

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

"ΑΡΔΕΥΣΗ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ"

ΤΖΑΒΕΛΑ ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ
ΓΕΩΠΟΝΟΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:
Μ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ - ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ,
ΔΙΕΥΘΥΝΤΡΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ



ΒΟΛΟΣ 2005



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

Αριθ. Εισ.: 4930/1
Ημερ. Εισ.: 19-09-2006
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
628.445 9
ΤΖΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

"ΑΡΔΕΥΣΗ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ"

ΤΖΑΒΕΛΑ ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ
ΓΕΩΠΟΝΟΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:
Μ. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ - ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ,
ΔΙΕΥΘΥΝΤΡΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.

Τσιρόπουλος Ν., Επίκουρος Καθηγητής Π.Θ.

Αρβανιτογιάννης Ι., Αναπληρωτής Καθηγητής Π.Θ.

Στους γονείς μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων που διεξάγει το εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας..

Το θέμα της μεταπτυχιακής μου διατριβής, μου δόθηκε από την Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, κυρία Μαρία Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη στα πλαίσια των μεταπτυχιακών σπουδών της Σχολής.

Αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κυρία Μαρία Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη για την οργάνωση και παρακολούθηση της διατριβής μου σε ολόκληρη την πορεία της, καθώς επίσης και για την πολύτιμη και ουσιαστική συμβολή της στην επίλυση των θεωρητικών και πειραματικών προβλημάτων που παρουσιάστηκαν σε όλη την διάρκεια πραγματοποίησης της εργασίας αυτής. Επίσης την ευχαριστώ για την ηθική της υποστήριξη και την κριτική που άσκησε πριν την ολοκλήρωση της τελικής μορφής του κειμένου της διατριβής μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τη Δ.Ε.Υ.Α.Μ.Β. Βόλου και το προσωπικό του Βιολογικού Καθαρισμού για την άψογη συνεργασία μας στη μεταφορά των υγρών αστικών αποβλήτων.

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Νικόλαο Τσιρόπουλο, Επίκουρο Καθηγητή Π.Θ. , για το χρόνο που αφιέρωσε στα διάφορα στάδια της διατριβής μου, για τις σημαντικές του υποδείξεις και την εποικοδομητική κριτική που άσκησε καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον κ. Παναγιώτη Βύρλα, υποψήφιο διδάκτορα στο εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, του οποίου η συμβολή στην πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας ήταν καθοριστική, καθώς και στον κ. Νικόλαο Παπανίκο, μέλος ΕΤΕΠ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την βοήθεια του όποτε του ζητήθηκε.

Τους προπτυχιακούς φοιτητές της Γεωπονικής Σχολής Καμινιώτη Αχλλέα και Τζανακούλη Ελένη, για την βοήθεια τους στις μετρήσεις και στις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν για την διεκπεραίωση της παρούσας διατριβής.

Τον κ. Σπύρο Σουίπα καθώς και τους εργαζόμενους στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο, για την άψογη συνεργασία μας.

Τον Προϊστάμενο κ. Ι. Βαρβαρούση και το προσωπικό του Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ. Λάρισας, για την πολύτιμη βοήθεια τους κατά τη διεξαγωγή των εδαφολογικών αναλύσεων.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ηθική τους συμπαράσταση στις δυσκολίες της εκπόνησης αυτής της διατριβής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	ΣΕΛΙΔΕΣ
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο	9
1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΛΟΟΤΑΠΗΤΑ	9
1.1 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΛΟΟΤΑΠΗΤΑ	9
1.2 ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	10
1.3 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΧΛΟΟΤΑΠΗΤΑ	10
1.3.1 Συστηματική βοτανική ταξινόμηση	10
1.3.2 Ανατομία και φυσιολογία	13
1.3.3 Βλάστηση	14
1.3.4 Άνθηση	14
1.4 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΧΛΟΟΤΑΠΗΤΑ	15
1.4.1 Κοπή χλοοτάπητα	15
1.5 ΑΡΔΕΥΣΗ	16
1.5.1 Συχνότητα ποτίσματος	16
1.5.2 Χρόνος εφαρμογής ποτίσματος	17
1.5.3 Ποσότητα και ρυθμός ποτίσματος	18
1.5.4 Πηγή και ποιότητα νερού	19
1.5.5 Συστήματα αρδεύσεως	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο	22
2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΚΩΝΟΦΟΡΑ Ή ΚΩΝΙΦΕΡΟΦΥΤΑ(CONIFEROFYTA)	22
2.1 ΕΙΔΗ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ	22
2.1.1 CUPRESSUS(Κυπαρίσσι)	24
2.1.1.1 Cupressus macrocarpa "Gold Crest"	24
2.1.2 JUNIPERUS (Γιουνίπερος)	24
2.1.2.1 Juniperus chinensis "Stricta"	25

2.1.3	THUJA(Τούγια)	25
2.1.3.1	Thuja orientalis"Pyramidalis Aurea"	25
2.2	ΛΙΠΑΝΣΗ	26
2.3	ΚΛΑΔΕΜΑΤΑ	26
2.4	ΨΕΚΑΣΜΟΙ	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο		27
3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	27
3.1	ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	27
3.2	ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	28
3.3	ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	31
3.3.1	Κατηγορίες και είδη μικροοργανισμών	31
3.3.2	Παθογόνοι μικροοργανισμοί	31
3.4	ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	32
3.4.1	Ποιοτικά χαρακτηριστικά των υγρών αστικών αποβλήτων	33
3.5	ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	34
3.5.1	Προκαταρκτική επεξεργασία	35
3.5.2	Πρωτοβάθμια (πρωτογενής) επεξεργασία	35
3.5.3	Δευτεροβάθμια (δευτερογενής) επεξεργασία	35
3.5.4	Τριτοβάθμια επεξεργασία	36
3.5.5	Απολύμανση	36
3.5.6	Φυσικά συστήματα	36
3.6	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ	38
3.6.1	Χημική Ανάλυση	38
3.6.2	Αλατότητα	39
3.6.3	Διηθητικότητα	40
3.6.4	Τοξικότητα ιόντων	41
3.6.5	Θρεπτικά στοιχεία	42
3.6.6	Διάφορα προβλήματα	44
3.7	ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ	45
3.7.1	ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	
3.7.1	Παθογόνοι μικροοργανισμοί	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο	49
4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	49
4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	49
4.2 Η ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ (Υ.Σ.Α.).	51
4.2.1 Μέρη του συστήματος της στάγδην άρδευσης	52
4.2.2 Πλεονεκτήματα στάγδην άρδευσης	53
4.2.3 Μειονεκτήματα στάγδην άρδευσης	54
Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο	56
5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	56
5.1 ΥΛΙΚΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	56
5.2 ΕΞΑΤΜΙΣΙΜΕΤΡΟ	61
5.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΛΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ T.D.R.	62
5.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΟΣΗΣ, ΕΥΡΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	63
5.5 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	86
5.6 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΧΛΟΟΤΑΠΗΤΑ	88
5.6.1 Ξηρή Βιομάζα	88
5.6.2 Ύψος χλοοτάπητα	89
5.6.3 Χλωροφύλλη	89
5.7 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ	90
5.7.1 Ύψος Κωνοφόρων	90
5.7.2 Διάμετρος φυτοκόμης	91
5.7.3 Διάμετρος κυρίου βλαστού	91
5.7.4 Χλωροφύλλη	92
5.8 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	92
5.9 ΕΛΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ	92
5.10 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο	95
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ	95
6.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	95
6.2 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ	96

6.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΧΛΟΟΤΑΠΗΤΑ	98
6.3.1 Ξηρή Βιομάζα	98
6.3.2 Ύψος χλοοτάπητα	99
6.3.3 Χλωροφύλλη με εκχύλιση	100
6.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ	101
6.4.1 Ύψος κωνοφόρων	101
6.4.2 Διάμετρος φυτοκομης	104
6.4.3 Διάμετρος κυρίου βλαστού σε ύψος 10cm από το έδαφος	108
6.4.4 Χλωροφύλλη με εκχύλιση	111
6.5 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ	112
6.6 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	116
6.7 ΔΟΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	121
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο	123
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	123
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	125
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	136

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, όταν αποφεύγεται η διάθεσή τους σε υδάτινους αποδέκτες, μπορούν να αξιοποιηθούν με διάφορους τρόπους. Σημαντικότεροι αυτών είναι η άρδευση γεωργικών και αστικών εκτάσεων με οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων και η χρήση αυτών στη βιομηχανία. .

Οι γεωργικές εκτάσεις, τα γήπεδα του γκολφ, οι εθνικές οδοί, τα πάρκα και οι παιδικές χαρές είναι μεταξύ των πιο απαιτητικών χρηστών λόγω των μεγάλων περιοχών που απαιτούν για άρδευση. Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών αποβλήτων είναι μια πιθανή λύση που εφαρμόζεται, ειδικά στη γεωργία καθώς και για άρδευση τοπίων.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να ερευνηθούν τα αποτελέσματα της άρδευσης με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα μέσω της μεθόδου με Υπόγεια Στάγδην Άρδευση στα χαρακτηριστικά αύξησης χορτοτάπητα και 3 ειδών κωνοφόρων καλλωπιστικών, να ανιχνευθούν οποιεσδήποτε αλλαγές στις εδαφολογικές ιδιότητες και συνεπώς να αξιολογηθεί η εξοικονόμηση νερού από τη χρήση υγρών αστικών αποβλήτων έναντι της χρήσης του καθαρού νερού.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ο πειραματικός τομέας, χωρίστηκε σε 4 μέρη. Τα δύο από αυτά ποτίστηκαν μόνο με το καθαρό νερό από τη γεώτρηση του αγροκτήματος. Τα άλλα δύο ποτίστηκαν εναλλάξ με τα απόβλητα, που παρέχονταν από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας της πόλης του Βόλου και με το καθαρό νερό. Κάθε άρδευση με τα απόβλητα ακολουθήθηκε από δύο εφαρμογές άρδευσης με το καθαρό νερό, λόγω της ελαφριάς αυξανόμενης αλατότητας που υπήρξε στο λύμα και την αυξανόμενη συγκέντρωση των ιόντων του χλωρίου.

Οι παρατηρήσεις των παραμέτρων αύξησης περιέλαβαν τις μετρήσεις του ύψους του χορτοτάπητα, της χλωροφύλλης και της παραγωγής βιομάζας σε κανονικά χρονικά διαστήματα. Τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν στα κωνοφόρα ήταν: ύψος φυτού, διάμετρος φυτοκόμης, διάμετρος του κυρίου βλαστού σε απόσταση 10cm από το έδαφος, χλωροφύλλη με εκχύλιση.

Τα πειραματικά αποτελέσματα αποκάλυψαν ότι η μεταχείριση με υγρά αστικά απόβλητα υπερέβη του καθαρού νερού στα χαρακτηριστικά αύξησης του χορτοτάπητα, όμως καμία στατιστικά σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Επίσης, από την εδαφολογική ανάλυση που διεξήχθη στη μεταχείριση του λύματος, δεν καταγράφηκε οποιαδήποτε συγκέντρωση τοξικών στοιχείων.

Η μέτρηση των χαρακτηριστικών των κωνοφόρων έδειξε ότι η μεταχείριση με

λύμα είχε καλύτερα αποτελέσματα από τη μεταχείριση με καθαρό νερό. Μόνο όμως η μέτρηση του ύψους του είδους *Juniperus* έδωσε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p= 0.016$)

Όσον αφορά στην κατανάλωση ύδατος, η χρήση υγρών αστικών αποβλήτων οδήγησε σε μια εξοικονόμηση 35,88% του καθαρού νερού στον χλοοτάπητα και σε 34,87% στα κωνοφόρα.

Το κεφάλαιο 1 περιλαμβάνει γενικά στοιχεία για τον χλοοτάπητα και κυρίως για τη συντήρησή του και την άρδευση.

Το κεφάλαιο 2 περιλαμβάνει στοιχεία για τα τρία είδη κωνοφόρων.

Στο κεφάλαιο 3 αναφέρονται τα χαρακτηριστικά και η σύσταση των αποβλήτων, καθώς επίσης και τα στάδια επεξεργασίας των αποβλήτων, η καταλληλότητα αυτών για άρδευση και οι υγειονομικοί κίνδυνοι που πιθανόν να υπάρχουν.

Στο κεφάλαιο 4 γίνεται περιγραφή της Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης.

Στο κεφάλαιο 5 περιγράφονται τα Υλικά και οι Μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή. Αναλύονται τα υλικά άρδευσης, το εξατμισόμετρο, η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας, οι υπολογισμοί δόσης, εύρους και διάρκειας άρδευσης, η άρδευση με υγρά απόβλητα, οι μέθοδοι προσδιορισμού των χαρακτηριστικών του χλοοτάπητα και των κωνοφόρων, τα μετεωρολογικά δεδομένα, τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά των πειραματικών τεμαχίων και η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πειράματος. Δίνονται τα κλιματικά δεδομένα, η εξατμισοδιαπνοή, τα αποτελέσματα προσδιορισμού των χαρακτηριστικών του χλοοτάπητα και των κωνοφόρων, η εδαφολογική ανάλυση του πειραματικού αγρού, η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R., και οι δόσεις άρδευσης.

Τέλος, στο κεφάλαιο 7 δίνονται τα Συμπεράσματα και ακολουθεί η Βιβλιογραφία και το Παράρτημα Ι όπου παρουσιάζονται οι πίνακες της στατιστικής επεξεργασίας.

ABSTRACT

The treated municipal wastewater, when its disposal at water recipients is avoided, can be utilized by many ways. The most important of them are : Irrigation of agricultural and urban areas, with economical and environmental benefits, the enrichment of underground waters and the use of it in the industry.

Agriculture, golf courses, highways, parks and playgrounds are among the heaviest users of water due to the large areas requiring irrigation. Wastewater reuse is one possible solution that is being implemented, especially in agricultural and landscape irrigation.

The aim of the present work was to investigate the effects of irrigation with treated municipal wastewater through subsurface drip irrigation method, on growth characteristics of a lawn, and three conifers, to detect any changes on irrigated soil properties and consequently to evaluate the use of wastewater in water saving terms compared to freshwater use.

The experiment was conducted at the farm of the University of Thessaly. The experimental field, was separated in 4 parts. Two of them were irrigated only with fresh water from the borehole of the farm. The other two were irrigated periodically with wastewater, provided by the treatment plant of the city of Volos and with fresh water. Each irrigation with wastewater was followed by two irrigation applications with fresh water, because of the lightly increased salinity that existed in the wastewater and the increased concentration of ions of chloride.

Observations of plant growth parameters included the measurements of lawn height, the chlorophyll and biomass production in regular time intervals. The conifers characteristics that measured were: the height of the plants, the diameter of the plants canopy, the diameter of the stem and the chlorophyll.

The experimental results revealed that wastewater treatment exceeded freshwater in lawn's growth characteristics, yet no statistically significant differences were observed between the two treatments. Also, from the soil analysis that conducted in treatment that received wastewater, not any concentration of toxic elements was recorded.

The measure of characteristics in the three conifers showed that the treatment with waste water had better results than the treatment of the fresh water. Only the measurements of height in the species *Juniperus chinensis*. gave statistically significant difference ($p=0.016$).

As regards the water consumption, the use of wastewater resulted in a 35,88 % saving of fresh water for turf and in a 34,87 % for conifers .

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού, η μόλυνση των υπόγειων και επιφανειακών υδατικών σωμάτων, η άνιση κατανομή των υδατικών πόρων και οι περιοδικές ξηρασίες έχουν οδηγήσει σε προσπάθειες εξεύρεσης νέων πηγών νερού. Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων αποτελεί μια ολοένα και πιο αξιόπιστη λύση (Metcalf and Eddy, 1991).

Η ανάπτυξη του σύγχρονου πολιτισμού έχει προκαλέσει πληθώρα περιβαλλοντικών προβλημάτων, πολλά από τα οποία κυρίως κατά τα τελευταία έτη, έχουν καταστεί ιδιαίτερα έντονα και απειλητικά για την ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Ένα από αυτά τα προβλήματα είναι και η διάθεση των υγρών αστικών αποβλήτων καθώς και υγρών αποβλήτων που προέρχονται από μία κατηγορία βιομηχανιών που περιλαμβάνει κυρίως μονάδες παραγωγής και μεταποίησης αγροτικών προϊόντων. Κύριο χαρακτηριστικό των αποβλήτων αυτών είναι το υψηλό οργανικό φορτίο και σε πολλές περιπτώσεις η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών (Πανώρας και Ηλίας, 1999).

Η διαχείριση των αστικών αποβλήτων με τρόπο οικονομικό και περιβαλλοντικά ασφαλή είναι στις μέρες μας ένα από τα πιο πιεστικά προβλήματα των κοινωνιών.

Πολύ μεγάλες ποσότητες αποτίθενται στην επιφάνεια της γης, αποτεφρώνονται, απορρίπτονται στη θάλασσα ή θάβονται σε χωματερές. Τέτοιες λύσεις είναι συχνά αντιοικονομικές ή επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον. Τελευταία η χρησιμοποίηση των αστικών αποβλήτων στη γεωργία ή στη βελτίωση των εδαφών γίνεται όλο και πιο δημοφιλής και τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι αυτή η μεταχείριση των αποβλήτων είναι η πιο οικονομική και περιβαλλοντικά η πιο ασφαλής.

Στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια η ίδρυση και λειτουργία μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων των πόλεων γενικεύεται. Σήμερα σε πολλές πόλεις λειτουργούν τέτοιες μονάδες και στα επόμενα χρόνια ο αριθμός αυτός αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά.

Η διάθεση υγρών αποβλήτων αυτού του είδους έπαιξε και εξακολουθεί να παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύπανση των υδάτινων αποδεκτών (ποταμοί, λίμνες, θάλασσες, υπόγεια νερά), με αποτέλεσμα την υποβάθμιση των οικοσυστημάτων-αποδεκτών, την ακρήστευση (τουλάχιστον πρόσκαιρη) πηγών νερού για ύδρευση ή / και άρδευση, τη διάδοση ασθενειών, και τη δημιουργία δυσάρεστων καταστάσεων για τους ανθρώπους που διαβιούν κοντά ή συνδέονται κατά κάποιο τρόπο με τους υδάτινους αυτούς αποδέκτες.

Με σκοπό τη μείωση των δυσμενών επιπτώσεων από τη διάθεση αυτής της

κατηγορίας των αποβλήτων, αλλά και την εκμετάλλευση μιας επιπλέον πηγής νερού ιδιαίτερα σημαντικής, τουλάχιστον στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές του πλανήτη, δόθηκε παγκοσμίως από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 μεγάλη έμφαση στην επεξεργασία και στη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων. Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων ή μη υγρών αποβλήτων είναι μία πρακτική που έχει εφαρμοσθεί από τους αρχαίους ακόμη χρόνους. Ωστόσο τα τελευταία μόνο χρόνια έχουν αρχίσει να θεσπίζονται κριτήρια για την ασφαλή επαναχρησιμοποίηση τους στην άρδευση γεωργικών και αστικών εκτάσεων, στον εμπλουτισμό υδροφορέων, στη βιομηχανία και αλλού.

Στη χώρα μας εδώ και λίγα χρόνια άρχισαν να κατασκευάζονται και να λειτουργούν εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, κατά κύριο λόγο στα μεγάλα αστικά κέντρα. Είναι γεγονός ότι η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, όταν εφαρμόζεται με τον ενδεδειγμένο τρόπο, βελτιώνει σημαντικά τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά.

ΓΕΝΙΚΑ

Ο αριθμός των μονάδων επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς τόσο διεθνώς όσο και στη χώρα μας. Σκοπός της επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων είναι τόσο η προστασία του περιβάλλοντος κατά τη διάθεση αυτών στους υδάτινους αποδέκτες όσο και η δημιουργία προϋποθέσεων για την επαναχρησιμοποίησή τους. Οι βασικές επιδιώξεις των συστημάτων επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων είναι η μείωση του οργανικού φορτίου, των αιωρούμενων στερεών, και των παθογόνων μικροοργανισμών που περιέχονται σε αυτά (Πανώρας και Ηλίας, 1999).

Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, όταν αποφεύγεται η διάθεσή τους σε υδάτινους αποδέκτες, μπορούν να αξιοποιηθούν με διάφορους τρόπους, σημαντικότεροι των οποίων είναι η άρδευση γεωργικών και αστικών εκτάσεων, η χρήση αυτών στη βιομηχανία και ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων. Η άρδευση των καλλιεργειών είναι ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων, γιατί α) αποφεύγεται η υποβάθμιση των υδάτινων αποδεκτών (το οργανικό φορτίο και τα θρεπτικά που περιέχονται ακόμη και στα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα δημιουργούν προβλήματα στο περιβάλλον), β) επιτυγχάνεται η φυσική τροφοδοσία του εδάφους και των φυτών με θρεπτικά στοιχεία.

γεγονός που μπορεί να μειώσει την ανάγκη προσθήκης χημικών λιπασμάτων (Asano and Levine 1995, F.A.O. 1991, Pescod 1992) και γ) αποτελούν ένα επιπλέον υδατικό πόρο, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό σε χώρες όπου οι βροχοπτώσεις είναι ανεπαρκείς. Στην κατηγορία αυτή ανήκει και η χώρα μας, στην οποία οι μειωμένες βροχοπτώσεις των τελευταίων ετών (Maheras 1988, Maheras and Kolyba-Mahera 1990, Βαφειάδης 1991, Μαυρουδής και Πανώρας 1992, Πέννας 1992, Μαυρουδής και Πανώρας 1993α, Louisakis et al. 1998) σε συνδυασμό με την αύξηση της ζήτησης νερού τόσο για γεωργική όσο και για βιομηχανική-αστική χρήση, δημιούργησαν ελλειμματικό ισοζύγιο νερού και μείωσαν σημαντικά τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους.

Οι αγρότες της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης, ειδικότερα εκείνοι των οποίων οι αγροί αρδεύονται από τα νερά του ποταμού Αξιού, έχουν πρόσφατη την εμπειρία του καλοκαιριού του 1990, έτος κατ' εξοχή άνυδρο, κατά το οποίο αναγκάστηκαν να χρησιμοποιήσουν κάθε διαθέσιμη ποσότητα νερού. Ήταν η πρώτη φορά που χρησιμοποιήθηκαν τα νερά του ποταμού Λουδία, μετά από μεγάλες και συντονισμένες προσπάθειες όλων των φορέων που ασχολούνται με τα εγγειοβελτιωτικά έργα (Πανώρας και Χατζηγιαννάκης, 1992). Επίσης, ήταν η πρώτη φορά που οι αγρότες ζήτησαν να χρησιμοποιήσουν τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα της Θεσσαλονίκης.

Οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες σε νερό πρέπει να αντιμετωπισθούν πρωτίστως με την ορθολογική διαχείριση των υφιστάμενων υδατικών πόρων και δευτερευόντως με την εξεύρεση νέων πηγών φρέσκου νερού υπόθεση πολύ δύσκολη πλέον και με κόστος συνεχώς αυξανόμενο. Η μείωση των πάσης φύσεως απωλειών του αρδευτικού νερού (Παπαζαφειρίου, 1976α,β, Bos and Nugteren, 1983, Παπαζαφειρίου, 1984, Μαυρουδής κ.ά., 1993, Panoras and Mavroudis, 1995, Πανώρας και Μαυρουδής, 1995, Babajimopoulos et al., 1996, Panoras et al., 1996, Πανώρας κ.ά., 1997α,β, Christov et al., 1998, Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1998), η αξιοποίηση μεγαλύτερου μέρους των χειμερινών απορροών με την κατασκευή φραγμάτων ή την εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού (Πουλοβασίλης και Παγώνης, 1981, Καλλέργης 1985, Τερζίδης και Καραμούζης, 1985, Bouwer, 1988, Βαφειάδης και Πανώρας, 1993, 1994, Βαφειάδης κ.ά., 1994, Βαφειάδης, 1995, Βαφειάδης και Πανώρας, 1996α,β, Καραμούζης και Τερζίδης, 1998) και η αξιοποίηση νερών υποβαθμισμένης ποιότητας, όπως νερά αυξημένης περιεκτικότητας σε άλατα (Rhoades, 1972, Ayers and Westcot, 1985, Πανώρας και Χατζηγιαννάκης, 1992, Rhoades et al., 1992, Papadopoulos, 1995a) ή επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα (Pettygrove and Asano, 1985, Papadopoulos and Stylianos, 1988, 1991, Παπαζαφειρίου και Αντωνόπουλος

1991, Papadopoulos,1995β,γ, Papadopoulos et al., 1995, Αγγελάκης και Tsobanoglous ,1995, Ganoulis, 1995, Πανώρας και Ηλίας, 1997α,β, Πανώρας κ.ά.,1997, Παπαδόπουλος κ.ά. ,1997α,β, Αντωνόπουλος ,1998, Πανώρας κ.ά. 1998α,β, 1999α,β) αποτελούν τα βασικά μέτρα εξοικονόμησης σημαντικών ποσοτήτων νερού.

Τριετής έρευνα (1995-1997) σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων της Θεσσαλονίκης στην άρδευση των ζαχαρότευτλων (Πανώρας κ.ά., 1998, 1999) έδειξε ότι τα συγκεκριμένα απόβλητα προσέθεταν στο έδαφος ποσότητες αζώτου, φωσφόρου και καλίου που κυμαίνονταν από 20.5-30.5, 4.5-6.8 και 11.7-13.5 Kg/στρέμμα και αρδευτική περίοδο, αντίστοιχα. Όπως γίνεται φανερό σημαντικές ποσότητες αζώτου, φωσφόρου και καλίου παρέχονται στα φυτά από τα υγρά αστικά απόβλητα. Επίσης, χρήσιμα ιχνοστοιχεία που περιέχονται στα υγρά αστικά απόβλητα έχουν επιπρόσθετα οφέλη στην παραγωγή.

Όσον αφορά στην επίδραση των υγρών αποβλήτων στις ιδιότητες του εδάφους οι απόψεις δίστανται. Οι Mathers et al., 1977, Mathers and Stewart, 1980, Clanton and Slak,1987, Papadopoulos, 1995β διαπίστωσαν βελτίωση των φυσικών και υδραυλικών ιδιοτήτων του εδάφους. Αντίθετα, οι Barrington and Jutras,1983 διαπίστωσαν χειροτέρευση των υδραυλικών ιδιοτήτων του. Όσο παράξενο και αν φαίνεται, μπορεί και οι δύο διαπιστώσεις να είναι σωστές ανάλογα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων, το είδος του εδάφους στο οποίο εφαρμόζονται, το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την εφαρμογή των υγρών αποβλήτων στο έδαφος καθώς και τις λοιπές καλλιεργητικές πρακτικές.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθεί η επίδραση και η εξοικονόμηση νερού της Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα της πόλης του Βόλου και με καθαρό νερό, σε χλοοτάπητα και σε τρία είδη κωνοφόρων καλλωπιστικών δέντρων.

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΛΟΟΤΑΠΗΤΑ

Η χρήση του χλοοτάπητα στη χώρα μας τα τελευταία είκοσι χρόνια έχει πάρει μεγάλες διαστάσεις και αποτελεί πλέον απαραίτητο στοιχείο και βασικό συμπλήρωμα κάθε μικρής ή μεγάλης κηποτεχνικής διαμορφώσεως.

Εκτός όμως από καθαρά διακοσμητικό στοιχείο καλύπτει πλέον και λειτουργικές ανθρώπινες ανάγκες, κυρίως όσον αφορά την κάλυψη των διαφόρων αθλητικών γηπέδων ή ακόμη εκδηλώσεις μαζικής ζωής (ξενοδοχεία, πάρκα κλπ.). Τέλος η σημασία του στην αποκατάσταση του περιβάλλοντος στις τοποθεσίες όπου έχει προηγηθεί εξορυκτική εκμετάλλευση (μεταλλεία, λιγνιτωρυχεία, λατομεία κλπ.) ή τεχνική αλλοίωση του ανάγλυφου (φράγματα, εθνικές οδοί, σιδηροδρομικές γραμμές κλπ.) είναι εξίσου σημαντική και μεγάλη.

Η κατασκευή και συντήρηση ενός χλοοτάπητα και μάλιστα όταν έχει χρηστική αποστολή παρουσιάζει πολλά προβλήματα, παρόλο ότι επικρατεί η πεποίθηση, που θεωρεί ότι το “γκαζόν” θέλει μόνο πότισμα και κούρεμα”.

1.1 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΛΟΟΤΑΠΗΤΑ

Η πρωτόγονη εμφάνιση του χλοοτάπητα γίνεται όταν ο άνθρωπος αρχίζει να μετατρέπεται από κυνηγό σε καλλιεργητή και εγκαταλείπει τη νομαδική περιπλάνηση του για αναζήτηση τροφής. Η εκτροφή των ζώων δημιουργεί την ανάγκη λιβαδιών για βοσκή και τα λιβάδια αυτά είναι η αρχή της δημιουργίας του χλοοτάπητα. Ο χλοοτάπητας που από απλό λιβάδι επρόκειτο να μεταβληθεί σε ουσιαστικό στοιχείο του σχεδιασμού του τοπίου και να παίξει σημαντικό ρόλο στη καθημερινή κοινωνική ζωή του ανθρώπου δεδομένου ότι καλύπτει τρεις βασικές χρήσεις:

a) Λειτουργική χρήση

Έλεγχος διαβρώσεως που προκαλείται από νερό, αέρα, μείωση του θορύβου, της ανακλώμενης θερμότητας του εδάφους, περιορισμό της μόλυνσεως κλπ.

b) Διακοσμητική χρήση

Δεδομένου ότι είναι απαραίτητο πλέον στοιχείο της αρχιτεκτονικής του τοπίου και του κήπου και μάλιστα πολλές φορές αναγκαίο για τη δημιουργία εντυπωσιακού περιβάλλοντος και προβολής κτιρίων και κατασκευών.

ε) Αθλητική χρήση.

Μεγάλος αριθμός αθλημάτων, ατομικών και κυρίως ομαδικών παίζεται σε γήπεδα που είναι καλυμμένα με χλοοτάπητα (τένις, κρίκετ, ποδόσφαιρο, πόλο, ιππασία κλπ.). Στην περίπτωση μάλιστα αυτή το χόρτο λειτουργεί και σαν μέσο προφύλαξης και αποφυγής τραυματισμών και χτυπημάτων.

1.2 ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

1. Ομοιομορφία: Ο σωστός χλοοτάπητας παρουσιάζεται ενιαίος σε όλη του την έκταση χωρίς κενά σημεία, ζιζάνια, ανώμαλη και ανισοϋπή ανάπτυξη και με σταθερή ποσοτική αναλογία αριθμού φυτού ή φυτών ανά μονάδα επιφανείας.

2. Πυκνότητα: Ένα από τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά του χλοοτάπητα το οποίο εκφράζεται ποσοτικά με τον αριθμό βλαστών ή φύλλων ανά μονάδα επιφανείας.

3. Υφή: Εξαρτάται από το πλάτος των φύλλων κάθε είδους και κυμαίνεται από αδρή (άγρια ή τραχιά) (είδη με αδρή υφή είναι η *Festuca arundinacea*, το κικούγιου κλπ) έως λεπτή (είδη με λεπτή ή λεπτεπίλεπτη υφή είναι η *Agrostis*, η *Festuca rubra* κλπ). Η ομοιόμορφη υφή είναι ένα χαρακτηριστικό που καθορίζει την ποιότητα ενός σωστού μίγματος σπόρων διακοσμητικού χλοοτάπητος.

4. Χρωματισμός: Καθορίζει αποφασιστικά την γενική φυσική κατάσταση του χλοοτάπητα και είναι το μέτρο του φωτός που αντανακλάται από τον χλοοτάπητα. Συνήθως επιθυμητός είναι ο σκούρος πράσινος χρωματισμός η διαβάθμιση του οποίου είναι απόλυτα υποκειμενική, πλην όμως αντικειμενικά εξαρτάται από τη περιεχόμενη χλωροφύλλη.

5. Λειότητα ή απαλότητα: Αφορά κυρίως τους χλοοτάπητες που έχουν λειτουργική ή αθλητική σημασία και αναφέρεται ειδικότερα στο πόσο «στρωτός» είναι ο χλοοτάπητας και πόσο γρήγορα εύκολα και χωρίς αλλαγή κατευθύνσεως κυλά μια μπάλα στην επιφάνεια του (golf, ποδόσφαιρο). Με άλλα λόγια είναι ένα μέτρο τριβής που χαρακτηρίζει την επιφάνεια του.

1.3 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΧΛΟΟΤΑΠΗΤΑ

1.3.1 Συστηματική βοτανική ταξινόμηση

Τα είδη των φυτών που συμμετέχουν στη κατασκευή των χλοοταπήτων ανήκουν στην οικογένεια των Αγρωστωδών (*Gramineae*) ή Ποωδών (*Poaceae*) της οποίας η ηλικία καταγράφεται ότι είναι άνω των 70 εκατομμυρίων ετών και από την Παλαιοβοτανική χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερη τάξη σύμφωνα με τα απολιθώματα που

έχουν βρεθεί. Πιο συγκεκριμένα εμφανίζεται στη Μειόκαινο εποχή οπότε γίνεται και η εμφάνιση των γιγαντιαίων χορτοφάγων θηλαστικών.

Η οικογένεια των αγρωστωδών είναι από τις πλέον σημαντικές του φυτικού βασιλείου και περιλαμβάνει 600 γένη και 5000 είδη. Από αυτά πολλά αφορούν είδη λειμώνια, βοσκή, καλλιεργούμενα κ.λ.π. και μόνο 30 αφορούν χλοοτάπητες. Τα είδη αυτά είναι ποώδη κατά βάση (δεν διαμορφώνουν ξυλώδη επίγειο βλαστό) και χαρακτηρίζονται ως μονοετή (ο κύκλος ζωής τους διαρκεί ένα έτος ή μια βλαστική περίοδο) ή πολυετή τα οποία και ζουν άνω των δύο ετών. Πρακτικά και αν δε μεσολαβήσουν βίαιοι παράγοντες, όπως ασθένεια ή πρόσθετη καταπόνηση κ.λ.π. ο χλοοτάπητας ζει για πολλά χρόνια.

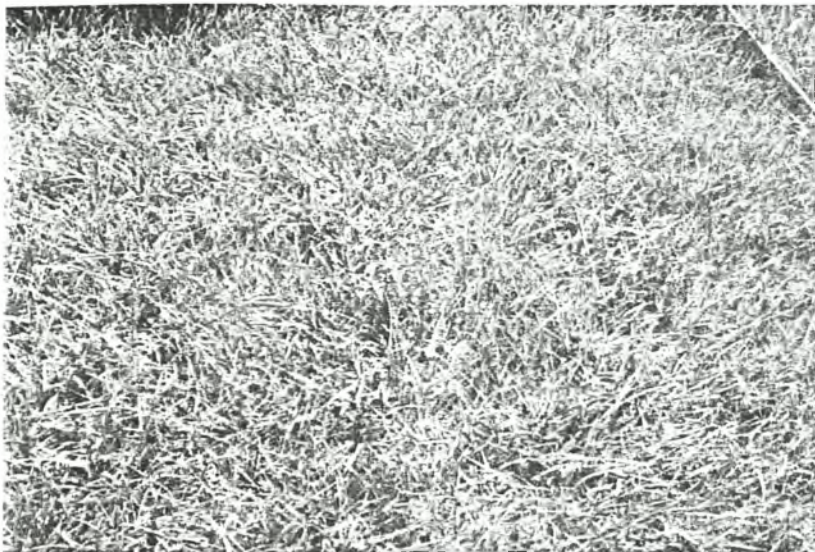
Festuca arundinacea Shreb (Tall fescue) Φεστούκη η καλαμοειδής

Είναι το κυριότερο ψυχρόφιλο είδος που καλλιεργείται με πολύ μεγάλη επιτυχία στην Ελλάδα από τη δεκαετία του 70 (Σπαντιδάκης, 1999). Προσαρμόζεται σε μεγάλη ποικιλία κλιματικών και εδαφικών συνθηκών. Δημιουργεί ένα πυκνό και σφιχτό χλοοτάπητα με το έντονο "αδέλφωμα" το οποίο την χαρακτηρίζει δεν έχει όμως την ικανότητα να έρπει αλλά αναπτύσσεται κατά "τούφες" (θυσάνους). Είναι βοτανικό είδος το οποίο αρχικά είχε χρησιμοποιηθεί ως λειμώνιο φυτό βοσκών. Οι αρχικές ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν στην Ελλάδα (*Kentucky 31, Alta κ.λ.π.*) μακροσκοπικά δεν έδιναν την εικόνα ενός καλού χλοοτάπητα κυρίως λόγω του φύλλου το οποίο είναι πολύ πλατύ και αδρής εμφανίσεως σε σχέση με τις άλλες χλόες αλλά και με την έντονη τάση δημιουργίας ξυλωδών βλαστών (καλάμωμα). Αυτά κυρίως τα χαρακτηριστικά αλλά και ο διαφορετικός και ανταγωνιστικός τρόπος αναπτύξεως της απέκλεισαν τη δυνατότητα χρησιμοποίησης της ως συστατικό μιγμάτων σπόρων χλοοταπήτων. Το ριζικό της όμως σύστημα είναι πλούσιο και βαθύ, βαθύτερο από κάθε άλλο ψυχρόφιλο είδος. Για το λόγο αυτό το είδος παρουσιάζει μεγάλη προσαρμοστικότητα στη μεταβατική (ενδιάμεση) κλιματική ζώνη μεταξύ της ψυχρής υγρής και θερμής υγρής ζώνης. Αντεπεξέρχεται με επιτυχία το stress των υψηλών θερμοκρασιών του καλοκαιριού ενώ αντέχει σε θερμοκρασίες έως -10°C χωρίς εμφανή σημεία ζημιών. Η αντοχή της σε υψηλές θερμοκρασίες είναι ικανοποιητικότερη από την αντίστοιχη όλων των ψυχρόφιλων ειδών χλόης. Ικανοποιητικός είναι επίσης και ο χρωματισμός που διατηρεί κατά τη περίοδο των υψηλών θερμοκρασιών ενώ αντιθέτως ο ρυθμός αναπτύξεως μειώνεται πολύ. Η αντοχή της σε σκιερά μέρη είναι μέτρια ενώ είναι ανθεκτική σε καταπόνηση και κυκλοφορία. Αναπτύσσεται καλύτερα σε εδάφη κυμαινόμενου pH μεταξύ 5,5 και 6,5 αλλά τα όρια αυξάνονται και μέχρι 4,7-8,7.

Παρουσιάζει επίσης αντοχή σε αλκαλικά και αλατούχα εδάφη σε σχέση με τα υπόλοιπα ψυχρόφιλα είδη. Χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις και ιδιαίτερα όπου απαιτείται χλοοτάπητας αντοχής στη κυκλοφορία, πυκνός, σφιχτός, με χρώμα που να διατηρείται ικανοποιητικό καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, (παιδικές χαρές, πάρκα, πρανή εθνικών οδών κλπ.) Η βελτιωμένη εντατική συντήρηση του με πλούσιες λιπάνσεις και τακτικό κούρεμα εξουδετερώνει αρκετά την αδρότητα που χαρακτηρίζει την εμφάνιση του φυλλώματος. Δεν αντέχει το τακτικό βαθύ κούρεμα και το άριστο ύψος αναπτύξεως κυμαίνεται μεταξύ 4 ~ 5 εκατοστών. Απαιτεί όμως κούρεμα γιατί διαφορετικά ξυλοποιείται (καλαμώνει) εύκολα και ανθοφορεί (Σπαντιδάκης, 1990).

