

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΜΑ : ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ
ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΛΛΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ



ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ :
κ. ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ – ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ : ΡΑΜΜΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 4905/1
Ημερ. Εισ.: 13-09-2006
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ
2005
ΡΑΜ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους των οποίων η βοήθεια ήταν καθοριστική στην ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής.

Θα ήθελα πρώτα από όλους να ευχαριστήσω ιδιαίτερω την καθηγήτρια μου κ. Μαρία Σακελαρίου – Μακραντωνάκη η οποία ήταν και η υπεύθυνη για τον συντονισμό της παρούσας μελέτης. Οι πολύτιμες συμβουλές της καθώς και η αμέριστη βοήθεια της αποτέλεσαν τις βάσεις ώστε να ολοκληρωθεί η διατριβή αυτή με επιτυχία. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους διορθωτές καθηγητές κ. Τσιρόπουλο Νικόλαο και κ. Αρβανιτογιάννη Ιωάννη για τις διορθωτικές παρεμβάσεις τους και φυσικά για την εξέταση της διατριβής.

Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να εκφράσω και στον μεταπτυχιακό Τέντα Ιωάννη καθώς και στους φοιτητές Μητρόπουλο Δημήτριο και Νητσόπουλο Νικόλαο για την παροχή πολύτιμων πληροφοριών σχετικά με την εγκατάσταση του πειράματος.

Θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω την Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού του Βόλου και φυσικά το προσωπικό του αγροκτήματος για την άριστη συνεργασία που είχαμε καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην μεταπτυχιακό Βασιλική Βαρδούλη και τους φοιτητές Μπαζώτη Κωνσταντίνο και Κνέκνα Ευριπίδη για την πολύτιμη βοήθεια και την άψογη συνεργασία που είχαμε όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω πάνω από όλους την οικογένεια μου για την υλική αλλά κυρίως ηθική ενίσχυση που μου πρόσφερε όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελίδα
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	9

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ – ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	10
1.1 Χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων	10
1.2 Μέθοδοι επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων	14
1.2.1 Προκαταρκτική επεξεργασία (Preliminary treatment)	14
1.2.2 Πρωτοβάθμια επεξεργασία (Primary treatment)	15
1.2.3 Δευτεροβάθμια επεξεργασία (Secondary treatment)	17
1.2.4 Τριτοβάθμια επεξεργασία (Tertiary treatment)	20
1.2.5 Απολύμανση	20
1.2.6 Αποθήκευση	22
1.3 Χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση	22
1.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά και δυσμενείς συνέπειες	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ	25
2.1 Ιστορικά	25
2.2 Πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης	25
2.3 Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΚΩΝΟΦΟΡΑ	29
3.1 <i>Juniperus chinensis</i>	29
3.2 <i>Thuja orientalis</i>	33
3.3 <i>Cupressus macrocarpa</i>	35

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ	42
2.1 Υπολογισμός της εδαφικής υγρασίας με την μέθοδο T.D.R	42
2.2 Εξατμισόμετρο	42

2.3 Μέτρηση της χλωροφύλλης	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	44
3.1 Δόση άρδευσης και Εύρος άρδευσης	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	52
4.1 Προέλευση και χημική ανάλυση	52
ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	53
1.1 Εξατμισοδιαπνοή & Βροχόπτωση	53
1.2 Θερμοκρασία	54
1.3 Ύψος φυτών	55
1.4 Μεταβολή της μέσης διαμέτρου της φυτοκόμης των κωνοφόρων	58
1.5 Μέση περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη A & B των κωνοφόρων	61
1.6 Διάμετρος βλαστού κωνοφόρων	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	66
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	67

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συνεχής πληθυσμιακή αύξηση σε συνδυασμό με τα οικολογικά προβλήματα των ημερών μας έχουν καταστήσει αναγκαία την ανάπτυξη νέων τεχνικών εξοικονόμησης νερού. Η ιδέα της ανακύκλωσης του νερού των βιολογικών καθαρισμών αποτελεί μια από τις πιο ελπιδοφόρες τεχνικές που αναπτύχθηκαν για τον σκοπό αυτό.

Η συγκεκριμένη εργασία αποτέλεσε μια ακόμη μελέτη των επιδράσεων που μπορεί να έχει η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών, αστικών αποβλήτων στο τομέα της γεωργίας. Σκοπός του πειράματος που διεξήχθη το καλοκαίρι του 2003 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας χρησιμοποίησης υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση τριών καλλωπιστικών φυτών, μέσω ενός αυτοματοποιημένου συστήματος υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Τα είδη των καλλωπιστικών κωνοφόρων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το *Juniperus chinensis* cv. *Stricta*, η *Thuja orientalis* c.v *Compacta Aurea Nana* και το *Cupressus macrocarpa* cv. *Golden Crest*. Τα επεξεργασμένα υγρά, αστικά απόβλητα προερχόταν από την μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού της πόλεως του Βόλου και αφού προηγουμένως είχαν δεχτεί επεξεργασία τρίτου βαθμού.

Ο χώρος εγκατάστασης των κωνοφόρων ήταν εκτάσεως 96 m² και χωρίστηκε σε δύο μεταχειρίσεις (48 m²) εκ των οποίων η μία θα αρδευόταν με καθαρό νερό και η άλλη περιοδικά με επεξεργασμένα απόβλητα και καθαρό νερό λόγω της υψηλής συγκεντρώσεως ιόντων χλωρίου που περιείχαν. Επίσης η κάθε μεταχείριση χωρίστηκε σε τέσσερις επαναλήψεις.

Πλησίον του χώρου αυτού τοποθετήθηκε πλαστική, κυλινδρική δεξαμενή η οποία δεχόταν τα επεξεργασμένα απόβλητα. Η δεξαμενή ήταν συνδεδεμένη με μια αντλία και ένα αυτόματο σύστημα άρδευσης και εφοδίαζε το ένα από τα δύο αγροτεμάχια. Για την άρδευση με καθαρό νερό του δευτέρου αγροτεμαχίου χρησιμοποιήθηκε μια δεύτερη δεξαμενή η οποία και αυτή ήταν συνδεδεμένη με κάποιο άλλο αυτόματο σύστημα άρδευσης.

Οι παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν το ύψος, η διάμετρος των βλαστών και της φυτοκόμης καθώς και η περιεκτικότητα των φύλων των κωνοφόρων σε χλωροφύλλη. Επίσης μετρήθηκαν και ορισμένα κλιματικά δεδομένα όπως είναι η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, και η εξατμισοδιαπνοή.

Από την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η ανάπτυξη των κωνοφόρων που αρδεύονταν με τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα όχι μόνο δεν υστερούσε έναντι του άλλου αγροτεμαχίου το οποίο αρδεύονταν με καθαρό νερό αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις πλεονεκτούσε. Γενικώς όμως δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Ένα ακόμη θετικό στοιχείο από την χρήση των επεξεργασμένων αποβλήτων αποτέλεσε η εξοικονόμηση ποσοτήτων καθαρού νερού που στην συγκεκριμένη μελέτη έφθασε περίπου το 21 %.

Το συγκεκριμένο πείραμα αποτέλεσε συνέχεια του πειράματος που ξεκίνησε το 2002 και συνεχίζεται φέτος για τρίτη συνεχόμενη χρονιά με ιδιαίτερα ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γεγονός αναμφισβήτητο είναι πως το νερό αποτελεί το υπέρτατο αγαθό της φύσης για τον άνθρωπο. Καλύπτει τα 3/4 του πλανήτη μας και αποτελεί το 50-90 % του βάρους όλων των ζωντανών οργανισμών. Είναι μια από τις πιο σημαντικές ενώσεις που υπάρχουν στη Γη καθώς είναι απαραίτητο για κάθε μορφή ζωής στον πλανήτη μας. Συγχρόνως παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του καιρού και συμβάλλει στο σχηματισμό της επιφάνειας του πλανήτη μέσα από διαδικασίες όπως είναι η διάβρωση.

Σήμερα τα μηνύματα που μας έρχονται από άκρη σε άκρη του πλανήτη δεν είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά για αυτό το στοιχείο του φυσικού μας περιβάλλοντος που μας διατηρεί στη ζωή. Οι επιστήμονες θεωρούν την έλλειψη νερού ως ένα από τα πλέον ανησυχητικά προβλήματα της νέας χιλιετίας. Τα αποθέματα νερού ανά τον κόσμο δεν είναι αρκετά για να καλύψουν τις ανάγκες της ανθρωπότητας στον 21ο αιώνα. Οι ειδικοί προειδοποιούν ότι θα χρειαστεί μια «επανάσταση» προκειμένου να επιτευχθεί η σωστή διαχείριση των υδάτινων πόρων, εάν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα. Οι επόμενοι πόλεμοι θα γίνουν για το νερό και το πρόβλημα θα είναι εντονότερο στον αναπτυσσόμενο και υπανάπτυκτο κόσμο, όπου ο συνδυασμός της αλματώδους πληθυσμιακής ανάπτυξης, της μόλυνσης και της πενιχρής εκπαίδευσης έχει ήδη δημιουργήσει προβλήματα στο συγκεκριμένο τομέα.

Από το 1950 η παγκόσμια κατανάλωση νερού έχει υπερτριπλασιαστεί και η απάντηση σε αυτή την αυξανόμενη ζήτηση συνήθως υπήρξε η κατασκευή περισσότερων και μεγαλύτερων έργων διαχείρισης νερού (π.χ. φραγμάτων και εκτροπών). Η αύξηση του πληθυσμού και η αστικοποίηση έχουν δημιουργήσει τεράστια προβλήματα, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η υπεράντληση των υπόγειων υδάτων, και η εξάντληση των υδροφορέων, σε πολλές περιοχές του κόσμου - κυρίως στη Μέση Ανατολή - είναι πολύ πιθανόν να οδηγήσουν σε μη αντιστρεπτά αποτελέσματα, διαταράσσοντας την παγκόσμια ειρήνη. Σύμφωνα με επιστήμονες και πολιτικούς αναλυτές, η έλλειψη του νερού μπορεί να είναι τα επόμενα χρόνια ό,τι και το πρόβλημα του πετρελαίου τη δεκαετία του '70, δηλαδή πηγή διεθνών συρράξεων και μεγάλων μεταβολών στις εθνικές οικονομίες.

Στις μέρες μας ένα σημαντικό ποσοστό, της τάξεως του 65 % από το νερό που αντλείται από ποτάμια, λίμνες και υπόγειους υδροφορείς χρησιμοποιείται στη

γεωργία. Ακολουθεί η βιομηχανία με ένα ποσοστό περίπου 25 % που όμως τα τελευταία χρόνια εξελίσσεται σε ένα ισχυρό ανταγωνιστή χρήσης του νερού και τέλος έχουμε ένα 10 % το οποίο καλύπτει τις οικιακές ανάγκες.

Όσον αφορά την χώρα μας θα μπορούσαμε να πούμε ότι η Ελλάδα διαθέτει ένα αξιόλογο υδατικό δυναμικό. Ωστόσο, το ανάγλυφο του εδάφους η γεωλογική του σύνθεση και οι κλιματολογικές συνθήκες μειώνουν σημαντικά τη διαθέσιμη πρακτικά ποσότητα νερού και παρεμποδίζουν την αξιοποίησή της. Επίσης, σοβαρό πρόβλημα δημιουργείται από τη άνιση γεωγραφική κατανομή των βροχοπτώσεων, καθώς το μεγαλύτερο μέρος αυτών σημειώνονται στη Δυτική Ελλάδα. Τα ποσοτικά προβλήματα νερού στη χώρα μας εστιάζονται στην εξάντληση των υπόγειων υδάτινων αποθεμάτων, κυρίως λόγω των ανεξέλεγκτων γεωτρήσεων που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια στις αστικές περιοχές, με την επέκταση των πόλεων.

Μπροστά στον άμεσο κίνδυνο που διαφαίνεται στον ορίζοντα ο άνθρωπος καλείται να πάρει ριζικές αποφάσεις αν θέλει να αλλάξει την παρούσα κατάσταση. Η ανάγκη ανάπτυξης νέων τεχνικών εξοικονόμησης του νερού αποτελεί επιτακτική ανάγκη των ημερών μας.

Τα τελευταία χρόνια, προς την κατεύθυνση αυτή, κερδίζει συνεχώς έδαφος η ιδέα της ανακύκλωσης του νερού των βιολογικών καθαρισμών. Με τη μέθοδο αυτή τα επεξεργασμένα λύματα υφίστανται έναν επί πλέον καθαρισμό και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για άρδευση, για τεχνητό εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων και για βιομηχανική χρήση. Η χρησιμοποίηση του νερού στις παραπάνω δραστηριότητες εφαρμόζεται σε αρκετές περιοχές του κόσμου και θα μπορούσε να ειπωθεί ότι αποτελεί μια ιδιαίτερος ενθαρρυντική τεχνολογία. Μάλιστα τα τελευταία χρόνια η συγκεκριμένη τεχνολογία στρέφεται και στην παραγωγή πόσιμου νερού.

Η διαχείριση των υγρών αποβλήτων εκτός ότι συμβάλει τα μέγιστα στην εξοικονόμηση νερού, συγχρόνως συμμετέχει στον περιορισμό της ρυπαντικής επίδρασης των αποβλήτων έχοντας φυσικά έχει ένα γενικότερο οικονομικό όφελος. Τόσο τα πολλαπλά οφέλη όσο και η ευρεία χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων ειδικά στη γεωργία και στη βιομηχανία, καθιστούν την συγκεκριμένη τεχνική ως ένα αξιόλογο υδατικό πόρο.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Σκοπός του πειράματος που διεξήχθη το καλοκαίρι του 2003 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας χρησιμοποίησης υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση τριών καλλωπιστικών φυτών, μέσω ενός αυτοματοποιημένου συστήματος υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων που διεξάγει το εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Μαρία Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη.

Η παρούσα εργασία χωρίζεται σε τρία μέρη εκ των οποίων, το πρώτο μέρος περιλαμβάνει την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, το δεύτερο την περιγραφή των υλικών και των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν και το τρίτο τα αποτελέσματα του πειράματος, τα τελικά συμπεράσματα καθώς και τη βιβλιογραφία.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

1.1 Χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων

Λύματα ονομάζουμε όλα τα υγρά απόβλητα που απελευθερώνονται από τις κατοικίες, τις επιχειρήσεις και τις βιομηχανίες μια κοινότητας. Στο μεγαλύτερο ποσοστό τους 99,94 % αποτελούνται από νερό και μόλις το 0,06 % περιέχει στερεά υλικά και διαλυμένες οργανικές και ανόργανες ουσίες.(B1)

Οι ουσίες αυτές περιλαμβάνουν πρωτεΐνες, λίπη, έλαια, εστέρες, απορρυπαντικά, υδρογονάνθρακες και διάφορα συνθετικά προϊόντα, καθώς επίσης και ανόργανα τοξικά στοιχεία όπως ο μόλυβδος, το βόριο, ο ψευδάργυρος, ο χαλκός, το κάδμιο, το αρσενικό που είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα για τον ανθρώπινο οργανισμό.(B1)

Για την αποτελεσματική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, είναι απαραίτητη η γνώση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών τους. Ορισμένα από τα βασικότερα αυτά χαρακτηριστικά είναι :

➤ Το pH.

Γενικά το pH εκφράζει την αλκαλικότητα ή οξύτητα του αποβλήτου. Αν και υπάρχουν μικροοργανισμοί που μπορούν να αναπτυχθούν και σε ακραίες τιμές pH οι περισσότεροι για την διαβίωση τους απαιτούν ουδέτερες τιμές ($pH=7$). Επίσης πολλά ένζυμα και πρωτεΐνες επηρεάζονται αρνητικά σε ακραίες τιμές του pH με αποτέλεσμα την πρόκληση επιπλοκών στην ομαλή λειτουργία του οργανισμού και ενδεχομένως τον θάνατο. Εκτός όμως από τις δυσμενείς επιδράσεις στην υδρόβια ζωή, η τιμή του pH μπορεί να προκαλέσει και ποικίλα άλλα προβλήματα όπως διαβρώσεις, απελευθέρωση τοξικών ουσιών, όξινη βροχή κ.τ.λ. Για την μέτρηση της τιμής του pH χρησιμοποιούνται συνήθως ειδικοί δείκτες οι οποίοι έχουν την δυνατότητα να αλλάζουν χρώμα αναλόγως την τιμή pH του διαλύματος. Στις περιπτώσεις όμως που απαιτείται ακριβής μέτρηση της τιμής του pH, γίνεται χρήση ηλεκτρονικών συσκευών οι οποίες μας δίνουν ταχύτατα και με ακρίβεια την τιμή αυτή. (B2)

➤ **Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD).**

Είναι η περισσότερο ευρείας χρήσης παράμετρος για το χαρακτηρισμό των αποβλήτων, με βάση την οποία γίνεται ο σχεδιασμός των συστημάτων βιολογικής επεξεργασίας. Εκφράζει το ποσό της οργανικής ουσίας που βρίσκεται στο νερό με βάση το ποσό του διαλυμένου οξυγόνου που χρειάζονται οι μικροοργανισμοί για να την διασπάσουν. Σαν μέτρο χρησιμοποιείται το απαιτούμενο οξυγόνο των πρώτων 5 ημερών σε θερμοκρασία 20 °C (BOD₅), που αντιπροσωπεύει τα 2/3 περίπου του συνολικά απαιτούμενου όγκου οξυγόνου και εκφράζεται σε mg/l. (B2)

➤ **Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD).**

Αν στα απόβλητα υπάρχουν ουσίες, που αποδομούνται δύσκολα βιολογικά ή είναι απαγορευτικές για την ανάπτυξη των σαπροφυτικών οργανισμών ή ακόμα τοξικές, το BOD παρουσιάζεται μειωμένο, παρότι υπάρχουν οργανικές ουσίες, όπως μπορεί να συμβεί με τα βιομηχανικά απόβλητα. Για την εκτίμηση του απαιτούμενου οξυγόνου, ανεξάρτητα από την βιοαποδομησιμότητα των αποβλήτων, γίνεται χημική οξείδωση των οργανικών ουσιών. Η ποσότητα του οξειδωτικού παράγοντα, που χρειάζεται για την οξείδωση των οργανικών ουσιών των αποβλήτων με εργαστηριακά μέσα, ονομάζεται χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD). Συνήθως χρησιμοποιείται σαν οξειδωτικό μέσο το διχρωμικό κάλιο σε θερμοκρασία βρασμού για 2 ώρες με παρουσία καταλύτη (θειούχος άργυρος). (B2)

➤ **Τοξικές ουσίες.**

Οι τοξικές ουσίες των λυμάτων προέρχονται κυρίως από τις διάφορες βιομηχανίες, που αποχετεύονται στο δίκτυο υπονόμων. Τέτοιες ουσίες είναι ο χαλκός, ο μόλυβδος, ο άργυρος, το χρώμιο, το αρσενικό, το βόριο, το νικέλιο, το κάδμιο, ο υδράργυρος, οι φαινόλες κ.τ.λ. Επηρεάζουν δυσμενώς τους οργανισμούς και με την τροφική αλυσίδα μπορεί να φθάσουν μέχρι τα ανώτερα ζώα και τον άνθρωπο με επιβλαβείς συνέπειες για την δημόσια υγεία. Η εξουδετέρωση των τοξικών ουσιών θα πρέπει κατά κανόνα να γίνεται στην πηγή τους (βιομηχανία). (B2)

➤ **Παθογόνοι μικροοργανισμοί.**

Τα λύματα περιέχουν μεγάλους αριθμούς μικροοργανισμών όπως ιούς βακτήρια, μύκητες και πρωτόζωα που μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ασθένειες

στους ανθρώπους. Προέρχονται από τους ανθρώπους που είναι είτε μολυσμένοι, είτε είναι φορείς. Η ανίχνευση αυτών είναι μια διεργασία με πολύ κόπο και χρόνο. Γι' αυτό κατά την μικροβιολογική εξέταση των λυμάτων χρησιμοποιείται σαν γενικός δείκτης η ομάδα των κολοβακτηριοειδών. Η εργαστηριακή εξέταση για την ανίχνευση και εκτίμηση του αριθμού των κολοβακτηριδίων ακολουθεί δύο τεχνικές όπως η δοκιμή πολλαπλών σωλήνων και των διηθητικών μεμβρανών. Εκτός όμως από τα μικρόβια που έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον από υγειονομικής πλευράς, υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία οργανισμών τόσο ως προς το μέγεθος αλλά και ως προς τον τρόπο λειτουργίας οι οποίοι παίζουν καθοριστικό ρόλο στην φυσική διαδικασία καθαρισμού των υγρών αποβλήτων. (B2)

