογιστεί σωστά, αναφέρεται $K_T=0,558 d^{-1}$).

Άρα, η επιφάνεια του υγροβιότοπου είναι :

α) το θέρος:

$$A = \frac{Q(\ln C_o - \ln C_e)}{K_T \times y \times n} = \frac{405 \times (\ln 20 - \ln 5)}{0,762 \times 0,40 \times 0,65} = 2.834 m^2 \text{ ή } 2,8 \text{ στρέμματα.}$$

(η ίδια έκταση με είσοδο 200 mg/L δίνει έξοδο 47,5 mg/L)

(Έχουν γίνει λάθος υπολογισμοί στη μελέτη. Εάν η είσοδος είναι 200 mg/L, στην έξοδο έχουμε 50,85 mg/L και όχι 47,5 mg/L).

β) Το χειμώνα:

$$A = \frac{Q(\ln C_o - \ln C_e)}{K_T \times y \times n} = \frac{240 (\ln 20 - \ln 5)}{0,558 \times 0,40 \times 0,65} = 2.292 m^2 \text{ ή } 2,3 \text{ στρέμματα.}$$

(Εδώ δεν λαμβάνει υπόψη το συντελεστή αιχμής και το K_T θα έπρεπε να είναι $0,379 d^{-1}$, οπότε το $A=3.379,96 m^2 \sim 3380 m^2$.

Άρα σύμφωνα με τη διαστασιολόγηση του μελετητή επιλέχθηκε επιφάνεια $3.380-2.800=580\text{m}^2$ μικρότερη από ότι θα έδινε η ίδια μεθοδολογία εάν οι πράξεις γίνονταν σωστά.

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής είναι,

α) το θέρος:

$$\text{HRT} = \frac{A \times y \times n}{Q} = \frac{2800 \times 0,40 \times 0,65}{405} = 1,8 \text{ ημέρες}$$

β) το χειμώνα:

$$\text{HRT} = \frac{A \times y \times n}{Q} = \frac{2800 \times 0,40 \times 0,65}{240} = 3,03 \text{ ημέρες}$$

Η υδραυλική φόρτιση υπολογίζεται:

α) το θέρος σε $405/2.800 = 0,145 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$.

β) το χειμώνα σε $240/2.800 = 0,087 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$.

Το βάθος του νερού θα ανέρχεται σε 20-40 εκατοστά (με δυνατότητες αυξομειώσης της στάθμης για μικρότερες ή μεγαλύτερες παροχές(τα πρώτα χρόνια η στάθμη θα είναι 0,10-0,30 m). Η λεκάνη θα έχει ορθογωνική (και τοπικά τραπεζοειδή) κάτοψη.

Το μέγιστο μήκος της λεκάνης προκύπτει από την εξίσωση του Manning, υποθέτοντας τιμές των σταθερών ως εξής : $m = 0,03$ και $a = 1,66 \text{ s} \cdot \text{m}^{1/6}$.

και $A = 2.800 \text{ m}^2$

$$L_1 = [(A \cdot y^{2,667} \cdot m^{0,5} \cdot (86.400)) / (a \cdot Q)]^{2/3} =$$
$$=[(2800 \cdot 0,40^{2,667} \cdot (0,03)^{0,5} \cdot 86400)/(1,6 \cdot 405)]^{2/3} = 308,25 \text{ m (μέγιστο επιτρεπτό μήκος)}$$

(στη μελέτη έχει γίνει λάθος υπολογισμός σε 316,8 m).

Επιλέγουμε τις διαστάσεις της λεκάνης (η σχέση μήκους/πλάτους υπολογίζεται με το μέσο όρο):

Μήκος L, m	Πλάτος W, m	Εμβαδόν, m ²	Σχέση L:W
100	28	2.800	3,57 (μέσο)

Ο λόγος Μήκος : Πλάτος = 3,57 είναι μέσα στα προτεινόμενα όρια.

Η λεκάνη πρέπει να στεγανοποιηθεί με συμπίεση αργιλώδους υποστρώματος 0,4-0,5 m και να τοποθετηθεί φυτική γη 0,5 m τουλάχιστον, όπου θα φυτευθούν τα φυτά.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ ΕΚΡΟΣ ΜΕ ΔΙΑΛΥΜΑ ΥΠΟΧΛΩΡΙΩΔΟΥΣ ΝΑΤΡΙΟΥ

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΠΑΦΗΣ ΧΛΩΡΙΟΥ

Μετά τον τεχνητό υδροβιότοπο τα επεξεργασμένα λύματα (επίπεδο τριτοβάθμιας εκροής) θα οδηγούνται με βαρύτητα στη δεξαμενή επαφής χλωρίου, όπου θα προστίθεται διάλυμα NaOCl για απολύμανση. Η κατάλληλη διαμόρφωση (μαιανδρικής) βοηθά στην καλή ανάμιξη του διαλύματος NaOCl με τα καθαρισμένα λύματα (βασική προϋπόθεση της καλής απολύμανσης) (βλ. Σχέδιο 6, Παράρτημα 3).

Παράμετροι σχεδιασμού. Χαρακτηριστικά εξόδου (μετά την απολύμανση):

TC ≤ 100 απ./100ml (απόλυτα μέγιστο)

TC ≤ 20 απ./100ml (το 90% τουλάχιστο των μετρήσεων)

FC ≤ 10 απ./100ml

Χρόνος παραμονής 20 min (ελάχιστος για την παροχή 20ετίας)

Παροχή σχεδιασμού 44,8 m³/h

Απαιτούμενο χλώριο: 5 gr ενεργό χλώριο/m³

Υπολογισμοί.

Απαιτούμενος ωφέλιμος όγκος $V=Q \times t = 44,8 \text{ m}^3/\text{h} \times 20 \text{ min} = 14,9 \text{ m}^3$

Διαθέσιμος ωφέλιμος όγκος = 15 m³ περίπου

Μέγιστη απαιτούμενη ποσότητα διαλύματος NaOCl (14% W/V)

$Q_{h,max} \times 5 \text{ (gr/m}^3\text{)} \times (100\text{ml}/14\text{gr ενεργού χλωρίου}) = 52,9 \times 5/0,14 = 1,9 \text{ L/h}$ (έχουν γίνει λάθος υπολογισμοί, το σωστό είναι 1,6 L/h)

(μέγιστη ωριαία κατανάλωση)

Μέση ημερήσια κατανάλωση = $500 \text{ m}^3 \times 5 \times (100\text{ml}/14\text{gr ενεργού χλωρίου}) = 17,9 \text{ L NaOCl/d}$.

Διαστάσεις δεξαμενής χλωρίωσης (ωφέλιμες).

μήκος: 5,00 m

πλάτος: 3,00 m

ολικό βάθος: 1,50 m

ωφέλιμο βάθος: 1,20 m

σχήμα: ορθογώνιο με χωρίσματα σε μαιανδρική διάταξη

ωφέλιμος όγκος: 17 m³/περίπου (χρόνος παραμονής 23 λεπτά περίπου για την 20ετία)

(Οι τελικές διαστάσεις είναι αυτές που φαίνονται στο σχέδιο 6 του παραρτήματος 3).

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΡΟΗΣ

Έχει κατασκευαστεί μικρή δεξαμενή αποθήκευσης της εκροής, η οποία εκτός της αποθήκευσης μικρής ποσότητας εκροής (περίπου 40 m³), εξυπηρετεί τις ανάγκες άντλησης καθαρισμένων νερών προς την αρδευόμενη περιοχή. Η δεξαμενή είναι ορθογωνικού σχήματος, και έχουν τοποθετηθεί οι αντλίες μεταφοράς της εκροής στο χώρο άρδευσης.

Χρησιμοποιούμε τα μέχρι τώρα στοιχεία και τα παρακάτω.

παροχή αντλιών μεταφοράς εκροής στο δίκτυο άρδευσης: 45 m³/h

(υπερκαλύπτουν κατά πολύ τις στιγμές αιχμής λόγω της μερικής εξισορρόπησης που γίνεται στις προηγούμενες δεξαμενές, αλλά και λόγω των απωλειών στον τεχνικό υγροβιότοπο).

Διαστάσεις δεξαμενής (σχήμα ορθογωνικό).

μήκος = 6,0 m

πλάτος = 3,4 m

ολ. βάθος = 2,6 m

ωφ. βάθος = 2,2 m

ωφ. όγκος = 44,9 m³

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Η έκταση που προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί για άρδευση δένδρων είναι αγροτεμάχια με συνολική επιφάνεια 500 στρεμμάτων περίπου, όπου είναι φυτεμένα κυρίως ελαιόδενδρα

Η ποσότητα παραγόμενης εκροής είναι 270 m³/d και μέγιστη 405 m³/ημ. Για εδαφική διάθεση (άρδευση) με τα επεξεργασμένα λύματα σύμφωνα με τα ισχύοντα σήμερα για τις τουριστικές εγκαταστάσεις (το οποίο αποδειγμένα επαρκεί) απαιτείται έκταση 10 m³/στρέμμα·ημ., δηλ. 405/10 = 40,5 στρεμμάτων.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΝΟΜΑΡΧΙΑΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

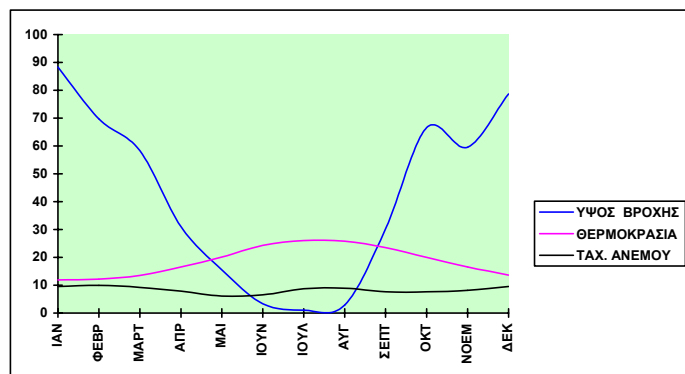
Σε ημερήσια βάση η μέγιστη αναμενόμενη ποσότητα εκροής είναι περίπου 360 m^3 (συνυπολογίζοντας μικρές απώλειες λόγω εξατμισοδιαπνοής στον υγροβιότοπο). Η προτεινόμενη φόρτιση, σύμφωνα με την ΝΕΧΩΠ (Νομαρχιακή Επιτροπή Χωροταξίας Περιβάλλοντος του Ηρακλείου) είναι $500 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}\cdot\text{έτος}$. Στην εξεταζόμενη περίπτωση η άρδευση θα διαρκεί περίπου 150 ημέρες δηλ η προτεινόμενη φόρτιση είναι $3.0 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}\cdot\text{ημέρα}$. Η απαιτούμενη έκταση για άρδευση υπολογίζεται ως εξής: $360 \text{ m}^3/\text{μέρα} : 3.0 \text{ m}^3/\text{στρέμμα} / \text{ημέρα}$ δηλ. 120 περίπου στρέμματα.

Ο σχεδιασμός όμως του συγκεκριμένου έργου, έγινε με αρδευόμενη επιφάνεια 500 στρεμμάτων και επομένως η ποσότητα της επεξεργασμένης εκροής, είναι πολύ μικρή και δεν καλύπτει την δυνατότητα άρδευσης της προβλεπόμενης έκτασης. Οπότε, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν συμπληρωματική άρδευση εκτός των βροχοπτώσεων.

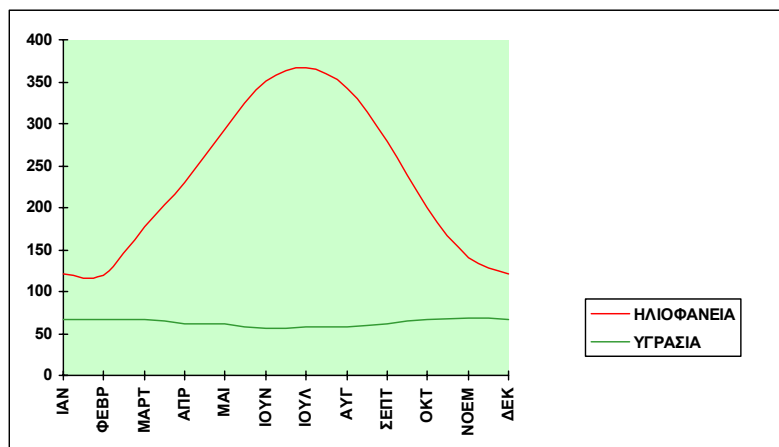
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΕ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΝΕΡΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΑΣΗ ΠΟΥ ΕΙΧΕ ΠΡΟΒΛΕΦΘΕΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

Κλιματολογικά δεδομένα. Τα μετεωρολογικά και κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής (Σχήμα 13 & Σχήμα 14) προήλθαν από μετρήσεις του Μετεωρολογικού σταθμού Ηρακλείου (γεωγραφικό Πλάτος: $35^\circ 20'$, γεωγραφικό Μήκος: $25^\circ 11'$ και υψόμετρο: 30 m) και σύμφωνα με τα οποία προκύπτουν τα παρακάτω:

- μέσο ετήσιος ύψος βροχόπτωσης: 504,9 mm
- μέση ετήσια θερμοκρασία: $18,7^\circ \text{C}$
- μέση ετήσια σχετική υγρασία: 63.1%
- μέση ετήσια ηλιοφάνεια: 227.0 hrs
- μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου: 8.3 m/sec



Σχήμα 13. Μέση μηνιαία μεταβολή ύψους βροχόπτωσης-θερμοκρασίας και ταχύτητας ανέμου



Σχήμα 14. Μέση μηνιαία μεταβολή ηλιοφάνειας και υγρασίας

Υπολογισμοί. Οι ανάγκες της προτεινόμενης έκτασης των 40,5 περίπου στρεμμάτων (σύμφωνα με το μελετητή), υπολογίσθηκαν από ειδικό πρόγραμμα Η/Υ με την μέθοδο Penman, τροποποιημένη κατά Doorenbos & Pruitt. Ο βαθμός απόδοσης των αρδευτικών έργων λήφθηκε ίσος με 90% για την περίπτωση της στάγδην άρδευσης και 60% για την περίπτωση της άρδευσης με επιφανειακά δίκτυα.