Είναι είδος το οποίο λόγω του αδρού φυλλώματος, της υψηλής αναπτύξεως αλλά και του τρόπου αναπτύξεως (τούφες, θύσανοι) δεν μπορεί να αναμιχθεί με άλλα είδη ως μίγμα. Στην χώρα μας δεν έχει πρόβλημα από τις χαμηλές θερμοκρασίες αλλά σε οριακές καταστάσεις (κάτω του -5°C) κιτρινίζει αρκετά αλλά δεν κινδυνεύει να καταστραφεί. Πολλές φορές εκτός από το κίτρινο χρώμα παρουσιάζει και έντονο αραίωμα (ξήρανση βλαστών-αδελφών από χαμηλή θερμοκρασία). Τον κίτρινο αυτό χρωματισμό αποκτά και όταν φθάσει σε οριακά σημεία υψηλών θερμοκρασιών. Στις ΗΠΑ όπου η επιστημονική έρευνα και γνώση προηγείται κατά πολύ από τις άλλες χώρες στη καλλιέργεια του χλοοτάπητα είχαν εκτιμηθεί εγκαίρως οι δυνατότητες που είχε το είδος αλλά και οι γενετικές βελτιώσεις που θα μπορούσε να παρουσιάσει. Κάτω μάλιστα από την επίδραση του γεγονότος της μεγάλης λειψυδρίας που παρουσιάστηκε στα μέσα της δεκαετίας του 80 άρχισαν οι προσπάθειες βελτιώσεως των δυνατοτήτων που είχε και της μετατροπής του από ένα φυτό για μέτριους χλοοτάπητες ή κτηνοτροφική καλλιέργεια όπως ήταν μέχρι τότε στις ΗΠΑ σε είδος αξιόλογο και με οικονομική σημασία στη κηποτεχνία και την αρχιτεκτονική τοπίου.

Πολλοί μάλιστα την προβάλλουν και ως τη μοναδική λύση για περιπτώσεις χρήσεως ψυχρόφιλου είδους σε θερμές περιοχές που χαρακτηρίζονται από ξηρασία και υψηλά επίπεδα θερμοκρασιών το καλοκαίρι. Η προσπάθεια στηρίχθηκε στην αξιοποίηση του πλούσιου ριζικού συστήματος που την χαρακτηρίζει με ταυτόχρονη βελτίωση της εμφανίσεως του αδρόφυλλου και όχι ελκυστικού στην όψη φυλλώματος. (Σπαντιδάκης, 1990).



Εικόνα 1.1 Festuca arundinacea

Η *Festuca arundinacea* (εικόνα 1.1) είναι μια χλόη που προσαρμόζεται σε ένα ευρύ φάσμα καλλιεργητικών συνθηκών. Ανέχεται τα υγρά χώματα και τις μικρές χρονικές περιόδους πλημμύρας, αλλά είναι επίσης ανεκτική στην ξηρασία. Είναι ανεκτική στο χαμηλό pH αλλά είναι παραγωγικότερο όταν το pH είναι 5,8 έως 6,5, ο φώσφορος και το κάλιο είναι σε μέτριες έως υψηλές ποσότητες, και το εδαφολογικό άζωτο είναι εύκολα διαθέσιμο. Κάτω από καλές συνθήκες θα αυξηθεί σε 48 ίντσες ή και περισσότερο στο ύψος.

Τα φύλλα της έχουν ένα κιτρινωπό έως σκούρο πράσινο χρώμα ανάλογα με τη διαθεσιμότητα του εδαφολογικού αζώτου. Η πάνω επιφάνεια των φύλλων είναι θαμπή με τις ευδιάκριτες φλέβες που τρέχουν κατά μήκος του φύλλου. Η κάτω επιφάνεια των φύλλων είναι ομαλή και στιλπνή. (<http://www.caf.wvu.edu/~forage/tallfesc.htm>)

1.3.2 Ανατομία και φυσιολογία

Η χλόη παρουσιάζει ένα βασικό ανατομικό χαρακτηριστικό επάνω στο οποίο στηρίζεται και όλη η καλλιέργεια του χλοοτάπητα. Το μονοκότυλο αυτό είδος αποκτά μικρό ύψος και το κέντρο αναπτύξεως και βλαστήσεως του που ονομάζεται λαιμός βρίσκεται πολύ χαμηλά προς το έδαφος όπου και παράγει συνέχεια νέους βλαστούς ή φύλλα. Αυτός είναι ένας βασικός λόγος που παρουσιάζει αντοχή στη συνεχή μείωση της φυλλικής επιφάνειας και την αποφύλλωση που προκαλεί το κούρεμα. Εάν και όταν κάποιος από τους βλαστούς καταλήξει σε ταξιανθία μετά την άνθηση και την καρποφορία της ταξιανθίας αυτός ο βλαστός θα νεκρωθεί αλλά νέοι εν συνεχεία θα κάνουν την εμφάνισή τους από παράπλευρα σημεία και οι οποίοι προέρχονται από τυχαίους οφθαλμούς. Αυτοί οι οφθαλμοί ονομάζονται "αδέλφια".

1.3.3 Βλάστηση

Η επιτυχημένη εξέλιξη του σταδίου της βλαστήσεως το οποίο πρακτικά αρχίζει με το φύτευμα του σπόρου εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

1. Βάθος σποράς
2. Διαθέσιμη υγρασία
3. Κατάλληλη θερμοκρασία
4. Επαρκής φωτεινή ενέργεια (φωτισμός)
5. Πλούσιο ενδοσπέρμιο σε αποθησαυριστικές ουσίες (άμυλο)

Η ανάπτυξη ενός πλούσιου υγιούς και καλά διακλαδισμένου ριζικού συστήματος αποτελεί την βάση της εξέλιξης της χλόης. Η εξέλιξη αυτή όμως του ριζικού συστήματος μπορεί να παρεμποδιστεί από διάφορους παράγοντες που διαχωρίζονται σε δύο ομάδες:

A. Περιβαλλοντικοί παράγοντες

1. Υψηλές θερμοκρασίες εδάφους
2. Έδαφος με όξινη αντίδραση (pH χαμηλότερο του 5)
3. Έλλειψη αρκετού οξυγόνου στο έδαφος γεγονός που συμβαίνει όταν αυτό έχει υπερκορεσθεί με υγρασία ή είναι πολύ συμπιεσμένο οπότε περιορίζεται το πορώδες του εδάφους.
4. Παρουσία αλάτων με τοξική επίδραση στα νεαρά σπορόφυτα και που προέρχονται είτε από το έδαφος είτε από την άρδευση.

B. Καλλιεργητικοί παράγοντες

1. Κοπή (κούρεμα) σε πολύ χαμηλό ύψος.
2. Κοπή (κούρεμα) ανά πολύ σύντομα χρονικά διαστήματα (επαναλήψεις)
3. Υψηλή συγκέντρωση αζώτου στο έδαφος
4. Χαμηλή περιεκτικότητα καλίου στο έδαφος.

1.3.4 Ανθηση

Η εμφάνιση της ταξιανθίας στη χλόη δηλώνει το τέλος της περιόδου βλαστήσεως και την αρχή της ανθήσεως που χαρακτηρίζει και την περίοδο παραγωγής του σπόρου.

Τα ψυχρόφιλα είδη είναι φυτά μακράς ημέρας και κατά συνέπεια η άνθηση πραγματοποιείται μόνο μετά την έκθεση του φυτού σ' ένα ορισμένο αριθμό ωρών φωτεινότητας αντίστοιχα.

1.4 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΧΛΟΟΤΑΠΗΤΑ

Η ολοκληρωμένη και σωστή συντήρηση ενός χλοοτάπητα με αξιώσεις απαιτεί τη σύγκλιση και το συνδυασμό των εξής παραγόντων:

1. Σωστό προγραμματισμό εργασιών ο οποίος πλην των άλλων στηρίζεται στη βαθιά γνώση των μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής.
2. Προσωπικό με εμπειρία και γνώση του αντικειμένου.
3. Μηχανολογικό εξοπλισμό που να διευκολύνει την εφαρμογή του προγράμματος χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα χρήσεως και συντηρήσεως στο προσωπικό που τον χειρίζεται.
4. Οικονομική άνεση για την ικανοποίηση των προηγούμενων παραγόντων.

Η συντήρηση του χλοοτάπητα εμπεριέχει πολλές καλλιεργητικές φροντίδες με την ιδιομορφία ότι κατά την εκτέλεσή τους δεν πρέπει να καταστρέφεται η επιφάνεια και η ομαλότητα του χλοοτάπητα. Το σύνολο των εργασιών συντηρήσεως προϋποθέτει την ύπαρξη σωστού και πλούσιου εξοπλισμού δηλαδή μια σειρά εργαλείων και μηχανημάτων ανάλογα με την έκταση που συντηρείται αλλά και του επιπέδου ικανοποιητικής εμφανίσεως χλοοτάπητα που επιζητείται.

1.4.1 Κοπή χλοοτάπητα

Η κοπή του χλοοτάπητα είναι η συνηθέστερη, βασικότερη αλλά και η πλέον αναγκαία εργασία που απαιτεί ο χλοοτάπητας και κατά συνέπεια η χλοοκοπτική μηχανή είναι το πλέον απαραίτητο μηχανήμα που απαιτείται για τη συντήρηση του χλοοτάπητα.

Το κούρεμα, η άρδευση και η λίπανση είναι οι βασικές και στοιχειώδεις εργασίες για τη συντήρηση και την καλή εμφάνιση του χλοοτάπητα και οι οποίες έχουν αλληλοεπίδραση μεταξύ τους.

Βασική αρχή του κουρέματος που γίνεται σε οποιοδήποτε χλοοτάπητα είναι να τον διατηρεί σε κατάλληλο ύψος ώστε το φύλλωμα που απομένει να τροφοδοτεί επαρκώς το ριζικό σύστημα και ταυτόχρονα ο χλοοτάπητας να έχει ελκυστική εμφάνιση και να εξυπηρετεί σωστά τη λειτουργία για την οποία κατασκευάστηκε.

Κατά την εργασία του κουρέματος η μηχανή πρέπει να ακολουθεί διαδρομές παράλληλες μεταξύ τους και απόλυτα ευθείες. Οι αντίθετες κατευθύνσεις των διαδρομών δημιουργούν και την εντυπωσιακή εικόνα που συνήθως βλέπουμε στα ποδοσφαιρικά γήπεδα και οφείλεται στη διαφορετική κλίση του φυλλώματος.

1.5 ΑΡΔΕΥΣΗ

Η χλόη ανήκει στα φυτά που έχουν μεγάλες ανάγκες σε νερό. Το νερό αυτό προέρχεται κατά κύριο λόγο από τις βροχοπτώσεις και εν συνεχεία από την εφαρμογή της αρδεύσεως δια της οποίας συμπληρώνουμε τις ανάγκες του χλοοτάπητα. Οι ανάγκες αυτές επηρεάζονται από πολλούς κλιματικούς και μικροκλιματικούς παράγοντες και ο προσδιορισμός τους σε ποσότητα και χρόνο απαιτεί εμπειρία και γνώση. Η σωστή άρδευση εξασφαλίζει ένα χλοοτάπητα που χαρακτηρίζεται από μεγάλη πυκνότητα, βαθύ χρωματισμό, κανονική ανάπτυξη και ικανότητα αναβλαστήσεως. Η έλλειψη σωστού αρδευτικού προγράμματος καταλήγει σε αναστολή της βλαστήσεως, αραιώμα του φυλλώματος, ασθενή χρωματισμό, σε περιόδους δε ξηρασίας ή καύσωνα το φύλλωμα προσλαμβάνει καφέ απόχρωση ενώ η χλόη έχει πολύ αργό, σχεδόν ανύπαρκτο ρυθμό αναπτύξεως. Το νερό απαιτείται για την ανάπτυξη του χλοοτάπητα αλλά παράλληλα και για τη διάλυση και διεύθυνση των διαφόρων χημικών ουσιών στο έδαφος (λιπάσματα, εντομοκτόνα και μυκητοκτόνα εδάφους), φύτρωμα και ανάπτυξη των νέων σπόρων στην περίπτωση σποράς και μείωση της θερμοκρασίας του μικροπεριβάλλοντος του χλοοτάπητα κατά τις περιόδους του καύσωνα.

Η συχνότητα αλλά και η ποσότητα που χαρακτηρίζει την απαιτούμενη άρδευση εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Σκοπός και λειτουργία χλοοτάπητα
- Απαιτήσεις που έχουμε για την εμφάνιση και την ποιότητα του χλοοτάπητα.
- Διάρκεια και ένταση της ξηράς περιόδου, η οποία δεν πρέπει να συνδέεται πάντοτε με τη περίοδο του καλοκαιριού.
- Κόστος αρδεύσεως.
- Είδος και ποικιλία ή ποικιλίες σπόρων που απαρτίζουν τον χλοοτάπητα.
- Προγραμματισμός και ένταση συντηρήσεως του χλοοτάπητα.

1.5.1 Συχνότητα ποτίσματος

Ο χλοοτάπητας παρουσιάζει την ανάγκη ποτίσματος όταν το ανώτερο στρώμα του εδάφους (15 -18 εκ.) εμφανίζει έλλειψη υγρασίας. Η κατάσταση αυτή ελέγχεται εύκολα με ένα δειγματολήπτη εδάφους με τη βοήθεια του οποίου αφαιρούμε δείγμα εδάφους σε ανάλογο βάθος και εξετάζουμε την υγροσκοπική του κατάσταση. Άλλος πρακτικός τρόπος είναι το "δείγμα του αποτυπώματος". Τα αποτυπώματα των βημάτων των ανθρώπων επάνω σε χλοοτάπητα που βρίσκεται σε κατάσταση έντονης μαράνσεως παραμένουν για πολύ

χρόνο επάνω στο φύλλωμα της χλόης. Το φύλλωμα στη περίπτωση αυτή παρουσιάζει έλλειψη σπαργής δηλαδή έλλειψη απαραίτητων χυμών που οφείλεται στο έλλειμμα υγρασίας. Ο νεόσπαρτος χλοοτάπητας απαιτεί, τακτικά ποτίσματα, πολλές φορές δύο ή τρεις φορές την ημέρα ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες των νέων σποροφύτων αλλά και το έδαφος να διατηρείται μαλακό (να μην κρουστιάζει επιφανειακά) ώστε να διευκολύνεται η βλάστηση των σπόρων. Τα πρώτα ποτίσματα μάλιστα πρέπει να γίνονται πλούσια ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες του εδάφους τουλάχιστον σε βάθος 20 εκατοστών. Το γεγονός αυτό θα βοηθήσει τον χλοοτάπητα να αναπτύξει βαθύ, πλούσιο και διακλαδισμένο ριζικό σύστημα. Τα πλούσια ποτίσματα πρέπει να επαναλαμβάνονται κατά διαστήματα μέχρις ότου αρχίσει το κανονικό πρόγραμμα αρδεύσεως του ώριμου πλέον χλοοτάπητα. Για τη συχνότητα της επαναλήψεως του ποτίσματος (δηλαδή το κάθε πότε πρέπει να ποτίζεται ο ώριμος χλοοτάπητας) δεν υπάρχουν συγκεκριμένες συνταγές και υποδείξεις. Η τακτική που εφαρμόζεται από πολλούς να ποτίζουν πολύ τακτικά και με σχετικά μικρή ποσότητα νερού κάθε φορά καταλήγει στη δημιουργία χλοοτάπητα με περιορισμένο και ρηχό ριζικό σύστημα, ευπάθεια σε ασθένειες, κακή υγιεινή κατάσταση και εμφάνιση αλλά και ευκολία προσβολής από ζιζάνια. Υπάρχουν δύο μέθοδοι τεχνικού προσδιορισμού των αναγκών:

1. Καθορισμός των αναγκών με μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας δια ειδικού τασιμέτρου.
 2. Καθορισμός των αναγκών βάση υπολογισμού της συνολικής εξατμισοδιαπνοής.
- Η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως θερμοκρασία, ταχύτητα του ανέμου, σχετική ατμοσφαιρική υγρασία κλπ Άνω του 85%, των απωλειών της υγρασίας από το έδαφος αποδίδεται στην εξατμισοδιαπνοή.

1.5.2 Χρόνος εφαρμογής ποτίσματος

Η αποτελεσματικότητα αλλά και η ωφέλεια του ποτίσματος εξαρτάται κατά μεγάλο ποσοστό από την ώρα της ημέρας που θα επιλέξουμε να ποτίσουμε.

Χωρίς αμφιβολία οι ώρες κατά τις οποίες το πότισμα έχει την μεγαλύτερη ωφέλεια είναι οι πρωινές μέχρι τις 9 η ώρα και οι βραδινές μετά τη δύση του ηλίου. Ο λόγος για τον οποίο προτιμώνται οι νυχτερινές ή πρωινές ώρες είναι διότι είναι περίοδοι που οι απώλειες νερού από εξάτμιση είναι ελάχιστες και κατά συνέπεια η αξιοποίηση της ποσότητας του νερού που χρησιμοποιείται η μέγιστη δυνατή.

Ιδιαίτερη σημασία έχει το πότισμα κατά την περίοδο του φυτρώματος των ψυχρόφιλων ειδών και κυρίως κατά τη περίοδο Νοεμβρίου - Φεβρουαρίου. Η επανάληψη του ποτίσματος και η ποσότητα του νερού θα είναι πάντοτε έτσι

καθορισμένα ώστε να μη γίνεται υπερκορεσμός του χώματος σε υγρασία. Το κορεσμένο έδαφος παγώνει εύκολα τη νύχτα και αργεί να θερμανθεί την ημέρα με αποτέλεσμα και ο σπόρος να καθυστερεί το φύτρωμα ή την ανάπτυξη του όπου η θερμοκρασία παίζει καθοριστικό ρόλο. Το πότισμα συνδέεται άμεσα με την εμφάνιση και την εξάπλωση διαφόρων μυκητολογικών προσβολών. Η ύπαρξη και παραμονή για πολύ χρόνο σταγονιδίων νερού επάνω στο φύλλωμα και μάλιστα σε στιγμή που η θερμοκρασία είναι υψηλή είναι η άριστη συνθήκη για την ανάπτυξη και διάδοση ασθενειών. Κατά συνέπεια την περίοδο που υπάρχει ένδειξη διαδόσεως ασθενειών είναι προτιμότερο το πότισμα να γίνεται μεσημέρι όταν η επικρατούσα θερμοκρασία εξατμίζει γρήγορα τα σταγονίδια που παραμένουν στα φύλλα

Η κακή ποιότητα εδάφους (αργιλώδες) ή ύπαρξη ανωμαλιών (λακκούβες) που δεν επιτρέπουν την ταχεία και ισορροπημένη αποστράγγιση είναι ένα πρόβλημα που καταλήγει στην δημιουργία μικρών λιμνών όπου ο χλοοτάπητας υπόκειται στον κίνδυνο ασφυξίας του ριζικού συστήματος ή την εμφάνιση ασθενειών.

1.5.3 Ποσότητα και ρυθμός ποτίσματος

Η ποσότητα του νερού που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε πότισμα εξαρτάται από την υδατοϊκανότητα του εδάφους, την υγροσκοπική κατάσταση του εδάφους τη δεδομένη στιγμή καθώς και την ταχύτητα διηθήσεως του νερού στο έδαφος. Εάν μάλιστα το έδαφος έχει κλίσεις ή είναι πολύ συνεκτικό λόγω ποιότητας ή συμπίεσεως η συνολική ποσότητα ή τουλάχιστον ο χρόνος ποτίσματος πρέπει να μειωθούν ώστε κατά τη διάρκεια του ποτίσματος η ποσότητα νερού που διηθείται να είναι μεγαλύτερη από την ποσότητα νερού του ποτίσματος ανά μονάδα επιφάνειας. Διαφορετικά έχουμε απώλειες νερού από την άσκοπη απορροή του ή και δημιουργία ασφυκτικών καταστάσεων από την μακριά παραμονή του στο χλοοτάπητα.