➤ **Ολικά στερεά συστατικά.**

Ο όρος ολικά στερεά συστατικά περιλαμβάνει τόσο τις διαλυμένες ουσίες που υπάρχουν στο δείγμα όσο και τα αιωρούμενα σε αυτό συστατικά. Το είδος αλλά και η ποσότητα των συστατικών αυτών επηρεάζουν την φυσική εμφάνιση των λυμάτων (θολότητα, χρώμα). Το σύνολο των περιεχόμενων στερεών ουσιών (Total Solids) προσδιορίζεται με ζύγιση του στερεού υπολείμματος που παραμένει στο δείγμα αποβλήτου, μετά την θέρμανση του στους 103 °C. Τα αιωρούμενα στερεά είναι ουσίες οι οποίες δεν διαλύονται στο δείγμα αλλά παραμένουν σε αυτό αιωρούμενες. Τα αιωρούμενα στερεά χωρίζονται σε αυτά που καθιζάνουν και στα μη καθιζάνοντα και αποτελούν το κύριο αίτιο θολότητας. Τέλος τα διαλυμένα συστατικά περιλαμβάνουν διαλυτά άλατα, οξέα, βάσεις, έλαια κ.λ.π. Είναι ουσίες που περνούν στο διήθημα κατά την διήθηση και επειδή είναι κυρίως υπό μορφή ιόντων η παρουσία τους προσδιορίζεται με μέτρηση της αγωγιμότητας του αποβλήτου.(B2)

➤ **Θερμοκρασία.**

Η ανύψωση της θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της διαλυτότητας του οξυγόνου καθώς και την αύξηση του ρυθμού μεταβολισμού των μικροοργανισμών μειώνοντας έτσι τη δυνατότητα αυτοκαθαρισμού της υδάτινης μάζας. Επίσης η τιμή της θερμοκρασίας των υγρών αποβλήτων είναι και αυτή που θα καθορίσει το είδος των βακτηριδίων που θα αναπτυχθούν.(B2)

**ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΝΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

Ποιοτικά χαρακτηριστικά	Περιεκτικότητα (mg/l)		
	Μεγάλη	Μεσαία	Μικρή
Ολικά στερεά	1200	700	350
Διαλυμένα στερεά (TDS)	850	500	250
Αιωρούμενα στερεά	350	200	100
Ολικό άζωτο	85	40	20
Ολικός Φώσφορος	20	10	6
Χλωριόντα	100	50	30
Αλκαλικότητα (ως CaCO ₃)	200	100	50
Λίπη και Έλαια	150	100	50
Βιοχημική απαίτηση οξυγόνου BOD ₅	300	200	100

Source: UN Department of Technical Cooperation for Development (1985) (B1)

**ΠΙΘΑΝΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΑ ΥΓΡΑ ΑΣΤΙΚΑ
ΑΠΟΒΛΗΤΑ**

Κατηγορίες μικροοργανισμών	Είδος μικροοργανισμού	Πιθανή ποσότητα μικροοργανισμών σε 1 λίτρο υγρών αστικών αποβλήτων
Ιοί	<i>Enteroviruses</i> ²	5000
Βακτήρια	Pathogenic <i>E. coli</i> ³	?
	<i>Salmonella</i> spp.	7000
	<i>Shigella</i> spp.	7000
	<i>Vibrio cholerae</i>	1000
Πρωτόζωα	<i>Entamoeba histolytica</i>	4500
Παράσιτα	<i>Ascaris</i>	600
	<i>Lumbricoides</i>	
	Hookworms ⁴	32
	<i>Schistosoma mansoni</i>	1
	<i>Taenia saginata</i>	10
	<i>Trichuris trichiura</i>	120

Source: Feachem et al. (1983) (B1)

1.2 Μέθοδοι επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων

Η επεξεργασία λυμάτων είναι μια πολυβάθμια διαδικασία και περιλαμβάνει πλήθος φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών. Όμως δεν υπάρχει κάποιο τυποποιημένο σχέδιο βάση του οποίου μπορούν να επεξεργαστούν όλα τα υγρά απόβλητα. Ο καθορισμός του τύπου και του σχεδίου της επεξεργασίας που θα ακολουθηθεί είναι ένας παράγοντας με πολλούς παραμέτρους οι οποίοι θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη πριν την τελική επιλογή. Μερικές από τις βασικές παραμέτρους είναι η τελική χρήση του νερού (κατανάλωση, άρδευση, βιομηχανία κ.τ.λ), το είδος των υγρών αποβλήτων (αστικά, βιομηχανικά απόβλητα κ.τ.λ), το κεφάλαιο που θα διατεθεί για την κατασκευή και λειτουργία της μονάδας, το είδος του αρδευτικού συστήματος κ.τ.λ.(B3)

Οποιοδήποτε σχέδιο όμως και αν επιλεγεί υπάρχουν κάποια βασικά στάδια που θα πρέπει απαραίτητως να τηρηθούν.

1.2.1 Προκαταρκτική επεξεργασία (Preliminary treatment)

Η πρωταρχική διαδικασία έχει ως σκοπό να απομακρύνει διάφορα μεγάλα, σκληρά υλικά όπως σκουπίδια, παιχνίδια και ξύλα που συνήθως βρίσκονται στα υγρά απόβλητα και που αν δεν αφαιρεθούν ενδεχομένως να προκαλέσουν βλάβες στον υπόλοιπο εξοπλισμό. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ειδικές σχάρες (Εικ. 1) που συγκρατούν τα μεγάλα αντικείμενα, τεμαχιστές οι οποίοι τεμαχίζουν στερεά που διέφυγαν των εσχάρων και κανάλια ροής στα



Εικόνα 1 Σχάρες συγκράτησης στερεών αντικειμένων (B5)

οποία καθιζάνουν τα βαρύτερα υλικά όπως χαλίκια, πέτρες και άμμος. Οι εσχάρες είναι διατάξεις με παράλληλες μπάρες και διακρίνονται ανάλογα με το διάκενο που έχουν σε λεπτές (3-10 mm), μεσαίες (10-25 mm) και χονδρές (50-100 mm). (B4)

1.2.2 Πρωτοβάθμια επεξεργασία (Primary treatment)

Η πρωτοβάθμια επεξεργασία είναι το αμέσως επόμενο στάδιο της προκαταρκτικής επεξεργασίας και στοχεύει στην απομάκρυνση τόσο των καθιζανόντων οργανικών και ανόργανων στερεών όσο και εκείνων που επιπλέουν. Τα λύματα οδηγούνται μέσα σε μεγάλες ορθογώνιες ή κυκλικές δεξαμενές ‘καθιζήσεως’ (Εικ.2) και παραμένουν εκεί για



Εικόνα 2 Δεξαμενές καθιζήσεως (B5)

περίπου 2 – 4 ώρες. Τα στερεά συστατικά με την πάροδο του χρόνου αρχίζουν να καθιζάνουν ενώ τα λίπη συγκεντρώνονται στην επιφάνεια των δεξαμενών (Εικ. 3). Επειδή όμως ορισμένα συστατικά των υγρών αποβλήτων δύσκολα καθιζάνουν μόνο με την επίδραση της βαρύτητας, συνήθως προστίθενται κροκιδωτικές ουσίες οι οποίες προκαλούν την αποσταθεροποίηση των κολλοειδών με



Εικόνα 3 Μηχανισμός αφαίρεση των ουσιών που επιπλέουν (B6)

αποτέλεσμα τη συσσωμάτωση και καθίζηση τους. Τέτοιες ουσίες είναι το θεικό αλουμίνιο, το υδροξείδιο του ασβεστίου και γενικά τα χλωριούχα, τα θεικά ή τα μικτά άλατα του σιδήρου και του αλουμινίου. Έτσι έχουμε τον σχηματισμό τριών υγρών στρωμάτων από τα οποία το ενδιάμεσο και πιο καθαρό προχωρεί στην επόμενη διαδικασία (Εικ. 4), ενώ τα υπόλοιπα δύο συλλέγονται και

καθιζάνουν ενώ τα λίπη συγκεντρώνονται στην επιφάνεια των δεξαμενών (Εικ. 3). Επειδή όμως ορισμένα συστατικά των υγρών αποβλήτων δύσκολα καθιζάνουν μόνο με την επίδραση της βαρύτητας, συνήθως προστίθενται κροκιδωτικές ουσίες οι οποίες προκαλούν την αποσταθεροποίηση των κολλοειδών με

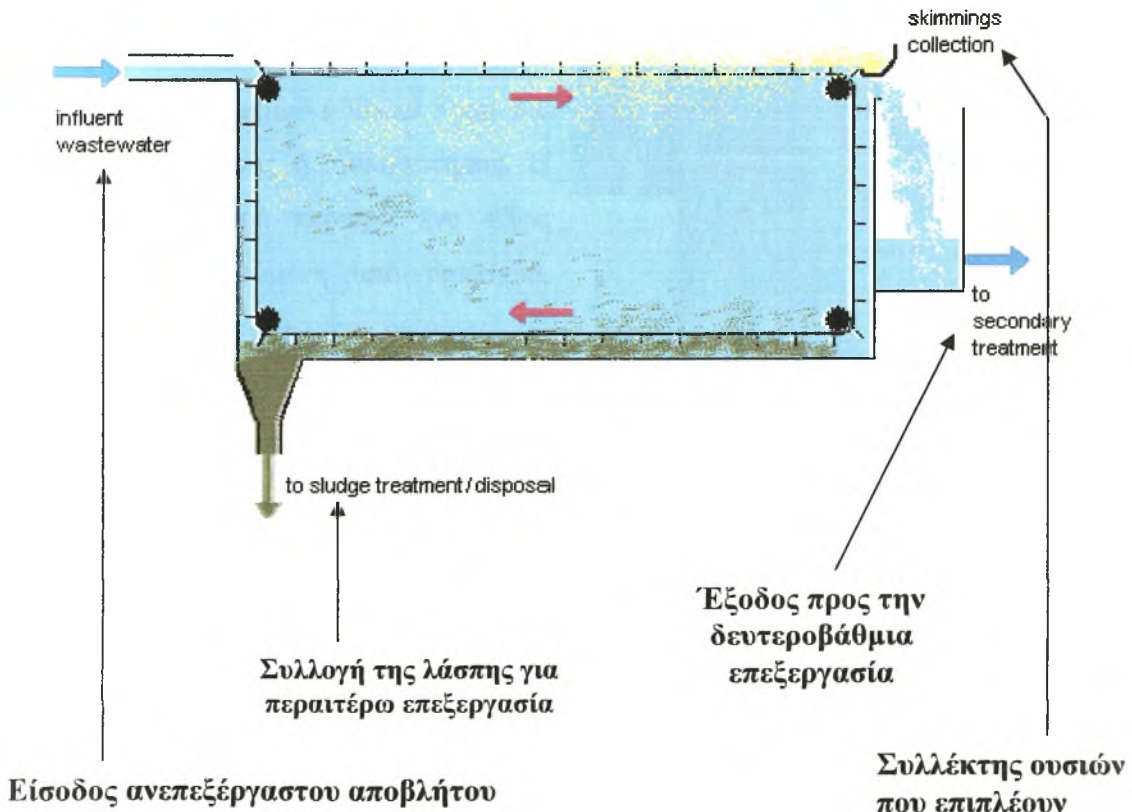


Εικόνα 4 Υπερχείλιση του καθαρού υγρού για περαιτέρω επεξεργασία (B6)

επεξεργάζονται κατάλληλα ώστε να χρησιμοποιηθούν για άλλους σκοπούς. Γι' αυτόν το λόγο οι δεξαμενές είναι εφοδιασμένες με ειδικές ξύστρες που βρίσκονται στον πυθμένα των δεξαμενών αλλά και με αντλίες στο άνω μέρος τους ώστε να είναι δυνατή η απομάκρυνση των δύο στρωμάτων λάσπης.

Κατά την διαδικασία αυτή απομακρύνονται περίπου το 50-70 % των αιωρούμενων συστατικών αλλά και το 65 % των ελαίων και λιπών. Επίσης η μείωση του οργανικού φορτίου το οποίο εκφράζεται με την τιμή της βιοχημικής απαίτησης σε οξυγόνο (B.O.D) κυμαίνεται σε ποσοστό 25 – 40 %. Τα επεξεργασμένα απόβλητα περιέχουν όμως ακόμα βακτήρια, ιούς και κολλοειδή. (B4)

ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

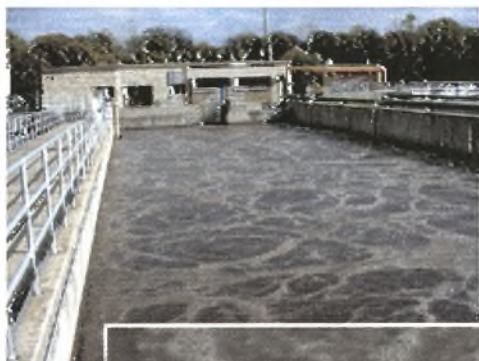


Πηγή B4

1.2.3 Δευτεροβάθμια επεξεργασία (Secondary treatment)

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι μια βιολογική διαδικασία η οποία έπεται της πρωτοβάθμιας και έχει ως στόχο την περαιτέρω μείωση του οργανικού φορτίου των υγρών αποβλήτων. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση αερόβιων μικροοργανισμών που έχουν την ικανότητα να μεταβολίζουν την οργανική ουσία και να την χρησιμοποιούν ως πηγή τροφής τους. Στην συνέχεια αναφέρονται ορισμένα από τα συστήματα που έχουν αναπτυχθεί για τον σκοπό αυτό. (B4)

Το πιο ευρέως διαδεδομένο σύστημα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι η ενεργός ύλη (activated sludge system). Αυτός ο τύπος συστήματος αποτελείται από δύο μέρη, μια δεξαμενή αερισμού (Εικ. 5) και μια δεξαμενή καθίζησης ή καθαριστήρας. Η δεξαμενή αερισμού περιέχει ένα είδος ‘λάσπης’ αποτελούμενη από βακτήρια, μύκητες και πρωτόζωα και αναμιγνύεται συνεχώς υπό αερόβιες συνθήκες για τις οποίες φροντίζουν είτε ειδικές βαλβίδες με συμπιεσμένο αέρα στην βάση των δεξαμενών, είτε μηχανικοί μηχανισμοί



Εικόνα 5 Δεξαμενή αερισμού (B6)

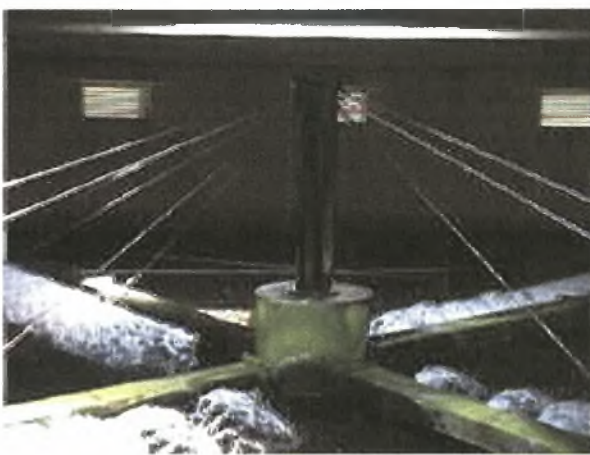
εμπλουτισμού αέρα στην επιφάνεια των δεξαμενών. Τα υγρά απόβλητα εισέρχονται στις δεξαμενές αυτές και παραμένουν εκεί για περίπου 3 με 8 ώρες. Κατά την διάρκεια αυτή οι μικροοργανισμοί κάτω από ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας και οξυγόνου πολλαπλασιάζονται και αρχίζουν να μεταβολίζουν την οργανική ουσία που είναι διαλυμένη στα υγρά απόβλητα χρησιμοποιώντας την ως πηγή ενέργειας τους. Στην συνέχεια το μίγμα με τα απόβλητα και τους μικροοργανισμούς μεταφέρεται σε μια δεύτερη δεξαμενή, την δεξαμενή καθίζησης όπου γίνεται και ο διαχωρισμός. Οι μικροοργανισμοί καθιζάνουν στο κάτω μέρος της δεξαμενής και από εκεί συλλέγονται ώστε να ξαναχρησιμοποιηθούν, ενώ τα επεξεργασμένα απόβλητα οδηγούνται σε νέα δεξαμενή. (B4)



Εικόνα 6 Σταλάζοντα φίλτρα (B5)

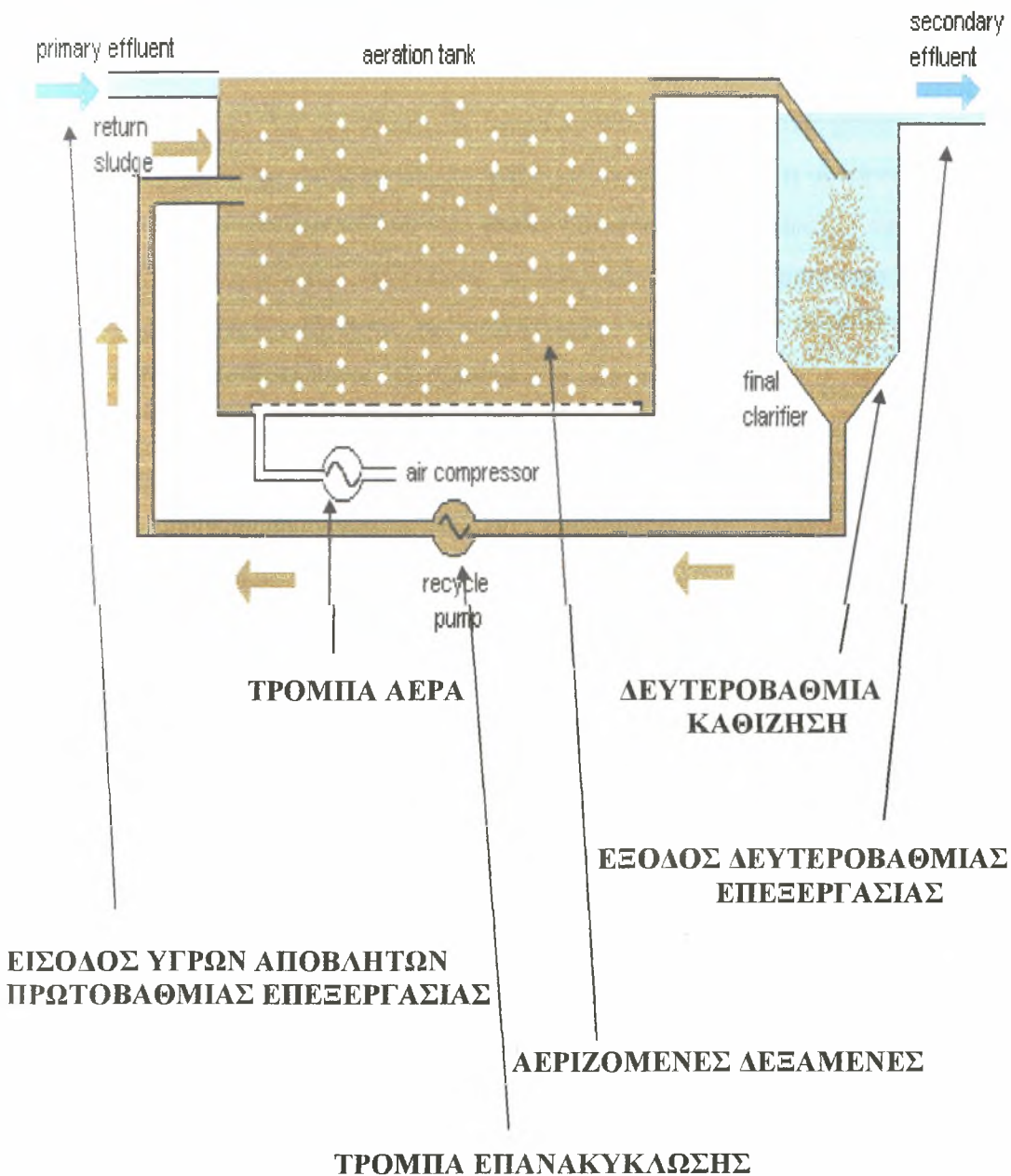
των αποβλήτων. Όμοια είναι η λειτουργία και του συστήματος 'biotowers' με την διαφορά ότι στην προκειμένη περίπτωση το υπόστρωμα πάνω στο οποίο αναπτύσσονται οι μικροοργανισμοί είναι πλαστικό και όχι πέτρα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι και στις δύο περιπτώσεις ακολουθεί διήθηση για την απομάκρυνση των μικροοργανισμών που ενδεχομένως να παρέμειναν στα επεξεργασμένα απόβλητα. (B7)

Τέλος υπάρχει και το σύστημα με τις περιστρεφόμενες βιολογικές επιφάνειες (Εικ. 7) γνωστό ως RBC (Rotating Biological Contactors). Το εν λόγω σύστημα χρησιμοποιεί επιφάνειες, πάνω στις οποίες έχουν αναπτυχθεί οι μικροοργανισμοί, στερεωμένες πάνω σε έναν ειδικό μηχανισμό που έχει την δυνατότητα να τις βυθίζει και συγχρόνως να τις περιστρέφει μέσα στις δεξαμενές στις οποίες περιέχονται τα υγρά απόβλητα. Ο αερισμός στην περίπτωση αυτή επιτυγχάνεται είτε κατά την έξοδο του μηχανισμού από τα απόβλητα, είτε κατά την είσοδο αυτού λόγω των αναταράξεων που προκαλεί. Για την απομάκρυνση των μικροοργανισμών που μεταφέρθηκαν στα απόβλητα ακολουθεί η διαδικασία της καθίζησης. (B7)



Εικόνα 7 Περιστρεφόμενες βιολογικές επιφάνειες (B5)

**ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ
ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕ
ΕΝΕΡΓΟ ΙΛΥ**



Πηγή Β4

1.2.4 Τριτοβάθμια επεξεργασία (Tertiary treatment)

Η τριτοβάθμια επεξεργασία είναι οποιαδήποτε πρόσθετη διαδικασία που έχει ως στόχο να επιτύχει ακόμα υψηλότερη ποιότητα νερού. Συνήθως εφαρμόζεται για την απομάκρυνση στοιχείων όπως άζωτο, φώσφορο και άλλων ουσιών για τα οποία δεν κατέστη δυνατή η απομάκρυνση τους με κάποια από τις διαδικασίες που προηγήθηκαν.