Ο υπολογισμός των αναγκών σε αρδευτικό νερό γίνεται μετά την αφαίρεση από την εξατμισοδιαπνοή (ETc) της καθαρής ή ωφέλιμης βροχόπτωσης (Pe) σύμφωνα με την εξίσωση: $(IR = ETc - Pe)$.

Η ωφέλιμη βροχόπτωση υπολογίζεται με βάση τη μέθοδο που χρησιμοποιείται από το υπουργείο Γεωργίας των Η.Π.Α. σαν συνάρτηση του μηνιαίου ύψους βροχόπτωσης και της μηνιαίας τιμής της εξατμισοδιαπνοής. Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή μπορεί να υπολογιστεί από την ακόλουθη σχέση: $ETc = kc \cdot E To$

όπου: ETc: η πραγματική εξατμισοδιαπνοή, ETo: η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς και kc: φυτικός συντελεστής. Οι τιμές του φυτικού συντελεστή προσδιορίζονται με βάση τα διαγράμματα που αναφέρονται στην υπουργική απόφαση του Υπουργού Γεωργίας (Υ.Α. 11-2-1992). Τα αποτελέσματα των αρδευτικών αναγκών για την προτεινόμενη έκταση των 40,5 στρεμμάτων της Επισκοπής φαίνονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Αρδευτικές ανάγκες της προτεινόμενης έκτασης σε μηνιαία βάση (m³)

ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΣΥΝ
0	0	0	4.333	38.750	82.953	99.287	73.639	28.417	0	0	0	327.379

ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΔΙΕΘΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΓΕΝΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΩΝ

Ο σχεδιασμός που ακολουθεί θα γίνει σύμφωνα με τα μοντέλα που προτείνουν οι Reed and Crites (1984), Reed *et al.* (1995), Reed *et al.* (1988).

Γενικός Τύπος Σχεδιασμού Απομάκρυνσης Ρυπαντών. Ο γενικός τύπος σχεδιασμού

(εξίσωση 1) για την απομάκρυνση των ρυπαντών είναι $\frac{C_e}{C_o} = \exp(-K_T t)$

όπου C_o = συγκέντρωση εισροής ρυπαντή, mg/L, C_e = συγκέντρωση εκροής ρυπαντή, mg/L, K_T = Σταθερά κινητικής εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία, d^{-1} , t = υδραυλικός χρόνος παραμονής, d.

Σταθερά Κινητικής Εξαρτώμενη από τη Θερμοκρασία. Η σταθερά κινητικής εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία, δίνεται από τον τύπο (εξίσωση 2) (Crites and Tchobanoglous, 1998):

$$\frac{K_2}{K_1} = \theta^{(T_2-T_1)}$$

Όπου K_1 = σταθερά για τη θερμοκρασία T_1 , d^{-1} , K_2 = σταθερά για τη θερμοκρασία T_2 , d^{-1} , θ =σταθερά που εξαρτάται από το είδος του ρυπαντή και τη σχετική διαφορά θερμοκρασίας και T = θερμοκρασία, °C. Συνήθως λαμβάνουμε ως δεδομένη την τιμή K_1 στους 20°C, επομένως η εξίσωση (2) γίνεται: $K_T = K_{20}\theta^{(T-20)}$

όπου K_{20} = σταθερά για τη θερμοκρασία 20°C, d^{-1} , K_T = σταθερά για τη θερμοκρασία T , d^{-1} , θ = σταθερά που εξαρτάται από το είδος του ρυπαντή και τη σχετική διαφορά θερμοκρασίας και T = θερμοκρασία υγρών, °C

Υδραυλικός χρόνος παραμονής. Υδραυλικός χρόνος παραμονής σε ένα τεχνητό υγροβιότοπο θεωρείται ο χρόνος ροής, ο οποίος εξαρτάται από την παροχή και τη διατομή ροής και

υπολογίζεται από την Εξίσωση (3): $t = \frac{A'd}{Q}$

Όπου t = υδραυλικός χρόνος παραμονής, d, A' = πραγματικό εμβαδόν διαθέσιμο για τη ροή του υγρού, m^2 , Q =μέση παροχή στη λεκάνη, m^3/d , d = βάθος νερού λεκάνης, m.

Εάν θεωρηθεί ότι το A' είναι ένα ποσοστό του εμβαδού A της διατομής, της ροής που ορίζεται από τη διατομή διέλευσης των υγρών τότε το ποσοστό αυτό μπορεί να εκφραστεί από το πορώδες του μέσου ροής. Έτσι, η εξίσωση (3) παίρνει την μορφή: $t = \frac{LWdn}{Q}$

Όπου t = υδραυλικός χρόνος παραμονής, d , L = μήκος λεκάνης, παράλληλα στην ροή, m , W = πλάτος λεκάνης, m , n =πορώδες (εκφράζεται ως δεκαδικός αριθμός), Q = μέση παροχή στη λεκάνη, m^3/d .

Μέση Παροχή. Όταν χρησιμοποιείται η παροχή στο σχεδιασμό τεχνητών υγροβιότοπων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τυχόν μεταβολές εξαιτίας:

- (α) απωλειών δια μέσου της εξατμισοδιαπνοής και διήθησης και
- (β) εισροών από ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις.

Έτσι, η μέση παροχή νερού στην λεκάνη υπολογίζεται από την Εξίσωση (4): $Q = \frac{Q_o + Q_e}{2}$

όπου Q = μέση παροχή στη λεκάνη, m^3/d , Q_o = παροχή εισροής, m^3/d , Q_e = παροχή εκροής, m^3/d

Υπολογισμός συνολικής επιφάνειας λεκανών. Η συνολική επιφάνεια λεκανών υπολογίζεται συνδυάζοντας τις Εξισώσεις 1, 2 και 3. Έτσι, προκύπτει η Εξίσωση (5):

$$A_s = LW = \frac{Q \ln\left(\frac{C_o}{C_e}\right)}{K_T dn}$$

όπου A_s = συνολική επιφάνεια λεκανών, m^2 , Πορώδες n : $0,65 < n < 0,75$

Ένα σημαντικό μέγεθος που υπεισέρχεται έμμεσα στις εξισώσεις διαστασιολόγησης που καταλήγουν στην απλουστευμένη Εξίσωση 5, είναι η ειδική διαθέσιμη επιφάνεια για μικροβιακή δραστηριότητα. Στην περίπτωση συστημάτων επιφανειακής ροής αυτή ορίζεται ως η συνολική εμβυθισμένη επιφάνεια των βλαστών, φύλων και ξερών υπολειμμάτων των φυτών, όπως και τα πλευρικά τοιχώματα και ο πυθμένας της λεκάνης. Μια τυπική τιμή της είναι $15 m^2/m^3$, αλλά μπορεί να πάρει τιμές έως και $50 m^2/m^3$ (Reed et al., 1995).

Ένα άλλο μέγεθος που υπεισέρχεται άμεσα στους εξισώσεις διαστασιολόγησης είναι το πορώδες n , δηλαδή διαθέσιμη διατομή για τη διέλευση του νερού, που είναι το ποσοστό της

διατομής και εκφράζεται ως δεκαδικός αριθμός. Για τους τεχνητούς υγροβιότοπους επιφανειακής ροής, $n: 0,65 < n < 0,75$.

ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Για τον υπολογισμό των διαστάσεων της λεκάνης ενός συστήματος θεωρούνται οι παρακάτω σχέσεις (Reed et al., 1995):

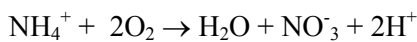
$$v = \frac{Q}{Wd} \quad W = \frac{A_s}{L} \quad S = \frac{md}{L} \quad \text{και} \quad L = \left(\frac{A_s d^{2,667} m^{0,5} 86400}{\alpha Q} \right)^{0,6667}$$

όπου L = το μέγιστο επιτρεπτό μήκος λεκάνης, m , α = συντελεστής αντίστασης, $s \cdot m^{1/6}$, m = αύξηση βάθους που εξυπηρετεί ως διαφορικό φορτίο, συνήθως 0,01-0,03.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΑΖΩΤΟΥ

Όσον αφορά τη διαστασιολόγηση βάσει του επιθυμητού βαθμού απομάκρυνσης αζώτου εξετάζονται ξεχωριστά η νιτροποίηση και η απονιτροποίηση.

Νιτροποίηση. Στη διαδικασία της νιτροποίησης λαμβάνει χώρα η εξής αντίδραση:



και χρησιμοποιούνται οι παρακάτω εξισώσεις:

$$\text{Εξίσωση (6): } \frac{C_e}{C_o} = \exp(-K_T t)$$

όπου C_o = συγκέντρωση εισροής ρυπαντή, mg/L , C_e = συγκέντρωση εκροής ρυπαντή, mg/L , K_T = Σταθερά κινητικής εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία, d^{-1} , t = υδραυλικός χρόνος παραμονής, d .

Εξίσωση (7):

$$A_s = \frac{Q \ln \left(\frac{C_o}{C_e} \right)}{K_T dn}$$

όπου Q = μέση παροχή στη λεκάνη, m^3/d , C_o = συγκέντρωση TKN στην εισροή, mg/L , C_e = συγκέντρωση αμμωνίας στην εκροή, mg/L , K_T = Σταθερά κινητικής εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία, d^{-1} , Πορώδες $n: 0,65 < n < 0,75$, d = βάθος νερού λεκάνης, m .

α) για θερμοκρασία έως και $0^\circ C$ θεωρείται ότι οι ρυθμοί της αντίδρασης νιτροποίησης είναι μηδενικοί, δηλαδή $K_T = 0 d^{-1}$.

- β) για θερμοκρασίες 0-1°C η K_T υπολογίζεται με παρεμβολή
- γ) για θερμοκρασίες 1-10°C η σταθερά κινητικής, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία, υπολογίζεται από την εξίσωση (8) : $K_T = 0,1367(1,15)^{(T-10)}$
- δ) για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 10°C η σταθερά κινητικής, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία, υπολογίζεται με την εξίσωση (9): $K_T = 0,2187(1,048)^{(T-20)}$

Απονιτροποίηση. Στη διαδικασία της απονιτροποίησης λαμβάνει χώρα η εξής αντίδραση:
 $2NO_3 + \text{Οργανική ύλη} \rightarrow H_2O + N_2 + CO_2$

Η εκτίμηση των απωλειών αζώτου εξαιτίας της απονιτροποίησης μπορούν να εκφραστούν από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$\text{Εξίσωση (10): } \frac{C_e}{C_o} = \exp(-K_T t)$$

όπου C_o = συγκέντρωση νιτρικών στην εισροή, mg/L, C_e = συγκέντρωση νιτρικών στην εκροή, mg/L, K_T = Σταθερά κινητικής εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία, d^{-1} , t = υδραυλικός χρόνος παραμονής, d.

$$\text{Εξίσωση (11): } A_s = \frac{Q \ln\left(\frac{C_o}{C_e}\right)}{K_T d n}$$

όπου Q = μέση παροχή στη λεκάνη, m^3/d , C_o = συγκέντρωση νιτρικών στην εισροή, mg/L, C_e = συγκέντρωση νιτρικών στην εκροή, mg/L, K_T = Σταθερά κινητικής εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία, d^{-1} , Πορώδες n : $0,65 < n < 0,75$, d = βάθος νερού λεκάνης, m

- α) για θερμοκρασία έως και 0°C θεωρείται ότι οι ρυθμοί της απονιτροποίησης είναι μηδενικοί. δηλαδή $K_T = 0 d^{-1}$.
- β) για θερμοκρασίες μεγαλύτερες του 1°C η σταθερά κινητικής που εξαρτάται από τη θερμοκρασία υπολογίζεται από την παρακάτω Εξίσωση (12): $K_T = 1,00 (1,15)^{(T-20)}$

ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΡΥΠΑΝΤΩΝ

Όσον αφορά τα μοντέλα εκτίμησης απομάκρυνσης ρυπαντών, για την ταχεία εκτίμηση απομάκρυνσης τους σε συστήματα τεχνητών υδροβιότοπων, έχουν αναπτυχθεί διάφορα εμπειρικά μοντέλα που βασίζονται στον υδραυλικό ρυθμό φόρτισης και παρουσιάζονται παρακάτω.