Η περίοδος αιχμής ημερολογιακά καθορίζεται μεταξύ του τελευταίου δεκαημέρου του Ιουνίου και του πρώτου του Σεπτεμβρίου. Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται συνήθως από πολύ υψηλές θερμοκρασίες που αγγίζουν τα όρια του καύσωνα, έλλειψη ατμοσφαιρικής υγρασίας, πνοή ανέμων πολλές φορές θερμών και ισχυρών και μεγάλη ηλιοφάνεια, συνθήκες δηλαδή που πολλαπλασιάζουν και αυξάνουν την εξατμισοδιαπνοή και κατά συνέπεια και τις ανάγκες του χλοοτάπητα. Σημειωτέον ότι οι ανάγκες ποτίσματος μειώνονται σημαντικά προς το τέλος της περιόδου αιχμής οπότε και αρχίζει να ελαττώνεται το μήκος της ημέρας (15 Αυγούστου). Ασφαλώς τα όρια ποσοτήτων που προαναφέρθηκαν καθώς και η περίοδος αιχμής μεταβάλλεται πολύ

εύκολα λόγω της μεγάλης ποικιλίας μικροκλιματικών συνθηκών αλλά και ποικιλίας εδαφικών τύπων που παρουσιάζει το Ελληνικό περιβάλλον από περιοχή σε περιοχή.

1.5.4 Πηγή και ποιότητα νερού

Η δυνατότητα εγκαταστάσεως και συντηρήσεως του χλοοτάπητα στηρίζεται κυρίως στη διαθέσιμη ποσότητα νερού αλλά αντίστοιχα και η ποιότητα του νερού παίζει εξίσου καθοριστικό ρόλο τόσο στη δυνατότητα εγκαταστάσεως όσο και στην επιλογή του είδους του χλοοτάπητα. Αναμφιβόλως η βροχή αποτελεί την κυριότερη πηγή νερού και μάλιστα άριστης ποιότητας. Η έλλειψη βροχοπτώσεων και κυρίως ομοιόμορφα κατανεμημένων στη διάρκεια του έτους δημιουργεί την ανάγκη του ποτίσματος το οποίο πραγματοποιείται με τη χρήση νερού από διάφορες πηγές όπως:

➤ **Δίκτυο πόλεως** Το νερό συνήθως είναι άριστης ποιότητας έστω και αν είναι χλωριωμένο, χωρίς παρουσία αλάτων και αιωρημάτων αλλά έχει περιορισμένη δυνατότητα χρήσεως διότι το κόστος του είναι απολύτως ασύμφορο και ειδικότερα για μεγάλες επιφάνειες.

➤ **Φυσικοί ταμιευτήρες** (π.χ. λίμνες, ποταμοί) Συνήθως παρέχουν άφθονο και καλής ποιότητας νερό που περιέχει όμως αιωρήματα (άλγη, φύκη κλπ) και του οποίου το κόστος επιβαρύνεται με το κόστος ενέργειας αντλήσεως και μεταφοράς.

➤ **Υπόγεια ύδατα** (γεώτρηση, πηγάδι). Η συνηθέστερη πηγή για το νερό του ποτίσματος το οποίο είναι συνήθως καθαρό μεν από αιωρήματα αλλά παρουσιάζει περιεκτικότητα αλάτων που μπορεί να κυμαίνεται από μικρό έως απαγορευτικό επίπεδο οπότε μεταβάλλεται σε ακατάλληλο για πότισμα. Η περιεκτικότητα σε ιόντα Χλωρίου και Νατρίου είναι καθοριστική για την ποιότητα τα του νερού και την επίδραση του στην κατάσταση του χλοοτάπητα ενώ ανθρακικά και θειικά άλατα Ασβεστίου και Μαγνησίου επηρεάζουν και την εύρυθμη λειτουργία των εκτοξευτήρων στα συστήματα αρδεύσεως. Τα άλατα δημιουργούν ιζήματα (πουρί) τα οποία και περιορίζουν ή φράσσουν τελείως τις σωληνώσεις ή τα ακροφύσια των εκτοξευτήρων. Συνήθως μετά την ξηρή περίοδο του καλοκαιριού κατά την οποία γίνεται υπεράντληση των αποθεμάτων, η στάθμη των υπογείων υδάτων είναι πολύ χαμηλή όπως και η ποιότητα τους που είναι η χειρότερη του έτους

➤ **Ανακυκλωμένο νερό από βιολογικό καθαρισμό.** Η αξιοποίηση του ανακυκλωμένου νερού που προέρχεται από την κατανάλωση του νερού σε ξενοδοχειακές και βιομηχανικές μονάδες ή ακόμα και στις πόλεις είναι το μέλλον της διαφυλάξεως του πολύτιμου αγαθού που είναι το νερό και του οποίου οι διαθέσιμες ποσότητες

συνεχώς περιορίζονται. Στην περίπτωση αυτή ο έλεγχος της ηλεκτροαγωγιμότητας θα καθορίσει την καταλληλότητα του νερού διότι η ποσότητα των διαλυμένων αλάτων είναι οπωσδήποτε αυξημένη. Πέραν των ορίων εντός των οποίων πρέπει να κυμαίνονται τα διάφορα χαρακτηριστικά της ποιότητας του νερού η χρήση του ανακυκλωμένου νερού πρέπει να γίνεται με προσοχή και να ελέγχεται συνεχώς.

Με την χρήση νερού προβληματικής ποιότητας ο χλοοτάπητας αποκτά επιφανειακό και περιορισμένο ριζικό σύστημα, χαρακτηρίζεται από απροθυμία αναπτύξεως, αποκτά σκουρότερο χρώμα, φύλλωμα δύσκαμπτο και μικρότερου μεγέθους εάν δε συνεχιστεί η χρήση του νερού το φύλλωμα αραιώνει, παρουσιάζει μάρανση και εγκαύματα στις άκρες των φύλλων. Η καταπόνηση που προκαλείται στον χλοοτάπητα προέρχεται από δύο παράγοντες:

1. Έλλειψη υγρασίας που δημιουργείται από την υπερβολική συγκέντρωση αλάτων που εμφανίζεται στο ριζικό σύστημα και τα οποία την κατακρατούν λόγω ωσμωτικής πίεσης.
2. Η υψηλή συγκέντρωση αλάτων δημιουργεί τοξικά φαινόμενα στα φυτά

1.5.5 Συστήματα αρδεύσεως

Ο σκοπός της λειτουργίας ενός αρδευτικού συστήματος είναι να ποτίσει εγκαίρως τον χλοοτάπητα με την απαιτούμενη ποσότητα νερού που χρειάζεται προκειμένου να διατηρείται στην άριστη δυνατή κατάσταση κάτω από δεδομένες κλιματολογικές συνθήκες. Ταυτόχρονα η διανομή του νερού πρέπει να είναι ομοιόμορφη και ισομερής χωρίς να υπερβαίνει τον βαθμό διηθήσεως του εδάφους. Τέλος τα χαρακτηριστικά του καλού αρδευτικού συστήματος συμπληρώνονται από το μικρό κόστος εγκαταστάσεως, την ευκολία λειτουργίας και την εξοικονόμηση νερού που επιτυγχάνει.

Το πότισμα "με το χέρι" τα παλαιότερα χρόνια ήταν η συνηθισμένη μέθοδος ποτίσματος η οποία και σήμερα εφαρμόζεται σε μικρούς κήπους ή πολύ δύσκολα σημεία. Η μέθοδος αυτή αρχικά απαιτούσε από τον κηπουρό να στέκεται για πολλές ώρες και με το σωλήνα του ποτίσματος να προσπαθεί να κατανείμει το νερό ώστε να ικανοποιήσει τις ανάγκες του χλοοτάπητα. Στην δεκαετία του 60 εμφανίζονται οι διάφοροι μεταφερόμενοι εκτοξευτήρες, στατικοί ή μετακινούμενοι, οι οποίοι και εξασφαλίζουν καλύτερη κατανομή του νερού ενώ ταυτόχρονα εμφανίζονται και τα ολοκληρωμένα αυτόματα συστήματα τα οποία και έκτοτε εξελίσσονται συνεχώς.

Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή όταν γίνεται χρήση νερού που περιέχει άλατα κάθε μορφής και συνθέσεως ώστε να μην καταβρέχονται τα φύλλα των γειτονικών φυτών και προκαλούνται εγκαύματα.

Οι Zoldoske et al., (1995) αναφέρουν την εμπειρία χρησιμοποίησης της Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης σε χλοοτάπητα. Η εφαρμογή της Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης σε χλοοτάπητα απαιτεί την τοποθέτηση των σταλακτήρων και των σταλακτηφόρων αγωγών σε στενή απόσταση, ώστε να διατηρείται υγρό το ριζόστρωμα του χλοοτάπητα καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης του. Οι έρευνες στο Center of Irrigation Technology (California, Η.Π.Α.) δείχνουν ότι ο χλοοτάπητας μπορεί να παραμείνει υγιής χρησιμοποιώντας την Υπόγεια Στάγδην Άρδευση. Οι τύποι των αρδευτικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν συμπεριλάμβαναν ανθεκτικούς σωλήνες άρδευσης, σταλακτηφόρους τύπου ταινίας και πορώδεις σωλήνες. Μερικά από τα προϊόντα, εμφάνισαν έμφραξη από τις ρίζες τις πρώτες 60 ημέρες. Οι πορώδεις σωλήνες δεν αντιμετώπισαν πρόβλημα έμφραξης, αλλά παρατηρήθηκε απόκλιση από την ομοιομορφία κατανομής του νερού, ύστερα από αρκετά χρόνια λειτουργίας, εξαιτίας της συσσώρευσης λεπτών σωματιδίων στις διόδους του νερού. Το σύστημα της Υπόγειας Στάγδην Άρδευσης εγκαταστάθηκε πριν από την εγκατάσταση του χλοοτάπητα, σε ένα βάθος 10 εκ. Οι σταλακτηφόροι τοποθετήθηκαν σε αποστάσεις 25 έως 60 εκ. Ο προγραμματισμός της άρδευσης σχεδιάστηκε ώστε να αντικαθιστά το 150 % της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας, εξαιτίας 50 % απωλειών σε διάφορα συστήματα καταιονισμού.

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερο χρησιμοποιούνται τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα στην άρδευση γεωργικών και αστικών εκτάσεων με τη χρήση υπόγειας στάγδην άρδευσης. Σε πείραμα που διεξήχθη στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα από το Βιολογικό καθαρισμό του Βόλου, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την άρδευση γκαζόν (*Festuca arundinacea* cv. Fine Lawn I) με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης, προέκυψε ότι τα εν λόγω απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άρδευση χλοοτάπητα με άριστα αποτελέσματα εφόσον ακολουθείται ένα πρόγραμμα εναλλαγής φρέσκου νερού και λυμάτων (Sakellariou-Makrantonaki et al., 2003).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΚΩΝΟΦΟΡΑ Ή ΚΩΝΙΦΕΡΟΦΥΤΑ (CONIFEROFYTA)

2.1 ΕΙΔΗ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ

Τα Κωνοφόρα είναι δενδρώδη ή σπανίως θαμνώδη είδη, αειθαλή (Abies, Cupressus, Pinus κ.ά.) ή φυλλοβόλα (Larix και Taxodium). Ο κορμός διακρίνεται από την ασθενή **εντεριόνη** (pith) και το ισχυρώς ανεπτυγμένο ξυλώδες σώμα, με **ετήσιους δακτυλίους** (annual rings) και **τραχειίδες** (tracheids) με **αλωφόρα βοθρία** (bordered pits) σε μία ή περισσότερες σειρές. Επίσης, ο κορμός τους είναι συνήθως **μονοποδιακός** με πλευρικούς κλάδους που παρουσιάζουν συχνά σπονδυλωτή διάταξη. Οι κλάδοι τους εμφανίζουν συνήθως διαφοροποίηση σε **μακροκλάδια** και **βραχυκλάδια**. Φλοιός λεπτός με έντονο σχηματισμό **λεπιοειδούς ξηροφλοιού** ή **ρυτιδώματος**. **Ρητινοφόροι αγωγοί** υπάρχουν στο φλοιό, τα φύλλα και πολλές φορές στο ξύλο. Φύλλα σκληρά, βελονοειδή, με ένα μεσαίο νεύρο ή λεπιοειδή με σπειροειδή, σπονδυλωτή ή σταυροειδώς αντίθετη διάταξη. Τα άνθη τους είναι μονογενή και τα φυτά μόνοικα. Τα αναπαραγωγικά όργανα διαμορφώνονται σε ειδικούς σχηματισμούς τους κώνους, Τα αρρενα άνθη σχηματίζουν κατά την άνοιξη αραιές κωνοειδείς ταξιανθίες, τους **μικροκώνους**, στους οποίους οι στήμονες είναι σπειροειδώς διαταγμένοι με τους γυρεοσάκκους στην κάτω επιφάνεια τους. Τα θήλεα άνθη σχηματίζουν επίσης κατά την άνοιξη κωνοειδείς ταξιανθίες ή ραγοειδείς, τους **μακροκώνους**, οι οποίοι αντίθετα από τους μικροκώνους ευρίσκονται μεμονωμένοι στις κορυφές των υψηλότερων κλάδων των δένδρων. Τα θήλεα άνθη αποτελούνται από το **καρπικό λέπιο** που φέρει συνήθως δύο ορθότροπες ή ανατροπές γυμνές σπερματικές βλάστες. Κάτω από τα καρπικά λέπια, που συνήθως αποξυλώνονται κατά την ωρίμαση, ευρίσκονται τα **καλυπτήρια λέπια**.

Κάθε σπερματική βλάστη περιέχει ένα μόνο μεγασπόριο, το κύτταρο του εμβρυοσάκκου. Από αυτό προκύπτει το θήλυ γαμετόφυτο με μορφή ενός πολυκυττάρου προθαλλίου, που αναπτύσσει πολυάριθμα αρχεγόνια. Κάθε αρχεγόνιο περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό από κύτταρα λαιμού και στα Pinaceae ένα αυτοτελές κοιλιακό κύτταρο.

Τα αρρενα γαμετόφυτα περιέχονται στους γυρεοκόκκους, που αιωρούμενοι στον αέρα με τους αεροφόρους σάκκους τους, πλησιάζουν εύκολα στις σπερματικές βλάστες. Εκεί παγιδεύονται σε μία σταγόνα κολλώδους ουσίας που προεξέχει της μικροπύλης, της **σταγόνας επικονιάσεως** και προσκολλώνται τελικά στην κορυφή του μεγασποριαγγείου, όπου εκβλαστάνουν με ένα γυρεοσωλήνα. Σπερματοζώδια δεν σχηματίζονται. Ο γυρεοσωλήνας εξυπηρετεί τη μεταφορά των αρρένων γαμετών στο ωοκύτταρο, όπου θα

δημιουργηθεί ο διπλοειδής ζυγώτης. Έτσι, ολοκληρώνεται η γονιμοποίηση που απέχει από την επικονίαση περίπου 15 μήνες. Από το γονιμοποιημένο ωοκύτταρο προκύπτει αρχικώς ένα **προέμβρυο** με τον **αναρτήρα**, από το οποίο θα προκύψουν με διαφορετικούς τρόπους για κάθε μία οικογένεια και γένος, ένα ή περισσότερα έμβρυα.

Τα σπέρματα των περισσότερων Κωνοφόρων δύνανται να παραμείνουν στη ζωή επί αρκετά χρόνια. Σε μερικά είδη οι ώριμοι κώνοι ανοίγουν αμέσως και ελευθερώνουν τα σπέρματα, που δύνανται να βλαστήσουν ευθύς μετά τη διασπορά τους. Σε άλλα όμως είδη τα σπέρματα ελευθερώνονται μόνο με την υψηλή θερμότητα ή την πυρκαγιά. Η δυνατότητα αυτή αποτελεί σπουδαίο παράγοντα διαιωνίσεως και επεκτάσεις των ειδών αυτών, επειδή με αυτό τον τρόπο μετά τις πυρκαγιές τα σε μεγάλες ποσότητες ελευθερούμενα σπέρματα δύνανται να δημιουργήσουν νέα άτομα.

Τα Κωνοφόρα προέρχονται από τα Cordaitales που έζησαν στο τέλος της Λιθανθρακοφόρου περιόδου και έδωσαν γένεση στα Voltziales. Στο Μεσοζωικό αιώνα γίνεται η κοσμοπολίτικη εξάπλωση των Coniferales, όπου σήμερα σε πολλά μέρη της Γης και ιδιαίτερα στο βόρειο ημισφαίριο σχηματίζουν εκτεταμένα δάση. (Σαρλής Γ.Π., 1999).

Στο αιθαλές φύλλωμα επικεντρώνεται σίγουρα το κυριότερο ενδιαφέρον αυτής της μεγάλης οικογένειας. Δεν λείπουν βέβαια οι εξαιρέσεις. Τα είδη LARIX, GINKGO BILOBA, METASEQUOIA, GLYPTOSTROBOIDES, TAXODIUM DISTICUM χάνουν το φύλλωμα τους το χειμώνα. Πολλές απ' τις ποικιλίες μέτριας και μεγάλης ανάπτυξης, αποτελούν τα βασικά φυτά διαμόρφωσης πάρκων και κήπων, όλων των εποχών. Άλλες ποικιλίες χρησιμοποιούνται για τον σχηματισμό υψηλών φραχτών, πράσινων τοίχων και ανεμοφραχτών. Οι έρπουσες ποικιλίες φυτεύονται συχνά σαν εναλλακτική λύση χλοοτάπητα, ειδικά όπου η συντήρηση του τελευταίου είναι προβληματική. Οι μεγάλες διαφορές διαστάσεων, σχημάτων, χρωμάτων, μας επιτρέπει πάντα να βρούμε ένα ή παραπάνω κωνοφόρα κατάλληλα για οποιοδήποτε κήπο, ανεξάρτητα από έκταση, θέση, φύση του εδάφους.

Τα κωνοφόρα χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση και δεν κλαδεύονται σχεδόν ποτέ, με εξαίρεση βέβαια όταν φυτεύονται για φράχτες.

Προσαρμόζονται σε όλες τις εκθέσεις, αλλά οι ποικιλίες με μπλε ή αργυρό φύλλωμα, διατηρούν έντονα τα χρώματα τους σε προσήλιες θέσεις και άριστα εδάφη (IL MILLEPIANTE, 1991).

2.1.1 CUPRESSUS (Κυπαρίσσι)

Τα κυπαρίσσια είναι γένος που περιλαμβάνει 20 περίπου είδη. Κατάγονται όλα από το βόρειο ημισφαίριο, και είναι αειθαλή κωνοφόρα, με χρώματα πράσινο, μπλε, κίτρινο, μονόχρωμα ή με έντονες αποχρώσεις. Παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση των τοπίων και χρησιμοποιούνται πολύ στον σχηματισμό φραχτών και ανεμοθραυστών.

2.1.1.1 Cupressus macrocarpa "Gold Crest"

Τα Cupressus macrocarpa είναι κωνοφόρα αειθαλή δένδρα με κίτρινο αρωματικό φύλλωμα και κωνική κόμη, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1. Αναπτύσσονται ακόμη και σε ξηρά και άγονα, όξινα ή αλκαλικά εδάφη σε ηλιόλουστες θέσεις. Φυτεύονται μεμονωμένα, σε ανεμοφράχτες και δενδροστοιχίες και είναι κατάλληλα και για παραθαλάσσιες φυτεύσεις. Τα τυπικά είδη πολλαπλασιάζονται με σπορά, ενώ οι ποικιλίες με εμβολιασμό και σπανιότερα με μοσχεύματα.. Το είδος αυτό απαιτεί προστασία από τους πολύ δυνατούς παγετούς. (<http://www.mammos.gr>)



Εικόνα 2.1 Cupressus macrocarpa "Gold Crest"

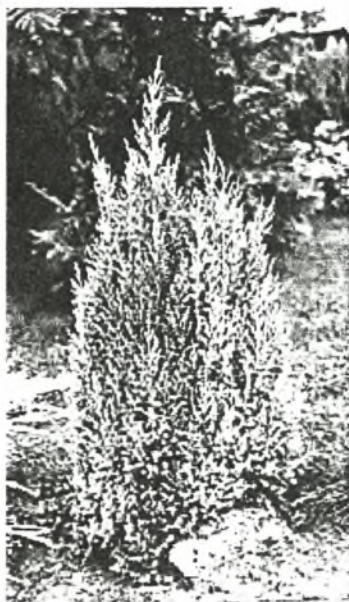
Είναι φυτά με σχήμα τέλεια κωνικό. Είναι νέα σχετικά ποικιλία, ευαίσθητη στο κρύο και χαρακτηρίζεται από ταχεία ανάπτυξη και χρυσοκίτρινο φύλλωμα που δεν υπάρχει όμοιο του στα άλλα κυπαρίσσια.(IL MILLEPIANTE, 1991).