Όσον αφορά το φώσφορο, η απομάκρυνση αυτού επιτυγχάνεται με την δέσμευση του με ιόντα σιδήρου και αργιλίου και στην συνέχεια η αφαίρεση τους με την λάσπη στην οποία εγκαθίστανται. Εκτός όμως από την χημική υπάρχει και η βιολογική διαδικασία κατά την οποία οι μικροοργανισμοί, κάτω υπό ορισμένες συνθήκες, έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν το φωσφόρο στην μοριακή του μορφή και στην συνέχεια να τον δεσμεύουν στα κύτταρα τους. (B8)

1.2.5 Απολύμανση

Η απολύμανση είναι η τελική διαδικασία επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων (Εικ. 8). Είναι ένα αρκετά σημαντικό στάδιο διότι καταστρέφει τους μικροοργανισμούς που έχουν απομείνει και μπορούν να προκαλέσουν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Σκοπός είναι βεβαίως όχι η αποστείρωση (θανάτωση κάθε μικροοργανισμού), αλλά ο περιορισμός τους σε επίπεδα κατάλληλα για την προοριζόμενη χρήση του νερού. (B4)

Το συνηθέστερα χρησιμοποιημένο απολυμαντικό είναι το χλώριο, που μπορεί να παρασχεθεί υπό μορφή διοξειδίου του χλωρίου ή υποχλωριώδους νατρίου το οποίο είναι η ίδια ένωση με την κοινή οικιακή χλωρίνη. Το χλώριο είναι αρκετά αποτελεσματικό ενάντια στα περισσότερα βακτηρίδια, αλλά απαιτούνται υψηλές δόσεις για την καταστροφή ιών, πρωτόζωων ή άλλων μορφών παθογόνων. Οι δόσεις που απαιτούνται συνήθως κυμαίνονται από 5 έως 15 mg/l, ενώ ο χρόνος επαφής περίπου 15



Εικόνα 8 Δεξαμενές απολύμανσης

με 30 λεπτά της ώρας. Η αποτελεσματικότητα της χλωρίωσης εξαρτάται από πλήθος

παραγόντων όπως ο αριθμός και το είδος των μικροοργανισμών, την θερμοκρασία, το pH, την συγκέντρωση του χλωρίου κ.τ.λ. Παρόλο όμως την αποτελεσματικότητα του το χλώριο μπορεί να προκαλέσει και αρκετά προβλήματα. Μπορεί να αντιδράσει με την οργανική ουσία και να σχηματίσει ουσίες καρκινογόνες και τοξικές όπως είναι το χλωροφόρμιο και είναι και ιδιαίτερα τοξικό στους υδρόβιους οργανισμούς. (B4)

Ένα άλλο ισχυρό απολυμαντικό μέσο είναι το όζον. Το όζον (O_3) είναι μια ασταθής μορφή οξυγόνου που αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου. Λόγω της αστάθειας του δεν μπορεί να αποθηκευτεί γι' αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί αμέσως μετά την παραγωγή του. Το όζον σχηματίζεται με ηλεκτρική εκκένωση μέσω του αέρα και στην συνέχεια μεταβιβάζεται στο νερό. Καταστρέφει την βασική δομή του μικροβιακού κυττάρου (μέσω οξειδωτικών αντιδράσεων), εφόσον δεν υπάρχει αυξημένη θολερότητα στο νερό (η οποία προστατεύει τα κύτταρα των μικροοργανισμών). Το όζον έχει το πλεονέκτημα ότι δεν αφήνει κανένα υπόλοιπο και ότι τα προϊόντα που μπορεί να παράγει δεν είναι τόσο επιβλαβή όσο του χλωρίου.(B6)

Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι ένα ακόμη ισχυρό απολυμαντικό μέσο το οποίο έχει την ικανότητα να αδρανοποιεί βακτήρια και ιούς, ενώ έχει μικρότερη αποτελεσματικότητα έναντι των πρωτόζωων. Η υπεριώδης ακτινοβολία δεν σκοτώνει μικροοργανισμούς αλλά αδρανοποιεί το πυρηνικό DNA με αποτέλεσμα να μην λειτουργεί ο αναπαραγωγικός μηχανισμός. Εδώ πρέπει να επισημάνουμε το φαινόμενο της φωτοενεργοποίησης (photoreactivation). Η επίδραση του φωτός ορισμένου κύματος είναι δυνατόν να επανεργοποιήσει ορισμένους μικροοργανισμούς οι οποίοι στην συνέχεια θα πολλαπλασιαστούν και θα γίνουν λοιμογόνοι. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται σε ορισμένα βακτήρια (κολοβακτηριοειδή) ενώ δεν παρατηρείται στους ιούς. Η υπεριώδης ακτινοβολία δεν έχει υπολειμματική δράση γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους απολύμανσης. (B4)

Τέλος έχουμε και την χρήση του υπερμαγγανικού καλίου το οποίο δεν χρησιμοποιείται ως κύριο απολυμαντικό, αλλά για την διατήρηση της ποιότητας του νερού. Βελτιώνει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του νερού, όπως την οσμή και το χρώμα, μετά την απολύμανση ενώ βοηθάει στην απομάκρυνση σιδήρου και μαγγανίου. (B4)

1.2.6 Αποθήκευση

Η αποθήκευση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων δεν αποτελεί μέρος της διαδικασίας, όμως είναι ένα ιδιαίτερο σημαντικό στάδιο το οποίο συνήθως έπεται της όλης επεξεργασίας. Ο κύριος λόγος για τον οποίον απαιτείται η αποθήκευση των επεξεργασμένων αποβλήτων είναι διότι η ζήτηση μεταβάλλεται ανάλογα την εποχή του χρόνου (μεγάλη το καλοκαίρι και μικρή το χειμώνα) επομένως θα έπρεπε να υπάρχει ένας τρόπος έτσι ώστε το μεν καλοκαίρι να καλύπτονται οι απαιτήσεις και το δε χειμώνα να μπορεί το πλεόνασμα να αποθηκευτεί. Επίσης τυχόν προβλήματα στην διαδικασία επεξεργασίας μπορούν με αυτόν τον τρόπο να καλυφθούν και να αποφευχθεί έτσι η διοχέτευση ακατάλληλου ποιοτικά νερού στο δίκτυο άρδευσης. Τέλος επιτυγχάνεται μια επιπλέον επεξεργασία των υγρών αποβλήτων καθώς η βιοχημική απαίτηση οξυγόνου, τα αιωρούμενα στερεά, το άζωτο και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μειώνονται κατά τον χρόνο αποθήκευσης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων.(B9)

1.3 Χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση

Η χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση είναι μια διεργασία η οποία προϋποθέτει την πλήρη γνώση και αξιολόγηση ενός συνόλου ποιοτικών παραμέτρων του νερού, οι οποίες θα καθορίσουν και τον τρόπο αξιοποίησης του. Έχοντας λοιπόν γνώση των παραμέτρων αυτών στην συνέχεια γίνεται η επιλογή του είδους της καλλιέργειας, του εδάφους, του αρδευτικού συστήματος κ.λ.π. που μπορούν να το αξιοποιήσουν.

Το σύνολο των παραμέτρων αυτών δίνεται στον παρακάτω πίνακα. Ο υπολογισμός των παραπάνω παραμέτρων γίνεται εργαστηριακά και είναι απαραίτητος πριν την χρήση του νερού, ώστε να αποφευχθούν δυσμενείς συνέπειες.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά	Μονάδες	Βαθμός περιορισμού στη χρήση		
		Κανέναν	Μικρός ως μέτριος	Μεγάλος
Αλατότητα				
EC _w , 25 °C	dS/m	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
H				
TDS	mg/l	< 450	450 - 2000	> 2000
Διηθητικότητα				
SAR = 0 - 3 και EC _w		> 0.7	0.7 - 0.2	< 0.2
3 - 6		> 1.2	1.2 - 0.3	< 0.3

6-12		> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
12-20		> 2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
20-40		> 5.0	5.0 - 2.9	< 2.9
Τοξικότητα ιόντων				
Νάτριο (Na)				
Επιφανειακή άρδευση	SAR	< 3	3 - 9	> 9
Καταιονισμός	mg/l	< 69	> 69	
Χλώριο (Cl)				
Επιφανειακή άρδευση	mg/l	< 142	142-355	> 355
Καταιονισμός	mg/l	< 106	> 106	
Βόριο (B)	mg/l	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
Διάφορες επιδράσεις				
Άζωτο (NO ₃ -N)	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
Όξινα ανθρακικά (HCO ₃)	mg/l	< 90	90-520	> 520
pH	Σύνηθες εύρος 6.5 - 8			

(Πηγή: ΒΙΘ)

1.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά και δυσμενείς συνέπειες

- **Αλατότητα & Διηθητικότητα**

Η αλατότητα των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων αποτελεί μια από τις σημαντικότερες ποιοτικές παραμέτρους αυτού, καθώς μπορεί να προκαλέσει την αύξηση της συγκέντρωσης αλάτων στο έδαφος που με την σειρά της να δημιουργήσει ποικίλα προβλήματα στην καλλιέργεια μας. Η αλατότητα μετράται με την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC_w) ενώ τυχόν προβλήματα υψηλής αλατότητας μπορούν να αντιμετωπιστούν είτε με επιλογή ανθεκτικών φυτών, είτε με αύξηση της έκπλυσης και διαθεσιμότητας του νερού.

Η διηθητικότητα είναι ένα φαινόμενο το οποίο επηρεάζεται άμεσα από την αλατότητα. Η μείωση της διηθητικότητας με τα όποια προβλήματα μπορεί να συνεπάγεται αυτό για τα φυτά μας (χαμηλή βλαστικότητα, έλλειψη νερού, ανεπαρκής αερισμός), οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση αλάτων νατρίου στο νερό άρδευσης τα οποία προκαλούν αλλαγές στην δομή του εδάφους. Προβλήματα όμως διηθητικότητας μπορούν να προκληθούν και από την συγκέντρωση ασβεστίου και πιο συγκεκριμένα από τον βαθμό διάλυσης αυτού. Επειδή όμως συνήθως τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα είναι πλούσια σε ασβέστιο τέτοιου είδους προβλήματα σπανίως αντιμετωπίζουμε. (B1)

- **Τοξικότητα ιόντων**

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε πριν την χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι η παρουσία ορισμένων ιόντων σε ποσότητες τέτοιες που πιθανόν να προκαλέσουν προβλήματα τοξικότητας στα φυτά μας. Τα προβλήματα αυτά είναι συνήθως δύσκολο να αντιμετωπιστούν σε περιπτώσεις ευαίσθητων φυτών γι' αυτό προτείνεται η επιλογή ανθεκτικών φυτών. Επίσης όπως είδαμε και στον παραπάνω πίνακα, ο τρόπος άρδευσης μπορεί να καθορίσει τον βαθμό τοξικότητας. Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι η συνηθέστερη τοξικότητα που παρατηρείται είναι αυτή του βορίου. (B1)

- **pH**

Το pH στα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 6,5 και 8 επομένως δεν προκαλεί προβλήματα στα φυτά, παρά μόνο όταν η τιμή του είναι έξω από το εύρος αυτό. Ο τρόπος διαχείρισης του, καθώς και ορισμένες χημικές επεμβάσεις μπορούν να δώσουν λύση στα προβλήματα αυτά. (B1)

- **Θρεπτικά στοιχεία**

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα άρδευσης με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα είναι τα θρεπτικά στοιχεία που περιέχουν. Εύλογα λοιπόν θα μπορούσε να αναρωτηθεί κανείς για ποιον λόγο μπορούν να αποτελέσουν πρόβλημα. Η απάντηση στο ερώτημα είναι ότι η παρουσία θρεπτικών στοιχείων όπως το άζωτο (όλες οι μορφές αζώτου), ο φώσφορος και το κάλιο αποτελούν χρήσιμη «τροφή» για τα φυτά μόνο όμως όταν συνδυάζονται με την κατάλληλη επιπλέον λίπανση. Διαφορετικά η περίσσια θρεπτικών στο έδαφος που θα προκληθεί μπορεί να προκαλέσει ποικίλα προβλήματα στην καλλιέργεια μας. (B1)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ (Subsurface Drip Irrigation System)

2.1 Ιστορικά

Η υπόγεια στάγδην άρδευση είναι ένα χαμηλής πίεσης σύστημα άρδευσης το οποίο εφοδιάζει το έδαφος με νερό μέσω σταλακτών που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. (B11)

Η ανάπτυξη των συστημάτων άρδευσης με σταγόνες επιτεύχθηκε ιδιαίτερος μετά τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο από την Μεγάλη Βρετανία, το Ισραήλ και τις ΗΠΑ κυρίως λόγω της εμφάνισης των πλαστικών σωλήνων. Μέρος της ανάπτυξης αυτής ήταν και το σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης (Subsurface Drip Irrigation System) το οποίο πρωτοεμφανίστηκε στις ΗΠΑ και συγκεκριμένα στην Καλιφόρνια και την Χαβάη το 1959. Κατά την διάρκεια της επόμενης δεκαετίας τα συστήματα αυτά άρχισαν να εφαρμόζονται στα αγροκτήματα χωρίς συγχρόνως να σταματά η εξέλιξη τους. Όμως πολλά από τα προβλήματα δεν είχαν ακόμα ξεπεραστεί με αποτέλεσμα η επιφανειακή στάγδην άρδευση να κερδίζει συνεχώς έδαφος. Από την δεκαετία όμως του '80 και μετά, το ενδιαφέρον για τα συστήματα υπόγειας στάγδην άρδευσης αναζωπυρώθηκε. Περιοχές με προβλήματα νερού ή περιβάλλοντος καθώς και περιοχές όπου τα υγρά απόβλητα χρησιμοποιούνται για άρδευση έδειξαν και συνεχίζουν να δείχνουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως προς την εφαρμογή αυτού του συστήματος. (B12)

2.2 Πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης

Η υπόγεια στάγδην άρδευση παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα τα οποία αξίζει να προσεχθούν ιδιαίτερος. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

➤ **Αυξημένη αποτελεσματικότητα χρήσης του νερού**

Το νερό άρδευσης διοχετεύεται απευθείας στη ρίζα του φυτού και σε μικρές ποσότητες. Με αυτόν τον τρόπο περιορίζεται σημαντικά τόσο η εξάτμιση όσο και η επιφανειακή απορροή με αποτέλεσμα να έχουμε εξοικονόμηση νερού. Επίσης λόγω του ότι η παροχή του νερού είναι συνεχής και σταθερή η υγρασιακή κατάσταση του εδάφους γύρω από το φυτό είναι η ιδανική για την ομαλή ανάπτυξη του. (B13)

➤ **Αντιμετώπιση ζιζανίων και αποφυγή ασθενειών**

Με την στάγδην άρδευση το νερό εφαρμόζεται τοπικά στην καλλιέργεια με αποτέλεσμα μόνο ένα τμήμα του εδάφους να διαβρέχεται. Έτσι αντιμετωπίζονται τα ζιζάνια που συνήθως φυτρώνουν ανάμεσα στις γραμμές των φυτών μας. Επίσης η παροχή νερού απευθείας στη ρίζα περιορίζει την εξάπλωση ασθενειών που έχουν αυτόν τον τρόπο μετάδοσης.(B13)

➤ **Χρήση χαμηλής ποιότητας αρδευτικού νερού και επεξεργασμένα απόβλητα**

Στην περίπτωση που έχουμε ένα ποιοτικά υποβαθμισμένο νερό η χρήση κάποιας άλλης μεθόδου άρδευσης είναι απαγορευτική. Αν για παράδειγμα το νερό άρδευσης περιέχει πολλά άλατα που είναι ένα σύνηθες φαινόμενο, η χρήση του με κάποια άλλη μέθοδο θα έχει ως αποτέλεσμα την συσσώρευση αλάτων στο έδαφος και φυσικά δυσμενείς επιδράσεις για την καλλιέργεια μας. Με την υπόγεια στάγδην άρδευση όμως κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει διότι έχουμε μια συνεχή ροή νερού η οποία εκπλύνει τα άλατα μειώνοντας λοιπόν έτσι την συγκέντρωση αλάτων γύρω από την περιοχή της ρίζας.(B13)

Ακόμα με την στάγδην άρδευση δίνεται η δυνατότητα εφαρμογής νερού βιολογικού καθαρισμού με μικροβιακό φορτίο, το οποίο φυσικά δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με κάποια άλλη μέθοδο άρδευσης (π.χ καταιονισμός) λόγω των κινδύνων που μπορεί να έχει αυτό για την υγεία των ανθρώπων. (B13)

➤ **Ευχέρεια εργασιών**

Η εγκατάσταση του συστήματος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και σε ορισμένο βάθος μας επιτρέπει να εκτελούμε τις εργασίες μας στο χωράφι με ευκολία εξαλείφοντας παράλληλα και τον κίνδυνο πρόκλησης κάποιας καταστροφής του αρδευτικού μας συστήματος. (B13)

➤ **Μεγάλη διάρκεια ζωής**

Η τεχνολογική εξέλιξη συνέβαλε σημαντικά στην βελτίωση της ποιότητας πολλών προϊόντων και επομένως της βιωσιμότητάς τους. Η χρήση του πλαστικού στα αρδευτικά συστήματα με τα όσα πλεονεκτήματα συνεπάγεται αυτό αποτελεί ένα παράδειγμα. Για τα υπόγεια αρδευτικά συστήματα η χρήση του πλαστικού αποτέλεσε λύση πολλών προβλημάτων (π.χ. διάβρωση) και συνετέλεσε στην μεγάλη διάρκεια ζωής τους που είναι περίπου 12 με 15 χρόνια.(B13)

➤ **Έκπλυση & Λίπανση**

Ένα ακόμη πλεονέκτημα της υπόγειας στάγδην άρδευσης είναι ότι η ροή του νερού είναι μικρή έτσι δεν παρατηρείται έκπλυση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για λίπανση των καλλιεργειών με την χρήση υδατοδιαλυτών λιπασμάτων. Αξίζει να αναφερθεί ότι πλεονεκτεί ιδιαίτερα σε περιπτώσεις δυσκίνητων στοιχείων διότι η εφαρμογή είναι απευθείας στην ζώνη της ρίζας. (B13)

➤ **Ομοιομορφία κατανομής του νερού**

Το νερό διοχετεύεται ομοιόμορφα στο χωράφι και σε ίσες ποσότητες με αποτέλεσμα να έχουμε ομοιόμορφη ωρίμανση των φυτών ανεξάρτητα την κλίση του χωραφιού ή τις κλιματικές συνθήκες. (B13)

➤ **Αυτοματισμός**

Η εφαρμογή ενός δικτύου υπόγειας στάγδην άρδευσης μας δίνει την δυνατότητα της αυτοματοποίησης, καθώς είναι γνωστή η ποσότητα του νερού άρδευσης μιας και η παροχή παραμένει πάντα σταθερή και ανεξάρτητη από περιβαλλοντικούς παράγοντες (π.χ. άνεμος). Με αυτόν τον τρόπο έχουμε εξοικονόμηση χρόνου, κόπου, ενέργειας και φυσικά χρημάτων. (B13)

➤ **Προστασία του περιβάλλοντος**

Η μικρές εφαρμοζόμενες ποσότητες νερού που οδηγούν σε μειωμένη έκπλυση θρεπτικών, φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων έχει ως αποτέλεσμα την προστασία του περιβάλλοντος. Αν σε αυτό συνυπολογίσει κανείς και την εξοικονόμηση νερού, τότε το όφελος από τη χρήση τέτοιων συστημάτων αυξάνεται ακόμα περισσότερο. (B13)