Υδραυλικός Ρυθμός Φόρτισης. Ο υδραυλικός ρυθμός φόρτισης (Hydraulic Loading Rate: HLR) υπολογίζεται με την εξίσωση (13):

$$HLR = \frac{Q}{A_s} 100$$

όπου Q= μέση παροχή στη λεκάνη, m³/d, A_s= συνολική επιφάνεια λεκανών, (m²).

Γενικά, τα μοντέλα αυτά είναι απλά, δεν χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό, αλλά μπορούν να δώσουν προσεγγιστικές τιμές απόδοσης των συστημάτων, επειδή όμως δεν θεωρούν σημαντικούς παραμέτρους, όπως είναι η θερμοκρασία, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να έχουν αποκλίσεις από τις πραγματικές τιμές.

TSS. Η απομάκρυνση των TSS υπολογίζεται από την συγκέντρωση TSS στην έξοδο όταν είναι γνωστή η συγκέντρωση στην είσοδο και ο υδραυλικός χρόνος παραμονής από την εξίσωση (14):

$$C_e = C_o (0,1139 + 0,00213HLR)$$

όπου C_o= συγκέντρωση TSS στην εισροή, (mg/L), C_e= συγκέντρωση TSS στην εκροή, (mg/L), HLR= υδραυλικός ρυθμός φόρτισης, που συνήθως κυμαίνεται από 0,4-75 cm/d.

Έχει αποδειχθεί επαρκής για τιμές του HLR μεταξύ 0,4 και 75 cm/d:

Ολικός Φωσφόρος. Η απομάκρυνση TP υπολογίζεται από την συγκέντρωση TP στην έξοδο όταν είναι γνωστή η συγκέντρωση στην είσοδο και ο υδραυλικός χρόνος παραμονής, από την εξίσωση (15):

$$\frac{C_e}{C_o} = \exp\left(-\frac{K_p}{HLR}\right)$$

όπου C_o= συγκέντρωση φωσφόρου στην εισροή, mg/L, C_e= συγκέντρωση φωσφόρου στην εκροή, mg/L, K_p= 2,73 (cm/d), HLR= υδραυλικός ρυθμός φόρτισης, cm/d.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Ο σημερινός (μέγιστος) πληθυσμός όπως δόθηκε από το Δήμο Επισκοπής είναι: Επισκοπή 1100 ι.κ. και Σγουροκεφάλι 400 κάτοικοι. Δηλαδή συνολικά 1.500 κάτοικοι. Επιλέχθηκε πληθυσμός σχεδιασμού με 50% αύξηση του σημερινού πληθυσμού. Έτσι ο πληθυσμός

σχεδιασμού επιλέχθηκε σε 2.250 ι.κ. (το θέρος). Το χειμώνα με λιγότερους επισκέπτες ο σχεδιασμός του έργου γίνεται με 2000 ι.κ.

Μέση παραγωγή λυμάτων ανά κάτοικο = 120 L /κατ-ημ

Συντελεστής ωριαίας αιχμής = 1,5

Πορώδες n: 0,7

Βάθος νερού λεκάνης d όταν λειτουργεί το αμμόφιλτρο: 0,3 m

Βάθος νερού λεκάνης d όταν δεν λειτουργεί το αμμόφιλτρο: 0,2 m

m= 0,03

a= 1,6 s.m^{1/6}

K₂₀= 0,678 d⁻¹

θ= 1,06

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

Ακολουθούν περιπτώσεις απόδοσης λειτουργίας του υγροβιοτόπου για διαφορετικούς ρυπαντές και διαφορετικά σενάρια λειτουργίας. Συγκεκριμένα γίνονται οι παρακάτω αναλύσεις:

- 1η περίπτωση: εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε BOD₅ του τεχνητού υγροβιοτόπου σε συνδυασμό με τη λειτουργία του αμμοφίλτρου
- 2η περίπτωση: εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε BOD₅ του τεχνητού υγροβιοτόπου με πρόβλημα βλάβης στη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου
- 3η περίπτωση: εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε BOD₅ του τεχνητού υγροβιοτόπου σε συνδυασμό με τη λειτουργία του αμμοφίλτρου για διαφορετικές θερμοκρασίες
- 4η περίπτωση: εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε BOD₅ του τεχνητού υγροβιοτόπου με πρόβλημα βλάβης στη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου για διαφορετικές θερμοκρασίες
- 5η περίπτωση: εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε άζωτο του τεχνητού υγροβιοτόπου σε συνδυασμό με τη λειτουργία του αμμοφίλτρου
- 6η περίπτωση: εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε άζωτο του τεχνητού υγροβιοτόπου με πρόβλημα βλάβης στη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου
- 7η περίπτωση: εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε άζωτο του τεχνητού υγροβιοτόπου σε συνδυασμό με τη λειτουργία του αμμοφίλτρου για διαφορετικές θερμοκρασίες

- 8η περίπτωση: εκτίμηση της συγκέντρωσης της εκροής σε άζωτο του τεχνητού υγροβιότοπου με πρόβλημα βλάβης στη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου για διαφορετικές θερμοκρασίες
- 9η περίπτωση: ταχεία εκτίμηση απομάκρυνσης ρυπαντή TSS από τον τεχνητό υγροβιότοπο σε συνδυασμό με τη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου
- 10η περίπτωση: ταχεία εκτίμηση απομάκρυνσης ρυπαντή TSS από τον τεχνητό υγροβιότοπο με πρόβλημα βλάβης στη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου
- 11η περίπτωση: ταχεία εκτίμηση απομάκρυνσης ρυπαντή TP από τον τεχνητό υγροβιότοπο σε συνδυασμό με τη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου
- 12η περίπτωση: ταχεία εκτίμηση απομάκρυνσης ρυπαντή TP από τον τεχνητό υγροβιότοπο με πρόβλημα βλάβης στη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου

1^Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΡΟΗΣ ΣΕ BOD₅ ΤΟΥ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ

Σε αυτή τη περίπτωση θεωρούμε ότι λειτουργεί το αμμόφιλτρο και εξετάζουμε τι γίνεται για διαφορετικές τιμές εισόδου BOD₅ στον υπάρχοντα τεχνητό υγροβιότοπο για χειμώνα και καλοκαίρι.

ΧΕΙΜΩΝΑΣ

Εξυπηρετούμενοι κάτοικοι μέχρι το έτος 2024: 2.000 PE

Θερμοκρασία σχεδιασμού, T = 11 °C

Μέση ημερήσια παροχή λυμάτων : $Q_d = 2.000 \text{ PE} \times 0,12 \text{ m}^3/\text{PE}\cdot\text{d} = 240 \text{ m}^3/\text{d}$

Μέγιστη ημερήσια παροχή λυμάτων : $Q_{d,\text{max}} = 240 \text{ m}^3/\text{d} \times 1,5 = 360 \text{ m}^3/\text{d}$

Η σταθερά κινητικής εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία στους 11°C υπολογίζεται από την εξίσωση 2 ως εξής:

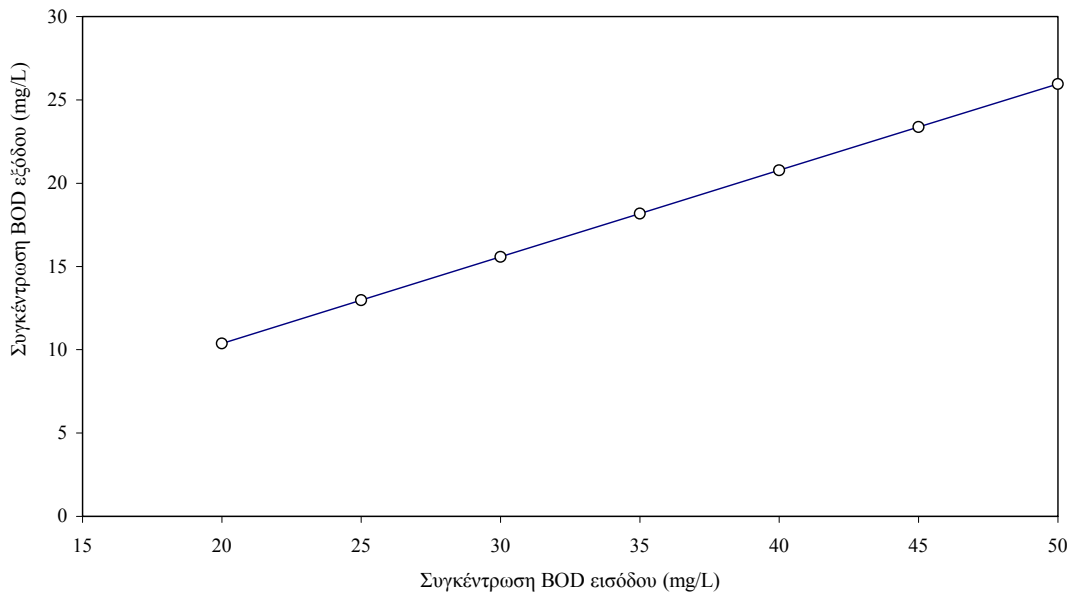
$$K_T = 0,678 \text{ d}^{-1} \times 1,06^{(11-20)} = 0,401 \text{ d}^{-1}$$

Η συνολική απαιτούμενη έκταση όπως έχει υπολογιστεί στη διαστασιολόγηση του υγροβιότοπου και με βάση την οποία έχει κατασκευαστεί, σύμφωνα με το μελετητή σε προηγούμενο κεφάλαιο, είναι $A_s = 2.800 \text{ m}^2$ περίπου.

Διατηρώντας σταθερή την έκταση, δηλαδή χρησιμοποιώντας τον υπάρχοντα υγροβιότοπο, παραμένει σταθερός και ο Υδραυλικός Χρόνος Παραμονής t και αφού και η σταθερά για τη θερμοκρασία K_T (θερμοκρασία σχεδιασμού το χειμώνα: 11°C) είναι και αυτή σταθερή, σε περίπτωση που έχουμε διαφορετικές ποιότητες εισροής (συγκέντρωση BOD₅ εισόδου στον

υγροβιότοπο, C_o), θα έχουμε διαφορετικές ποιότητες εκροής (συγκέντρωση BOD_5 εξόδου από τον υγροβιότοπο, C_e), σύμφωνα με την εξίσωση (1), όπως αυτές αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα και απεικονίζονται στο διάγραμμα του Σχ. 15:

C_o (mg/L)	20	25	30	35	40	45	50
C_e (mg/L)	13,38	12,98	15,58	18,17	20,77	23,36	25,96



Σχήμα 15. Διάγραμμα τιμών εκροής σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής BOD_5 το χειμώνα

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

Εξυπηρετούμενοι κάτοικοι μέχρι το έτος 2024: 2.250 PE

Θερμοκρασία σχεδιασμού, $T = 22 \text{ }^\circ\text{C}$

Μέση ημερήσια παροχή λυμάτων : $Q_d = 2.250 \text{ PE} \times 0,12 \text{ m}^3/\text{PE}\cdot\text{d} = 270 \text{ m}^3/\text{d}$

Συντελεστής λόγω εξάτμισης ποσοστού εκροής στον υγροβιότοπο αλλά και απορρόφησης από τις ρίζες των φυτών: 0,9

Μέγιστη ημερήσια παροχή λυμάτων : $Q_{d,\text{max}} = 270 \text{ m}^3/\text{d} \times 1,5 \times 0,9 = 364,5 \text{ m}^3/\text{d}$

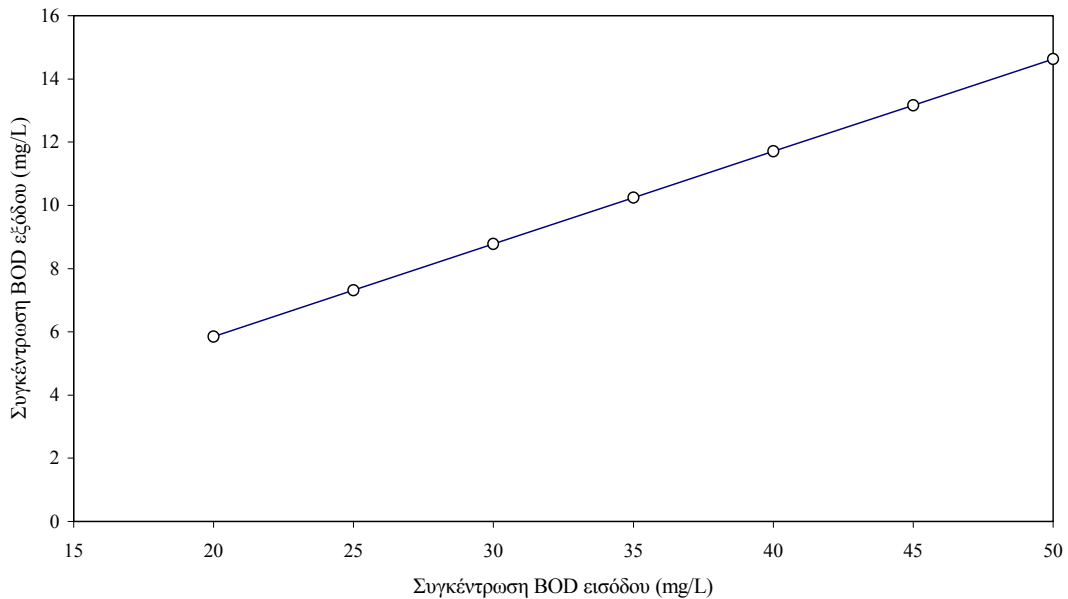
Η σταθερά κινητικής εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία στους 22°C υπολογίζεται από την Εξίσωση 2 ως εξής:

$K_T = 0,678 \text{ d}^{-1} \times 1,06^{(22-20)} = 0,762 \text{ d}^{-1}$ περίπου

Η συνολική απαιτούμενη έκταση όπως έχει προαναφερθεί και με βάση την οποία έχει κατασκευαστεί ο υγροβιότοπος είναι $A_s = 2.800 \text{ m}^2$ περίπου.