2.1.2 JUNIPERUS (Γιουνίπερος)

Τα κωνοφόρα Γιουνίπερος απαρτίζουν την πιο σημαντική οικογένεια των νάνων κωνοφόρων. Είναι φυτά πολύ σκληρά, ανθεκτικά στο κρύο, αντέχουν σε όλα τα εδάφη ακόμη και στα άνυδρα, και επιβιώνουν και σε ημισκιερές θέσεις. Οι έρπουσες ποικιλίες εκτιμώνται ιδιαίτερα και για τις εδαφοκαλύψεις. (IL MILLEPIANTE, 1991).

2.1.2.1 *Juniperus chinensis* "Stricta"

Είναι κωνοφόρα αιθαλή φυτά με βελονοειδές και λεπιοειδές φύλλωμα. Είναι συνήθως θαμνώδη φυτά (εικόνα 2.2) με πλαγιόκλαδο σχήμα και σπανιότερα μικρά δένδρα. Αναπτύσσονται σε κάθε καλά στραγγιζόμενο, ακόμη και σχετικά ξηρό έδαφος σε ηλιόλουστες και ημισκιασμένες θέσεις.



Εικόνα 2.2 *Juniperus chinensis* "Stricta"

Πολλαπλασιάζονται με μοσχεύματα το χειμώνα και με εμβόλια. Χαρακτηρίζεται ως ορθόκλαδο φυτό με βελονοειδές γκριζωπό φύλλωμα. (<http://www.mammos.gr>)

Είναι φυτά με σχήμα κωνικό, με πυκνή βλάστηση και υποκύανο φύλλωμα με ασημόχρωμες ανταύγειες (IL MILLEPIANTE, 1991).

2.1.3 THUJA (Τούγια)

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν απλά φυτά εύκολης καλλιέργειας που επιδέχονται όλα τα κλαδέματα, και αναζητούν βαθιά εδάφη, υγρά αλλά στραγγερά. Το κλασικό σχήμα τους είναι κωνικό, δεν είναι πολύ ταχείας ανάπτυξης, και έχουν λεπιδωτό και πολύ αρωματικό φύλλωμα..(IL MILLEPIANTE, 1991).

2.1.3.1 *Thuja orientalis* "Pyramidalis Aurea"

Είναι κωνοφόρα αιθαλή φυτά (εικόνα 2.3) με λεπιοειδές ελαφρά αρωματικό φύλλωμα. Αναπτύσσονται σε βαθιά, γόνιμα, στραγγιζόμενα, μέτρια υγρά εδάφη και ηλιόλουστες θέσεις. Τα ψηλά φυτά φυτεύονται μεμονωμένα ή σε φράχτες, ενώ οι νανώδεις ποικιλίες σε βραχόκηπους, συνθέσεις και γλάστρες.



Εικόνα 2.3 *Thuja orientalis* "Pyramidalis Aurea"

Τα φυτά αυτής της κατηγορίας πολλαπλασιάζονται με μοσχεύματα και εμβόλια εκτός από τα τυπικά είδη που πολλαπλασιάζονται με σπόρους. (<http://www.mammos.gr>)

Η Τούγια είναι κωνικό ψηλό φυτό με κίτρινο φύλλωμα. με πυραμιδοειδή κόμη και καλλιεργείται στη χώρα μας ως καλλωπιστικό σε πάρκα και κήπους.

Έχει σχήμα τέλεια κωνικό και συμπαγές με κανονικότατη βλάστηση. Αποκτά εξαιρετο χρυσοκίτρινο φύλλωμα που παίρνει κόκκινες αποχρώσεις τον χειμώνα. (IL MILLEPIANTE, 1991).

2.2 ΛΙΠΑΝΣΗ

Τα κωνοφόρα είναι φυτά ελάχιστα απαιτητικά. Αν όμως το έδαφος είναι φτωχό, είναι απαραίτητη κάθε τόσο μια μικρή βοήθεια, με ένα σωστό λίπασμα.

2.3 ΚΛΑΔΕΜΑΤΑ

Τα κλαδέματα στα κωνοφόρα, σπάνια εφαρμόζονται ή χρειάζονται, με εξαίρεση φυσικά τα κωνοφόρα που φυτεύονται σε φράχτες. Τα γένη που μπορεί να χρειασθούν ένα ελαφρύ κλάδεμα είναι: *Cupressocyparis*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Thuja* για να διατηρήσουν ένα κανονικό σχήμα. Μερικά κωνοφόρα έχουν την τάση να σχηματίζουν πολλούς κύριους άξονες, δηλαδή κορυφές. Είναι αναγκαίο να διατηρήσουμε μόνον την πιο εύρωστη.

2.4 ΨΕΚΑΣΜΟΙ

Οι ψεκασμοί, πρακτικά είναι άχρηστοι για τα κωνοφόρα. Είναι ελάχιστες οι ποικιλίες που γίνονται αντικείμενο προσβολής από τον κόκκινο τετράνυχο, με εμφάνιση καφέ ζωνών στο φύλλωμα, που μετά πέφτει. (IL MILLEPIANTE, 1991)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων χωρίζονται σε φυσικά, χημικά και βιολογικά. Για αστικά απόβλητα ισχύουν τα παρακάτω:

3.1 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα βασικά φυσικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων είναι τα στερεά που περιέχουν, η θερμοκρασία, το χρώμα και η οσμή τους.

1. Στερεά

Βρίσκονται αιωρημένα ή διαλυμένα στη μάζα των αποβλήτων και αποτελούνται από οργανικά και ανόργανα συστατικά.

Τα ολικά στερεά (Total Solids-TS) ορίζονται ως το υπόλειμμα δείγματος αποβλήτων μετά από εξάτμιση του στους 105 °C και μετριοούνται σε mg υπολείμματος ανά l δείγματος. Τα TS διακρίνονται σε διαλυμένα και αιωρούμενα.

Τα διαλυμένα στερεά (Dissolved Solids-DS) αναφέρονται στη συγκέντρωση των στερεών συστατικών που βρίσκονται σε διαλυμένη ή κολλοειδή μορφή στη μάζα των αποβλήτων και ορίζονται ως τα στερεά του δείγματος που περνούν μέσα από ειδικό χάρτινο φίλτρο.

2. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία των αποβλήτων είναι γενικά μεγαλύτερη από εκείνη του πόσιμου νερού γιατί επηρεάζεται από τα θερμά απόβλητα κατοικιών, βιομηχανιών κ.λ.π. Συνήθως κυμαίνεται από 10 μέχρι 22°C και είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος το μεγαλύτερο μέρος του έτους με εξαίρεση τις ζεστές ημέρες του καλοκαιριού.

Η θερμοκρασία των αποβλήτων είναι ένας ρυθμιστικός παράγοντας του βιολογικού και χημικού χαρακτήρα τους. Αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει:

- ανάπτυξη των μικροοργανισμών που ευνοούνται από υψηλές θερμοκρασίες.
- επιτάχυνση των βιολογικών διεργασιών,
- μείωση της διαλυτότητας των αερίων στη μάζα των αποβλήτων, κυρίως του οξυγόνου,
- επιτάχυνση των χημικών αντιδράσεων.

Από άποψη ρύπανσης του περιβάλλοντος, η διοχέτευση θερμών αποβλήτων σε ένα υδάτινο φορέα οδηγεί σε σοβαρή μείωση του διαλυμένου οξυγόνου του φορέα (τόσο λόγω

του αυξημένου ρυθμού κατανάλωσης του στις βιολογικές διεργασίες), αλλά και επιδρά αρνητικά στο οικοσύστημα του φορέα (θάνατος ωφέλιμων οργανισμών, ανάπτυξη ανεπιθύμητων οργανισμών).

3. Χρώμα

Το χρώμα είναι ενδεικτικό της ηλικίας και προέλευσης των αποβλήτων. Απόβλητα που δεν έχουν υποστεί σήψη έχουν γκριζο χρώμα, ενώ εκείνα που έχουν υποστεί σήψη έχουν μαύρο χρώμα. Η αλλαγή του χρώματος οφείλεται στην κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς που διασπών τις οργανικές ενώσεις των αποβλήτων.

4. Οσμή

Η οσμή των αποβλήτων είναι ενδεικτικό στοιχείο της κατάστασης τους. Απόβλητα που δεν έχουν υποστεί σήψη έχουν ελαφριά δυσάρεστη οσμή, ενώ εκείνα που έχουν υποστεί σήψη έχουν πολύ ενοχλητική οσμή, που οφείλεται στην έκλυση υδρόθειου. Στην δημιουργία δυσάρεστων οσμών συμμετέχουν και ουσίες από βιομηχανικά απόβλητα, κυρίως οργανικές, όπως φαινόλες, χλωροφαινόλες κλπ.

3.2 ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα χημικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων είναι πολύ πιο σημαντικά από τα φυσικά τους χαρακτηριστικά και δίνουν μια πιο αντιπροσωπευτική εικόνα, του γενικού χαρακτήρα τους.

Γενικά κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- οργανικά συστατικά
- ανόργανα συστατικά
- αέρια.

α) Οργανικά συστατικά

Τα κυριότερα οργανικά συστατικά των αποβλήτων είναι τα παρακάτω.

- 1) Πρωτεΐνες:
- 2) Υδατάνθρακες
- 3) Λιπίδια
- 4) Επιφανειακά ενεργές ουσίες:
- 5) Φαινόλες (C₆H₅OH):
- 6) Εντομοκτόνα, φυτοφάρμακα:

Η μέτρηση των οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου είναι πρακτικά αδύνατη λόγω της πολύπλοκης σύστασης του. Έτσι ως μέτρο των οργανικών συστατικών, αλλά και

γενικότερα του ρυπαντικού φορτίου ενός αποβλήτου, χρησιμοποιείται η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για να οξειδώσει πλήρως τα οργανικά συστατικά του.

Η απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου εκφράζεται με τις παρακάτω παραμέτρους:

➤ **Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand-BOD)**

Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου από μικροοργανισμούς σε αερόβιες συνθήκες. Η οξείδωση αυτή είναι σχετικά αργή και ολοκληρώνεται πρακτικά σε 20 ημέρες, οπότε το προσδιοριζόμενο απαιτούμενο οξυγόνο καλείται τελικό BOD. Στη συνηθισμένη πρακτική έχει επικρατήσει ο προσδιορισμός του BOD στις 5 ημέρες μέσα στις οποίες οξειδώνονται απλές οργανικές ουσίες που αντιπροσωπεύουν ένα ποσοστό 60-70% των συνολικών οργανικών ουσιών. Σε μεγαλύτερους χρόνους λαμβάνει χώρα επιπλέον κατανάλωση οξυγόνου που οφείλεται στην αποδόμηση των αζωτούχων ουσιών και τη μετατροπή τους σε νιτρικά ιόντα με τη διαδικασία της νιτροποίησης.

➤ **Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand-COD)**

Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την πλήρη χημική οξείδωση των οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου σε CO_2 και H_2O από ισχυρό οξειδωτικό μέσο (διχρωμικό κάλιο) και σε όξινες συνθήκες. Κατά τον προσδιορισμό του COD οξειδώνονται όλες οι οργανικές ουσίες, ανεξάρτητα από το αν είναι βιολογικά διασπάσιμες ή όχι.

➤ **Συνολικά απαιτούμενο οξυγόνο - (TOD)**

Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την χημική οξείδωση των οργανικών (και ορισμένων ανόργανων) ουσιών σε τελικά σταθερά προϊόντα σε θερμοκρασία $900\text{ }^\circ\text{C}$ και με παρουσία καταλύτη.

β) Ανόργανα συστατικά

1) Άζωτο, N

Το N είναι ένα από τα βασικά συστατικά των ζωντανών οργανισμών και περιέχεται στα αστικά απόβλητα στις παρακάτω μορφές:

α) οργανικό N (πρωτεΐνες, ουρία και αμινοξέα).

β) αμμωνιακό N (άλατα NH_4^+ ή NH_3).

2) Φώσφορος, P

Ο φώσφορος είναι ένα από τα βασικά συστατικά των ζωντανών οργανισμών και περιέχεται στα απόβλητα στις παρακάτω μορφές: PO_3^{-3} , HPO_4^{-3} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$

3) pH

Το pH είναι σημαντικό χαρακτηριστικό των αποβλήτων γιατί επηρεάζει όλες τις διαδικασίες επεξεργασίας (χημική και βιολογική επεξεργασία, απολύμανση, επεξεργασία λάσπης κ.λ.π.) και σχετίζεται με προβλήματα φθοράς (διάβρωσης) σε αγωγούς, μηχανολογικό εξοπλισμό κ.λ.π. Για τη βέλτιστη απόδοση και λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας απαιτείται ο έλεγχος της τιμής του pH.

4) Αλκαλικότητα

Οφείλεται στην παρουσία ιόντων HCO_3^- , CO_3^{2-} , ή OH ενωμένων με Ca, Mg, K ή NH_4 .

5) Χλωριούχα

Περιέχονται στα αστικά απόβλητα από το πόσιμο νερό και τα ανθρώπινα απόβλητα (6gr/ άτομο./ημέρα) καθώς και σε βιομηχανικά απόβλητα. Η παρουσία τους στο νερό δε δημιουργεί γενικά προβλήματα ρύπανσης αλλά δίνει υφάλμυρη γεύση.

6) Ενώσεις του θείου

Το θείο είναι βασικό συστατικό των ζώντων οργανισμών και βρίσκεται στα αστικά απόβλητα με διάφορες μορφές, Η κυριότερη από τις ενώσεις του θείου είναι το SO_4^{2-} που δημιουργεί προβλήματα ρύπανσης Το βασικό πρόβλημα είναι η έκλυση δυσάρεστης οσμής στο αποχετευτικό σύστημα και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Όταν το H_2S περιέχεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο μείγμα των αερίων της αναερόβιας χώνευσης λάσπης λόγω της διαβρωτικής ικανότητας του καταστρέφει τη διάταξη καύσης του παραγόμενου αερίου, ενώ το H_2SO_4 διαβρώνει τους αγωγούς αποχέτευσης.

7) Τοξικά συστατικά-βαριά μέταλλα

Περιέχονται στα βιομηχανικά και αστικά απόβλητα. Διάφορα ιόντα στοιχείων όπως των Cu, Pb, Cr, As, Bo, Ag, Νί, Μη, Cd, Ζη, Fe, Hg πάνω από ορισμένη συγκέντρωση είναι τοξικά όπως και οργανικές ενώσεις που περιέχονται σε εντομοκτόνα, φυτοφάρμακα κ.λ.π. Οι τοξικές ουσίες σε ένα οικοσύστημα είτε σε υδάτινο φορέα είτε σε βιολογική διεργασία επεξεργασίας επιφέρουν το θάνατο πολλών οργανισμών.

γ) Αέρια

1) Διαλυμένο οξυγόνο (DO)

Είναι ποιοτικό χαρακτηριστικό υδάτινου φορέα αφού η παρουσία του δίνει ζωή σ' αυτόν.

2) CH_4

Σχηματίζεται κατά την αναερόβια αποσύνθεση οργανικών ενώσεων των αποβλήτων από ειδικούς μικροοργανισμούς και δεν περιέχεται στα απόβλητα.

3.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Οι μικροοργανισμοί των αποβλήτων έχουν σημασία γιατί α) χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία αποβλήτων και β) προκαλούν εξάπλωση ασθενειών μέσω του νερού.

3.3.1 Κατηγορίες και είδη μικροοργανισμών

Οι μικροοργανισμοί χωρίζονται σε κατηγορίες:

α) ανάλογα με την πηγή άνθρακα που χρησιμοποιούν ως τροφή και είναι

- 1) αυτοτροφικοί, που χρησιμοποιούν CO₂ ως τροφή.
- 2) έτεροτροφικοί, που χρησιμοποιούν οργανικό άνθρακα ως τροφή

β) ανάλογα με την παρουσία ή όχι οξυγόνου στο περιβάλλον που ζουν και αναπτύσσονται και είναι:

- αερόβιοι, που δρουν παρουσία οξυγόνου
- αναερόβιοι, που δρουν κάτω από απουσία οξυγόνου
- αερόβιοι-αναερόβιοι, που δρουν κάτω από παρουσία ή απουσία οξυγόνου.

Τα βασικότερα είδη για την επεξεργασία αποβλήτων είναι:

- Βακτηρίδια.
- Μύκητες.
- Πρωτόζωα.
- Μικροφύκη ή άλγη.
- Μαλακόστρακα.
- Ιοί.

3.3.2 Παθογόνοι μικροοργανισμοί

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί περιέχονται στα αστικά απόβλητα ως περιττώματα ασθενών ή φορέων ασθενειών, μεταφέρουν και προκαλούν ασθένειες μέσω του νερού στον άνθρωπο όπως χολέρα, δυσεντερία, τυφοειδή πυρετό, ηπατίτιδα κ.λ.π. Είναι βακτηρίδια, πρωτόζωα και ιοί.

Λόγω των μικρών συγκεντρώσεων τους σε υδάτινους φορείς και της μεγάλης ποικιλίας ειδών η ανίχνευση και ο ποσοτικός προσδιορισμός κάθε είδους είναι αδύνατος. Για αυτό γίνεται προσδιορισμός ενδεικτικών μικροοργανισμών. Ένας τέτοιος μικροοργανισμός πρέπει να βρίσκεται σε μεγάλους αριθμούς στα ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα, να ανιχνεύεται και να προσδιορίζεται εύκολα, να είναι ανθεκτικός στην απολύμανση του και να έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους παθογόνους μικροοργανισμούς.

Ενδεικτικοί μικροοργανισμοί είναι τα κολοβακτηριοειδή, που βρίσκονται στα έντερα του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων. Τα δύο βασικά είδη κολοβακτηριοειδών είναι τα *Escherichia Coli* και τα *Enterobacter Aerogenes*. Για το χαρακτηρισμό της μικροβιολογικής ποιότητας του νερού χρησιμοποιούνται τα κολοβακτηρίδια και τα ολικά κολοβακτηριοειδή και μετρούνται σε αριθμό μικροοργανισμών ανά 100 ml δείγματος.

3.4 ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ο χαρακτηρισμός της ποιοτικής σύστασης των αποβλήτων αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει το σχεδιασμό μιας εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων αντιστοιχούν στις φυσικές, χημικές και βιολογικές παραμέτρους. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν στο σχεδιασμό είναι η περιεκτικότητα σε οργανικό φορτίο (BOD₅, COD), τα αιωρούμενα στερεά (TSS), το άζωτο (αμμωνιακό, οργανικό, νιτρικά ιόντα) και ο φώσφορος. Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι περιοχές τιμών και οι τυπικές τιμές των παραμέτρων αυτών ανά κάτοικο και ημέρα ενώ στον Πίνακα 3.2 δίνονται οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις που έχουν μετρηθεί σε αστικά λύματα.

Πίνακας 3.1 Περιοχή τιμών και τυπικές τιμές ποιοτικών χαρακτηριστικών αποβλήτων που παράγονται από αστικές περιοχές (gr/κάτοικο/ημέρα).