2.3 Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης

Παρόλο όμως τα πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η συγκεκριμένη μέθοδος, υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα στα οποία οφείλει την περιορισμένη έως τώρα εφαρμογή της. Τα προβλήματα αυτά είναι:

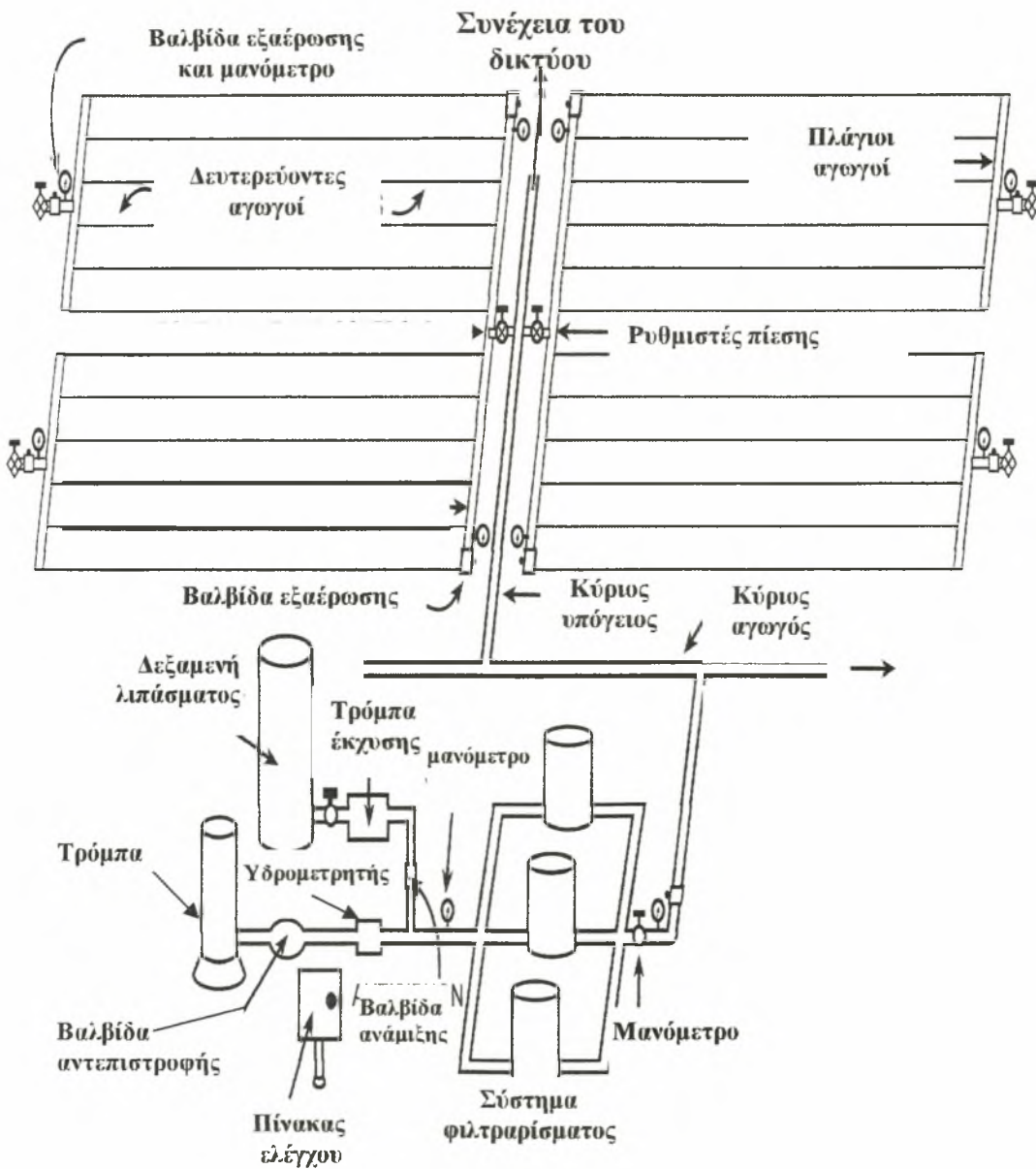
○ **Η δυσκολία ελέγχου**

Το υπόγειο στάγδην άρδευσης σύστημα λόγω του ότι βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους είναι δύσκολο να εντοπιστούν και να διορθωθούν τα τυχόν προβλήματα που μπορεί να παρουσιάσει. Τέτοια προβλήματα μπορούν να είναι καταστροφές από ζώα ή καλλιεργητικά μηχανήματα αλλά και εμφράξεις σταλακτήρων που οφείλονται σε μικροοργανισμούς, άλατα και ρίζες φυτών. (B13)

○ Το κόστος

Το υψηλό κόστος εγκατάστασης ενός τέτοιου δικτύου άρδευσης είναι ένας από τους λόγους που αποτρέπει πολλούς από τους γεωργούς να το εφαρμόσουν. Επειδή όμως, όπως είδαμε, τα οφέλη που προκύπτουν από ένα τέτοιο σύστημα άρδευσης είναι πολλά και ποικίλα το κόστος εγκατάστασης ίσως δεν θα έπρεπε να αποτελεί μειονέκτημα. (B13)

ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΚΩΝΟΦΟΡΑ

3.1 *Juniperus chinensis*

Το *Juniperus chinensis* εν. *Stricta* (Εικ.11) ανήκει στην οικογένεια *Cupressaceae* της τάξεως *Pinopsida*. Τόπος καταγωγής του θεωρείται η βορειοανατολική Ασία και πιο συγκεκριμένα η Κίνα εξού και η ονομασία του. Αριθμούνται πάνω από 60 ποικιλίες και υβρίδια ανά τον κόσμο. (B14)

Είναι ένα αιθαλές δέντρο με χαμηλή ανάπτυξη όμως υπάρχουν και ποικιλίες οι οποίες μπορούν να φτάσουν σε ύψος 20-25 μέτρα. Όπως συμβαίνει σε όλους τους



Εικόνα 11 *Juniperus chinensis*



Εικόνα 12 Κλαδιά με φύλλα του *Juniperus chinensis* (B16)

Τα άνθη του εμφανίζονται τον Απρίλιο και είναι δίοικα. Τα μεν αρσενικά είναι μικρά (1/4 ίντσα) χρώματος ανοιχτό κίτρινο και βρίσκονται στις άκρες των κλάδων, ενώ τα δε θηλυκά επίσης

ιουνίπερους υπάρχουν δύο ειδών φύλλα, τα νεαρά και τα ενήλικα. Συχνά συναντούμε στον ίδιο χώρο και τις δύο μορφές καθώς όμως προχωρεί η ανάπτυξη το φύλλωμα παίρνει την ενήλικη του μορφή. Τα νεανικά φύλλα είναι αιχμηρά και ακανθώδη, χρώματος πράσινο ή γκριζό πράσινο και συνήθως εμφανίζονται 2 ή 3 μαζί ενώ τα ενήλικα είναι μαλακά πιο λεία και καλύπτουν τους κλάδους(Εικ. 12).(B15)



Εικόνα 13 Οι καρποί του *Juniperus chinensis* (B16)

κιτρινωπά, στρογγυλά και τα συναντούμε και αυτά στις άκρες των κλάδων. Η επικονίαση τους γίνεται με την βοήθεια του ανέμου και προκύπτουν σφαιροειδής καρποί (Εικ.13) διαμέτρου περίπου 1.5 cm και χρώματος αρχικά μπλε και αργότερα σκούρο καφέ. (B16)

Ο κορμός του (Εικ. 14) έχει χρώμα καφέ-γκρι και κατά θέσεις ξεφλουδίζει και εμφανίζει ένα πιο ερυθρό χρωματισμό. Η ανάπτυξη των βλαστών ξεκινά την Άνοιξη και σταματά τέλος καλοκαιριού παρουσιάζοντας μια αύξηση σε ύψος ακόμη και 50 εκατοστών σε νεαρά δέντρα.(B16)



Το *Juniperus chinensis* μπορεί να αναπτυχθεί τόσο σε όξινα όσο και αλκαλικά εδάφη δείχνοντας όμως μια προτίμηση στα ελαφρώς αλκαλικά. Θα πρέπει όμως να προτιμούνται εδάφη με καλή αποστράγγιση και περιοχές ηλιόλουστες διαφορετικά τα δέντρα που προκύπτουν είναι λεπτά και ευαίσθητα σε προσβολές από έντομα και ασθένειες. (B17)

Εικ.14 Κορμός του *Juniperus chinensis*

Ο σπόρος του *Juniperus chinensis* πέφτει σε λήθαργο και για την βλάστηση του απαιτείται να εκτεθεί σε χαμηλές θερμοκρασίες για περίπου 2-3 μήνες και στην συνέχεια να ακολουθήσει μια θερμή περίοδος ίδιας διάρκειας. Η εμφάνιση του σπόρου σε ζεστό νερό για 3-6 δευτερόλεπτα επιταχύνει συνήθως την βλάστηση του σπόρου. Αξίζει να σημειωθεί ότι αν ο σπόρος είναι αποθηκευμένος υπό ξηρές συνθήκες διατηρεί την βλαστικότητα του για αρκετά χρόνια Τα σπορόφυτα που προκύπτουν αναπτύσσονται αρχικά σε γλάστρες και στην αργότερα (συνήθως αρχές καλοκαιριού) μεταφυτεύονται στα επιθυμητά σημεία. Ένας άλλος τρόπος πολλαπλασιασμού του *Juniperus chinensis* είναι με μοσχεύματα ώριμου ξύλου, μήκους 5-10 εκατοστών τα οποία κόβουμε τον Σεπτέμβριο-Οκτώβριο και τα τοποθετούμε σε ψυχρά υποστρώματα έως την επόμενη Άνοιξη όπου και μεταφυτεύονται στον αγρό. (B14)

Το *Juniperus chinensis* δεν χρησιμοποιείται ως είδος διατροφής. Εκτός όμως από τον καλλωπιστικό του ρόλο χρησιμοποιείται ευρύτατα στην ιατρική. Οι μίσχοι του χρησιμοποιούνται για την θεραπεία ρευματισμών και προβλήματα του δέρματος ενώ οι καρποί του ενάντια στην ηπατίτιδα και τους σπασμούς. Τέλος η ρίζα του μπορεί να θεραπεύσει εγκαύματα και ουλές.(B14)

Μια από τις σημαντικότερες μυκητολογικές ασθένειες που εμφανίζονται συχνά στα είδη *Juniperus* αποτελεί η Φώμοση που προκαλείται από τον μύκητα *Phomopsis juniperovora*(Εικ.15).



Εικόνα.15 Συμπτώματα προσβολής από τον μύκητα *Phomopsis juniperovora* (B18)

Ο συγκεκριμένος μύκητας προσβάλλει τα νεαρά φύλλα όταν

ακόμη έχουν πράσινο-κίτρινο χρώμα ενώ όταν προχωρεί η ανάπτυξη του φυτού και τα φύλλα αποκτούν το χαρακτηριστικό τους σκούρο πράσινο χρώμα παύουν πλέον να είναι ευαίσθητα. Αμέσως μετά την μόλυνση εμφανίζονται μικρές, κιτρινωπές κηλίδες. Ο μύκητας αυξάνεται γρήγορα και εισβάλλει στον ιστό των μίσχων. Οι μολυσμένοι ιστοί γίνονται ανοικτό πράσινοι, στην συνέχεια καφέ-κόκκινοι και τελικά αποκτούν μια γκριζα απόχρωση. Τα σπόρια του μύκητα διαδίδονται συνήθως με την βροχή, αλλά και με τον αέρα, τα έντομα ή διάφορα μηχανικά μέσα. Θερμοκρασίες 70-80 φ κατά τη διάρκεια των περιόδων υψηλής υγρασίας ώστε το φύλλωμα να είναι υγρό θεωρούνται ως ιδανικές συνθήκες μόλυνσης. Υπό αυτές τις συνθήκες για την βλάστηση των σπορίων απαιτούνται μόλις 7 ώρες. Ο μύκητας μπορεί να παράγει σπόρια για τα επόμενα 2 χρόνια πάνω στα ασθενή φυτά. Για την αποτελεσματική αντιμετώπιση της ασθένειας θα πρέπει να προστατέψουμε τα φυτά μας κατά το στάδιο που δημιουργείται η νέα βλάστηση. Γι' αυτό το λόγο συνίσταται ο ψεκασμός με κάποιο προστατευτικό μυκητοκτόνο όπως είναι το Benomyl και το Mancozeb. Οι επεμβάσεις θα πρέπει να γίνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα (7-10 ημέρες) καθ' όλη τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Τέλος παράλληλα με τις χημικές επεμβάσεις συνίσταται η εκρίζωση των προσβεβλημένων φυτών και η απομάκρυνση τους. (B18).

Μια εξίσου σημαντική ασθένεια που προσβάλλει το *Juniperus chinensis* είναι η και η κερκόσπορα που προκαλείται από τον μύκητα *Cercospora sequoiae* var. *Juniperi* (Εικ.16). Ο μύκητας προσβάλλει νεανικές βελόνες αλλά και βελόνες



Εικόνα.16 Συμπτώματα προσβολής από τον μύκητα *Cercospora sequoiae* (B18)

παλαιότερων ετών κοντών κλάδων που βρίσκονται στο εσωτερικό των δέντρων. Οι βελόνες αποκτούν ένα χαλκούχο χρώμα και περί τα τέλη Σεπτεμβρίου νεκρώνονται και πέφτουν με αποτέλεσμα το δέντρο να είναι γυμνό εσωτερικά αλλά στην περιφέρεια να διατηρεί το πράσινο φύλλωμα του. Οι μολύνσεις πραγματοποιούνται από τέλη Απριλίου μέχρι τον Οκτώβριο κάτω υπό υγρές συνθήκες. Η εφαρμογή ενός μυκητοκτόνου το οποίο θα προστατέψει το ευαίσθητο φύλλωμα κατά την περίοδο μόλυνσης αποτελεί το ιδανικότερο μέτρο προστασίας από την ασθένεια. Για τον λόγο αυτό συνίσταται η χρήση του βορδιγάλειου πολτού ή κάποιου άλλου χαλκούχο μυκητοκτόνου. (B18)

3.2 *Thuja orientalis*

Το είδος *Thuja orientalis* c.v *Compacta Aurea Nana* (Εικ 17) ανήκει στην οικογένεια *Cupressaceae* αλλά μπορεί να το συναντήσει κανείς και με διάφορες άλλες κοινές ονομασίες όπως είναι *Platycladus orientalis* 'Aurea Nana' ή *Biota orientalis*. Ως χώρες καταγωγής του θεωρούνται η Κίνα, η Ιαπωνία και η Κορέα αλλά και ορισμένες περιοχές της Βόρειας Αμερικής. (B19)



Εικόνα 17 *Thuja orientalis* c.v *Compacta Aurea Nana* (B24)

Πρόκειται για ένα αιθαλές δένδρο, βραδείας

ανάπτυξης που όμως μπορεί να ξεπεράσει τα 15 μέτρα σε ύψος. Τα φύλλα του έχουν χρώμα κίτρινο-πράσινο, με μήκος 0,3 – 0,5 cm και αμβλύ άκρο. Τα κλαδιά του εκτείνονται προς τα έξω σε σχήμα βεντάλιας ενώ ο φλοιός του είναι λεπτός, χρώματος τεφρό-κόκκινο και ξεφλουδίζει σε λωρίδες. Τα άνθη του (Εικ.18) είναι



Εικόνα 19 Οι καρποί του *Thuja orientalis* c.v *Compacta Aurea Nana*

μόνοικα και η επικονίαση γίνεται με τον άνεμο τον Μάρτιο από όπου προκύπτουν οι καρποί (Εικ.19) του όπου αργότερα τον Σεπτέμβριο έως τον Οκτώβριο θα ωριμάσουν. (B20)

Αναπτύσσεται σε μια ευρεία κλίμακα εδαφών δείχνοντας μια προτίμηση στα υγρά, πηλώδη, ελαφρώς αλκαλικά εδάφη τα οποία όμως

θα πρέπει να στραγγίζουν ικανοποιητικά. Η ανάπτυξη υπό σκιά δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα ενώ είναι ανθεκτικό τόσο σε ξηρές και σκονισμένες περιοχές όσο και στην ατμοσφαιρική ρύπανση. (B21)

Η συγκομιδή του σπόρου γίνεται κατά την ωρίμανση του περί τις αρχές Φθινοπώρου. Ο σπόρος για να βλαστήσει θα πρέπει να υποστεί έναν αριθμό χαμηλών θερμοκρασιών για να ξεπεραστεί ο λήθαργος στον οποίο βρίσκεται. Στην συνέχεια τα σπορόφυτα μεταφυτεύονται σε μακρές γλάστρες και παραμένουν εντός του θερμοκηπίου έως το τέλος της Άνοιξης όπου και μεταφέρονται



Εικόνα 18 Τα άνθη του *Thuja orientalis* c.v *Compacta Aurea Nana* (B23)

στις μόνιμες τους θέσεις. Τον πρώτο χρόνο η ανάπτυξη του φυτού είναι αρκετά περιορισμένη. Ο πολλαπλασιασμός του δένδρου με μοσχεύματα είναι αρκετά διαδεδομένος. Τα μοσχεύματα, που είναι κομμάτια ημι-ώριμου ή ώριμου ξύλου μήκους περίπου 5-10 εκατοστά, κόβονται Ιούλιο-Αύγουστο ή Σεπτέμβριο αντίστοιχα και τοποθετούνται υπό σκιά σε κρύα υποστρώματα. Τα μοσχεύματα αρχίζουν να βγάζουν ρίζες και την επόμενη Άνοιξη είναι έτοιμα για μεταφύτευση έξω από το θερμοκήπιο. (B19)

Σχεδόν όλα τα μέρη του δένδρου έχουν ιατρική χρήση αλλά όχι όμως και εδώδιμη. Τα φύλλα του μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή αντιβακτηριακών, αντιτυρετικών, αντιβηχικών, καθαρτικών, αιμοστατικών και διουρητικών. Μερικοί υποστηρίζουν ότι βοηθά και στην ανάπτυξη των μαλλιών. Επίσης βοηθούν στην θεραπεία του άσθματος, ορισμένων δερματικών προβλημάτων αλλά και της βρογχίτιδας. Θα πρέπει να αποφεύγεται όμως η χορήγηση τους στις έγκυες γυναίκες. Όσον αφορά τον φλοιό της ρίζας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση εγκαυμάτων, ενώ ο σπόρος του κατά της αϋπνίας, της δυσκοιλιότητας και των νευρικών διαταραχών. Τέλος οι μίσχοι του χρησιμοποιούνται ενάντια σε εντερικά και δερματικά προβλήματα αλλά και ρευματισμών. (B22)

3.3 *Cupressus macrocarpa*

Το *Cupressus macrocarpa* cv. *Golden Crest* (Εικ.20) είναι ένα αειθαλές δένδρο που ανήκει στην οικογένεια *Cupressaceae*. Είναι αρκετά διαδεδομένο σε περιοχές της Β.Αμερικής, της Ασίας, της Ν. Ευρώπης και της Β. Αφρικής κυρίως για τον καλλωπιστικό του ρόλο. Παρουσιάζει ταχεία ανάπτυξη και το ύψος του κυμαίνεται από 3 έως 5 μέτρα με ορισμένες ποικιλίες όμως να ξεπερνούν τα 20 μέτρα ύψος. (B25)

Τα φύλλα του παρουσιάζουν ένα πράσινο - κίτρινο χρωματισμό και το μέγεθος τους δεν ξεπερνά τα 10 χιλιοστά. Αναπτύσσονται ανά αντίθετα ζεύγη σχηματίζοντας την εικόνα τετράγωνου βλαστού (Εικ.21). Τα άνθη του (Εικ.22) είναι



Εικ.20 *Cupressus macrocarpa* cv. *Golden Crest* (B26)



Εικ. 21 Τα φύλλα του *Cupressus macrocarpa* cv. *Golden Crest*

παράγονται στρογγυλοί, μικροί καρποί χρώματος καφέ. (B27)

μόνοικα με τα μεν αρσενικά να είναι μικρά, πράσινο – κίτρινα και να βρίσκονται στις κορυφές των κλαδίσκων, ενώ τα δε θηλυκά χρώματος ανοιχτό πράσινο και βρίσκονται κοντά στις άκρες των κλαδίσκων. Η ανθοφορία του διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Ιούνιο και κατά την περίοδο αυτή

πραγματοποιείται η επικονίαση με την βοήθεια του ανέμου όπου και

Είναι φυτό που αναπτύσσεται ιδανικά σε ηλιόλουστο περιβάλλον, όμως και σε σκιασόμενες περιοχές η ανάπτυξη του παραμένει ικανοποιητική. Για την ανάδειξη όμως του ιδιαίτερου ‘χρυσάφενιου’ χρώματος του θα πρέπει να προτιμούνται ηλιόλουστες περιοχές. Όσον αφορά το έδαφος, έχει μια μεγάλη ποικιλία εδαφών στα οποία μπορεί να αναπτυχθεί όμως για ικανοποιητικά αποτελέσματα θα πρέπει να επιλέγονται περιοχές καλά στραγγιζόμενες με πηλώδη ή τυρφώδη σύσταση. Προτιμά τα ασβεστώδη εδάφη αλλά όχι τα πετρώδη. Επίσης είναι ανθεκτικό σε ξηροθερμικές καταστάσεις και δεν ανέχεται την υπερβολική ατμοσφαιρική ρύπανση. Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι είναι γενικώς ανθεκτικό σε έντομα και ασθένειες. (B27)



Εικ.22 Τα άνθη και οι καρποί του
Cupressus macrocarpa
cv. *Golden Crest* (B28)

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Το πείραμα διεξήχθη το καλοκαίρι του 2003 σε αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή Βελεστίνο και αποτέλεσε συνέχεια του πειράματος που είχε ξεκινήσει ένα χρόνο πριν. Παράλληλα με το συγκεκριμένο πείραμα, στον ίδιο χώρο πραγματοποιήθηκαν και άλλα δύο πειράματα εκ των οποίων, το ένα αφορούσε τον συγκριτικό έλεγχο της υπόγειας στάθμης άρδευσης και τον καταιονισμό με μικροεκτοξευτήρες και το άλλο την άρδευση με επεξεργασμένα αστικά απόβλητα και καθαρό νερό σε έναν χλοοτάπητα. Η περιοχή βρίσκεται σε υψόμετρο 50 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας και χαρακτηρίζεται από ζεστά και ξηρά καλοκαίρια και ψυχρούς-υγρούς χειμώνες.