Διατηρώντας σταθερή την έκταση, δηλαδή χρησιμοποιώντας τον υπάρχοντα υδροβιότοπο, παραμένει σταθερός και ο Υδραυλικός Χρόνος Παραμονής t και αφού και η σταθερά για τη θερμοκρασία K_T (θερμοκρασία σχεδιασμού το καλοκαίρι: 22°C) είναι και αυτή σταθερή, σε περίπτωση που έχουμε διαφορετικές ποιότητες εισροής (συγκέντρωση BOD_5 εισόδου στον υδροβιότοπο, C_o), θα έχουμε διαφορετικές ποιότητες εκροής (συγκέντρωση BOD_5 εξόδου από τον υδροβιότοπο, C_e), σύμφωνα με την εξίσωση 1, όπως αυτές αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα και απεικονίζονται στο διάγραμμα του Σχ. 16:

C_o (mg/L)	20	25	30	35	40	45	50
C_e (mg/L)	5,85	7,32	8,78	10,24	11,70	13,17	14,63



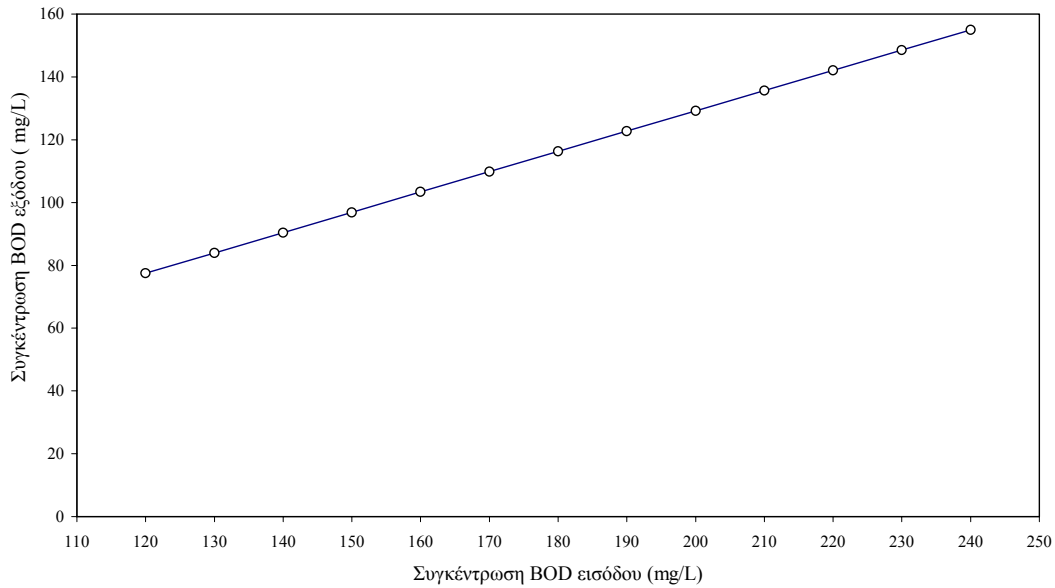
Σχήμα 16. Διάγραμμα τιμών εκροής σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής BOD_5 το καλοκαίρι

2^Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΡΟΗΣ ΣΕ BOD_5 ΤΟΥ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ ΜΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΒΛΑΒΗΣ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ

Ακολουθώντας το ίδιο σκεπτικό αλλά θεωρώντας ότι σε αυτή τη περίπτωση δεν λειτουργεί το αμμόφιλτρο, εξετάζουμε τι γίνεται για διαφορετικές τιμές εισόδου BOD_5 στον υπάρχοντα τεχνητό υδροβιότοπο για χειμώνα και καλοκαίρι. Προκύπτουν οι αναγραφόμενες στους παρακάτω πίνακες, τιμές εξόδου BOD_5 , και απεικονίζονται στα διάγραμμα των Σχ. 17 & 18:

ΧΕΙΜΩΝΑΣ

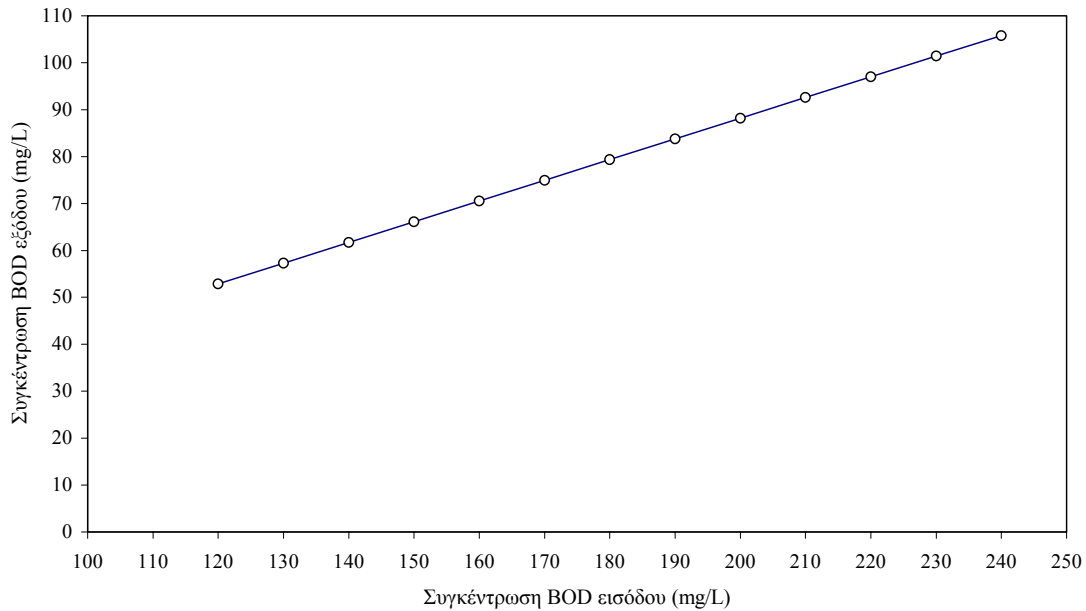
C_o (mg/L)	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
C_e (mg/L)	77,52	83,98	90,44	96,90	103,36	109,82	116,28	122,74	129,20	135,66	142,12	148,58	155,04



Σχήμα 17. Διάγραμμα τιμών εκροής σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής BOD₅ το χειμώνα χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

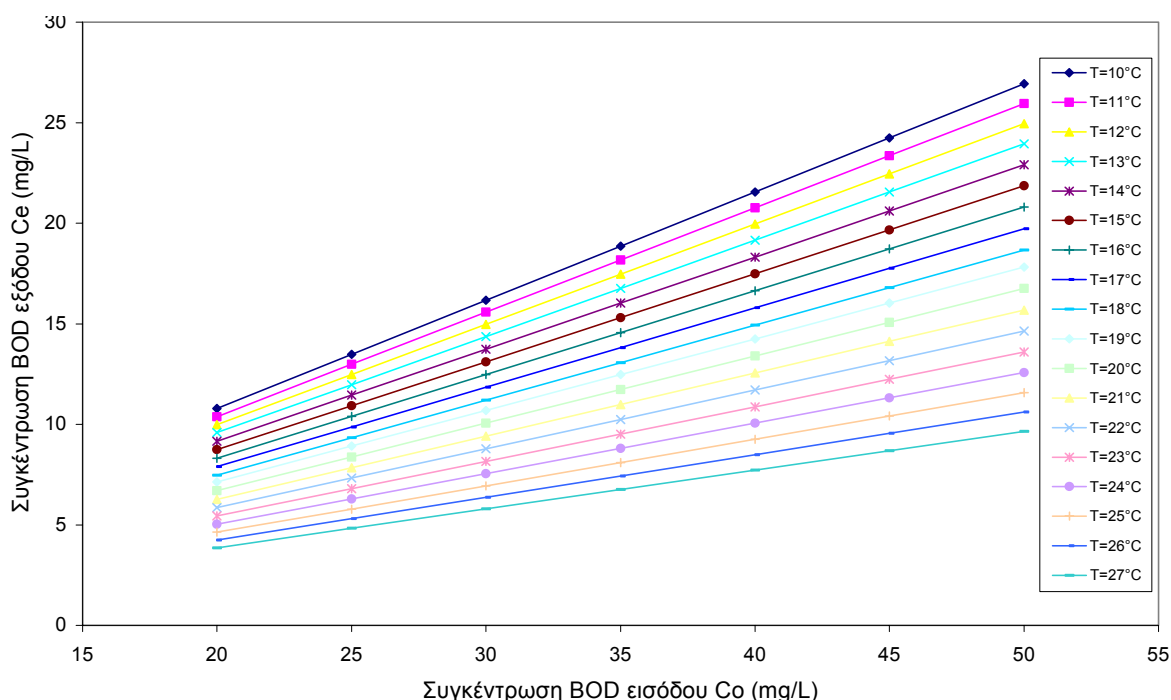
C_o (mg/L)	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
C_e (mg/L)	52,89	57,30	61,71	66,11	70,52	74,93	79,34	83,74	88,75	92,56	96,97	101,37	105,78



Σχήμα 18. Διάγραμμα τιμών εκροής σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής BOD₅ το καλοκαίρι χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου

3^Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΡΩΣ ΣΕ BOD₅ ΤΟΥ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

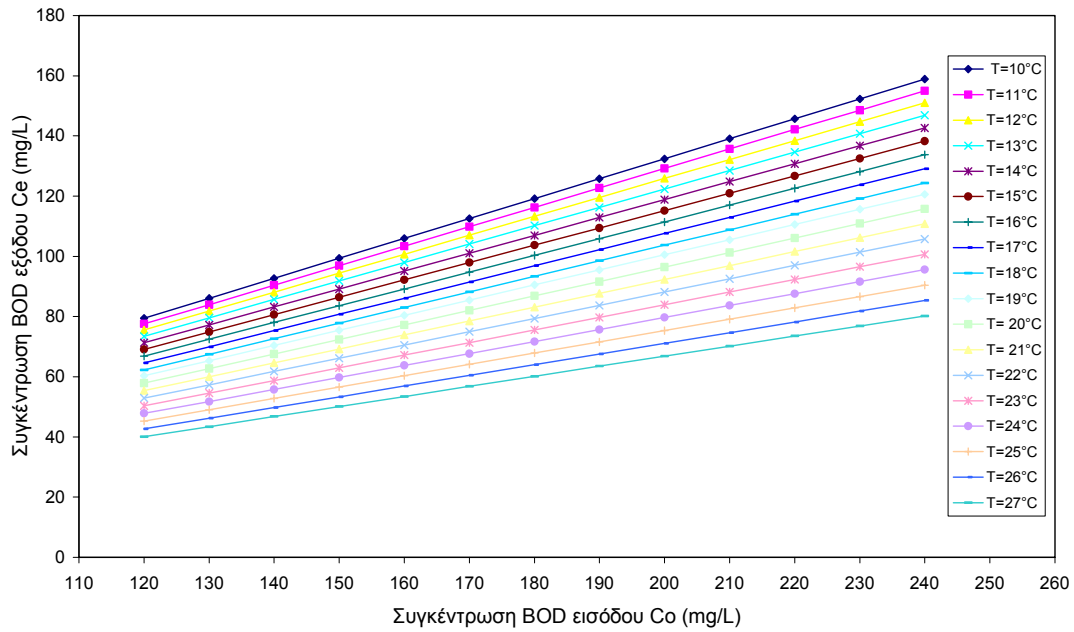
Παίρνοντας μια σειρά τιμών συγκέντρωσης BOD₅ εισόδου C₀, από 20 έως 50 mg/L έχουμε διαφορετικές τιμές εξόδου C_e στον υγροβιότοπο για διαφορετικές θερμοκρασίες (10 – 27 °C), περιγράφοντας συνολικά τη επεξεργασία και για τις δύο περιόδους, θερμή - ψυχρή, όπως φαίνεται από το διάγραμμα του Σχ. 19:



Σχήμα 19. Διάγραμμα τιμών εκροής BOD₅ σε διαφορετικές τιμές εισροής και θερμοκρασίας και για τις δύο περιόδους (θερμή – ψυχρή)