Παράμετρος	Περιοχή τιμών	Τυπική τιμή
Οργανικό φορτίο		
BOD ₅	50-120	80
COD	110-295	190
Αιωρούμενα στερεά	60-150	90
Άζωτο		
Αμμωνιακό	5-12	7,6
Οργανικό	4-10	5,4
Ολικός φώσφορος	2,7-4,5	3,2

Οι τιμές που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1 έχουν υπολογιστεί για αστικά λύματα που προέρχονται από διαφορετικές πηγές δηλαδή από κατοικίες, εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης, ιδρύματα και από εγκαταστάσεις αναψυχής. Ως συνέπεια, στην περίπτωση που στο δίκτυο συλλογής διοχετεύονται βιομηχανικά απόβλητα, η επιπλέον επιβάρυνση πρέπει να συνυπολογιστεί προκειμένου να σχεδιαστεί σωστά η εγκατάσταση επεξεργασίας των αποβλήτων.

Σε μια τέτοια περίπτωση, η συμμετοχή των βιομηχανικών αποβλήτων είναι δυνατόν να εκτιμηθεί με βάση το αντίστοιχο πληθυσμιακό ισοδύναμο από την άποψη του οργανικού φορτίου (Μαρκαντωνάτος, 1990). Σύμφωνα με τη θεώρηση αυτή, από το ολικό οργανικό φορτίο των αποβλήτων μιας πηγής μπορεί να υπολογιστεί το ισοδύναμο του πληθυσμού και τα αντίστοιχα λύματα που παράγονται. Με τη μέθοδο αυτή λαμβάνονται υπόψη παράμετροι όπως το οργανικό φορτίο και η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά (N, P) αλλά αγνοούνται τυχόν συγκεντρώσεις άλλων ουσιών όπως τα μέταλλα, τοξικές οργανικές ουσίες (φαινόλες) κλπ που συχνά απαντώνται σε βιομηχανικά απόβλητα και είναι δυνατόν να επηρεάσουν αρνητικά τη λειτουργία μιας εγκατάστασης συν επεξεργασίας αστικών λυμάτων-βιομηχανικών αποβλήτων. Έτσι στην περίπτωση της παρουσίας βιομηχανικών αποβλήτων, απαιτείται να γίνεται θεώρηση ιδιαίτερων εγκαταστάσεων επεξεργασίας πριν τη διάθεσή τους σε ένα κοινό δίκτυο με τα αστικά λύματα.

Πίνακας 3.2 Περιοχή τιμών και τυπικές τιμές συγκεντρώσεων βασικών παραμέτρων σε αστικά λύματα.

Παράμετρος	Μονάδα	Περιοχή τιμών	Τυπικές τιμές
Ολικά στερεά	mg/l	350-1200	700
Αιωρούμενα στερεά	mg/l	100-350	210
BOD ₅	mg/l	110-400	210
COD		250-1000	500
Άζωτο			
Οργανικό	mg/l	8-35	13
Αμμωνιακό	mg/l	12-50	22
Νιτρικά	mg/l	0	0
Νιτρώδη	mg/l	-0	0
Ολικός φώσφορος	mg/l	4-15	7
Ολικά κολοβακτηρίδια	no./100ml	10 ⁶ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ⁸
Κολοβακτηρίδια περιττωματικής προέλευσης	no./100ml	10 ³ -10 ⁷	10 ⁴ -10 ⁵

3.4.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά των υγρών αστικών αποβλήτων

Τα υγρά αστικά απόβλητα αποτελούνται κατά 99.9% από νερό με σχετικά μικρές περιεκτικότητες αιωρούμενων και διαλυτών οργανικών και ανόργανων στερεών. Μεταξύ των οργανικών υλικών συμπεριλαμβάνονται υδρογονάνθρακες, λιγνίνες, λίπη, εστέρες, απορρυπαντικά, πρωτεΐνες, προϊόντα αποσύνθεσης τους και σε κάποιες περιπτώσεις ποικίλα φυσικά και συνθετικά οργανικά και ανόργανα προϊόντα βιοτεχνικής

δραστηριότητας.

Όσον αφορά στις διάφορες ανόργανες ουσίες των αποβλήτων δεν αποκλείεται η παρουσία τοξικών στοιχείων, όπως αρσενικό, κάδμιο, χρώμιο, χαλκός, μόλυβδος, υδράργυρος, ψευδάργυρος κλπ. Η παρουσία και η συγκέντρωση των στοιχείων αυτών πρέπει να ερευνάται με ιδιαίτερη προσοχή, για να αποφεύγεται η δημιουργία προβλημάτων στα φυτά και τους ανθρώπους όταν τα απόβλητα επαναχρησιμοποιούνται για άρδευση.

Στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές, η κατανάλωση νερού είναι συνήθως περιορισμένη και τα υγρά αστικά απόβλητα τείνουν να έχουν μεγάλες συγκεντρώσεις συστατικών (εξαιτίας της μικρής αραιώσης), όπως για παράδειγμα στο Αμάν της Ιορδανίας, όπου η μέση κατανάλωση νερού είναι 90 l/ημέρα και άνθρωπο.

Από την πλευρά της υγιεινής, σε σχέση με τη χρήση των υγρών αστικών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς, οι πιο σημαντικοί παράγοντες μόλυνσης είναι οι παθογόνοι μικρό- και μακρό- οργανισμοί. Παθογόνοι ιοί, βακτήρια, πρωτόζωα και έλμινθες (παρασιτικοί σκώληκες) μπορεί να υπάρχουν στα ακατέργαστα υγρά αστικά απόβλητα. Κάποιοι από αυτούς του παθογόνους οργανισμούς μπορεί υπό ορισμένες συνθήκες να επιζήσουν στο περιβάλλον για μεγάλες χρονικές περιόδους.

3.5 ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τα αστικά ή βιομηχανικά υγρά απόβλητα πριν από τη διάθεση τους πρέπει να υποστούν κάποια επεξεργασία για να αποφευχθούν πιθανοί κίνδυνοι για το περιβάλλον και την υγεία των ανθρώπων. Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες με σκοπό τη μείωση του οργανικού φορτίου, των αιωρούμενων στερεών και των παθογόνων μικροοργανισμών. Ο επιθυμητός βαθμός επεξεργασίας εξαρτάται από τον τελικό χρήστη ή αποδέκτη των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων (άρδευση, βιομηχανία, εκβολή σε τουριστικές παραλιακές ζώνες κλπ).

Η μείωση του οργανικού φορτίου, το οποίο συχνά εκφράζεται με την τιμή της βιοχημικής απαίτησης οξυγόνου (BOO), των αιωρούμενων στερεών (SS) και των παθογόνων μικροοργανισμών αποτελούν τα βασικά κριτήρια επιλογής του κατάλληλου συστήματος επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για αρδευτικούς σκοπούς ή να αποβληθούν σε υδάτινους αποδέκτες ελαχιστοποιώντας τη ρύπανση ή μόλυνση του περιβάλλοντος. Είναι γενικά αποδεκτό ότι η συμβατική πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι αποτελεσματικές ως προς

τη μείωση του οργανικού φορτίου και την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, ενώ δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές ως προς την απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών. Αντίθετα, η παραμονή-επεξεργασία σε δεξαμενές σταθεροποίησης, όπου φύκια, βακτήρια και ηλιακό φως εξυγιαίνουν με φυσικό τρόπο τα υγρά απόβλητα, είναι περισσότερο αποτελεσματική ως προς την απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών, ενώ μειώνει δραστικά και το οργανικό φορτίο και τα αιωρούμενα στερεά, εφόσον το σύστημα είναι σχεδιασμένο σωστά. Στη συνέχεια ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή των διαφόρων μεθόδων επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων.

3.5.1 Προκαταρκτική επεξεργασία

Η προκαταρκτική επεξεργασία (preliminary treatment) περιλαμβάνει διεργασίες απομάκρυνσης των χονδρόκοκκων στερεών και άλλων υλικών μεγάλου μεγέθους που συνήθως βρίσκονται στα υγρά απόβλητα. Μπορεί να γίνει με:

- Εσχάρωση
- Άλεση
- Εξάμμωση

3.5.2 Πρωτοβάθμια (πρωτογενής) επεξεργασία

Σκοπός της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση των στερεών από τα απόβλητα. Περιλαμβάνει την καθίζηση (πρωτοβάθμια καθίζηση) ή επίπλευση και χημική επεξεργασία με καθίζηση.

Η απομάκρυνση των SS (αιωρούμενα στερεά) είναι συνήθως 50-70%

Η απομάκρυνση του BOD στις είναι συνήθως 25-40%.

3.5.3 Δευτεροβάθμια (δευτερογενής) επεξεργασία

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία (secondary treatment) εφαρμόζεται με σκοπό την περαιτέρω βελτίωση των χαρακτηριστικών του νερού που εκβάλλεται από την πρωτοβάθμια επεξεργασία, μειώνοντας ακόμη περισσότερο το οργανικό φορτίο και τα αιωρούμενα στερεά. Στις περισσότερες περιπτώσεις η δευτεροβάθμια επεξεργασία ακολουθεί την πρωτοβάθμια και περιλαμβάνει την απομάκρυνση της βιοδιασπώμενης, διαλυμένης και κολλοειδούς οργανικής ύλης με τη χρήση αερόβιων μικροοργανισμών, κατά κύριο λόγο βακτηρίων, που μεταβολίζουν την οργανική ουσία των υγρών αποβλήτων.

Σκοπός της δευτεροβάθμιας (ή βιολογικής) επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση

των οργανικών ουσιών των αποβλήτων με βιολογικές διεργασίες στις οποίες χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί οι οποίοι αναπαράγονται, καταναλώνοντας τις οργανικές ουσίες. Οι παραγόμενοι οργανισμοί στη συνέχεια απομακρύνονται από τα απόβλητα με καθίζηση ή κάποια άλλη διαδικασία. Η βιολογική επεξεργασία μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους που χωρίζονται σε δύο γενικές κατηγορίες ανάλογα με το αν οι μικροοργανισμοί βρίσκονται σε αιώρηση μέσα στα απόβλητα (ενεργός ιλύς, λίμνες) ή προσκολλημένοι σε κάποια επιφάνεια (βιολογικά φίλτρα, βιολογικοί δίσκοι).

3.5.4 Τριτοβάθμια επεξεργασία

Σκοπός της είναι η απομάκρυνση ορισμένων ρυπαντικών ουσιών που δεν απομακρύνονται στα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας. Η απομάκρυνση αυτή αποσκοπεί στην προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος από ορισμένες ουσίες ή στην προετοιμασία των αποβλήτων για επαναχρησιμοποίηση.

3.5.5 Απολύμανση

Σκοπός της απολύμανσης είναι η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών των αποβλήτων ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση ασθενειών μέσω του νερού του αποδέκτη. Είναι το τελευταίο στάδιο επεξεργασίας και το μοναδικό με αποκλειστικό σκοπό την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών, αν και μερική απομάκρυνση ή καταστροφή τους γίνεται και στα άλλα στάδια επεξεργασίας.

3.5.6 Φυσικά συστήματα

Τα φυσικά βιολογικά συστήματα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων (natural biological treatment systems) είναι μία εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας, με βασικά πλεονεκτήματα:

➤ το χαμηλότερο κόστος κατασκευής και λειτουργίας καθώς και την εξαιρετικά απλή λειτουργία και συντήρηση σε σχέση με τις συμβατικές εγκαταστάσεις (Αγγελάκης 1995, Papadopoulos et al. 1995, Παπαδόπουλος κ.ά. 1997β).

➤ Τα φυσικά συστήματα εκμεταλλεύονται τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που γίνονται στο φυσικό περιβάλλον με χαμηλούς ρυθμούς (*low rate processes*) και μάλιστα χωρίς (ή με ελάχιστη) εισροή ενέργειας στο σύστημα. Οι διαδικασίες αυτές λαμβάνουν χώρα συγχρόνως και βραδέως, σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα στα οποία οι διεργασίες γίνονται διαδοχικά, σε διαφορετικούς αντιδραστήρες ή δεξαμενές αλλά με ταχείς ρυθμούς, σαν αποτέλεσμα της εισρέουσας σε αυτά ενέργειας

(Metcalf and Eddy 1991, Αγγελάκης και Tsobanoglous 1995).

➤ Δεν γίνεται χρησιμοποίηση χημικών προσθέτων Δεν υπάρχει ανάγκη για χλωρίωση στην έξοδο.

Ως μειονεκτήματα μπορούν να αναφερθούν:

➤ Η ανάγκη για μεγαλύτερες εκτάσεις από ό,τι στις συμβατικές μονάδες κατεργασίας αποβλήτων.

➤ Το ποσοστό απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου που επιτυγχάνεται δεν είναι τόσο μεγάλο όσο σε μία συμβατική μονάδα που χρησιμοποιεί τη μέθοδο της ενεργού ιλύος.

Τα φυσικά βιολογικά συστήματα περιλαμβάνουν τις αεριζόμενες δεξαμενές, τις δεξαμενές σταθεροποίησης, τα συστήματα εφαρμογής των υγρών αποβλήτων στο έδαφος, τα οποία είναι και τα πιο διαδεδομένα, καθώς και τα συστήματα φυτικών στρώσεων, τα οποία έχουν τεθεί σε εφαρμογή πρόσφατα. Σε όλα τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας, κυρίως όμως στα δύο τελευταία, απαιτείται κάποια προεπεξεργασία, πριν τα απόβλητα εισαχθούν σε αυτά, για να απομακρυνθούν τα στερεά που είναι πιθανό να δημιουργήσουν προβλήματα στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής του νερού, καθώς και ενοχλητικές συνθήκες στον περιβάλλοντα χώρο.

Οι μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, όταν λειτουργούν ικανοποιητικά, συντελούν αποφασιστικά στην προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει και στην Ελλάδα η τάση να δημιουργούνται συμβατικές μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων σε μικρές πόλεις και οικισμούς. Πολλές από αυτές όμως δεν λειτουργούν ικανοποιητικά εξαιτίας του υψηλού κόστους λειτουργίας και συντήρησης και της έλλειψης εξειδικευμένου προσωπικού. Για το λόγο αυτό προτείνονται ως εναλλακτική λύση τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων όπως οι δεξαμενές σταθεροποίησης και οι τεχνητοί υγρότοποι.

Στα φυσικά συστήματα η επεξεργασία διαρκεί αρκετές ημέρες (> 30) και γίνεται με τη βοήθεια της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και τη δράση μικροοργανισμών που διασπούν το οργανικό φορτίο σε ανόργανες ενώσεις. Στους τεχνητούς υγρότοπους μεταφυτεύονται υδροχαρή φυτά τα οποία βοηθούν στη μείωση του οργανικού φορτίου των αποβλήτων.

Συνοπτικά μπορούμε να πούμε ότι τα φυσικά συστήματα είναι κατάλληλα για μικρούς οικισμούς ειδικά όταν η αξία της γης δεν είναι υψηλή. Μία τέτοια πιλοτική μονάδα έχει κατασκευασθεί σήμερα από το ΕΘΙΑΓΕ και συνεργαζόμενους φορείς στην περιοχή δίπλα στο Γαλλικό ποταμό στη Σίνδο Θεσσαλονίκης, με χρηματοδότηση από τη

Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, και λειτουργεί με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

3.6 ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ

Η απάντηση που δίνεται σε κάθε ενδιαφερόμενο σχετικά με τη δυνατότητα χρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς είναι κατά κανόνα θετική. Υπάρχουν όμως ορισμένες βασικές προϋποθέσεις που πρέπει να τηρηθούν για να μην παρατηρηθούν δυσμενείς επιπτώσεις στο έδαφος, τα φυτά, το αρδευτικό σύστημα, τα ζώα και τον άνθρωπο. Τονίζεται ότι πριν από κάθε σχεδιασμό για άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα πρέπει να συλλέγουν ορισμένες πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα και την ποιότητα των αποβλήτων τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

3.6.1 Χημική ανάλυση

Κύριος στόχος των αναλύσεων του νερού που προορίζεται για άρδευση είναι η απόκτηση πληροφοριών για πιθανά προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν στα φυτά, το έδαφος, το σύστημα άρδευσης και τον άνθρωπο, καθώς και η γνώση της περιεκτικότητας των νερών σε θρεπτικά στοιχεία. Με βάση τις πληροφορίες αυτές μπορούν να ληφθούν αποφάσεις και μέτρα για την ασφαλή διαχείριση του νερού. Πρέπει λοιπόν να επιλέγονται οι πλέον κατάλληλες και οικονομικά προσιτές μέθοδοι χημικής ανάλυσης, καθώς επίσης και ο απαραίτητος αριθμός δειγμάτων που θα αναλυθούν. Οι εργαστηριακοί προσδιορισμοί που είναι απαραίτητοι για την αξιολόγηση του αρδευτικού νερού δίνονται στον Πίνακα 3.3.

Στον ίδιο πίνακα 3.3, δίνονται και οι συνήθεις συγκεντρώσεις των παραμέτρων αυτών στα νερά άρδευσης.

Η αλατότητα αναφέρεται στην ποσότητα και το είδος των διαλυμένων αλάτων στο νερό άρδευσης. Κατά κανόνα εκτιμάται με τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού (EC_w) που γίνεται εύκολα με ειδικά όργανα τόσο στο πεδίο όσο και στο εργαστήριο.

Πίνακας 3.3 Εργαστηριακές αναλύσεις για την εκτίμηση της ποιότητας των αρδευτικών νερών

Παράμετροι	Σύμβολο	Μονάδες	Σύνηθες εύρος συγκέντρωσης στο αρδευτικό νερό
Φυσικές			
Περιεχόμενα άλατα			
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	EC _w	dS/m	0 - 3
Ολικά διαλυμένα στερεά	TDS	mg/l	0 - 2000
Θερμοκρασία	Ta	°C	
Χρώμα - Θολότητα		NTU/JTU	
Σκληρότητα		mg equiv.	
Ιζήματα		g/l	
Χημικές			
Κατιόντα και ανιόντα			
Ασβέστιο	Ca ⁺⁺	mg/l	0 - 400
Μαγνήσιο	Mg ⁺⁺	me/l	0 - 20
Νάτριο	Na ⁺	mg/l	0 - 60
Ανθρακικά	CO ₃ ⁻	me/l	0 - 5
Όξινα ανθρακικά	HCO ₃ ⁻	mg/l	0 - 900
Χλωριόντα	Cl ⁻	me/l	0 - 40
Θειικά	SO ₄ ⁻	mg/l	0 - 3
		me/l	0 - 0.1
		me/l	0 - 600
		me/l	0 - 10
		me/l	0 - 1100
		me/l	0 - 30
		me/l	0 - 1000
		me/l	0 - 20
Διάφορα			
Βόριο	B	mg/l	0 - 2
Οξύτητα/Αλκαλικότητα	pH		6.5 - 8.5
Σχέση προσρόφησης νατρίου	SAR	(me/l) ^{0.5}	0 15
Τοξικά στοιχεία			
Ιχνοστοιχεία			
Νιτρικό άζωτο	NO ₃ -N	mg/l	0-10
Φωσφορικός φώσφορος	PO ₄ -P	mg/l	0-2
Κάλιο	K	mg/l	0-2

Πηγή: Ayers and Westcot (1985), Westcot and Ayers (1985), Kandiah (1990a)

3.6.2 Αλατότητα

Η αλατότητα, μετρούμενη με την ηλεκτρική αγωγιμότητα, είναι μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους για την εκτίμηση της καταλληλότητας ενός νερού για άρδευση. Συνδέεται άμεσα με τη συνολική συγκέντρωση των αλάτων στο νερό και με τα πιθανά προβλήματα που προκαλούν τα άλατα του νερού άρδευσης στα εδάφη και τα φυτά. Οι ζημιές που προκαλούνται στα φυτά, τόσο από το συνολικό ποσό των διαλυμένων αλάτων στο νερό όσο και από συγκεκριμένα ιόντα, συνδέονται στενά με την αυξημένη αλατότητα.