Το καλοκαίρι του 2001 στην περιοχή που επρόκειτο να διεξαχθεί το πείραμα υπήρχε καλλιέργεια σόργου η οποία καταστράφηκε με κάψιμο και στην συνέχεια τα υπολείμματα της ενσωματώθηκαν στο έδαφος. Τον Σεπτέμβριο του ίδιου έτους έγινε εκσκαφή του αγρού σε βάθος 15 εκατοστών και στην συνέχεια ισοπέδωση αυτού σε μια έκταση περίπου 200 m².

Πλησίον του χώρου αυτού τοποθετήθηκε πλαστική, μαύρη, κυλινδρική δεξαμενή από πολυβινυλοχλωρίδιο χωρητικότητας 5 m³. Η δεξαμενή αυτή είχε ως σκοπό να δέχεται τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα αλλά και το νερό της γεώτρησης (Εικ. 23)

Στην συνέχεια έγινε η τοποθέτηση του πίνακα ελέγχου δίπλα από την δεξαμενή, ο οποίος περιελάμβανε το προγραμματιστή άρδευσης, την κεντρική ηλεκτροβάνα άρδευσης, τα μανόμετρα ένδειξης πίεσης λειτουργίας των αγωγών, το φίλτρο σίτας



Εικόνα 23. Δεξαμενή αποθήκευσης επεξεργασμένων αποβλήτων

για την κατακράτηση των στερεών συστατικών, σύστημα Venturi για δυνατότητα υδρολίπανσης, 4 ηλεκτροβάνες άρδευσης και 2 φίλτρα (Εικ 24).

Αναλυτικότερα :

- Ηλεκτροβάνες τύπου Aquanet II, με τάση λειτουργίας 9-40 Volt συνδεδεμένες με τους αγωγούς μεταφοράς του νερού.

- Προγραμματιστής άρδευσης τύπου Miracle DC 6, που λειτουργεί με μπαταρία λιθίου 9 V και μπορεί προγραμματίσει μέχρι και 6 ηλεκτροβάνες σε 3 διαφορετικά προγράμματα.(Εικ.25)



Εικ.25 Προγραμματιστής άρδευσης τύπου Miracle DC 6

- Φίλτρο σίτας της εταιρίας ARKAL, με διάμετρο οπών 120 mesh με σκοπό την συγκράτηση των στερεών σωματιδίων και φίλτρα εμποτισμένα με treflan για την παρεμπόδιση έμφραξης των σταλακτών από τις ρίζες με διάμετρο οπών 155 mesh. mesh.

Δίπλα ακριβώς από τον πίνακα ελέγχου τοποθετήθηκε οριζόντια, κλειστού τύπου, ισχύος 3 Hp αντλία, η οποία συνέδεε την δεξαμενή τοποθέτησης των επεξεργασμένων αποβλήτων και την κεντρική ηλεκτροβάνα άρδευσης.

Ο χώρος εγκατάστασης των κωνοφόρων (Εικ.26) ήταν εκτάσεως 96 m² και χωρίστηκε σε δύο μεταχειρήσεις (48 m²) εκ των οποίων η μία θα αρδευόταν με καθαρό νερό και είχε την ονομασία ΚΚ (Καλλωπιστικά Καθαρό) και η άλλη με τα επεξεργασμένα απόβλητα με την ονομασία ΚΛ (Κωνοφόρα Λύμα). Μπροστά από τη κάθε μεταχείριση τοποθετήθηκε υδρομετρητής για την καταγραφή του καταναλισκόμενου όγκου νερού. Το καθαρό νερό για την άρδευση του τεμαχίου ΚΚ προερχόταν από δεξαμενή χωρητικότητας 40 m³ που βρισκόταν δίπλα από την γεώτρηση του αγροκτήματος.

Σε κάθε τεμάχιο τοποθετήθηκαν 6 σταλακτηφόροι σωλήνες τύπου RAM-Techline Φ17 με μήκος 24 μέτρων και απόσταση μεταξύ τους τα 40 cm. Οι σταλακτηφόροι σωλήνες έφεραν ανά 30 εκατοστά ενσωματωμένους σταλάκτες οι

οποίοι ήταν αυτορυθμιζόμενοι και αυτοκαθαριζόμενοι. Οι σταλάκτες είχαν παροχή 1.6 l/h και λειτουργούσαν σε πίεση 0,5-4 Atm. Στο άκρο του κάθε τεμαχίου, είχαν τοποθετηθεί ειδικές βαλβίδες εκτόνωσης της πίεσης και καθαρισμού των σταλακτών, για την αποφυγή έμφραξης του δικτύου ή εμφανίσεως βλαβών.

Τον Απρίλιο του επομένου έτους πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση των τριών ειδών κωνοφόρων δένδρων *Juniperus chinensis* cv *Stricta*, *Thuja orientalis* c.v *Compacta Aurea Nana* και *Cupressus macrocarpa* cv. *Golden Crest*. Τοποθετήθηκε μια σειρά από κάθε είδος σε κάθε αγροτεμάχιο με την κάθε σειρά να αποτελείται από 24 φυτά. Το κάθε αγροτεμάχιο χωρίστηκε σε 4 ίσα τεμάχια με 6 φυτά το καθένα, από το κάθε είδος.

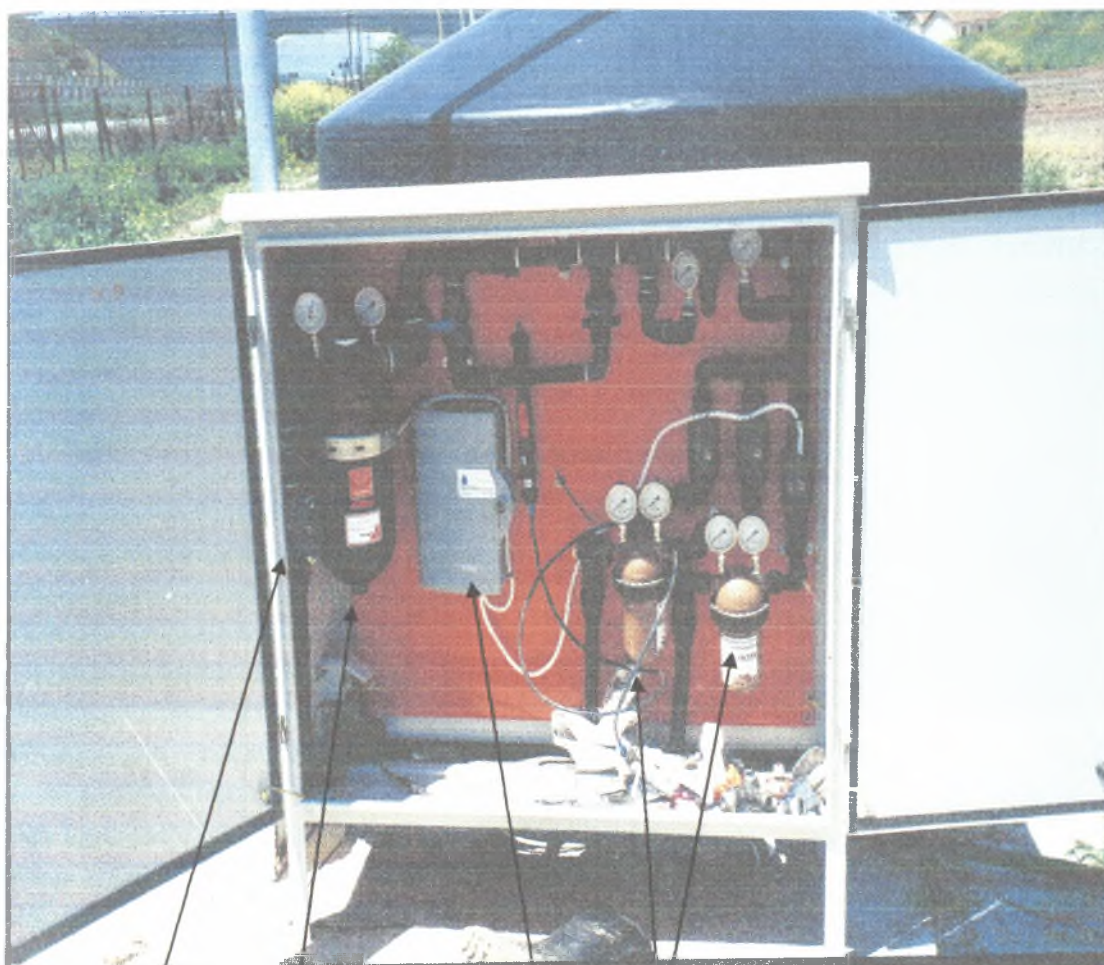


Εικ. 26. Οι δύο μεταχειρίσεις με τα κωνοφόρα



Εικ.24 Ο πίνακας ελέγχου, η δεξαμενή και η αντλία που χρησιμοποιήθηκαν

Ο ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ



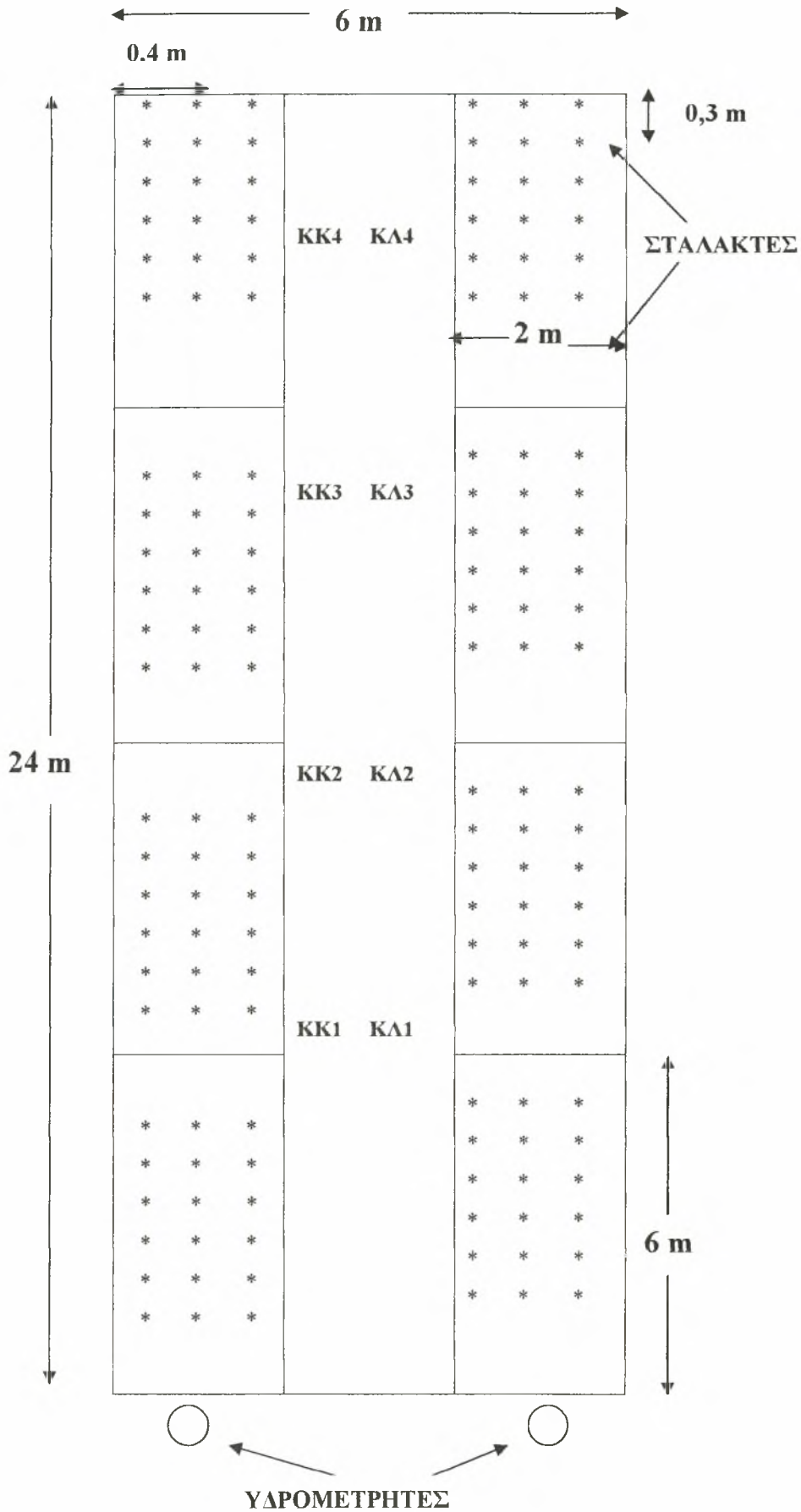
ΦΙΛΤΡΟ ΣΙΤΑΣ

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΦΙΛΤΡΑ ΕΜΠΟΤΙΣΜΕΝΑ ΜΕ
TREFLAN

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις

2.1 Υπολογισμός της εδαφικής υγρασίας με την μέθοδο T.D.R (Time domain reflectometry).

Η συγκεκριμένη μέθοδος στηρίζεται στη μέτρηση της διηλεκτρικής σταθεράς του εδάφους, η οποία εξαρτάται από το ποσοστό του νερού που περιέχεται σε αυτό. Ένας κυματοδηγός διαβιβάζει ένα υψηλής συχνότητας σήμα μέσω ειδικών αισθητήρων που είναι εγκατεστημένοι στο έδαφος και η ταχύτητα κίνησης αυτού καθορίζει την διηλεκτρική σταθερά του εδάφους. Χρησιμοποιήθηκαν 3 αισθητήρες οι οποίοι εγκαταστάθηκαν 2 στα τεμάχια με τις μεταχειρίσεις καθαρού νερού και ένας σε ένα από τα αγροτεμάχια με τα επεξεργασμένα απόβλητα. Οι αισθητήρες μπορούσαν να μετρήσουν την εδαφική υγρασία σε βάθος έως 75 εκατοστών. Το ενεργό βάθος διακρινόταν σε 5 διαστήματα μέτρησης που ήταν τα εξής : 0-15, 15-30, 30-45, 45-60, 60-75 εκατοστά.

2.2 Εξατμισίμετρο

Για τον υπολογισμό της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής έγινε χρήση του Εξατμισιμέτρου Α Τάξεως (Εικ.28), το οποίο εγκαταστάθηκε λίγο δίπλα από τα αγροτεμάχια μας. Το εξατμισίμετρο Α Τάξης είναι μια κυλινδρική λεκάνη κατασκευασμένη από χοντρή γαλβανισμένη λαμαρίνα με διάμετρο 121 cm και βάθος 25,4 cm, που τοποθετείται πάνω σε ξύλινη βάση ώστε ο πυθμένας της να είναι απόλυτα οριζοντιωμένος και να απέχει 15 cm από την επιφάνεια του εδάφους. Η λεκάνη γεμίζεται με νερό μέχρι 5 cm κάτω από το πάνω χείλος της, η δε στάθμη του νερού κατά την λειτουργία του οργάνου δεν έπρεπε να ξεπερνά τα 7,5 cm από το χείλος αυτό.



Εικ. 28 Εξατμισόμετρο Α Τάξεως

Εκτός από την εξατμισοδιαπνοή, καταγράφονται σε ημερήσια βάση και ορισμένα άλλα κλιματικά δεδομένα όπως είναι η θερμοκρασία και η βροχοπτώση.

2.3 Μέτρηση της χλωροφύλλης

Επίσης έγινε μέτρηση της χλωροφύλλης των φύλλων των κωνοφόρων με την μέθοδο εκχύλισης με αιθανόλη. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν νωπά φύλλα από τα πειραματικά τεμάχια, ένα γουδί από πορσελάνη, ένα γουδοχέρι, γυάλινοι δοκιμαστικοί σωλήνες, πιπέτες, ένας γυάλινος ογκομετρικός κύλινδρος 25 ml, αιθανόλη καθαρότητας 96%, μια συσκευή φυγοκέντρωσης και ένα φασματοφωτόμετρο.

Η μάζα που χρησιμοποιούταν ήταν κατά μέσο όρο 0,2 έως 0,5g. Η μάζα αυτή λειοτριβόταν στο γουδί και με την βοήθεια της αιθανόλης λαμβανόταν το εκχύλισμα. Κατόπιν το εκχύλισμα δεχόταν φυγοκέντρωση 3000 στροφές/μίν, για 5 λεπτά. Το υπερκείμενο διαυγές διάλυμα διοχετευόταν στο φασματοφωτόμετρο, όπου με την βοήθεια ενός πρότυπου διαλύματος γινόταν εύρεση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης A, B και του αθροίσματος, σε mg/g νωπής μάζας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Υπολογισμοί

3.1 Δόση και εύρος άρδευσης

Ο υπολογισμός της δόσης άρδευσης έγινε με δύο τρόπους. Ο πρώτος με βάση τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους όπως είναι η υδατοικανότητα, το σημείο μόνιμης μάρανσης, το φαινόμενο ειδικό βάρος, το βάθος ριζοστρώματος κωνοφόρων, ο συντελεστής εξάντλησης της διαθέσιμης υγρασίας, το ποσοστό διαβροχής εδάφους και ο βαθμός εφαρμογής του νερού, ενώ ο δεύτερος βασίστηκε στην ημερήσια εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας.

Στις 25 Μαΐου 2003 άρχισε η άρδευση των κωνοφόρων και μέχρι τις 18 Ιουνίου οι δόσεις άρδευσης υπολογιζόταν με βάση τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους.

Αρχικά υπολογίστηκε η διαθέσιμη υγρασία με βάση τον τύπο

$$ASM = \frac{(FC - PWP)}{100} \times ASW \times RW$$

ASM = Διαθέσιμη υγρασία ή Βάθος Άρδευσης (mm ή m³/ στρέμμα)

FC = Υδατοικανότητα (% ξηρού βάρους)

PWP = Σημείο Μόνιμης Μάρανσης (% ξηρού βάρους)

ASW = Φαινόμενο ειδικό βάρος

RW = Βάθος Ριζοστρώματος (mm)

Οι τιμές των παραπάνω παραμέτρων υπολογίστηκαν και βρέθηκαν οι εξής :

$$FC = 21,2 \% \text{ ξ.β}$$

$$PWP = 11,64 \% \text{ ξ.β}$$

$$ASW = 1,23 \text{ g/cm}^3$$

$$RW = 600 \text{ mm}$$

Με βάση τις παραπάνω τιμές η Διαθέσιμη υγρασία βρέθηκε ίση με 70,55 mm.

Στην συνέχεια υπολογίστηκε η ωφέλιμη υγρασία με βάση τον παρακάτω τύπο

$$USM = F \times ASM$$

USM: Ωφέλιμη υγρασία ή καθαρό βάθος άρδευσης (d_n, mm ή m³/στρέμμα)

F: Συντελεστής Ωφελιμότητας (αδιάστατο μέγεθος) = 0,5

ASM: διαθέσιμη υγρασία (mm) = 70,55 mm

Άρα η Ωφέλιμη Υγρασία (USM) βρέθηκε ίση με 35,7 mm.

Αυτή είναι και η θεωρητική δόση άρδευσης από την οποία θα υπολογίσουμε την πρακτική δόση άρδευσης, με την βοήθεια του παρακάτω τύπου.

$$I_{da} = I_d / n$$

Όπου I_{da} , η πρακτική δόση άρδευσης

I_d , η θεωρητική δόση άρδευσης

και n η αποδοτικότητα εφαρμογής του νερού ίση με 0,95

Άρα προκύπτει $I_{da} = 37,1 \text{ m}^3/\text{στρ}$ δηλαδή $1,782 \text{ m}^3$ για το κάθε αγροτεμάχιο (48 m^2).