4^Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΡΩΣ ΣΕ BOD₅ ΤΟΥ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ ΜΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΒΛΑΒΗΣ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

Παίρνοντας μια σειρά τιμών συγκέντρωσης BOD₅ εισόδου C₀, από 120,130 έως 240 mg/L έχουμε διαφορετικές τιμές συγκέντρωσης εξόδου C_e στον υγροβιότοπο για διαφορετικές θερμοκρασίες, (10 – 27 °C), περιγράφοντας συνολικά τη επεξεργασία και για τις δύο περιόδους, θερμή – ψυχρή χωρίς τη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου, όπως φαίνεται από το διάγραμμα του Σχ. 20:



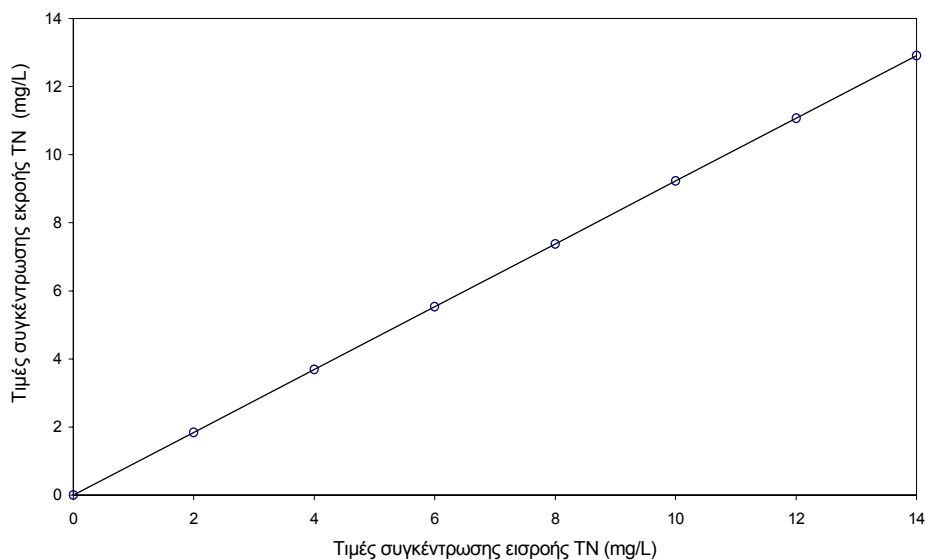
Σχήμα 20. Διάγραμμα τιμών εκροής BOD₅ σε διαφορετικές τιμές εισροής και θερμοκρασίας και για τις δύο περιόδους (θερμή – ψυχρή) χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου

5^Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΡΟΗΣ ΣΕ ΑΖΩΤΟ ΤΟΥ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ

ΧΕΙΜΩΝΑΣ

Με βάση τα δεδομένα για τη χειμερινή περίοδο (T=11 °C) και τις εξισώσεις 6,9 της & 10,12 της απονιτροποίησης και παίρνοντας συγκεντρώσεις εισροής TN από το βιολογικό αμμόφιλτρο από 0 – 14 mg/L έχουμε τις παρακάτω ποιότητες εκροής του αζώτου από τον υγροβιότοπο (αναγράφονται στον πίνακα και απεικονίζονται στο διάγραμμα του Σχ. 21):

C _o (mg/L)	0	2	4	6	8	10	12	14
C _e (mg/L)	0	1,84	3,69	5,53	7,38	9,22	11,07	12,91

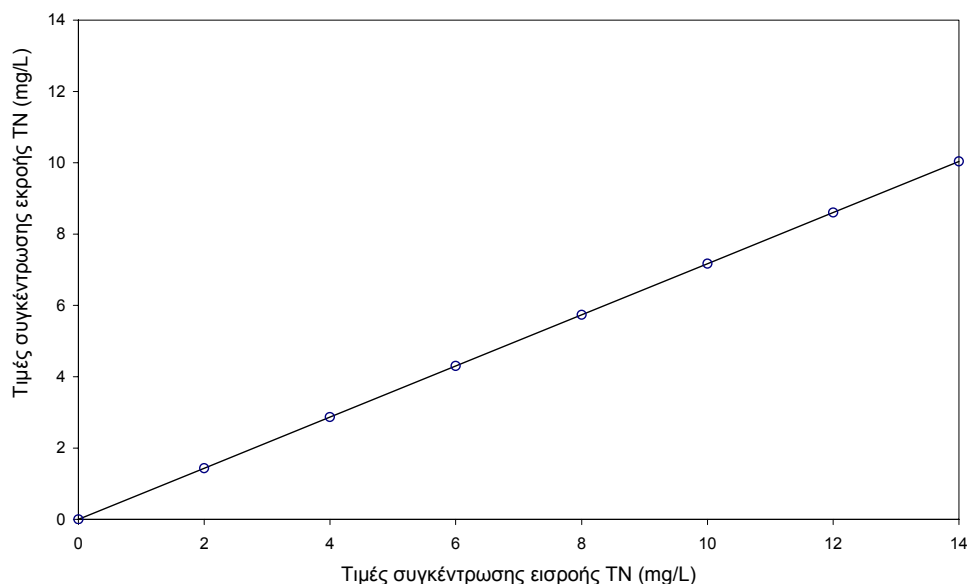


Σχήμα 21. Διάγραμμα τιμών εκροής TN σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TN το χειμώνα

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

Με βάση τα δεδομένα για τη θερινή περίοδο ($T=22\text{ }^{\circ}\text{C}$), τις εξισώσεις 6,9 της νιτροποίησης & 10,12 της απονιτροποίησης και παίρνοντας τιμές συγκέντρωσης TN από το βιολογικό αμμόφιλτρο από 0 – 14 mg/L έχουμε τις παρακάτω ποιότητες εκροής αζώτου από τον υγροβιότοπο (αναγράφονται στον πίνακα και απεικονίζονται στο διάγραμμα του Σχ. 22):

C_o (mg/L)	0	2	4	6	8	10	12	14
C_e (mg/L)	0	1,43	2,87	4,3	5,73	7,17	8,60	10,04



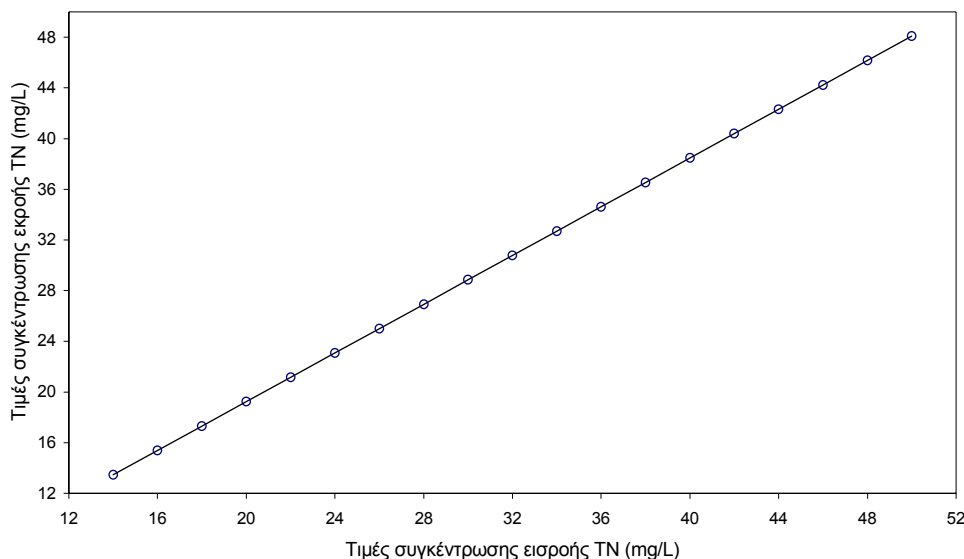
Σχήμα 22. Διάγραμμα τιμών εκροής TN σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TN το καλοκαίρι

6^Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΡΩΣ ΣΕ ΑΖΩΤΟ ΤΟΥ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ ΜΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΒΛΑΒΗΣ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ

ΧΕΙΜΩΝΑΣ

Με βάση τα δεδομένα για τη χειμερινή περίοδο ($T=11\text{ }^{\circ}\text{C}$), τις εξισώσεις 6,9 της νιτροποίησης & 10,12 της απονιτροποίησης και παίρνοντας τιμές συγκέντρωσης TN από τη σηπτική δεξαμενή από 14–50 mg/L έχουμε τις παρακάτω ποιότητες εκροής αζώτου από τον υγροβιότοπο (αναγράφονται στους πίνακες και απεικονίζονται στο διάγραμμα του Σχ. 23):

C_o (mg/L)	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
C_e (mg/L)	13,46	15,38	17,31	19,23	21,15	23,08	25,00	26,92	28,85	30,77
C_o (mg/L)	34	36	38	40	42	44	46	48	50	
C_e (mg/L)	32,69	34,61	36,54	38,46	40,38	42,31	44,23	46,15	48,08	

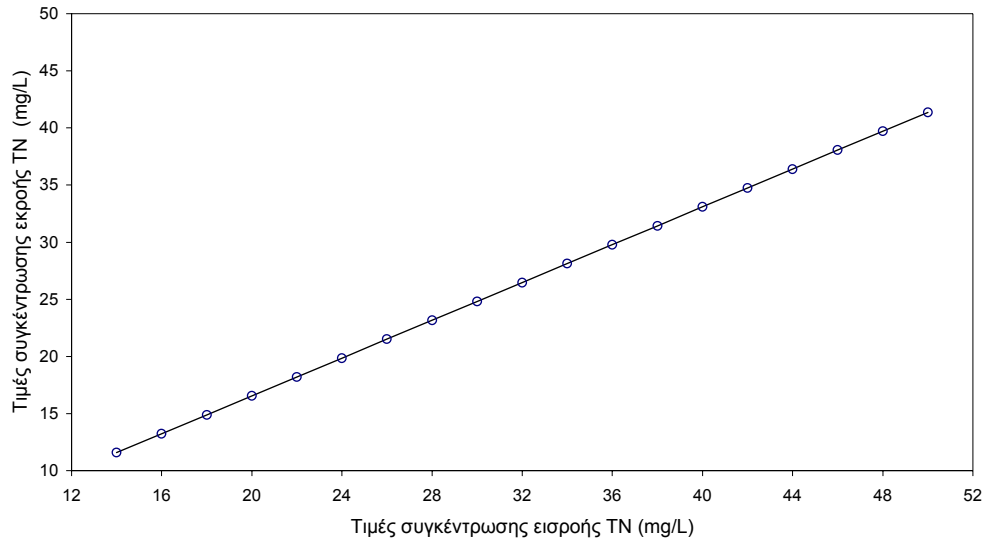


Σχήμα 23. Διάγραμμα τιμών εκροής TN σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TN το χειμώνα χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

Με βάση τα δεδομένα για τη θερινή περίοδο ($T=22\text{ }^{\circ}\text{C}$), τις εξισώσεις 6,9 της νιτροποίησης και 10,12 της απονιτροποίησης και παίρνοντας τιμές συγκέντρωσης TN από τη σηπτική δεξαμενή από 16 – 50 mg/L έχουμε τις παρακάτω ποιότητες εκροής αζώτου από τον υγροβιότοπο (αναγράφονται στους πίνακες και απεικονίζονται στο διάγραμμα του Σχ. 24):

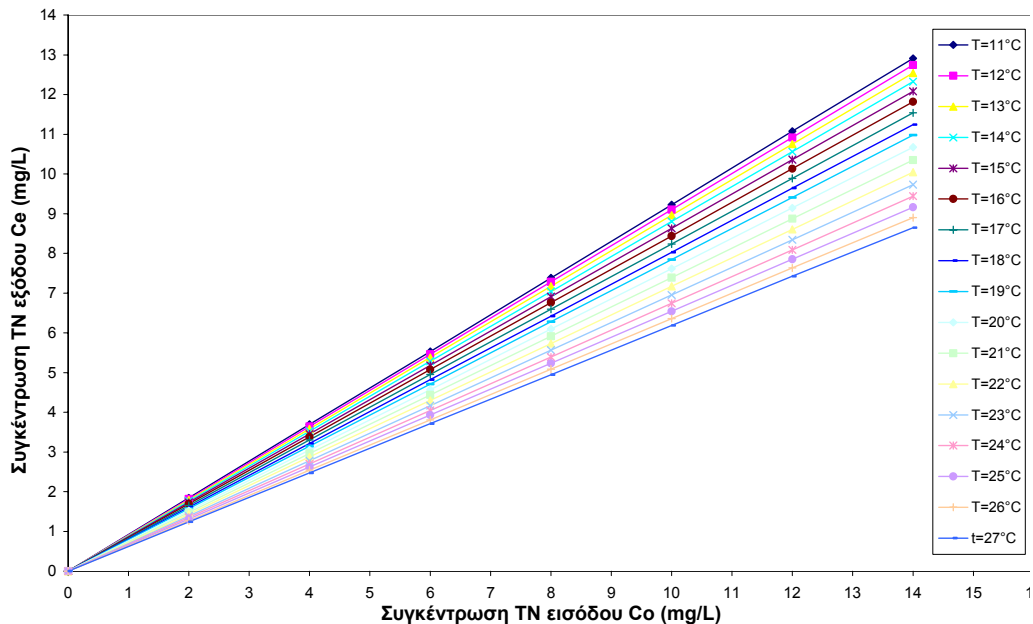
C_o (mg/L)	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
C_e (mg/L)	11,58	13,24	14,89	16,54	18,20	19,85	21,51	23,16	24,82	26,47
C_o (mg/L)	34	36	38	40	42	44	46	48	50	
C_e (mg/L)	28,13	29,78	31,44	33,09	34,74	36,40	38,05	39,71	41,36	