Τα άλατα συσσωρεύονται στο έδαφος με την εφαρμογή του αρδευτικού νερού και τα προβλήματα παρουσιάζονται όταν οι συγκεντρώσεις των αλάτων φθάσουν σε επίπεδα που είναι βλαπτικά για το έδαφος ή / και τα φυτά. Ο ρυθμός συσσώρευσης των αλάτων εξαρτάται από το ρυθμό απόθεσης τους στο έδαφος με το αρδευτικό νερό και από το ρυθμό απομάκρυνσης τους με έκπλυση. Για μακρές χρονικές περιόδους, η ποσότητα των αλάτων που εισέρχεται στο έδαφος πρέπει να είναι ίση με την ποσότητα που

απομακρύνεται. Τα περισσότερα άλατα είναι διαλυτά και μετακινούνται εύκολα με το εφαρμοζόμενο νερό. Η μόνη διαδικασία που μπορεί να διατηρήσει την αλατότητα του εδάφους στα επιθυμητά επίπεδα είναι η έκπλυση που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή περισσότερου νερού από αυτό που μπορεί να συγκρατήσει το έδαφος και να καταναλώσουν τα φυτά. Για την εφαρμογή της έκπλυσης είναι απαραίτητη η καλή έως άριστη στράγγιση του εδάφους, έτσι ώστε να είναι δυνατή η συνεχής ροή του νερού από τη ζώνη του ριζοστρώματος προς τα κάτω.

Η επιλογή καλλιεργειών ανθεκτικών στα άλατα, οι συχνότερες αρδεύσεις με μικρές αρδευτικές δόσεις, η αύξηση του κλάσματος έκπλυσης και η άρδευση κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι ορισμένες από τις σημαντικότερες πρακτικές που πρέπει να εφαρμόζονται όταν η άρδευση γίνεται με νερά υψηλής αλατότητας. Καλλιέργειες ευαίσθητες στα άλατα, θα παρουσιάσουν δραστικές μειώσεις στην παραγωγή όταν αρδεύονται με νερά που έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα μεγαλύτερη από 3 dS/m, ακόμα και κάτω από άριστες συνθήκες διαχείρισης.

Σε περιοχές με ανεπαρκή στράγγιση, η υψηλή υπόγεια στάθμη μπορεί να αποτελέσει ένα επιπρόσθετο παράγοντα που συμβάλλει σημαντικά στη συσσώρευση αλάτων στο έδαφος (υπόγεια στάθμη σε βάθος μικρότερο από 1 έως 2m).

Στα περισσότερα εδάφη με υψηλή υπόγεια στάθμη, το νερό ανέρχεται τριχοειδώς μέχρι το ριζόστρωμα και το εφοδιάζει συνεχώς με άλατα καθώς το νερό διαπνέεται από το φυτό ή εξατμίζεται από την επιφάνεια του εδάφους. Ο ρυθμός αλάτωσης του εδάφους εξαρτάται από τη μέθοδο άρδευσης, τη συγκέντρωση των αλάτων στο νερό, το βάθος της στάθμης, τον τύπο του εδάφους και το κλίμα. Η μακροχρόνια χρήση των αποβλήτων για άρδευση δεν είναι δυνατή χωρίς επαρκή στράγγιση. Σε πολλές περιοχές οι εδαφικές συνθήκες είναι τέτοιες, ώστε η άρδευση με σημαντικά περισσότερο νερό από αυτό που μπορεί να καταναλώσει η καλλιέργεια, προκαλεί άνοδο της υπόγειας στάθμης.

3.6.3 Διηθητικότητα

Τα άλατα του νατρίου στο αρδευτικό νερό, εκτός από τις άμεσες δυσμενείς επιδράσεις στα φυτά, μπορεί να επιδράσουν και στην εδαφική δομή μειώνοντας τόσο το ρυθμό με τον οποίο το νερό διεισδύει στο έδαφος όσο και τον αερισμό του εδάφους. Εάν η διηθητικότητα μειωθεί δραστικά, μπορεί να καταστεί αδύνατη η εφαρμογή της απαραίτητης ποσότητας νερού για την καλή ανάπτυξη των φυτών. Επακόλουθο της καταστροφής της εδαφικής δομής είναι το επιφανειακό λίμνασμα του νερού, η δημιουργία

κρούστας, η υπερβολική ανάπτυξη ζιζανίων και η έλλειψη επαρκούς αερισμού του εδάφους. Η άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα εφαρμόζεται συχνά σε ήδη υποβαθμισμένα εδάφη, γεγονός που καθιστά το πρόβλημα ακόμη μεγαλύτερο. Τα προβλήματα διηθητικότητας αφορούν συνήθως ένα μικρό βάθος του επιφανειακού εδάφους και σχετίζονται κυρίως με υψηλή περιεκτικότητα νατρίου ή πολύ χαμηλή περιεκτικότητα ασβεστίου στη ζώνη αυτή ή στο εφαρμοζόμενο νερό. Τα προβλήματα έλλειψης ασβεστίου δημιουργούνται από άρδευση με νερά πολύ μικρής αλατότητας, τα οποία διαλύουν και ξεπλένουν το ασβέστιο του εδάφους ή με νερά πολύ υψηλής περιεκτικότητας σε νάτριο, που προκαλούν μεγάλη συσσώρευση νατρίου στο έδαφος σε σχέση με το ασβέστιο. Νερά με υψηλή αλατότητα αυξάνουν τη διηθητικότητα και μερικώς αντισταθμίζουν τα προβλήματα που προκαλεί το αυξημένο SAR

Κατά κανόνα τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα περιέχουν πολλά άλατα και άφθονο ασβέστιο, οπότε δεν αναμένεται διαλυτοποίηση και έκπλυση του ασβεστίου του επιφανειακού εδάφους. Επειδή όμως τα νερά αυτά ενδέχεται να είναι πλούσια σε νάτριο, η πιθανή υψηλή τιμή του SAR πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στα προγράμματα επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων. Το SAR είναι μια παράμετρος, η οποία εκφράζει τον κίνδυνο να προκληθεί αλκαλίωση στο έδαφος από την ύπαρξη Νατρίου στο νερό άρδευσης. Δίνεται από τη σχέση: $SAR = [Na]/[Ca+Mg/2]^{0.5}$.

3.6.4 Τοξικότητα ιόντων

Ορισμένα ιόντα που προσλαμβάνονται από τα φυτά, ακόμη και σε μικρές ποσότητες, ασκούν τοξική δράση σε αυτά με αποτέλεσμα την πρόκληση ζημιών στο φυτό και τη μείωση της παραγωγής. Τα προβλήματα τοξικότητας των ιόντων παρουσιάζονται συχνά μαζί με εκείνα της αλατότητας κάνοντας τα πιο πολύπλοκα, παρόλο που μερικές φορές προβλήματα τοξικότητας εμφανίζονται και σε χαμηλές τιμές αλατότητας. Τα ιόντα στα οποία πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την άρδευση με υγρά απόβλητα είναι το βόριο, το νάτριο και το χλώριο. Η συγκέντρωση των δύο τελευταίων είναι αυξημένη όταν χρησιμοποιούνται αποσκληρυντικά νερού.

Γενικά είναι δύσκολο να περιοριστεί η τοξική δράση ορισμένων ιόντων στις ευαίσθητες καλλιέργειες, χωρίς αλλαγή νερού άρδευσης, αρδευτικού συστήματος, καλλιέργειας ή συνδυασμό αυτών. Τα συμπτώματα εμφανίζονται σχεδόν σε όλες τις καλλιέργειες, όταν οι συγκεντρώσεις είναι αρκετά υψηλές, ενώ το πρόβλημα γίνεται εντονότερο στα θερμά κλίματα.

- Βόριο

Η πιο συχνά εμφανιζόμενη τοξικότητα από τη χρήση των υγρών αστικών αποβλήτων στη γεωργία προέρχεται από το βόριο (B). Πηγές βορίου είναι συνήθως τα οικιακά απορρυπαντικά και οι εκροές από βιομηχανίες. Γενικά, συγκεντρώσεις βορίου μεγαλύτερες από 3 ppm επηρεάζουν τις περισσότερες καλλιέργειες. Ορισμένες όμως φορές δεν παρουσιάζεται πρόβλημα στα φυτά, ακόμη και σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 3 ppm. Αυτό εξαρτάται από την περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο, ανθρακικό ασβέστιο καθώς και από το pH του εδάφους (Μισοπολινός, 1991).

- Χλώριο

Τα φαινόμενα τοξικότητας του χλωρίου (Cl) παρουσιάζονται στα φύλλα των φυτών υπό μορφή καψίματος ή ξήρανσης των ιστών αυτών. Αρχικά προσβάλλονται οι κορυφές των φύλλων, σύμπτωμα που είναι χαρακτηριστικό της τοξικότητας του χλωρίου. Εκτεταμένες νεκρώσεις φύλλων συνοδεύονται από έντονη πτώση τους που μπορεί να φθάσει και στην αποφύλλωση των φυτών. Στα ευαίσθητα φυτά τα συμπτώματα της τοξικότητας εμφανίζονται όταν η συγκέντρωση του χλωρίου στα φύλλα ανέρχεται στο 0.3-1.0% της ξηράς ουσίας τους. Πολλά δένδρα παρουσιάζουν φαινόμενα τοξικότητας χλωρίου, όταν η συγκέντρωση του στα φύλλα είναι μεγαλύτερη από το 0.3% της ξηράς ουσίας αυτών. Η πρόσληψη του χλωρίου από τα φυτά εξαρτάται όχι μόνο από την ποιότητα του νερού άρδευσης αλλά και από τη συγκέντρωση του χλωρίου στο εδαφικό διάλυμα.

- Νάτριο

Γενικά η τοξική δράση του νατρίου (Na) δεν είναι εύκολο να διαγνωσθεί. Συμπτώματα τοξικότητας είναι το κάψιμο των φύλλων και ιδίως η ξήρανση και η νέκρωση των ιστών κατά μήκος των εξωτερικών άκρων των φύλλων. Συμπτώματα τοξικότητας νατρίου εμφανίζονται στα φύλλα των φυτών, όταν η συγκέντρωση ανέρχεται σε 0.25-0.5% της ξηράς ουσίας των φύλλων.

3.6.5 Θρεπτικά στοιχεία

Τα θρεπτικά στοιχεία που περιέχονται στα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα αποτελούν ένα βασικό πλεονέκτημα της άρδευσης με τέτοιο νερό, επειδή μειώνουν την

ανάγκη προσθήκης θρεπτικών στοιχείων με χημικά λιπάσματα. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις η περίσσεια θρεπτικών στοιχείων στα υγρά απόβλητα μπορεί να προκαλέσει προβλήματα σε κάποιες καλλιέργειες. Η γενική αρχή είναι να γίνονται περιοδικοί έλεγχοι για την εκτίμηση των θρεπτικών στοιχείων που περιέχονται στα απόβλητα, έτσι ώστε να υπολογίζονται οι ποσότητες που δίνονται στο έδαφος και φυσικά στην καλλιέργεια μέσω των αρδεύσεων. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό της λίπανσης που χορηγείται στο σύστημα έδαφος-φυτό με την κλασική λίπανση. Τα θρεπτικά στοιχεία που συνήθως υπάρχουν στα υγρά αστικά απόβλητα περιλαμβάνουν το άζωτο, το φώσφορο και περιστασιακά το κάλιο, τον ψευδάργυρο, το βόριο και το θείο.

- Άζωτο

Η συνολική ποσότητα αζώτου που περιέχεται σε αστικά απόβλητα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία, κυμαίνεται συνήθως από 20 έως 60 mg/l. Σε κάθε άρδευση μαζί με το νερό εφαρμόζεται και άζωτο που λιπαίνει τα φυτά. Ο τρόπος αυτός λίπανσης είναι ευνοϊκός κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών, αλλά δημιουργεί προβλήματα κατά το στάδιο της ωριμότητας του.

- Φώσφορος

Ο φώσφορος είναι επίσης απαραίτητος για όλα τα φυτά. Η συγκέντρωση του φωσφόρου στα αστικά απόβλητα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία κυμαίνεται συνήθως από 6 έως 15 mg/l. Η άρδευση με απόβλητα αυξάνει σταδιακά τα επίπεδα φωσφόρου στο έδαφος, μειώνοντας την ανάγκη για μελλοντική συμπληρωματική λίπανση με φώσφορο.

- Κάλιο

Στα υγρά αστικά απόβλητα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία το κάλιο κυμαίνεται συνήθως από 10 έως 30 mg/l (12-36 mg/l K_2O).

- Ψευδάργυρος

Σχεδόν όλα τα υγρά αστικά απόβλητα περιέχουν αρκετό ψευδάργυρο για να διορθωθούν οι ελλείψεις του εδάφους σε διάστημα από 1 έως 3 έτη. Η ύπαρξη του ψευδαργύρου θεωρείται ευεργετική για εδάφη με έλλειμμα ψευδαργύρου.

- Θείο

Σε μέρη όπου το ετήσιο ύψος βροχής είναι υψηλό μπορεί να υπάρξει έλλειψη θείου, που προκαλεί μειωμένη παραγωγή στις καλλιέργειες. Στα υγρά αστικά απόβλητα υπάρχει κατά κανόνα επαρκές θείο, ώστε να διορθώνονται οι ελλείψεις του εδαφικού θείου.

3.6.6 Διάφορα προβλήματα

Κατά την άρδευση με αστικά απόβλητα μπορεί να εμφανιστούν διάφορα προβλήματα, όπως ανωμαλίες στο pH, διάβρωση αγωγών και εξοπλισμού, απόφραξη συστημάτων άρδευσης, υψηλό υπολειμματικό χλώριο κ.ά. Τα προβλήματα αυτά, όταν παρουσιάζονται, πρέπει να εκτιμώνται και να αντιμετωπίζονται κατά περίπτωση.

Το pH του νερού σπάνια αποτελεί από μόνο του πρόβλημα. Ωστόσο, τιμή του pH έξω από τα συνηθισμένα όρια (6.5-8.5) αποτελεί ένδειξη ότι το νερό είναι υποβαθμισμένης ποιότητας με πιθανή παρουσία τοξικών ιόντων. Τιμή του pH εκτός των παραπάνω ορίων πρέπει να αποτελεί προειδοποίηση και να οδηγεί σε περαιτέρω αναλύσεις και εκτιμήσεις για την ποιότητα του νερού.

Άλλο πιθανό πρόβλημα είναι η εμφραξη συστημάτων άρδευσης καταιονισμού ή στάγδην. Η ανάπτυξη διαφόρων μικροοργανισμών στις εξόδους των ακροφυσίων και των σταλακτήρων ή στους σωλήνες μεταφοράς του νερού, προκαλούν εμφράξεις (Meyer, 1985, Nakayama and Bucks, 1985, Padmakumari and Sivanappan, 1985), όπως επίσης και οι μεγάλες συγκεντρώσεις φυκιών (English, 1985) και αιωρούμενων στερεών (Bucks et al. 1982). Τα πλέον συχνά παρατηρούμενα προβλήματα εντοπίζονται στα συστήματα στάγδην άρδευσης.

Εάν τα επίπεδα υπολειμματικού χλωρίου παραμένουν υψηλά κατά το χρόνο εφαρμογής του νερού, προκαλούνται ζημιές στα φυτά, στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται συστήματα καταιονισμού. Το ελεύθερο χλώριο είναι πολύ δραστικό και ασταθές στο νερό. Η ποσότητα του υπολειμματικού χλωρίου μειώνεται εντυπωσιακά αν το νερό παραμείνει σε ανοικτές δεξαμενές για αρκετές ώρες. Υπολειμματικό χλώριο λιγότερο από 1 mg/l δεν επηρεάζει το φύλλωμα των φυτών, αλλά όπου υπερβαίνει τα 5 mg/l μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές. Το μέγεθος των ζημιών που προκαλεί είναι ανάλογο με την αύξηση της συγκέντρωσης του πάνω από το 1 mg/l.

3.7 ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Η χρήση των υγρών αστικών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς εμπεριέχει κατά κανόνα μεγαλύτερο κίνδυνο για τη δημόσια υγεία από τη χρήση νερών που προέρχονται από άλλες μη μολυσμένες πηγές, εξαιτίας της έκθεσης των αγροτών και του κοινού σε παθογόνους μικροοργανισμούς ή τοξικές ουσίες.

Ένας από τους σημαντικότερους στόχους της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στη γεωργία είναι η μείωση του κινδύνου αυτού σε αποδεκτά επίπεδα. Σε γενικές γραμμές, οι κίνδυνοι για την υγεία των ανθρώπων είναι ανάλογοι του βαθμού έκθεσης αυτών στα υγρά απόβλητα, της ποιότητας των αποβλήτων και της αξιοπιστίας των συστημάτων επεξεργασίας τους.

3.7.1 Παθογόνοι μικροοργανισμοί

Ο κύριος όγκος των υγρών αστικών αποβλήτων αποτελείται από οικιακές εκροές και για το λόγο αυτό οι μικροοργανισμοί και τα παράσιτα που βρίσκονται στον εντερικό σωλήνα των ανθρώπων βρίσκονται και στα απόβλητα. Ο αριθμός των παθογόνων οργανισμών στα υγρά αστικά απόβλητα έχει μειωθεί δραστικά κατά τις τελευταίες δεκαετίες, εξαιτίας της βελτίωσης των συνθηκών υγιεινής και του ελέγχου των ασθενειών με αντιβιοτικά. Οι κυριότεροι μικροοργανισμοί μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- τα βακτήρια, τα παράσιτα (πρωτόζωα και έλμινθες) και τους ιούς.

Βακτήρια

Μία ποικιλία κολοβακτηριδίων συναντώνται στον εντερικό σωλήνα των υγιών ατόμων και αποβάλλονται με τα απεκκρίματά τους. Για το λόγο αυτό καλούνται κολοβακτηρίδια εντερικής προέλευσης. Τα ολικά κολοβακτηρίδια και τα κολοβακτηρίδια εντερικής προέλευσης, στα οποία συμπεριλαμβάνεται και η *Escherichia coli*, είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι δείκτες εκτίμησης της υγιεινής κατάστασης ενός υδατικού συστήματος.

Παράσιτα

- Πρωτόζωα

Το πιο επικίνδυνο παράσιτο θεωρείται ότι είναι το *Entamoeba histolytica* που ανήκει στην

κατηγορία των πρωτόζωων και το οποίο είναι υπεύθυνο για την αμοεβική δυσεντερία και την αμοεβική ηπατίτιδα. Ένα άλλο πρωτόζωο, το μαστιγόμορφο *Giardia lamblia* είναι αιτία γαστρεντερικών διαταραχών (διαρροιών) και άλλων ενοχλήσεων.

➤ Έλμινθες

Πρόκειται για μια ομάδα σκωλήκων που μολύνουν τον ανθρώπινο εντερικό σωλήνα. Οι μεγάλοι χρόνοι επιβίωσης και η ικανότητα ορισμένων ελμινθικών σκωλήκων να διαπερνούν το δέρμα του ανθρώπου, κάνουν δύσκολο τον έλεγχο των μολύνσεων, εκτός από την περίπτωση κατά την οποία εφαρμόζονται κατάλληλες μέθοδοι επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων για την απομάκρυνση τους.

Ιοί

Είναι πολύ ανθεκτικοί, τόσο στα απόβλητα όσο και στα εδάφη. Οι εντερικοί ιοί είναι αυτοί που πολλαπλασιάζονται στον ανθρώπινο εντερικό σωλήνα και ελευθερώνονται με τα απεκκρίματα των προσβεβλημένων ατόμων (νοσοούντων ή φορέων). Υπάρχουν περισσότεροι από 100 διαφορετικοί εντερικοί ιοί ικανοί να προκαλέσουν μολύνσεις ή ασθένειες στους ανθρώπους. Η μεγάλη ανησυχία σχετικά με την παρουσία τους στα απόβλητα οφείλεται στο γεγονός, ότι και ένας μόνο ιός μπορεί να μολύνει τον άνθρωπο.

Έχει διατυπωθεί η άποψη, ότι η απομάκρυνση των ιών κατά την επεξεργασία των αποβλήτων συμβαίνει ταυτόχρονα με την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, καθώς οι περισσότεροι ιοί είναι ενωμένοι με τα στερεά που περιέχονται στα υγρά απόβλητα.