Το εύρος άρδευσης (I_t) υπολογίζεται από την σχέση

$$I_t = I_{da} / ET_d$$

Όπου ET_d η μέση ημερήσια εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας. Από δεδομένα προηγούμενων ετών για τον μήνα Μάιο ελήφθη ως 3,2 mm και 5 mm για τον μήνα Ιούνιο. Επομένως το εύρος άρδευσης των κωνοφόρων ήταν

$$I_t = 35.27/3.2 = 11 \text{ ημέρες το μήνα Μάιο}$$

$$I_t = 35.27/5 = 7 \text{ ημέρες το μήνα Ιούνιο.}$$

Επειδή η άρδευση πραγματοποιούταν κάθε 2 ημέρες έγινε αναγωγή της δόσης άρδευσης σε διήμερη βάση. Έτσι η δόση άρδευσης ήταν $0,330 \text{ m}^3$ για τον μήνα Μάιο και $0,509 \text{ m}^3$ για τον μήνα Ιούνιο. Οι δόσεις άρδευσης με τον τρόπο που λαμβάνει υπόψη τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους δίνονται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.1.1 Δόσεις άρδευσης από 25/0,5/2003 έως 15/06/2003

Ημερομηνία Άρδευσης	Δόση λύματος στα κωνοφόρα (lt / 48 m ²)	Δόση καθαρού νερού στα κωνοφόρα (lt / 48 m ²)
25/05/2003	324	324
27/05/2003	324	324
29/05/2003	324	324
31/05/2003	324	354
02/06/2003	509	509
05/06/2003	509	509
07/06/2003	509	509
09/06/2003	509	509
11/06/2003	509	509
13/06/2003	509	509
15/06/2003	509	509
Σύνολο νερού	1342	4859

Από τα μέσα Ιουνίου και κατά τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο η άρδευση πραγματοποιήθηκε με βάση την εξατμισοδιαπνοή των κωνοφόρων που υπολογιζόταν με την βοήθεια του εξατμισιμέτρου τύπου A του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Κάθε ημέρα μετριοταν η εξάτμιση στο εξατμισόμετρο, η οποία πολλαπλασιαζόμενη με το 0,8 (συντελεστής εξατμισιμέτρου), έδινε την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ETr). Για να βρεθεί στην συνέχεια η πραγματική εξατμισοδιαπνοή των κωνοφόρων χρησιμοποιήθηκε ο φυτικός συντελεστής αυτών με τιμή 0,85. Η ημερήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή αντιπροσώπευε και την ημερήσια δόση άρδευσης σε mm, η οποία αναγόταν σε όγκο νερού για την έκταση των 48 m². Η άρδευση πραγματοποιούταν κάθε δύο ημέρες περίπου. Η αθροιστική εξατμισοδιαπνοή των 2 ημερών λαμβανόταν υπόψη και γινόταν η εύρεση της δόσης άρδευσης.

Για τον υπολογισμό του χρόνου λειτουργίας του συστήματος άρδευσης υπολογίσθηκε το ωριαίο ύψος βροχής από τον τύπο

$$Idh = q / S_t * S_r$$

Όπου

Idh : το ωριαίο ύψος βροχής

q : παροχή των σταλακτών

S_t : η ισαποχή των σταλακτών

S_r : η ισαποχή των σταλακτηφόρων

Το ωριαίο ύψος βροχής βρέθηκε ίσο με **Idh = 13.33 mm/hr**. Η διάρκεια άρδευσης ορίζεται ως το πηλίκο της δόσης άρδευσης προς το ωριαίο ύψος βροχής. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι ενδείξεις του εξατμισιμέτρου κατά την αρδευτική περίοδο καθώς και ο υπολογισμός της δόσης και διάρκειας άρδευσης των κωνοφόρων.

Πίνακας 3.1.2 Ενδείξεις εξατμισμέτρου κατά την αρδευτική περίοδο 10/06/2003 - 20 / 07/2003

Ημέρες	Ημέρες από 1/1/2003	Πλήρωση εξατμισμέτρου (mm)	Ημερήσια ένδειξη εξατμισμέτρου (mm)	Διαφορά ημέρας Έραπ (mm)	Αθροιστική Εξάτμιση(mm)/ ημέρα άρδευσης	Βροχή (mm)
10/06/2003	161	39,5	0	8,5		
11/06/2003	162		48	8		
12/06/2003	163		56	8		
13/06/2003	164	17,5	64	8		
14/06/2003	165		25,5	8,5		
15/06/2003	166		34	12,5	Άρδευση	
16/06/2003	167		46,5	7,5		0,5
17/06/2003	168		54	9,5		
18/06/2003	169		63,5	8,5	25,5	
19/06/2003	170		72	0		8,05
20/06/2003	171	15	72	4		
21/06/2003	172		19	7,5		
22/06/2003	173		26,5	8,5	20	
23/06/2003	174		35	9		
24/06/2003	175		44	8	17	
25/06/2003	176		52	4		4,28
26/06/2003	177		56	8	12	
27/06/2003	178		64	4		3
28/06/2003	179		68	-3,5		5,55
29/06/2003	180		64,5	7,5		
30/06/2003	181		72	8	16	
1/07/2003	182		80	6		
2/07/2003	183	7	86	9	15	
3/07/2003	184		16	10		
4/07/2003	185		26	9	19	
5/07/2003	186		35	16		
6/07/2003	187		51	8	24	
7/07/2003	188		59	9		
8/07/2003	189		68	8	17	
9/07/2003	190	20	76	7		
10/07/2003	191		27	8	15	
11/07/2003	192		35	8		
12/07/2003	193		43	9	17	
13/07/2003	194		52	9		
14/07/2003	195		61	4	13	
15/07/2003	196		65	8		
16/07/2003	197		73	8	16	
17/07/2003	198	7	81	12		
18/07/2003	199		19	12	24	
19/07/2003	200		31	-11		23
20/07/2003	201		20	7		2,1
Σύνολο					250,5	

Πίνακας 3.1.3 Ενδείξεις εξατμισιμέτρου κατά την αρδευτική περίοδο 21/07/2003- 31 / 08/2003

Ημέρες	Ημέρες από 1/1/2003	Πλήρωση εξατμισιμέτρου (mm)	Ημερήσια ένδειξη εξατμισιμέτρου (mm)	Διαφορά ημέρας Έραμ (mm)	Αθροιστική Εξάτμιση(mm)/ ημέρα άρδευσης	Βροχή (mm)
21/07/2003	202		27	8		
22/07/2003	203		35	8	12	
23/07/2003	204		43	8		
24/07/2003	205		51	9	17	
25/07/2003	206		60	9		
26/07/2003	207		69	10	19	
27/07/2003	208		79	6		
28/07/2003	209		85	7	13	
29/07/2003	210		11	7		
30/07/2003	211		18	6	13	
31/07/2003	212		24	3		2
1/08/2003	213		27	1,5		2
2/08/2003	214		28	3		3,27
3/08/2003	215		31	6	13,5	
4/08/2003	216		37	7		
5/08/2003	217		44	8	15	
6/08/2003	218		52	9		
7/08/2003	219		61	8	17	
8/08/2003	220		69	6		
9/08/2003	221	16,5	75	5,5	11,5	
10/08/2003	222		22	7		
11/08/2003	223		29	9	16	
12/08/2003	224		38	9		
13/08/2003	225		47	7	16	
14/08/2003	226	7	54	6		
15/08/2003	227		13	7	13	
16/08/2003	228		20	8		
17/08/2003	229		28	10	18	
18/08/2003	230		38	8		
19/08/2003	231		46	7	15	
20/08/2003	232		53	8		
21/08/2003	233		61	7	15	
22/08/2003	234	4	68	7		
23/08/2003	235		11	7	14	
24/08/2003	236		18	8		
25/08/2003	237		26	8	16	
26/08/2003	238		34	8		
27/08/2003	239		42	3	11	
28/08/2003	240	4	45	6		
29/08/2003	241		10	8	14	
30/08/2003	242		18	8		
31/08/2003	243		26	6	14	
Σύνολο					543,5	

Πίνακας 3.1.4 Ενδείξεις εξατμισμέτρου κατά την αρδευτική περίοδο 01/09/2003- 28 / 09/2003

Ημέρες	Ημέρες από 1/1/2003	Πλήρωση εξατμισμέτρου (mm)	Ημερήσια ένδειξη εξατμισμέτρου (mm)	Διαφορά ημέρας Έραμ (mm)	Αθροιστική Εξάτμιση(mm)/ ημέρα άρδευσης	Βροχή (mm)
1/09/2003	244		32	7		
2/09/2003	245	7	39	6	13	2,14
3/09/2003	246		13	3		
4/09/2003	247		16	6	9	
5/09/2003	248		22	5		
6/09/2003	249		27	6	11	
7/09/2003	250		33	7		
8/09/2003	251		40	2	8	2,1
9/09/2003	252		42	4		
10/09/2003	253		46	-10		12,83
11/09/2003	254	8	36	3		
12/09/2003	255		11	6		
13/09/2003	256		17	3		3,27
14/09/2003	257		20	2	8	
15/09/2003	258		22	4		
16/09/2003	259		26	4	8	
17/09/2003	260		30	4		
18/09/2003	261		34	4		
19/09/2003	262	8	38	5		
20/09/2003	263		7	5	10	
21/09/2003	264		12	6		
22/09/2003	265		18	5	11	
23/09/2003	266		23	4		
24/09/2003	267		27	5	9	
25/09/2003	268	7	32	4		
26/09/2003	269		36	4		
27/09/2003	270		40	3	11	
28/09/2003	271		43			
Σύνολο					650,5	

Πίνακας 3.1.5 Υπολογισμός δόσης και διάρκεια άρδευσης για τα κωνοφόρα

Εξάτμιση (mm/day)	Δόση άρδευσης $I_{da}=E*0.8*0.85$	Δόση άρδευσης (lt/48m ²)	Ωριαίο ύψος βροχής $I_{dh}=q/S_t*S_r$ (mm/hr)	Διάρκεια άρδευσης $I_t=I_{da}/I_{dh}$ (hr)	Διάρκεια άρδευσης $I_t=I_{da}/I_{dh}$ (min)
1	0.68	32.64	13.33	0.05	3.061
2	1.36	65.28	13.33	0.10	6.12
3	2.04	97.92	13.33	0.15	9.18
4	2.72	130.56	13.33	0.20	12.24
5	3.4	163.2	13.33	0.26	15.3
6	4.08	195.84	13.33	0.306	18.36
7	4.76	228.48	13.33	0.36	21.4
8	5.44	261.12	13.33	0.41	24.49
9	6.12	293.76	13.33	0.46	27.54
10	2.8	326.4	13.33	0.51	30.61
11	7.48	359.04	13.33	0.56	33.67
12	8.16	391.68	13.33	0.61	36.73
13	8.84	424.32	13.33	0.66	39.79
14	9.52	456.96	13.33	0.71	42.85
15	10.2	489.6	13.33	0.77	45.91
16	10.88	522.24	13.33	0.816	48.97
17	11.56	554.88	13.33	0.87	52.03
18	12.24	587.52	13.33	0.92	55.09
19	12.92	620.16	13.33	0.97	58.15
20	13.6	652.8	13.33	1.02	61.21
21	14.28	685.44	13.33	1.07	64.27
22	14.96	718.08	13.33	1.12	67.33
23	15.64	750.72	13.33	1.17	70.39
24	16.32	783.36	13.33	1.22	73.46
25	17	816	13.33	1.28	76.52
26	17.68	848.64	13.33	1.33	79.58
27	18.36	881.28	13.33	1.38	82.64
28	19.04	913.92	13.33	1.43	85.7
29	19.72	946.56	13.33	1.48	88.76
30	20.4	979.2	13.33	1.53	91.82

Πίνακας 3.1.6 Δόσεις άρδευσης από τις 18/06/2003

Ημερομηνία	Αθροιστική εξάτμιση (mm/day)	Δόση άρδευσης (lt/48m ²)/μονάδα εξάτμισης	Δόση λύματος (lt/48m ²)	Δόση καθαρού νερού(lt/48m ²)
18/06/2003	25.5	32.64	832.32	832.32
22/06/2003	20	32.64	652.8	652.8
24/06/2003	17	32.64	554.88	554.88
26/06/2003	12	32.64	391.68	391.68
30/06/2003	16	32.64	522.24	522.24
2/07/2003	15	32.64	489.6	489.6
4/07/2003	19	32.64	620.16	620.16
6/07/2003	24	32.64	783.36	783.36
8/07/2003	17	32.64	554.88	554.88
10/07/2003	15	32.64	489.6	489.6
12/07/2003	17	32.64	554.88	554.88
14/07/2003	13	32.64	424.32	424.32
16/07/2003	16	32.64	522.24	522.24
18/07/2003	24	32.64	783.36	783.36
22/07/2003	12	32.64	391.68	391.68
24/07/2003	17	32.64	554.88	554.88
26/07/2003	19	32.64	620.16	620.16
28/07/2003	13	32.64	424.32	424.32
30/07/2003	13	32.64	424.32	424.32
3/08/2003	13.5	32.64	440.36	440.36
5/08/2003	15	32.64	489.6	489.6
7/08/2003	17	32.64	554.88	554.88
9/08/2003	11.5	32.64	375.36	375.36
11/08/2003	16	32.64	522.24	522.24
15/08/2003	13	32.64	424.32	424.32
17/08/2003	18	32.64	587.52	587.52
19/08/2003	15	32.64	489.6	489.6
21/08/2003	15	32.64	489.6	489.6
23/08/2003	14	32.64	456.96	456.96
25/08/2003	16	32.64	522.24	522.24
27/08/2003	11	32.64	359.04	359.04
29/08/2003	14	32.64	456.96	456.96
31/08/2003	14	32.64	456.96	456.96
2/09/2003	13	32.64	424.32	424.32
4/09/2003	9	32.64	293.76	293.76
6/09/2003	11	32.64	359.04	359.04
8/09/2003	9	32.64	293.76	293.76
14/09/2003	8	32.64	261.12	261.12
16/09/2003	8	32.64	261.12	261.12
18/09/2003	8	32.64	261.12	261.12
20/09/2003	18	32.64	587.5	587.5
22/09/2003	11	32.64	359.04	359.04
24/09/2003	9	32.64	293.76	293.76
27/09/2003	11	32.64	359.04	359.04
Σύνολο			6.936 mm	20.971

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

4.1 Προέλευση και χημική ανάλυση

Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα μας, προερχόταν από την μονάδα βιολογικού καθαρισμού της πόλεως του Βόλου. Η συγκεκριμένη μονάδα εξυπηρετούσε τις ανάγκες τόσο του Δήμου Βόλου και Νέας Ιωνίας όσο και της βιομηχανικής περιοχής του Βόλου. Έχει την ικανότητα να δεχτεί έως και 22.000 m³ αποβλήτων την ημέρα και διαθέτει τριτοβάθμιο σύστημα επεξεργασίας.

Οι χημικές αναλύσεις του νερού που μας δόθηκαν (Πίνακας 1), έδειξαν ότι περιείχε ιόντα χλωρίου σε πολύ υψηλές τιμές και γι' αυτό τον λόγο η άρδευση με τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα θα έπρεπε να εναλλάσσεται με αρδεύσεις καθαρού νερού. Για τον σκοπό αυτό η δεξαμενή πολυβινυλοχλωριδίου μετά την άρδευση με τα αστικά απόβλητα, ξεπλενόταν και ξαναγέμιζε με καθαρό νερό από την γεώτρηση του κτήματος για να ακολουθήσουν δύο διαδοχικά ποτίσματα. Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν εφαρμόστηκε καμιά λιπαντική αγωγή.

Πίνακας 1. Ανάλυση των υγρών αποβλήτων που χρησιμοποιήθηκαν.

Παράμετρος	Μ.Ο.	Παράμετρος	Μ.Ο.	Παράμετρος	Μ.Ο.
Cl ⁻ (mg/l)	1290	N-NO ₃ (mg/l)	5.5	Fe ³⁺ (mg/l)	0.30
SS (mg/l)	4.0	C.O.D. (mg/l)	35	Cu ²⁺ (mg/l)	0.01
P _t (mg/l)	1.2	B.O.D. (mg/l)	10	Zn ²⁺ (mg/l)	0.05
N-NH ₄ (mg/l)	0.5	E.C. (dS/m)	3.3	pH	7.9

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

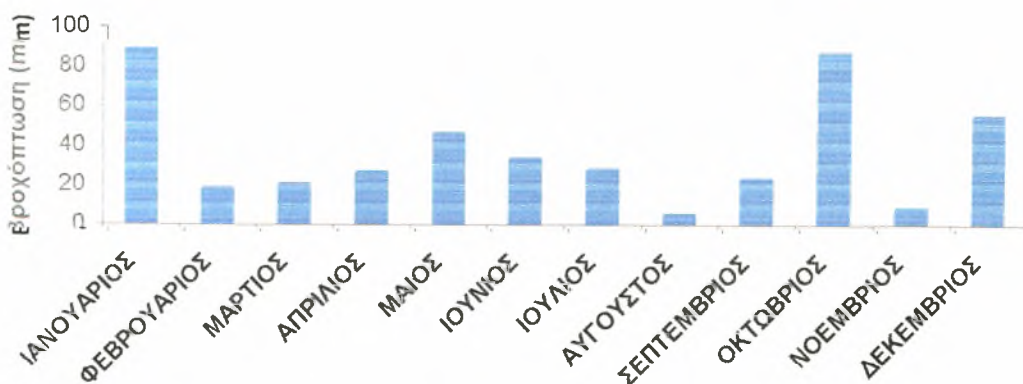
1.1 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ & ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ



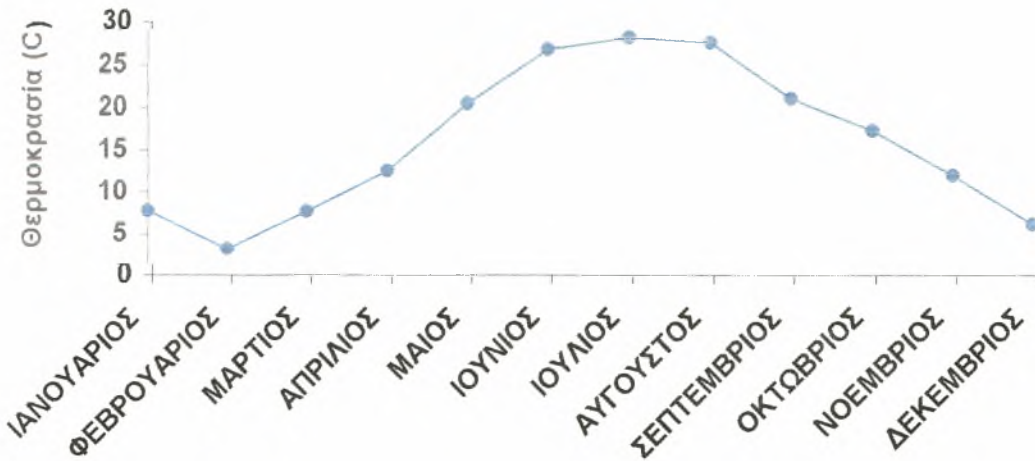
Γράφημα 1 Διακύμανση της ημερήσιας βασικής εξατμισοδιαπνοής για τους μήνες Ιούνιο έως Σεπτέμβριο του 2003.

Στο παραπάνω γράφημα μπορούμε να δούμε την μεταβολή της βασικής εξατμισοδιαπνοής σε ημερήσια βάση κατά τους μήνες Ιούνιο έως Σεπτέμβριο. Παρατηρούμε ότι οι μεγαλύτερες τιμές εξατμισοδιαπνοής σημειώθηκαν τον μήνα Ιούλιο, με μέγιστη αυτή της 6^{ης} Ιουλίου και τιμή 12,36 mm. Αντίθετα οι χαμηλότερες τιμές σημειώθηκαν αρχές Ιουνίου αλλά και μέσα Σεπτεμβρίου. Οι παραπάνω τιμές είναι συνάρτηση άλλων κλιματικών παραγόντων με σημαντικότερη φυσικά την θερμοκρασία. Στο γράφημα 2 μπορούμε να δούμε την μέση βροχόπτωση για όλους τους μήνες του έτους 2003.

Γράφημα 2 Μέση βροχόπτωση της περιοχής του αγροκτήματος για το έτος 2003



1.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ



Γράφημα 3 Μέση θερμοκρασία της περιοχής του αγροκτήματος για την περίοδο 2003

Στο συγκεκριμένο γράφημα μπορούμε να δούμε τη διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας για όλους τους μήνες του 2003. Όπως ήταν αναμενόμενο οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν τους μήνες του καλοκαιριού και ειδικά τον μήνα Ιούλιο με μέση τιμή τους $28,3^{\circ}\text{C}$. Οι τιμές αυτές έρχονται να επαληθεύσουν τις υψηλές τιμές της εξατμισοδιαπνοής που είδαμε στο προηγούμενο γράφημα μας.