Σχήμα 24. Διάγραμμα τιμών εκροής TN σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TN το καλοκαίρι χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου

7^Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΡΟΗΣ ΣΕ ΑΖΩΤΟ ΤΟΥ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

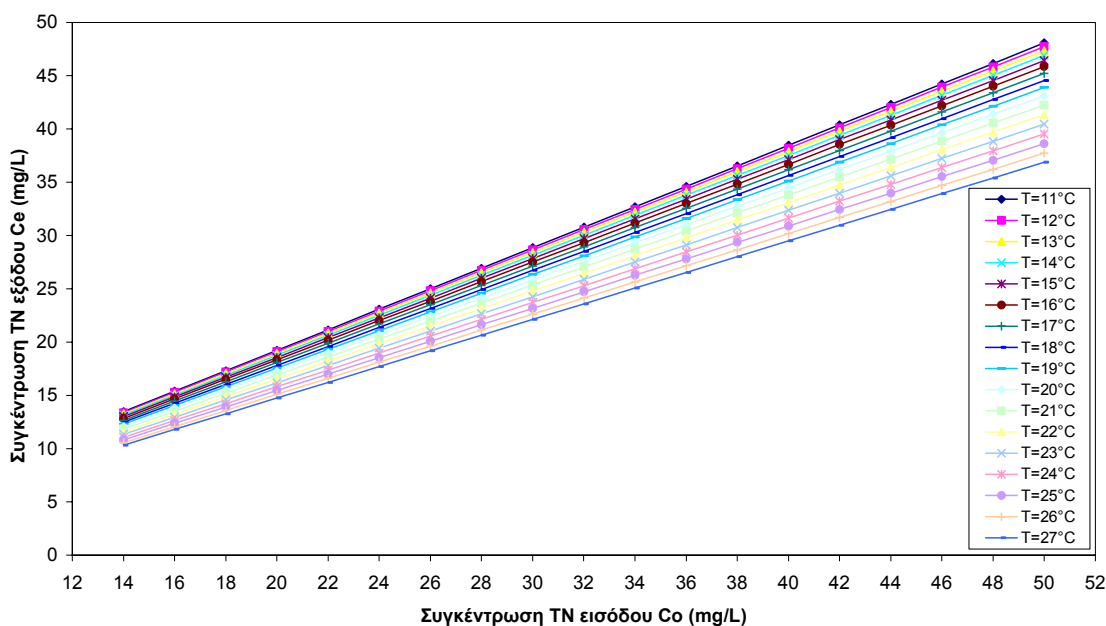
Παίρνοντας μια σειρά τιμών συγκέντρωσης TN εισόδου C_o , από 0-14 mg/L έχουμε διαφορετικές τιμές εξόδου του αζώτου στον υγροβιότοπο για διαφορετικές θερμοκρασίες, (11-27°C), περιγράφοντας συνολικά τη επεξεργασία και για τις δύο περιόδους, θερμή – ψυχρή (Σχ. 25):



Σχήμα 25. Διάγραμμα τιμών εκροής N σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TN και για τις δύο περιόδους (θερμή – ψυχρή) για διαφορετικές θερμοκρασίες

8^Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΡΟΗΣ ΣΕ ΑΖΩΤΟ ΤΟΥ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ ΜΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΒΛΑΒΗΣ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

Παίρνοντας μια σειρά τιμών συγκέντρωσης TN εισόδου C_o , από 16-50 mg/L έχουμε διαφορετικές τιμές εξόδου αζώτου στον υγροβιότοπο για διαφορετικές θερμοκρασίες, (11– 27 °C), περιγράφοντας συνολικά τη επεξεργασία και για τις δύο περιόδους, θερμή - ψυχρή, (Σχ.26):



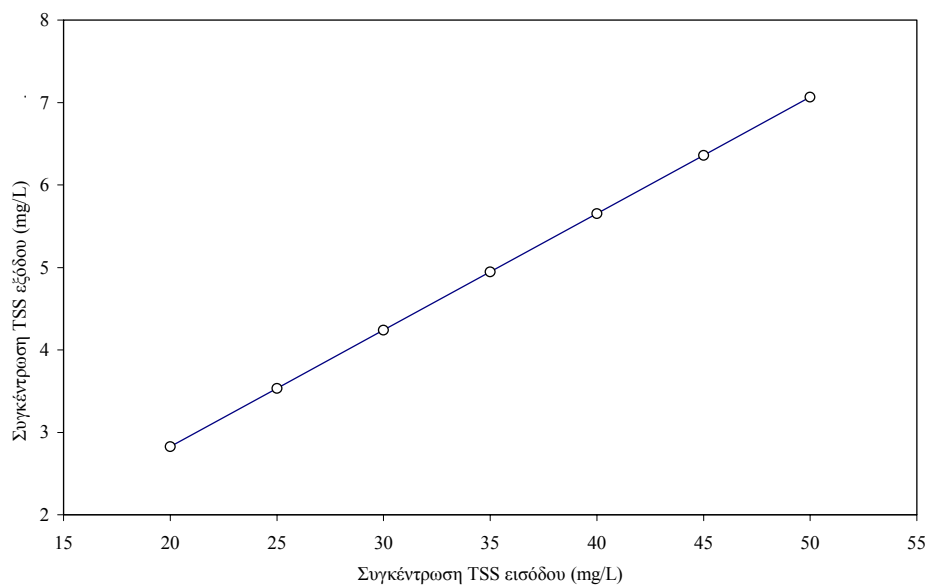
Σχήμα 26. Διάγραμμα τιμών εκροής TN σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TN και για τις δύο περιόδους (θερμή – ψυχρή) για διαφορετικές θερμοκρασίες χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου

9^Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΤΑΧΕΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΡΥΠΑΝΤΗ TSS ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΕΧΝΗΤΟ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ

ΧΕΙΜΩΝΑΣ

Με βάση τα δεδομένα για τη χειμερινή περίοδο, δηλαδή την μέση παροχή στην λεκάνη, 360 m³/d, την υπάρχουσα έκταση του υγροβιότοπου 2.800 m² καθώς και τις εξισώσεις 13,14 της απομάκρυνσης του ρυπαντή TSS, με διαφορετικές ποιότητες εισροής TSS από το αμμόφιλτρο έχουμε τις παρακάτω ποιότητες εκροής TSS από τον υγροβιότοπο (αναγράφονται στον πίνακα και απεικονίζονται στο διάγραμμα του Σχ. 27):

C_o (mg/L)	20	25	30	35	40	45	50
C_e (mg/L)	2,83	3,53	4,24	4,95	5,65	6,36	7,06

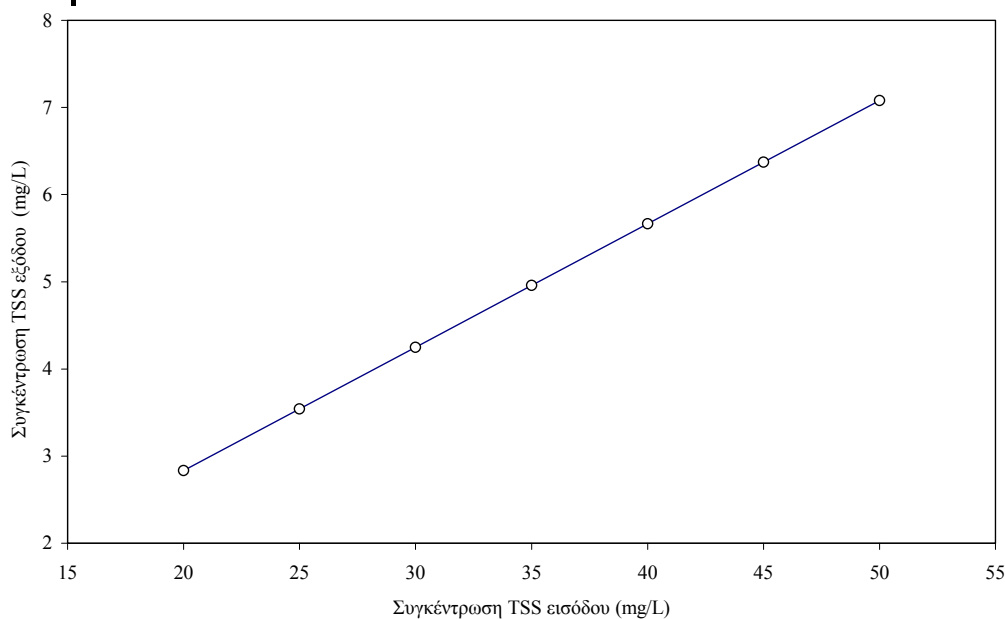


Σχήμα 27. Διάγραμμα τιμών εκροής TSS σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής το χειμώνα

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

Με βάση τα δεδομένα για την καλοκαιρινή περίοδο, δηλαδή την μέση παροχή στην λεκάνη, 364,5 m³/d, την υπάρχουσα έκταση του υδροβιότοπου 2.800 m² καθώς και τις εξισώσεις 13,14 της απομάκρυνσης του ρυπαντή TSS, με διαφορετικές ποιότητες εισροής TSS από το αμμόφιλτρο, έχουμε τις παρακάτω ποιότητες εκροής TSS από τον υδροβιότοπο (αναγράφονται στον πίνακα και απεικονίζονται στο διάγραμμα του Σχ. 28):

C₀ (mg/L)	20	25	30	35	40	45	50
C_e (mg/L)	2,83	3,54	4,25	4,96	5,67	6,37	7,08



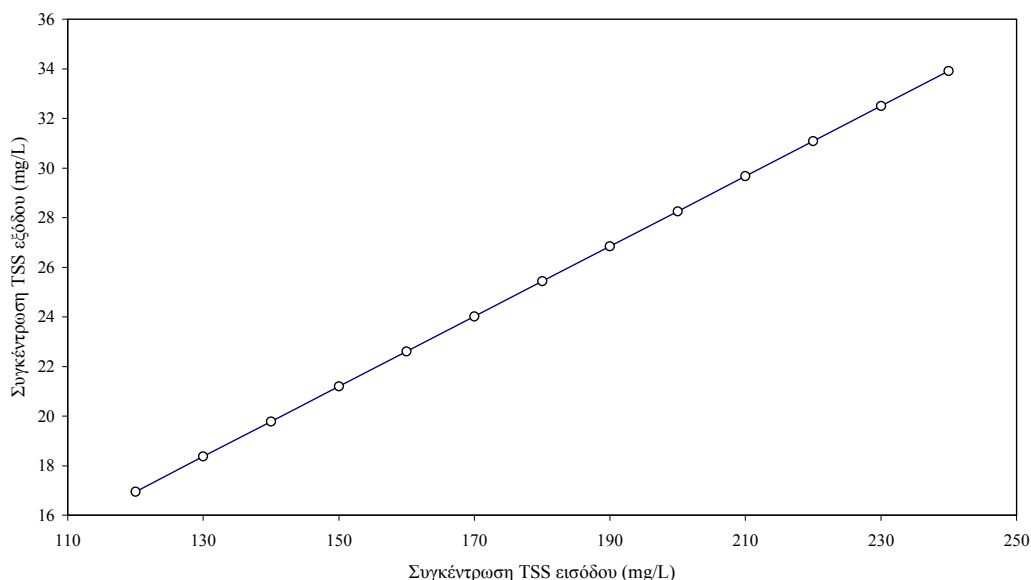
Σχήμα 28. Διάγραμμα τιμών εκροής TSS σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής το καλοκαίρι

10^Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΤΑΧΕΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΡΥΠΑΝΤΗ TSS ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΕΧΝΗΤΟ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟ ΜΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΒΛΑΒΗΣ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ

ΧΕΙΜΩΝΑΣ

Με βάση τα δεδομένα για τη χειμερινή περίοδο, δηλαδή την μέση παροχή στην λεκάνη, 360 m³/d και την υπάρχουσα έκταση του υγροβιοτόπου 2.800 m² καθώς και τις εξισώσεις 13,14 της απομάκρυνσης TSS, με διαφορετικές ποιότητες εισροής TSS από τη σηπτική δεξαμενή έχουμε τις παρακάτω ποιότητες εκροής TSS από τον υγροβιότοπο: (Πίνακας & Σχ.29)

C _o (mg/L)	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
C _e (mg/L)	16,95	18,37	19,78	21,19	22,61	24,02	25,43	26,84	28,26	29,67	31,08	32,50	33,91

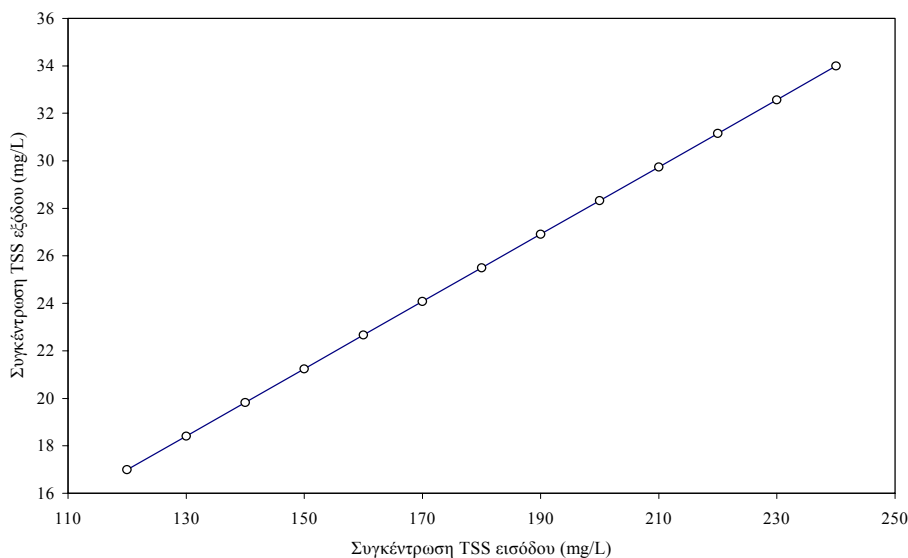


Σχήμα 29. Διάγραμμα τιμών εκροής σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TSS το χειμώνα χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

Με βάση τα δεδομένα για την καλοκαιρινή περίοδο, δηλαδή την μέση παροχή στην λεκάνη, 364,5 m³/d και την υπάρχουσα έκταση του υγροβιοτόπου 2.800 m² καθώς και τις εξισώσεις 13,14 της απομάκρυνσης TSS, με διαφορετικές ποιότητες εισροής TSS από τη σηπτική δεξαμενή έχουμε τις παρακάτω ποιότητες εκροής TSS από τον υγροβιότοπο ((Πίνακας & Σχ. 30):

C _o (mg/L)	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
C _e (mg/L)	17,00	18,41	19,83	21,24	22,66	24,08	25,49	26,91	28,33	29,74	31,16	32,57	33,99



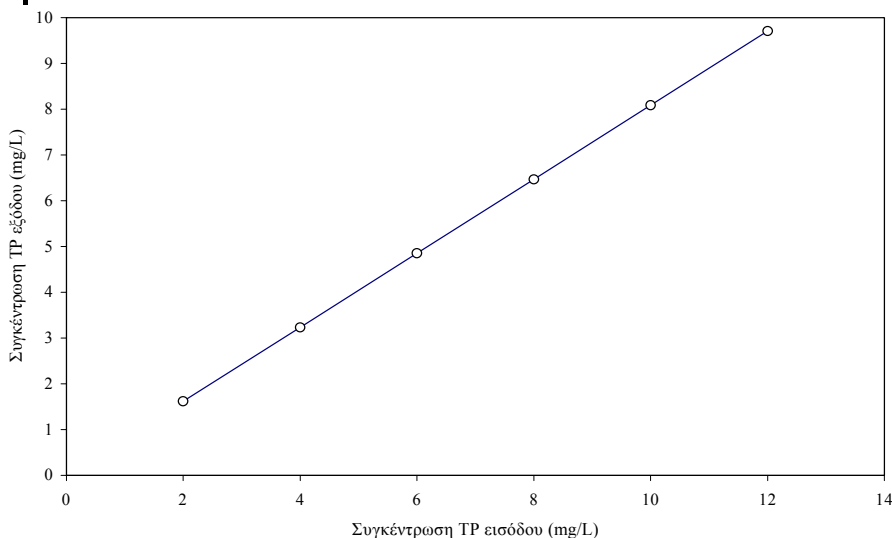
Σχήμα 30. Διάγραμμα τιμών εκροής σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TSS το καλοκαίρι χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου

11^Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΤΑΧΕΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΡΥΠΑΝΤΗ TP ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΕΧΝΗΤΟ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ

ΧΕΙΜΩΝΑΣ

Με βάση τα δεδομένα για τη χειμερινή περίοδο, δηλαδή την μέση παροχή στην λεκάνη, 360 m³/d, την υπάρχουσα έκταση του υδροβιότοπου 2.800 m² καθώς και τις εξισώσεις 13,15 της απομάκρυνσης TP, με διαφορετικές ποιότητες εισροής TP από το αμμόφιλτρο, έχουμε τις παρακάτω ποιότητες εκροής TP από τον υδροβιότοπο (Πίνακας & Σχ.31):

C_o (mg/L)	2	4	6	8	10	12
C_e (mg/L)	1,62	3,23	4,85	6,47	8,09	9,70

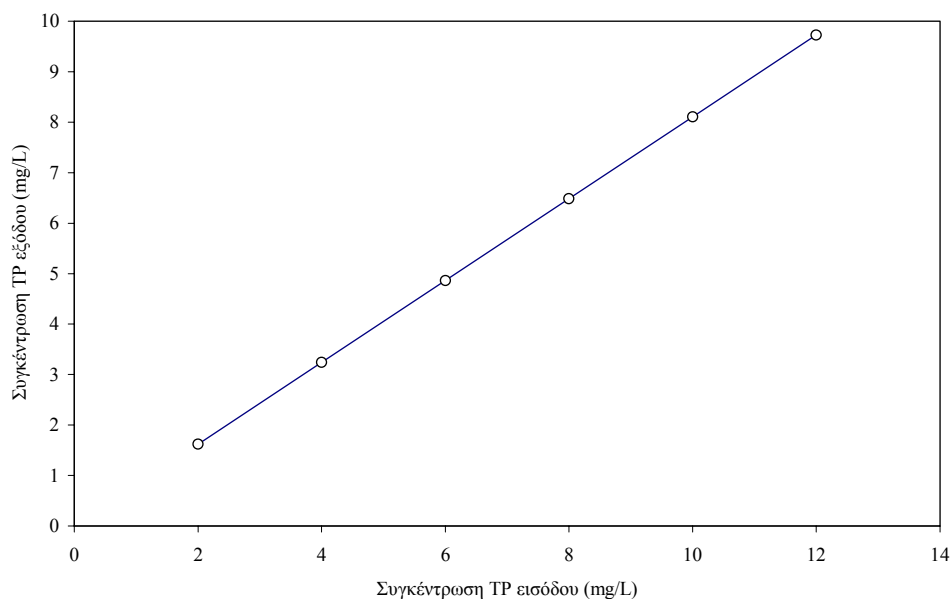


Σχήμα 31. Διάγραμμα τιμών εκροής TP σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TP το χειμώνα

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

Με βάση τα δεδομένα για την καλοκαιρινή περίοδο, δηλαδή την μέση παροχή στην λεκάνη, 364,5 m³/d και την υπάρχουσα έκταση του υγροβιοτόπου 2.800 m² καθώς και τις εξισώσεις 13,15 της απομάκρυνσης ρυπαντών (TP) με διαφορετικές ποιότητες εισροής TP από το αμμόφιλτρο, έχουμε τις παρακάτω ποιότητες εκροής TP από τον υγροβιότοπο (Πίνακας & Σχ.32):

C_o (mg/L)	2	4	6	8	10	12
C_e (mg/L)	1,62	3,24	4,86	6,49	8,11	9,73



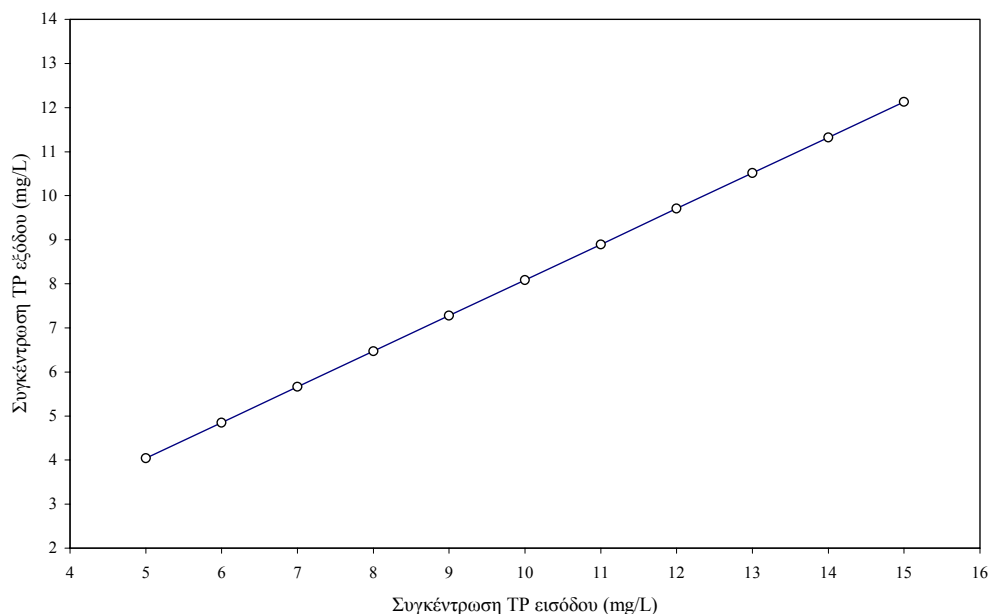
Σχήμα 32. Διάγραμμα τιμών εκροής TP σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TP το καλοκαίρι

12^H ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΤΑΧΕΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΡΥΠΑΝΤΗ TP ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΕΧΝΗΤΟ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟ ΜΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΒΛΑΒΗΣ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ

ΧΕΙΜΩΝΑΣ

Με βάση τα δεδομένα για τη χειμερινή περίοδο, δηλαδή την μέση παροχή στην λεκάνη, 360 m³/d και την υπάρχουσα έκταση του υγροβιοτόπου 2.800 m² καθώς και τις εξισώσεις 13,15 της απομάκρυνσης ρυπαντών (TP) με διαφορετικές ποιότητες εισροής TP από τη σηπτική δεξαμενή έχουμε τις παρακάτω ποιότητες εκροής TP από τον υγροβιότοπο (Πίνακας & Σχ.33):

C_o (mg/L)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C_e (mg/L)	4,04	4,85	5,66	6,47	7,28	8,09	8,90	9,70	10,51	11,32	12,13

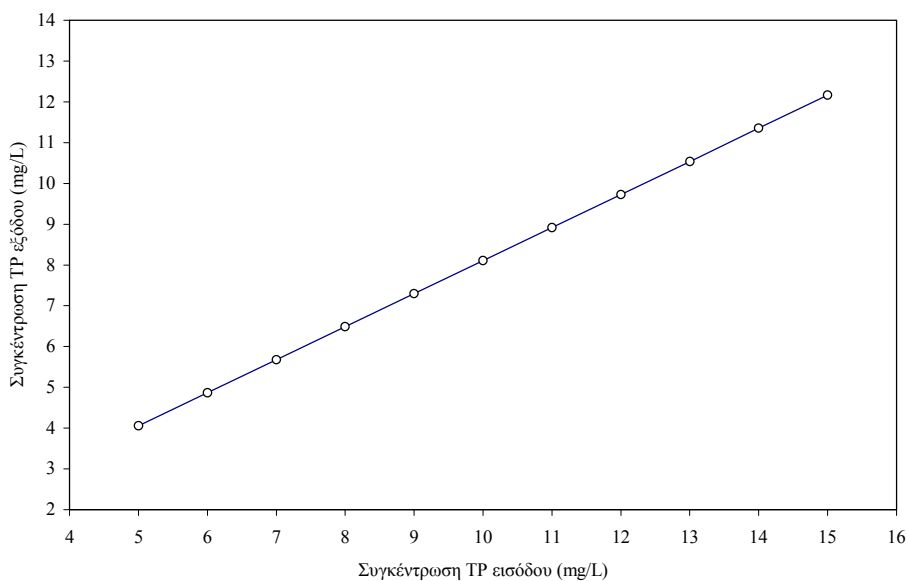


Σχήμα 33. Διάγραμμα τιμών εκροής TP σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TP το χειμώνα, χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

Με βάση τα δεδομένα για την καλοκαιρινή περίοδο, δηλαδή την μέση παροχή στην λεκάνη, 364,5 m³/d και την υπάρχουσα έκταση του υδροβιότοπου 2.800 m² καθώς και τις εξισώσεις 13,15 της απομάκρυνσης ρυπαντών (TP) με διαφορετικές ποιότητες εισροής TP από τη σηπτική δεξαμενή έχουμε τις παρακάτω ποιότητες εκροής TP από τον υδροβιότοπο (Σχ.34):

C_o (mg/L)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C_e (mg/L)	4,05	4,86	5,68	6,49	7,30	8,11	8,92	9,73	10,54	11,35	12,16



Σχήμα 34. Διάγραμμα τιμών εκροής TP σε συνάρτηση με διαφορετικές τιμές εισροής TP το καλοκαίρι, χωρίς τη λειτουργία του αμμοφίλτρου

Εκτιμώντας την απόδοση του συστήματος, από την παραπάνω αναλυτική εξέταση των ρυπαντών στις περιπτώσεις όπου ο υγροβιότοπος λειτουργεί σε συνδυασμό με το βιολογικό αμμόφιλτρο, παρατηρήθηκε και για τις δύο περιόδους (θερμή – ψυχρή), ότι όσον αφορά το οργανικό φορτίο, η μέση απομάκρυνση του BOD₅ κυμαίνεται από 50-80%. Όσον αφορά τα θρεπτικά της εκροής, η μέση απομάκρυνση του TN κυμαίνεται από 8-38%, του TSS στο 86% και του TP εκροής κυμαίνεται στο 19,2%.