1.3 ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ

Από την στατιστική επεξεργασία των τιμών του ύψους των κωνοφόρων προέκυψε ότι σε κανένα από τα τρία είδη δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση στο ύψος τους σε επίπεδα στατιστικώς σημαντικά.

Στην περίπτωση του *Juniperus chinensis* cv. *Stricta* η διαφορά στο μέσο ύψος φυτών των δύο μεταχειρίσεων στην αρχή της αρδευτικής περιόδου ήταν σχεδόν μηδαμινή όμως κατά την διάρκεια της αρδευτικής περιόδου αυξήθηκε σε επίπεδα όμως μη στατιστικώς σημαντικά.

Η άρδευση όμως με επεξεργασμένα αστικά, υγρά απόβλητα φαίνεται ότι ευνόησε και την ανάπτυξη της *Thuja orientalis* c.v *Compacta Aurea Nana*. Με μια ματιά στο διάγραμμα 1.3.2 μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι αν και το μέσο ύψος φυτών τούγιας που αρδευόταν με λύμα υστερούσε σε ύψος έναντι των άλλων στην αρχή της αρδευτικής περιόδου, η διαφορά αυτή εξαφανίστηκε στο τέλος αυτής. Η μείωση όμως αυτή δεν ήταν στατιστικώς σημαντική.

Τέλος όσον αφορά το *Cupressus macrocarpa* cv. *Golden Crest* παρατηρείται μια σχεδόν απόλυτη ταύτιση των τιμών του μέσου ύψους των φυτών καθώς και του ρυθμού αύξησης του ύψους και των δύο μεταχειρίσεων.

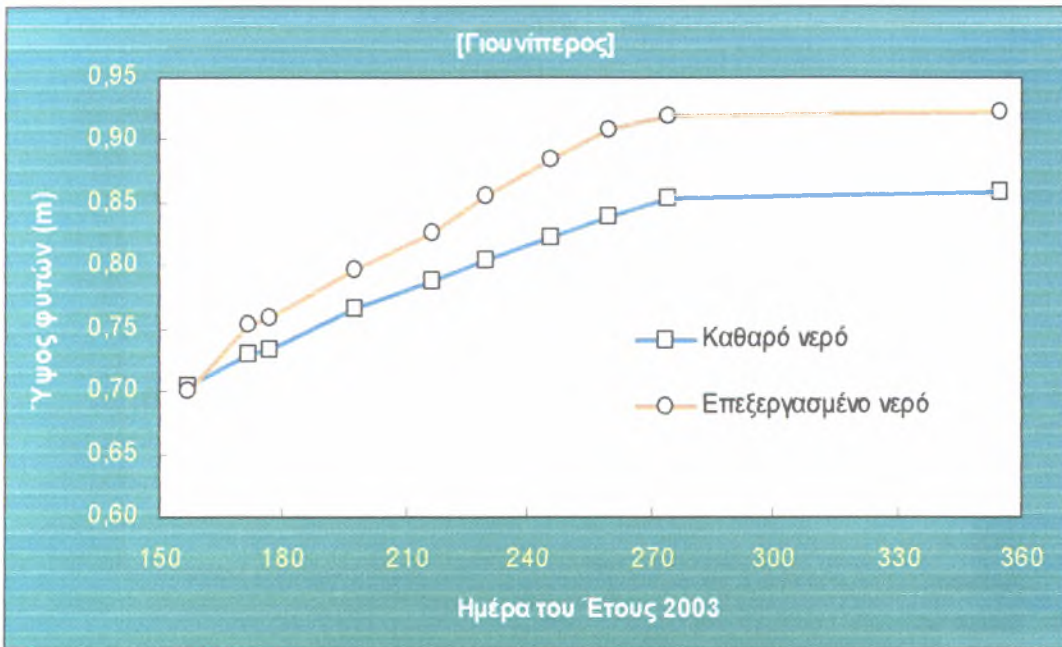
Στον παρακάτω πίνακα 1.3.1 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των τιμών του ύψους για τα τρία είδη κωνοφόρων. Στην συνέχεια ακολουθούν τα διαγράμματα (1.3.2, 1.3.3, 1.3.4) όπου παρουσιάζεται η ανάπτυξη σε ύψος των κωνοφόρων για κάθε μεταχείριση.

Πίνακας 1.3.1 Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας τιμών ύψους κωνοφόρων

	Juniperus		Thuja		Cupressus	
	Καθαρό νερό	Λύμα	Καθαρό νερό	Λύμα	Καθαρό νερό	Λύμα
Μέση τιμή ύψους (cm)	0,79	0,83	0,9	0,85	1,44	1,44
Τυπική απόκλιση	0,06	0,08	0,108	0,128	0,11	0,11
t test	0,21		0,397		0,97	
LSD ($\rho=0.5$)	2,1		2,1		2,1	
Σημαντικότητα	NS		NS		NS	

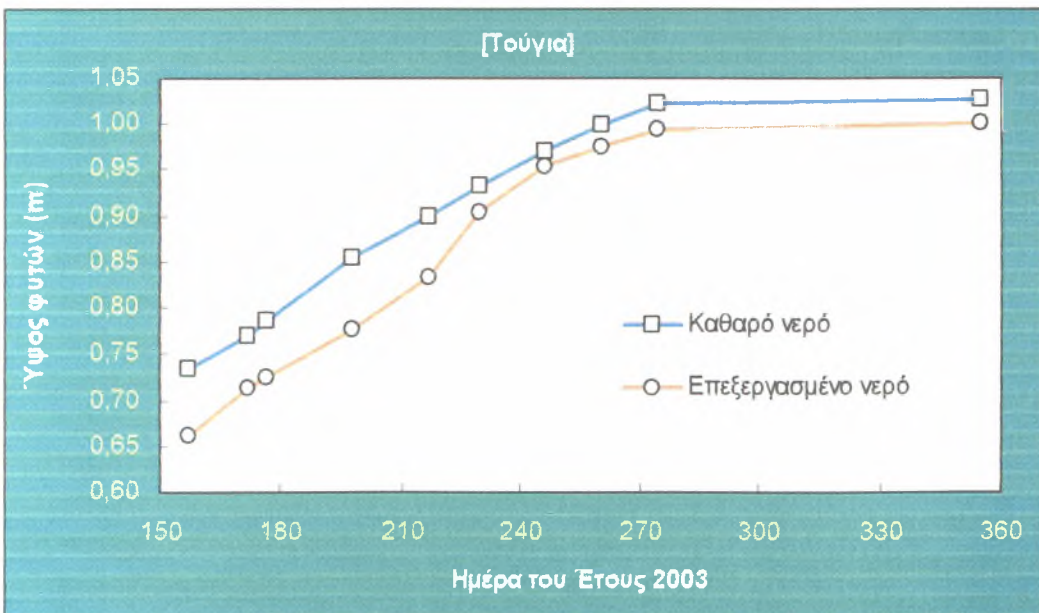
Διάγραμμα 1.3.1

Μεταβολή του μέσου ύψος του *Juniperus chinensis* cv. *Stricta* για κάθε μεταχείριση.



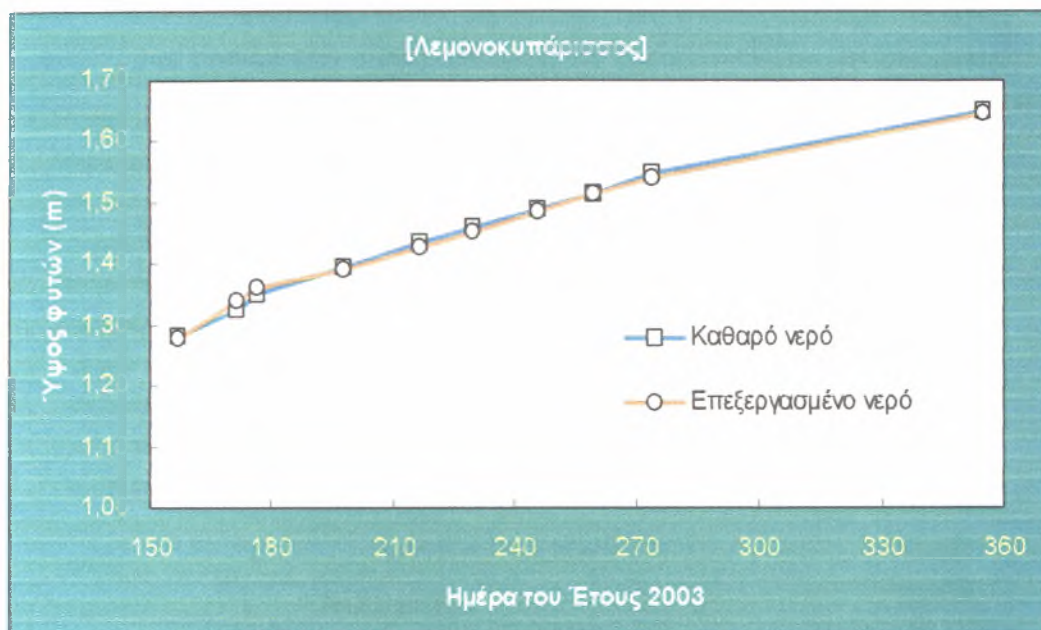
Διάγραμμα 1.3.2

Μεταβολή του μέσου ύψος της *Thuja orientalis* c.v *Compacta Aurea Nana* για κάθε μεταχείριση.



Διάγραμμα 1.3.3

Μεταβολή του μέσου ύψους του *Cupressus macrocarpa* cv. *Golden Crest* για κάθε μεταχείριση.



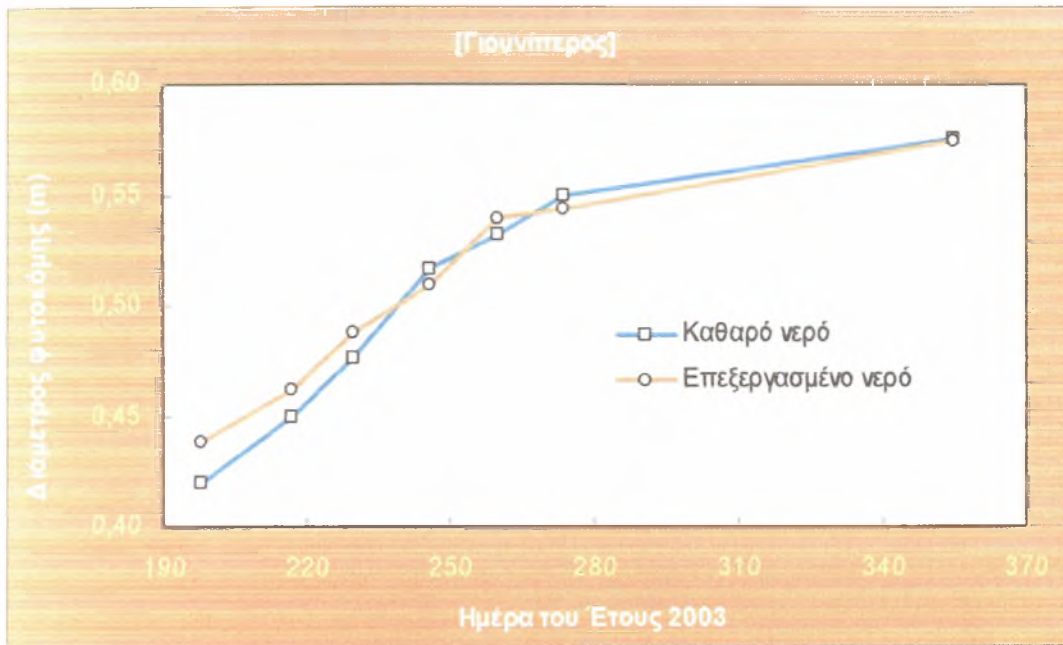
1.3 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΗΣ ΦΥΤΟΚΟΜΗΣ ΤΩΝ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ

Από τα δεδομένα των μετρήσεων και την στατιστική επεξεργασία αυτών (πίνακας 1.4.1) δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην διάμετρο της φυτοκόμης μεταξύ των μεταχειρίσεων για τον γιουνίπερο και την τούγια. Η διαφοροποίηση της διαμέτρου κατά την διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, είναι ελάχιστη και μπορεί να οφείλεται σε σφάλματα κατά την μέτρηση αυτής που μπορεί να έχουν προκύψει από την δυσκολία στη μέτρηση της φυτοκόμης. Στον λεμονοκυπάρισσο δε, διατηρήθηκε η προϋπάρχουσα της περιόδου 2003 στατιστικώς σημαντική διαφορά των περίπου 10 cm στην διάμετρο.

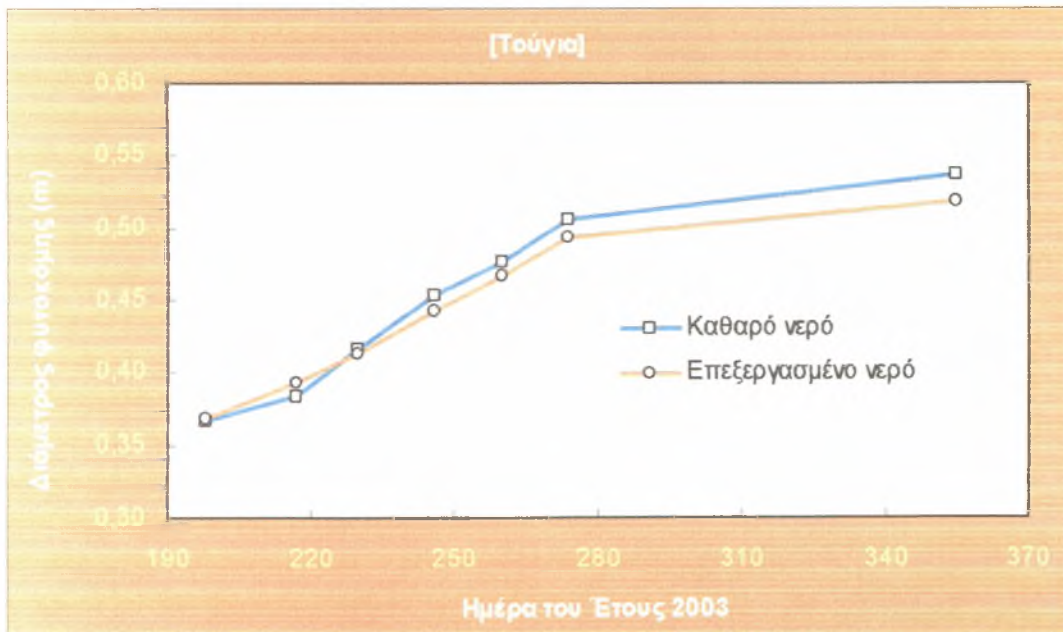
Πίνακας 1.4.1 Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας τιμών διαμέτρου φυτοκόμης κωνοφόρων

	Juniperus		Thuja		Cupressus	
	Καθαρό νερό	Λύμα	Καθαρό νερό	Λύμα	Καθαρό νερό	Λύμα
Μέση τιμή διαμέτρου (cm)	60,25	60,71	44,8	44,2	0,74	0,63
Τυπική απόκλιση	5,62	4,66	6,22	5,45	0,06	0,06
t test	0,87		0,84		0,01	
LSD (p=0.5)	2,18		2,1		2,23	
Σημαντικότητα	NS		NS		Σ.Σ.Δ	

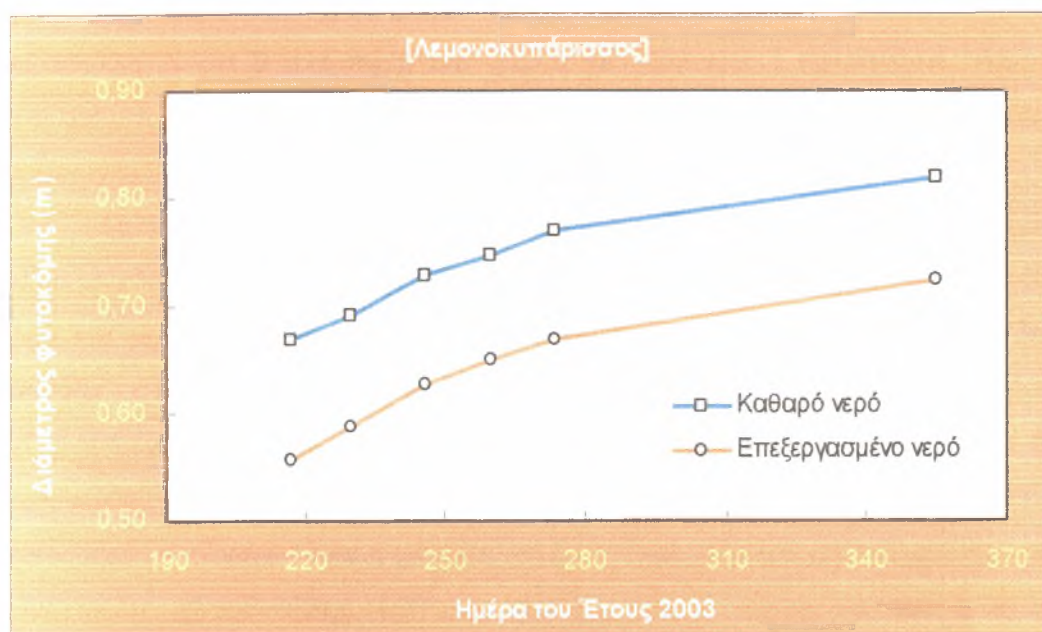
Διάγραμμα 1.4.1
Μεταβολή της μέσης διαμέτρου φυτοκόμης του *Juniperus chinensis* cv. *Stricta*



Διάγραμμα 1.4.2
Μεταβολή της μέσης διαμέτρου φυτοκόμης της *Thuja orientalis* c.v *Compacta Aurea Nana*



Διάγραμμα 1.4.3
Μεταβολή της μέσης διαμέτρου φυτοκόμης του
Cupressus macrocarpa cv. Golden Crest



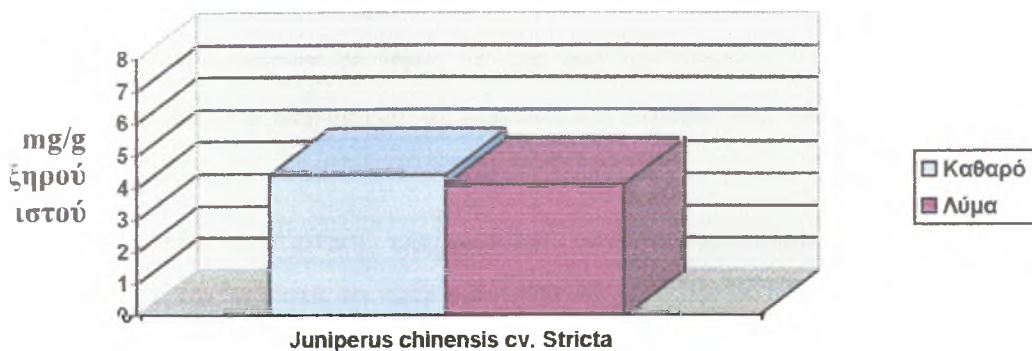
1.5 ΜΕΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗ Α & Β ΤΩΝ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ

Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζεται η μέση περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη Α και Β ανά mg/g των ξηρών φύλλων των 3 κωνοφόρων. Από τα αποτελέσματα, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά (πίνακας 1.5.1) μεταξύ των μεταχειρίσεων του Καθαρού και του Λύματος και για τα 3 είδη κωνοφόρων

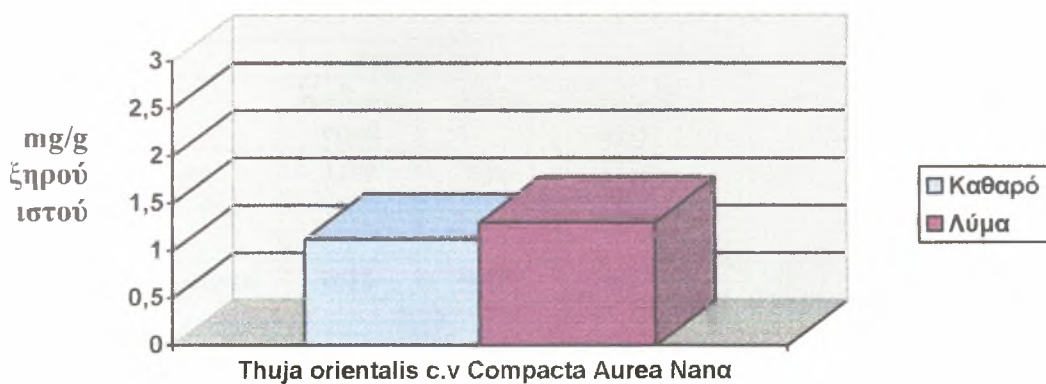
Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις χλωροφύλλης παρατηρήθηκαν στο είδος *Juniperus chinensis* cv. *Stricta* με 2,3 mg/g ιστού στην μεταχείριση του καθαρού νερού και με 2,09 mg/g ιστού στην μεταχείριση του λύματος. Στο είδος *Thuja orientalis* c.v *Compacta Aurea Nana* υπερτερούσε η μεταχείριση με τα επεξεργασμένα απόβλητα με 1,3 mg χλωροφύλλης/g ιστού έναντι 1,12 mg χλωροφύλλης /g ιστού στην μεταχείριση του καθαρού νερού. Στο είδος *Cupressus macrocarpa* cv. *Golden Crest* η μεταχείριση με το καθαρό νερό χαρακτηρίστηκε από συγκέντρωση χλωροφύλλης 1,97 mg χλωροφύλλης/g ιστού και με 1,86 mg χλωροφύλλης /g ιστού στην μεταχείριση τα επεξεργασμένα απόβλητα.

Πίνακας 1.5.1 Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας τιμών χλωροφύλλης κωνοφόρων

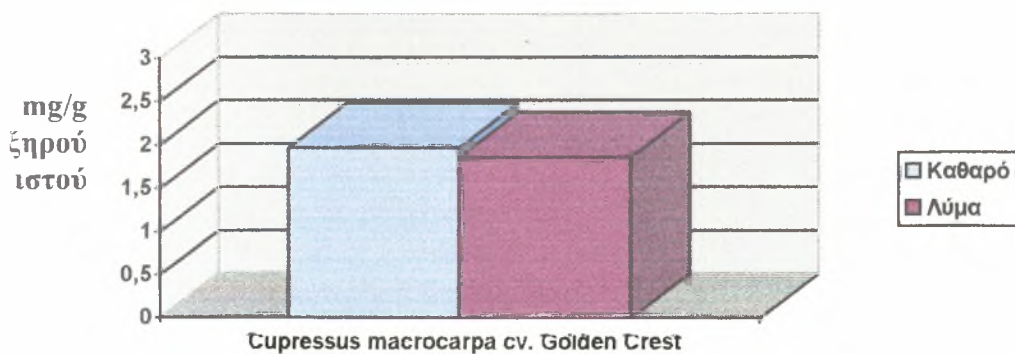
	Juniperus		Thuja		Cupressus	
	Καθαρό νερό	Λύμα	Καθαρό νερό	Λύμα	Καθαρό νερό	Λύμα
Περιεκτικότητα χλωροφύλλης (mg/g)	2459	2361	1196	1441	2079	1988
Τυπική απόκλιση	811	504	497	438	396	670
t test	0,82		0,43		0,8	
LSD (p=0.5)	2,3		2,3		2,3	
Σημαντικότητα	NS		NS		NS	



Γράφημα 1.5.1
Μέση περιεκτικότητα των φύλλων του είδους
Juniperus chinensis cv. Stricta σε χλωροφύλλη Α και Β



Γράφημα 1.5.2
Μέση περιεκτικότητα των φύλλων του είδους
Thuja orientalis c.v Compacta Aurea Nana σε χλωροφύλλη Α και Β



Γράφημα 1.5.3
Μέση περιεκτικότητα των φύλλων του είδους
Cupressus macrocarpa cv. Golden Crest σε χλωροφύλλη Α και Β

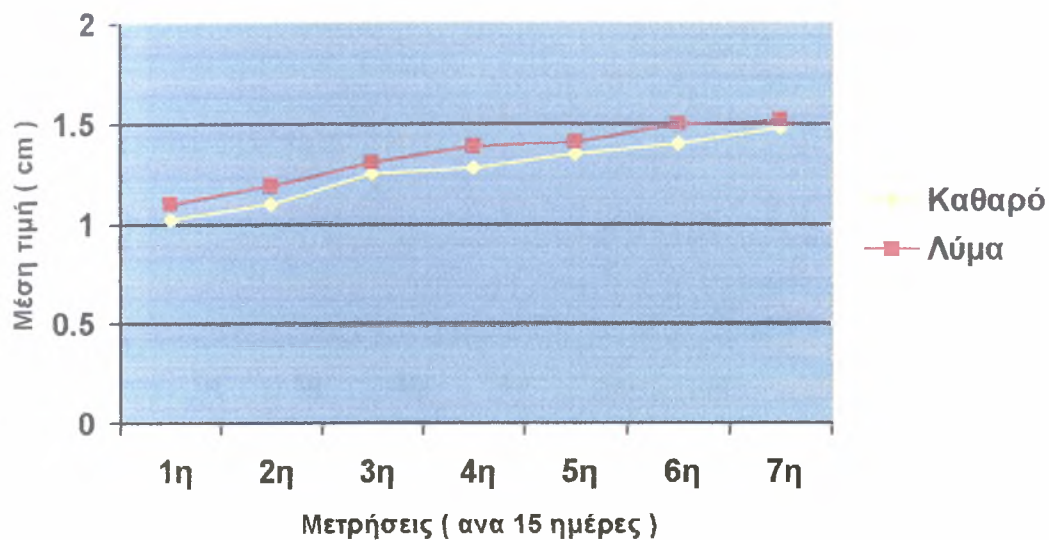
1.6 ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ

Τα παρακάτω γραφήματα προέκυψαν από μετρήσεις της διαμέτρου των κορμών των κωνοφόρων σε ύψος 10 cm από το έδαφος. Για τη μέτρηση αυτή χρησιμοποιήθηκε ένα παχυμετρο, με κλιμακα αναγνώσης 0-15 εκ. και διακριτικότητα ανάγνωσης 0,05 mm.

Από την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων (πίνακας 1.6.1) διαπιστώθηκε ότι και στα τα τρία είδη κωνοφόρων δεν παρουσιάστηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των αποδοσεων των δυο μεταχειρίσεων.

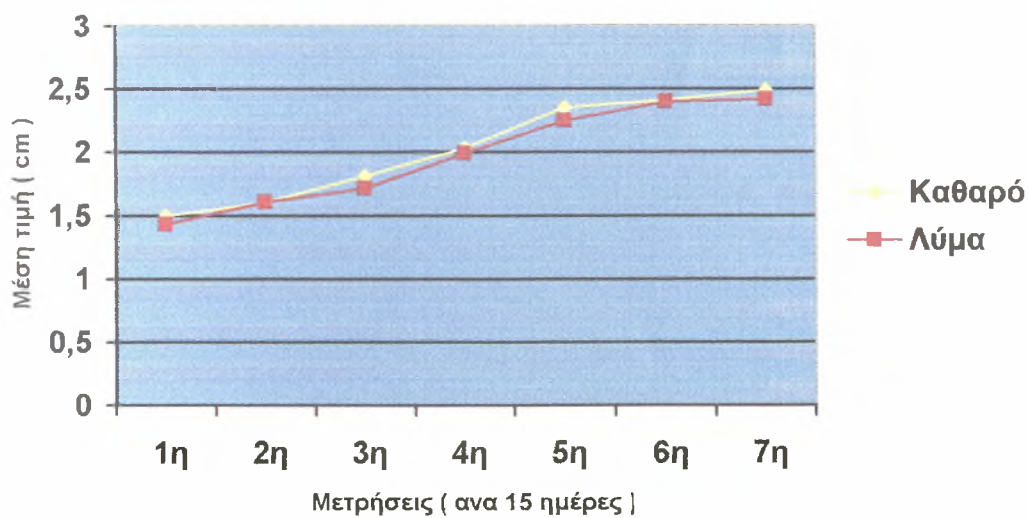
Πίνακας 1.6.1 Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας τιμών διαμέτρου του κύριου βλαστού στα κωνοφόρα.

	Juniperus		Thuja		Cupressus	
	Καθαρό νερό	Λύμα	Καθαρό νερό	Λύμα	Καθαρό νερό	Λύμα
Μέση τιμή διαμέτρου στα 10 cm	1.19	1.23	1.83	1.72	3.18	3.04
Τυπική απόκλιση	0.13	0.13	0.24	0.19	0.34	0.35
t test	0.53		0.38		0.46	
LSD (p=0.5)	2.1		2.17		2.18	
Σημαντικότητα	NS		NS		NS	



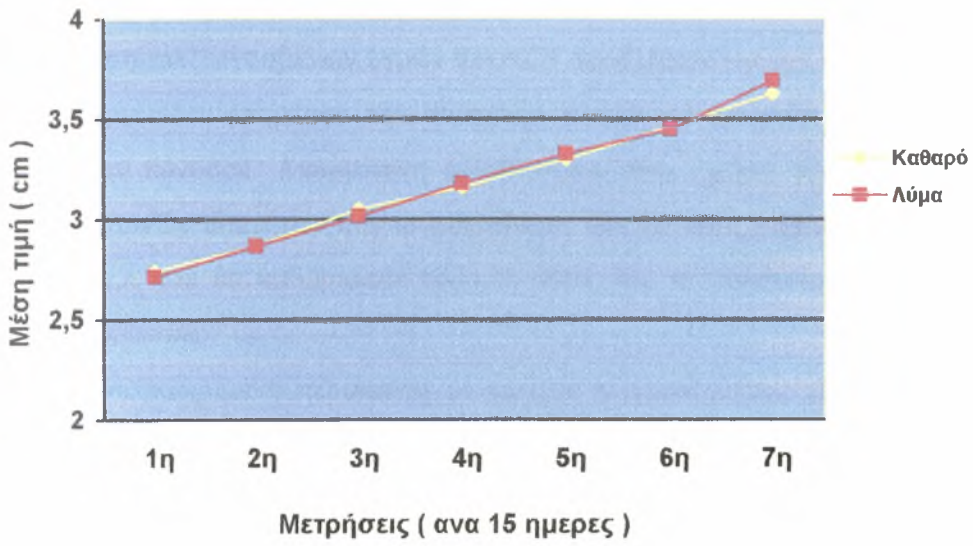
Γράφημα 1.6.1

Διάμετρος βλαστού του *Juniperus chinensis* cv. *Stricta* σε ύψος 10 cm από το έδαφος



Γράφημα 1.6.2

Διάμετρος βλαστού της *Thuja orientalis* c.v *Compacta Aurea Nana* σε ύψος 10 cm από το έδαφος



Γράφημα 1.6.3

Διάμετρος βλαστού του *Cupressus macrocarpa* cv. Golden Crest σε ύψος 10 cm από το έδαφος

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για την άρδευση τριών ειδών κωνοφόρων δεν επηρέασε την ανάπτυξη αυτών και μάλιστα σε ορισμένες περιπτώσεις την ευνόησε. Απαραίτητη προϋπόθεση στην χρήση τους αποτελεί ο έλεγχος των χημικών ιδιοτήτων και το μικροβιακό φορτίο τους καθώς οι δύο αυτοί παράμετροι είναι που θα καθορίσουν τόσο το είδος της καλλιέργειας όσο και του συστήματος άρδευσης.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση οι υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων χλωρίου που περιείχαν τα επεξεργασμένα υγρά, αστικά απόβλητα της πόλεως του Βόλου μας οδήγησε στην εφαρμογή μιας άρδευσης με υγρά απόβλητα και δύο αρδεύσεων με καθαρό νερό.

Ένα ακόμη θετικό στοιχείο από την χρήση των επεξεργασμένων αποβλήτων αποτέλεσε η εξοικονόμηση ποσοτήτων καθαρού νερού που στην συγκεκριμένη μελέτη έφθασε περίπου το 21 %.

Στις μέρες μας η ανάγκη εξεύρεσης νέων τρόπων εξοικονόμησης νερού αποτελεί άμεση προτεραιότητα. Η παρούσα μελέτη έρχεται να επιβεβαιώσει ότι η χρήση των επεξεργασμένων υγρών, αστικών αποβλήτων μπορεί να αποτελέσει μια αξιόλογη λύση στο πρόβλημα αυτό. Αν συνυπολογίσει μάλιστα κάποιος και τα οφέλη που προκύπτουν από τον περιορισμό της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης τότε εύλογα οδηγείται στο συμπέρασμα ότι η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων και η επαναχρησιμοποίησή τους αποτελεί μια τεχνική η οποία αξίζει να προσεχθεί ιδιαίτερω.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

1. <http://www.fao.org/docrep/T0551E/t0551e03.htm>
2. <http://www.geocities.com/RainForest/5161/labfrmvt.htm>
3. <http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/Environmental/Management.html>
4. <http://www.geocities.com/RainForest/5161/wwtps.htm>
5. http://dupageco.org/publicworks/generic.cfm?doc_id=880
6. <http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/311secondary.html>
7. <http://www.fao.org/DOCREP/003/V9922E/V9922E05.htm>
8. <http://www.halifax.ca/Works/wwt/>
9. <http://www.fao.org/docrep/T0551E/t0551e05.htm>
10. www.fao.org/docrep/T0551E/t0551e04.htm
11. www.ext.colostate.edu/pubs/crops/04716.html
12. Σημειώσεις Αρδεύσεων Μ.Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη
13. <http://www.cropinfo.net/drip.htm>
14. http://www.scs.leeds.ac.uk/cgi-bin/pfaf/arr_html?Juniperus+chinensis&CAN=LATIND
15. <http://www.botanik.uni-bonn.de/conifers/cu/ju/chinensis.htm>
16. <http://www.cnr.vt.edu/dendro/dendrology/syllabus/jchinensis.htm>
17. http://www.bonsai-in-belgium.be/uk/species_junip_chin.htm
18. <http://ianrpubs.unl.edu/plantdisease/g858.htm>
19. <http://www.botany.com/thuja.html>
20. <http://www.botanik.uni-bonn.de/conifers/cu/pl/>
21. <http://gardening.worldonline.co.za/0969.htm>
22. <http://www.the-tree.org.uk/BritishTrees/MrsGrieve/mgthuja.htm>
23. http://www.plantcultivar.info/pictures/pic99_1.htm
24. http://www.plantcultivar.info/pictures/pic99_2.htm
25. http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/cupmac/botanical_and_ecological_characteristics.html
26. <http://www.gardenshop.gr/fyta/library/goldcrest.htm>
27. <http://gardening.tiscali.co.za/0985.htm>
28. <http://www1.clunet.edu/wf/chap/flowers/fwr-688.htm>

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

1. Αγγελάκης Α., 2000. Η σημασία ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων εκροών αστικών υγρών αποβλήτων. *Αγροτική Έρευνα και Τεχνολογία*, Τεύχος 1 (14) Ιούλιος-Σεπτέμβριος 2000. ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.
2. Αθανασόπουλος Α., 2000. *Καλλωπιστικά Κωνοφόρα για την Ελλάδα*. Σελ. 173. Εκδόσεις Αγροτύπος, Αθήνα.
3. Αλεξίου Ι., Καλφούντζος Δ., Κωτσόπουλος Σ., Βύρλας Π. και Καμπέλη Σ. 2003. Σύγκριση της υποεπιφανειακής και της επιφανειακής στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια βαμβακιού. *9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης*, σελ. 199-206. 2-5 Απριλίου 2003, Θεσσαλονίκη.
4. Βακάλης Π.Σ. και Τσαντήλας Χ.Δ., 2002. Επίδραση άρδευσης βαμβακιού και καλαμποκιού με αστικά απόβλητα στο γεωργικό εισόδημα. *Αγροτική Έρευνα*. Επιστημονική Επιθεώρηση του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. Αθήνα. 25 (1) : 13-20.
5. Βουρδουμπάς Ι., 2000. Άρδευση Δασικής Φυτείας με επεξεργασμένα αστικά λύματα. *Γεωργία-Κτηνοτροφία* 6, 2000. σελ. 64-68. Αθήνα.
6. Γαλάνης Γ., Ζαλίδης Γ., Πανώρας Α., Σταματιάδης Σ., Μισοπολινός Ν. και Τσαντήλας Χ., 2000. Επίδραση στην ποιότητα του εδάφους από την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων. *Πρακτικά 8^{ου} Πανελλήνιου Εδαφολογικού Συνεδρίου*, 21-23 Σεπτεμβρίου 2000, Καβάλα. Ελληνική Εδαφολογική Εταιρεία.
7. Ι.Ε.Β. *Έκθεση «Άρδευση με σταγόνες»*, Σίνδος Θεσσαλονίκης. Απρίλιος 1977.
8. Καράταγλης Σ., 1992. *Φυσιολογία Φυτών*. Σελ. 304. Εκδόσεις Art of Text. Θεσσαλονίκη.
9. Μήτσιος, Ι.Κ., 1999. *Εδαφολογία*. Σελ. 313. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.
10. Μήτσιος, Ι.Κ., Τούλιος Μ.Γ., Χαρούλης Α., Γάτσιος Φ., Φλωράς Σ., 2000. *Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή Βελεστίνου*. Σελ. 45. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.
11. Πανώρας, Α.Γ., Μαυρουδής Ι.Γ., Βαξεβάνη Χ.Η. και Χατζηγιαννάκης Σ.Λ., 1992. Πρόβλεψη του κινδύνου έμφραξης των σταλακτήρων από τη χρήση των υπόγειων νερών της Β. Ελλάδας. *Υδροτεχνικά*, 2 (1) : 5-13.

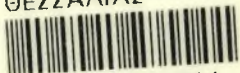
12. Πανώρας, Α.Γ., Χατζηαθανασιάδου, Α.Μ., και Τόπης, Χ.Γ., 1994. Είδος φθορών και κόστος συντήρησης δικτύων άρδευσης με σταγόνες. *Γεωπονικά*, 35 : 35-40.
13. Πανώρας Α.Γ. και Ηλίας Α.Κ., 1997. Υγρά αστικά απόβλητα: Μια νέα πηγή νερού για τους Οργανισμούς Εγγείων Βελτιώσεων. *Γεωπονικά*, τεύχος 369, σελ. 73-85. Έκδοση Γεωπονικού Συλλόγου Μακεδονίας-Θράκης. Θεσσαλονίκη.
14. Πανώρας Α., Ηλίας Α., Σκαράκης Γ., Παπαδόπουλος Α., Παπαδόπουλος Φ., Παρισσόπουλος Γ., Πατέρας Δ., Παπαγιαννοπούλου Α., Ζδράγκας Α., Αναγνωστόπουλος Κ., 1998. Άρδευση Ζαχαροτεύτλων με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. *Αποτελέσματα Ερευνητικού Έργου: Ανάκτηση Αστικών Υγρών Αποβλήτων με χρήση Φυσικών Συστημάτων και Επαναχρησιμοποίησή τους για άρδευση και ανάπτυξη Υγροτόπων*. Πρακτικά Ημερίδας, Αίθουσα Εκδηλώσεων Δήμου Σίνδου, 29 Σεπτεμβρίου 1998.
15. Πανώρας Α. και Ηλίας Α., 1999. *Άρδευση με Επεξεργασμένα Υγρά Αστικά Απόβλητα*. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη.
16. Πανώρας Α., Καλαφατέλη Δ., Ρέρη Ε., 1999. Διερεύνηση της καταλληλότητας για άρδευση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων της Θεσσαλονίκης. *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα*, Τόμος 1-Σειρά Ι. Αρ. 1-1999. ΓΕΩΤ.Ε.Ε. Θεσσαλονίκη.
17. Πανώρας Α., Ηλίας Α., Παπαγιαννοπούλου Α., Σκαράκης Γ., Παπαδόπουλος Φ., Παρισσόπουλος Γ., Ζδράγκας Α., Παπαδόπουλος Α., Καμπέλη Σ., 2000. Επίδραση του τρόπου άρδευσης και της ποιότητας του νερού στην απόδοση της κρυσταλλικής ζάχαρης των ζαχαροτεύτλων. *8^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης* 19-21 Απριλίου 2000, Αθήνα, σελ. 477-484.
18. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1984. *Αρχές και Πρακτική των Αρδύσεων*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ. 484.
19. Παπαζαφειρίου, Ζ., και Αντωνόπουλος, Β., 1991. *Υδραυλική Περιβάλλοντος*. Έκδοση Υπηρεσίας Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ. σελ. 484. Θεσσαλονίκη.
20. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1999. *Οι ανάγκες σε νερό των καλλιέργειών*. Σελ. 347. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
21. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Καλφούντζος Δ., Παπανίκος Ν. 2000. Αξιολόγηση της επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια

ζαχαροτεύτλων. *Πρακτικά 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής*, σελ. 157-164. Βόλος, 28-30 Σεπτεμβρίου 2000.

22. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Παπαλέξης Δ., Δαναλάτος Ν., Βουλτσάνης Π. και Νάκος Ν., 2003. Επίδραση Επιφανειακής και Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγή της ενεργειακής καλλιέργειας του Σόργου στην Κεντρική Ελλάδα. *9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης*, σελ. 183-190. 2-5 Απριλίου 2003, Θεσσαλονίκη.
23. Τερζίδης, Γ.Α., και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997. *Γεωργική Υδραυλική*. Σελ. 501. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη..



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074944