Στις περιπτώσεις που λειτουργεί μόνο ο υγροβιότοπος, παρατηρήθηκε και για τις δύο περιόδους (θερμή – ψυχρή), ότι όσον αφορά το οργανικό φορτίο, η μέση απομάκρυνση του BOD₅ κυμαίνεται από 35-66%. Όσον αφορά τα θρεπτικά της εκροής, η μέση απομάκρυνση του TN κυμαίνεται από 4-25%, του TSS κυμαίνεται στο 85% και η του TP στο 18,9%.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η σύλληψη και η κατασκευή μικρών ΜΕΑΛ με φυσικά συστήματα, χρησιμοποιώντας τεχνητούς υγροβιότοπους επιφανειακής ροής (FWS), μπορεί να θεωρηθεί σαν μια αξιόπιστη λύση για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων σε οικισμούς κάτω των 5.000 ι.κ. και επιτυχημένη για τις περιπτώσεις που έχει εφαρμοστεί και σε τοπικό επίπεδο.

Μετά την επιτυχή αντιμετώπιση του θέματος των κουνουπιών στα FWS, αποτελεί πλέον αποδοτικότερη μέθοδο επεξεργασίας σε σχέση με τα μηχανικά συστήματα καθώς ο τεχνητός υγροβιότοπος δίνει ανώτερη επεξεργασία με ελάχιστο πρόσθετο κόστος, τη δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης της εκροής σε περίπτωση που δεν μπορεί να διατεθεί και έχει αντοχή σε οποιαδήποτε πολυήμερη βλάβη του αμμοφίλτρου δίνοντας εκροή τουλάχιστον δευτεροβάθμια.

Οι ΜΕΑΛ με τεχνητούς υγροβιότοπους καλύπτουν επαρκώς τις ανάγκες των μικρών Καποδιστριακών Δήμων έχοντας σχετικά χαμηλό κόστος κατασκευής, ελάχιστο κόστος λειτουργίας και μεγάλη απλότητα στο χειρισμό, η οποία δεν απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό.

Γι τη συγκεκριμένη μονάδα παρατηρήθηκαν λάθη στους υπολογισμούς κατά το σχεδιασμό και ειδικότερα στον υγροβιότοπο, ο οποίος κατασκευάστηκε κατά 580 m² μικρότερος.

Εκτιμώντας την απόδοση του συστήματος, καταλήγουμε στο ότι είναι αυξημένη περισσότερο τη θερινή περίοδο για τους ρυπαντές BOD₅ και TN ενώ για τους ρυπαντές TSS και TP κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα και για τις δύο περιόδους. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση που υπάρχει πρόβλημα στη λειτουργία του βιολογικού αμμοφίλτρου με τη διαφορά ότι η απόδοση είναι μικρότερη γιατί παραλείπεται ένα ολόκληρο στάδιο επεξεργασίας. Ακόμα όμως και σε αυτήν την περίπτωση, ο υγροβιότοπος δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας.

Η ΜΕΑΛ παράγει τριτοβάθμια επεξεργασμένη εκροή, η οποία θεωρείται άριστη για την άρδευση των γεωργικών εκτάσεων και ασφαλής για τους γεωργούς. Όμως η ποσότητα της εκροής δεν επαρκεί για την προβλεπόμενη επιφάνεια των 500 στρεμμάτων, σύμφωνα με την οποία είχε γίνει ο σχεδιασμός του έργου. Επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν συμπληρωματική άρδευση εκτός των βροχοπτώσεων.

Προτείνεται να γίνεται αφαίρεση της λάσπης από τη σηπτική δεξαμενή και να διενεργείται συγκομιδή της φυτικής βλάστησης ετησίως για την καλύτερη λειτουργία του συστήματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Διαλυνάς, Γ. (1994). PETRA II: Λειτουργία & Συντήρηση Μικρών Μονάδων Επεξεργασίας Λυμάτων, European Action Group, Αθήνα: Action Business Center Ltd. Σελ. 119.
2. Αγγελάκης, Α.Ν. και Τσαγκαράκης, Κ. (2002). Σημειώσεις Παραδόσεων στο Τμήμα Ενεργειακής & Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας. Προγράμματα Σπουδών Επιλογής, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης. Σελ. 34, 35.
3. Σιαράπη, Κ.Κ., Τσαγκαράκης, Κ.Π. και Χουλιάρá, Μ.Ι. (2005). Αποτύπωση και Αξιολόγηση Έργων Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων με τη Μέθοδο της Υποεπιφανειακής Τροφοδοσίας Λεκανών με Βλάστηση στην Εύβοια. 5^ο Εθνικό συνέδριο της Ελληνικής επιτροπής διαχείρισης υδατικών πόρων (ΕΕΔΥΠ) «ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων με βάση τη λεκάνη απορροής» Ξάνθη 6-9 Απριλίου 2005.
4. ΟΑΝΑΚ (1997). Μελέτη Διάθεσης Λυμάτων του έργου: “Επεξεργασία υγρών αποβλήτων Κοινότητας Πόμπιας με φυσικά συστήματα”.
5. ΟΑΝΑΚ (2000). Μελέτη Διάθεσης Λυμάτων του έργου: “Εγκατάσταση Επεξεργασίας λυμάτων Επισκοπής – Σγουροκεφαλίου με φυσικά συστήματα”.
6. ΟΑΝΑΚ (2004). Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του έργου: “Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων των οικισμών Ρογδιάς – Παλαιοκάστρου”
7. Α. Ανδρεαδάκης, Α. Κατσίρη, Δ. Μαμάης. (1999). Τεχνολογία Αντιμετώπισης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων – Επεξεργασία και Διάθεση Υγρών Αποβλήτων, τ.Α΄, εκδ.Ε.Α.Π.
8. Μαρκαντωνάτος Γ. (1999). Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων, Αθήνα 1999 .
9. Αγγελάκης, Α.Ν. και Τσαγκαράκης, Κ. (2002). Σημειώσεις Παραδόσεων στο Τμήμα Ενεργειακής & Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας. Προγράμματα Σπουδών Επιλογής, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης. Σελ. 103.
10. Μαρκαντωνάτος Γ. (1990). Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων, Αθήνα 1990, Σελ. 342.
11. Μήτρακας, Μ. «Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και Επεξεργασία Νερού».
12. Αγγελάκης, Α.Ν. και Τσαγκαράκης, Κ. (2002). Σημειώσεις Παραδόσεων στο Τμήμα Ενεργειακής & Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας. Προγράμματα Σπουδών Επιλογής, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης. Σελ. 41.
13. ΟΑΝΑΚ (2004). Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων των οικισμών Ρογδιάς και Παλαιοκάστρου (Δήμου Γαζίου).
14. ΟΑΝΑΚ (2003). Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων κοινής εγκατάστασης εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων των οικισμών Διονύσι - Παναγιά (Δήμου Κόφρινα).

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

1. Kapellakis I.E., Tsagarakis K.P, Angelakis A.N. (2004). 9th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control Avignon (France), 26-30th of September 2004.
2. Tchobanoglous G. (1991). Wastewater Engineering, Treatment, Disposal & Reuse, Σελ.1040.
3. Crites, Tchobanoglous. (1998). «Small and Decentralized Wastewater Management System» McGraw – Hill International Editions. Σελ. 570)
4. Reed, Crites, Middlebrooks: «Natural Systems for Waste Management and Treatment», USA 1995, McGraw-Hill.
5. Hammer, D.A. (Ed.). (1989). "Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, Municipal, Industrial and Agricultural", Lewis Publishers. Chelsea, MI.
6. Tchobanoglous, G. and Burton, F. (1991). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*, Metcalf and Eddy, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, Inc.
7. Reed, S.C. and Crites, R.W. (1984). Handbook on Land Treatment Systems for Industrial and Municipal Wastes, Noyes Data, park Ridge, NJ.
8. Reed, S.C., Crites, R.W. and Middlebrooks, E.J. (1995). Natural Systems for Waste Management and Treatment. 2nd Ed., McGraw - Hill, Inc., New York.
9. Reed, S.C., Middlebrooks, E.J. and Crites, R.W. (1988). Natural Systems for Waste Management and Treatment. McGraw-Hill, Inc. New York.
10. Tsagarakis, K.P. (1999). The Treatment of Municipal Wastewater in Greece. PhD. Thesis. University of Leeds, School of Civil Engineering, Leeds.
11. Tsagarakis, K.P., Tsoumanis, P., Charzoulakis K. and Angelakis, A.N. (2001). Water resources status including wastewater treatment and reuse in Greece: related problems and prospectives. Water International, 26(2): 256-258.
12. Leverenz H., Tchobanoglous G., Darby, J. (2002). Review of Technologies for the Onsite Treatment of Wastewater in California. Center of Environmental and Water Resources Engineering, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Univ. of California, Report No. 0202. Davis, California.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1. ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΜΕΑΛ: Μονάδα Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων

ΝΕΧΩΠ: Νομαρχιακή Επιτροπή Χωροταξίας & Περιβάλλοντος

BOD₅: Biochemical Oxygen Demand–BOD₅, 20°C (Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο, 5 ημερών, σε 20°C)

COD: Chemical Oxygen Demand (Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο)

FWS: Free Water Surface Systems (Συστήματα Υγροβιοτόπων Ελεύθερης Επιφάνειας)

FC ή Faecal coli: Faecal Coliforms (Κοπρανώδη Κολοβακτηρίδια)

NaOCl: Υποχλωριώδες Νάτριο

NH⁺₄-N: Αμμωνιακά

NO₃-N: Νιτρικά

PE ή (ι.κ.): Ισοδύναμος Κάτοικος

SFS: Subsurface Systems (Συστήματα Υγροβιοτόπων Υποεπιφανειακής Ροής)

SS: Suspended Solids (Αιωρούμενα Στερεά)

TKN: Ολικό άζωτο κατά Kendal

TN: Ολικό Άζωτο

TC: Total Coliforms (Ολικά Κολοβακτηρίδια)

TP: Total Phosphorus (Ολικός Φώσφορος)

TS: Total Solids (Ολικά Στερεά)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Η μεθοδολογία, η τεκμηρίωση και τα πορίσματα της μελέτης είναι συμβατά με την ισχύουσα νομοθεσία η οποία είναι η ακόλουθη:

1. Ν. 1650/1986 (ΦΕΚ Τ. Α'160/18-10-1986): «ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»
2. ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 91/271/ΕΟΚ: «ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ»
3. ΚΥΑ 5673/400/97 (ΦΕΚ 192/Β/97): «ΜΕΤΡΑ ΚΑΙ ΟΡΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ»
4. ΚΥΑ 114218/97 (ΦΕΚ 1016/Β/97): «ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ»
5. ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ Ε1Β/221/65 (ΦΕΚ 138/Β/65): «ΠΕΡΙ ΔΙΑΘΕΣΕΩΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ»
6. ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ Ε1Β/3161/61 (ΦΕΚ 444/Β/61): «ΟΔΗΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΙΔΙΩΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΘΕΣΕΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ (ΟΙΚΙΑΚΑ ΛΥΜΑΤΑ ΟΙΚΟΔΟΜΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ)»
7. Ν. 3010/2002 (ΦΕΚ Τ. Α'91/25-04-2002): «ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΤΟΥ Ν.1650/1986 ΜΕ ΤΙΣ ΟΔΗΓΙΕΣ 97/11 Ε.Ε. ΚΑΙ 96/61 Ε.Ε. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΘΕΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΥΔΑΤΟΡΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ»

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3. ΣΧΕΔΙΑ

Τα παρακάτω σχέδια παραχωρήθηκαν από την Ανάδοχο Κ/Ε «ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ ΑΤ.Ε. – ΜΠΟΥΜΠΟΥΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ», η οποία εκπόνησε τη Μελέτη Εφαρμογής της Επισκοπής.

ΣΧΕΔΙΟ 1: ΚΑΤΟΨΗ ΣΗΠΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

ΣΧΕΔΙΟ 2: ΤΟΜΕΣ ΣΗΠΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

ΣΧΕΔΙΟ 3: ΚΑΤΟΨΗ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ

ΣΧΕΔΙΟ 4: ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ

ΣΧΕΔΙΟ 5: ΤΟΜΕΣ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟΥ

ΣΧΕΔΙΟ 6: ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΠΑΦΗΣ ΧΛΩΡΙΟΥ