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την επιβίωση των ιών στο έδαφος και στις καλλιέργειες, όπως

- το pH,
- η περιεχόμενη υγρασία,
- η θερμοκρασία,
- η έκθεση στο ηλιακό φως (συγκεκριμένα στην υπεριώδη ακτινοβολία)
- και η περιεχόμενη οργανική ύλη.

Οι χρόνοι επιβίωσης των ιών στο έδαφος είναι μεγαλύτεροι από ότι στις καλλιέργειες, γεγονός που οφείλεται στις ευνοϊκότερες συνθήκες που επικρατούν εκεί (μικρότερη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, περισσότερη διαθέσιμη υγρασία κλπ). Έχουν αναφερθεί αριθμοί όπως 170 ημέρες επιβίωσης για εντερικούς ιούς σε εδάφη και 23 ημέρες σε καλλιέργειες.

Μετάδοση μολύνσεων – ασθενειών

Οι βασικές οδοί μεταφοράς των ασθενειών στον υγιή άνθρωπο είναι το μολυσμένο πόσιμο νερό, το έδαφος, τα μολυσμένα καλλιεργούμενα φυτικά προϊόντα και η απευθείας μετάδοση από μολυσμένο σε υγιή άνθρωπο.

Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα

➤ Η άρδευση των καλλιεργειών με ανεπεξέργαστα απόβλητα προκαλεί σημαντική αύξηση των μολύνσεων από νηματώδεις σκώληκες εντερικής προέλευσης, όπου αυτοί είναι ενδημικοί, τόσο στους αγρότες όσο και στους καταναλωτές. Οι αγρότες που δουλεύουν με γυμνά πόδια έχουν μεγάλη πιθανότητα να μολυνθούν,

➤ Η άρδευση καλλιεργειών με επεξεργασμένα απόβλητα δεν οδηγεί σε επιπλέον μολύνσεις από νηματώδεις σκώληκες εντερικής προέλευσης στους αγρότες και στους καταναλωτές.

➤ Η χολέρα και πιθανώς ο τύφος μπορεί να μεταδοθούν εξαιτίας της άρδευσης λαχανικών με ανεπεξέργαστα απόβλητα. Σήμερα, υπάρχουν ελάχιστες εστίες στις αναπτυσσόμενες χώρες.

➤ Βοοειδή που βόσκουν σε λειμώνες που αρδεύονται με ανεπεξέργαστα απόβλητα μπορεί να προσβληθούν. Ο πραγματικός κίνδυνος να μολυνθεί ο άνθρωπος δεν είναι τεκμηριωμένος, αλλά είναι πιθανό να υπάρχει. Η κατανάλωση ανεπαρκώς ψημένου κρέατος βοοειδών πρέπει να αποφεύγεται.

➤ Δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία που να δείχνουν ότι η υγεία των ανθρώπων που κατοικούν σε κοινότητες με καλές συνθήκες ατομικής υγιεινής και βρίσκονται κοντά σε περιοχές που αρδεύονται με ανεπεξέργαστα απόβλητα μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά, είτε άμεσα από επαφή με το έδαφος είτε έμμεσα από επαφή με τους αγρότες.

➤ Η άρδευση με επεξεργασμένα απόβλητα χρησιμοποιώντας συστήματα καταιονισμού μπορεί να προκαλέσει διασπορά μικρών ποσοτήτων παθογόνων μικροοργανισμών και πιθανή εισπνοή τους από ανθρώπους, αλλά ο πραγματικός κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών μέσω αυτής της οδού δεν έχει διερευνηθεί.

Τα γενικά μέτρα προφύλαξης του πληθυσμού για την αποφυγή διαφόρων τύπων μολύνσεων είναι τα ακόλουθα:

α. Ασφαλές νερό για πόση, μαγείρεμα, καθαρισμό

β. Υγιεινή και ελεγχόμενη διάθεση των αποβλήτων ώστε να αποφεύγεται η μόλυνση του περιβάλλοντος από μολυσματικούς παράγοντες

γ. Επιμόρφωση σε ζητήματα υγιεινής, ώστε να βελτιωθεί η ατομική και δημόσια υγιεινή

Τα μέτρα που λαμβάνονται για την προστασία των εργαζομένων, περιλαμβάνουν:

- την ένδυση με ειδικά προστατευτικά ρούχα τη διατήρηση υψηλής στάθμης κανόνων υγιεινής την ενημέρωση και εκπαίδευση του γεωργικού πληθυσμού τους συχνούς ιατρικούς ελέγχους
- μαγείρεμα των προϊόντωνη απόσταση των αγρών από κατοικημένες περιοχές ή δρόμους πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 50 ή και 100 m (Πανώρας και Ηλίας,1999)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Η ορθολογική χρήση του αρδευτικού νερού είναι το κυρίαρχο ζήτημα στη γεωργία, άσχετα από την ποιότητα και την προέλευση του. Στην περίπτωση της χρήσης αστικών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς είναι αυτονόητο, ότι ο τρόπος εφαρμογής τους στον αγρό έχει ακόμη μεγαλύτερη σημασία, γιατί συνδέεται άμεσα με πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον. Όσο μικρότερος είναι ο βαθμός της αρδευτικής αποδοτικότητας, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος ρύπανσης ή μόλυνσης εδάφους και νερών (επιφανειακών ή υπόγειων). Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου άρδευσης μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στην ορθολογική χρήση των προς άρδευση αποβλήτων.

4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Κάτω από κανονικές συνθήκες, η μέθοδος άρδευσης που θα επιλεγεί εξαρτάται από την παροχή και την ποιότητα του νερού, το κλίμα, το έδαφος, την καλλιέργεια, το κόστος της μεθόδου και την ικανότητα του αγρότη να διαχειρίζεται το σύστημα άρδευσης. Ωστόσο, όταν χρησιμοποιούνται υγρά απόβλητα για άρδευση, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και άλλοι παράγοντες όπως η ποιότητα των επεξεργασμένων αποβλήτων, το είδος της καλλιέργειας (βιομηχανικά φυτά, δενδρώδεις καλλιέργειες, βοσκές, λαχανικά κλπ.) η διαβροχή ή μη του φυλλώματος και των καρπών, ο τρόπος κατανομής νερού-αλάτων-ρυπαντών στο έδαφος, η δυνατότητα διατήρησης της εδαφικής υγρασίας σε υψηλά επίπεδα, η αποδοτικότητα εφαρμογής του νερού, η πιθανότητα πρόκλησης ζημιών στο αρδευτικό σύστημα, η πιθανότητα μόλυνσης αγροτών και καταναλωτών και η πιθανή ρύπανση του περιβάλλοντος.

Όταν χρησιμοποιούνται υγρά απόβλητα, ένας από τους καθοριστικούς παράγοντες για την επιλογή του συστήματος άρδευσης είναι η ελαχιστοποίηση ή εφόσον είναι δυνατό η πλήρης αποφυγή των κινδύνων που σχετίζονται με την ανθρώπινη υγεία. Η μέθοδος άρδευσης, το είδος της καλλιέργειας, ο βαθμός επεξεργασίας των υγρών αστικών αποβλήτων και ο έλεγχος της ανθρώπινης έκθεσης αποτελούν ένα αλληλοεξαρτώμενο σύστημα, κάθε παράγοντας του οποίου επηρεάζει τις υπόλοιπες και επηρεάζεται από αυτές.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την άρδευση των καλλιεργειών διακρίνονται σε συμβατικές, όπως είναι η επιφανειακή άρδευση (κατάκλυση, λωρίδες, αυλάκια), σε

καταιονισμό (τεχνητή βροχή), σε στάγδην άρδευση και πιο πρόσφατα σε υπόγεια στάγδην άρδευση.

Η άρδευση με κατάκλυση ή λωρίδες απαιτεί πλήρη κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους με τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα. Αυτός ο τρόπος άρδευσης μολύνει τμήμα της φυλλικής επιφάνειας των λαχανικών που έρχεται σε επαφή με τα απόβλητα καθώς και τη συγκομιζόμενη ρίζα. Επίσης, εκθέτει σημαντικά τους καλλιεργητές στα απόβλητα.

Κατά την άρδευση με αυλάκια δεν διαβρέχεται όλη η επιφάνεια του εδάφους, γεγονός που μειώνει τους κινδύνους μόλυνσης των φυτών τα οποία αναπτύσσονται στον αυχένα των αυλακιών. Η μόλυνση όμως των αγροτών είναι μέση έως υψηλή.

Η μέθοδος άρδευσης με καταιονισμό είναι πιο αποδοτική όσον αφορά στη χρήση του νερού, επειδή μπορεί να επιτευχθεί ομοιομορφία στην εφαρμογή του. Ωστόσο, αυτή η μέθοδος άρδευσης μπορεί να μολύνει τις καλλιέργειες και τους αγρότες. Επίσης, παθογόνοι μικροοργανισμοί που περιέχονται σε καταιονιζόμενα απόβλητα μπορεί να μεταφερθούν με τον άνεμο και να δημιουργήσουν κίνδυνο για την υγεία των κατοίκων των κοντινών περιοχών. Για να αποφευχθούν οι υπερβολικές απώλειες και να επιτευχθεί ομοιομορφία κατανομής του νερού στον αγρό, είναι καλό να γίνεται μια πρόχειρη ισοπέδωση του εδάφους (Πανώρας κ.α 1993). Τα συστήματα καταιονισμού επηρεάζονται πιο πολύ από την ποιότητα του νερού σε σχέση με τα επιφανειακά συστήματα άρδευσης, κυρίως λόγω της έμφραξης των ακροφυσίων των καταιονιστήρων, των ενδεχομένων ζημιών των φύλλων και της φυτοτοξικότητας, όταν το νερό είναι αλατούχο και περιέχει περίσσεια τοξικών ουσιών. Επίσης, υπάρχει η πιθανότητα συσσώρευσης ιζήματος στους σωλήνες, τις βάνες, τους αυτοματισμούς και στο σύστημα διανομής του νερού. Γενικά, τα αστικά απόβλητα που έχουν υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι κατάλληλα για διανομή από εκτοξευτήρες, αρκεί να μην είναι πολύ αλατούχα.

Οι μέθοδοι τοπικής άρδευσης (κυρίως Στάγδην άρδευση) θεωρούνται ιδανικές για χρήση με απόβλητα, επειδή : 1) αποτελούν κλειστά συστήματα και δεν εκθέτουν σε κίνδυνο τους αγρότες, 2) δεν προκαλούν διασπορά των αποβλήτων με τον άνεμο, όπως υπάρχει πιθανότητα να συμβεί με τον καταιονισμό και 3) δε δημιουργούν απορροή αποβλήτων προς γειτονικές περιοχές όπως συμβαίνει με τις επιφανειακές μεθόδους. Ωστόσο, η ανάπτυξη διαφόρων μικροοργανισμών στους σταλακτήρες, ή στους σωλήνες μεταφοράς του νερού προκαλούν εμφράξεις όπως επίσης και οι μεγάλες συγκεντρώσεις φυκών και αιωρούμενων στερεών. Η ύπαρξη στερεών τεμαχιδίων στα απόβλητα που δέχθηκαν δευτεροβάθμια επεξεργασία και η ανάπτυξη μικροοργανισμών στους

σταλακτήρες μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα που ξεπερνώνται με τη χρήση χαλκικόφιλτρου και το συχνό καθάρισμα τους με άφθονο καθαρό νερό. Επειδή η περιεκτικότητα του Ca στα απόβλητα είναι συνήθως υψηλή πρέπει να υπολογίζεται ο δείκτης LSI (Nakayama and Bucks 1985, Πανώρας κ.α. 1992), που εκφράζει τον πιθανό κίνδυνο έμφραξης των σταλακτήρων από την καθίζηση του Ca.

4.2 Η ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ (Υ.Σ.Α.).

Η προσπάθεια για την επίτευξη μικρότερου κόστους και μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας κατά την εφαρμογή του νερού στις αρδεύσεις, είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη πολλών και ποικίλων μεθόδων άρδευσης.

Η στάγδην άρδευση, επιφανειακή ή υπόγεια, ανήκει στις μεθόδους της τοπικής ή μερικής άρδευσης. Έτσι χαρακτηρίζονται οι μέθοδοι εκείνες, που χορηγούν το νερό κατευθείαν στη ζώνη της μεγαλύτερης ριζικής δραστηριότητας των φυτών και μόνο εκεί, σε αντίθεση με τις διάφορες παραδοσιακές μεθόδους, που χορηγούν το νερό σε όλη (κατάκλιση, καταιονισμός) ή σχεδόν όλη (αυλάκια) την έκταση που καταλαμβάνει η καλλιέργεια.

Ιδιαίτερα για την υπόγεια στάγδην άρδευση, ο Phene, 1999 θεωρεί, ότι είναι η νεότερη και ενδεχομένως η περιπλοκότερη και αποδοτικότερη μέθοδος άρδευσης.

Σύμφωνα με τον ASAE S526(ASAE Standards, 43rd Ed. 1996.) " Soil and Water Terminology", η κάτω από την επιφάνεια του εδάφους στάγδην άρδευση ορίζεται ως: «η εφαρμογή νερού κάτω από την επιφάνεια του εδάφους διαμέσου σταλακτήρων με αναλογία αποδέσμευσης του, σε γενικές γραμμές, στην ίδια κλίμακα με την επιφανειακή στάγδην άρδευση» (Camp et al, 2003).

Άλλοι ορισμοί της υπόγειας άρδευσης προϋποθέτουν την παράπλευρη τοποθέτηση λάστιχων κάτω από το κανονικό βάθος οργώματος ή στο βάθος που θα διασφάλιζε την επιβίωση τους κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, υπονοώντας κάποιο βαθμό μονιμότητας.

Ο όρος υπόγεια άρδευση χρησιμοποιείται γενικά τα τελευταία 10-15 χρόνια, για να περιγράψει την εφαρμογή του εξοπλισμού της στάγδην άρδευσης κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που διακρίνουν τις τοπικές αρδεύσεις είναι:

1. Μικρή παροχή νερού (κατώτερη από 12 l/h).
2. Μερική διαβροχή του εδάφους.

3. Μεγάλη συχνότητα και διάρκεια άρδευσης.
4. Υψηλή περιεκτικότητα και χαμηλή τάση εδαφικής υγρασίας.
5. Τρισδιάστατη κίνηση του νερού στο έδαφος. (Μιχελάκης, 1998).

4.2.1 Μέρη του συστήματος της στάγδην άρδευσης

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελείται από τα δίκτυα μεταφοράς, εφαρμογής και την μονάδα ελέγχου.

Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από τους κύριους αγωγούς μεταφοράς, που μεταφέρουν το νερό στους αγωγούς τροφοδοσίας, οι οποίοι εξασφαλίζουν την απαιτούμενη παροχή και φορτίο στις υδροληψίες των αγωγών εφαρμογής. Οι αγωγοί του δικτύου μεταφοράς είναι συνήθως από άκαμπτο PVC και πρέπει να τοποθετούνται υπόγεια, τόσο για την προστασία τους, όσο και για την διευκόλυνση της κυκλοφορίας στον αγρό των γεωργικών μηχανημάτων.

Το δίκτυο εφαρμογής αποτελείται από εύκαμπτους σωλήνες πολυαιθυλενίου με διάμετρο 12-25 mm, στους οποίους, σε προκαθορισμένες θέσεις τοποθετούνται ή ενσωματώνονται οι σταλακτήρες μέσω των οποίων το νερό φθάνει στο έδαφος με την μορφή σταγόνων.

Η μονάδα ελέγχου τοποθετείται στην αρχή του δικτύου αμέσως μετά το αντλητικό συγκρότημα ή την υδροληψία αν το δίκτυο είναι συλλογικό και περιλαμβάνει μετρητή ροής, φίλτρα, ρυθμιστές πίεσης και συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Βάση τους συστήματος στάγδην άρδευσης είναι οι σταλακτήρες. Οι σταλακτήρες διακρίνονται σε ορισμένες κατηγορίες ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Έτσι, ανάλογα με το είδος ροής του νερού διακρίνονται σε σταλακτήρες με στρωτή ροή, με μερικός στροβιλώδη ροή και με στροβιλώδη ροή.

Ανάλογα με τον τρόπο απόσβεσης ή στραγγαλισμού της πίεσης διακρίνονται σε σταλακτήρες με μακρύ διάδρομο ροής και με επιστόμιο ή σπή. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι αυτορυθμιζόμενοι που διατηρούν σταθερή παροχή ανεξάρτητα από το φορτίο με κάποιο μηχανισμό αυτόματης ρύθμισης. Ανάλογα με την ικανότητα αυτοκαθαρισμού τους διακρίνονται σε αυτοκαθαριζόμενους και μη αυτοκαθαριζόμενους. Οι αυτορυθμιζόμενοι σταλακτήρες είναι κατά κανόνα και αυτορυθμιζόμενοι και είναι ο τύπος που χρησιμοποιείται περισσότερο σήμερα (Τερζίδης κ.ά., 1997, Μιχελάκης, 1998).

Σύμφωνα με τους Phene et al., (1995), ο σχεδιασμός και η λειτουργία των υποεπιφανειακών στάγδην συστημάτων εξελίχθησαν με τον χρόνο, αλλά διαφέρουν ελάχιστα από τα επιφανειακά συστήματα, εκτός από τρία σημαντικά κριτήρια :

- α) Πρέπει να τοποθετηθούν βαλβίδες ανακούφισης σε αρκετά σημεία, κυρίως στα υψηλότερα υψομετρικά σημεία του συστήματος,
- β) τα συστήματα υπόγειας στάγδην άρδευσης απαιτούν συχνή πλύση των πρωτευόντων, και πλευρικών αγωγών, ειδικότερα κατά την διάρκεια των πρώτων μηνών της λειτουργίας τους και,
- γ) επειδή το ριζικό σύστημα των φυτών που αρδεύονται με υπόγεια στάγδην άρδευση είναι βαθύτερα, η λίπανση των καλλιεργειών καθίσταται ιδιαίτερος σημαντική από την στιγμή που το ριζικό σύστημα επεκτείνεται σε έδαφος με έλλειψη αρκετών θρεπτικών στοιχείων.

4.2.2 Πλεονεκτήματα στάγδην άρδευσης

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του συστήματος στάγδην άρδευσης υπόγειας ή επιφανειακής, με έμφαση σε αυτά της υπόγειας είναι.

1. Το σύστημα στάγδην άρδευσης μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους σχεδόν τους τύπους εδαφών, καθώς και σε αγρούς με περίεργες μορφές ή ανώμαλη τοπογραφία.

2. Πλεονεκτεί σε περιοχές, όπου το νερό που διατίθεται για την άρδευση είναι λιγιστό ή πολύ ακριβό. Είναι αποδοτικότερο επειδή η εξάτμιση μειώνεται, η απορροή μειώνεται ή εξαλείφεται, η βαθιά διήθηση μειώνεται και η ομοιομορφία άρδευσης βελτιώνεται.

3. Η εφαρμογή θρεπτικών ουσιών γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια. Οι δαπάνες λιπάσματος και οι απώλειες νιτρικών μπορούν να μειωθούν (Phene, 1999).

4. Συμβάλλει στην μείωση της αλατότητας στην περιοχή του ενεργού ριζοστρώματος (AI-Omran et al., 2004).

5. Είναι δυνατό με κατάλληλο σχεδιασμό του συστήματος να παραμένουν στον αγρό αρκετά ξηρές λωρίδες γης, όπου μπορούν να κινούνται με ευκολία τα γεωργικά μηχανήματα, οποιαδήποτε στιγμή απαιτηθεί. Στην υπόγεια δε τοποθέτηση των σταλακτοφόρων αγωγών, όλη η επιφάνεια του αγρού παραμένει ξηρή.

6. Συνέπεια του προηγούμενου είναι και η δυνατότητα καλύτερου ελέγχου των ζιζανίων, μιας και αυτά μειώνονται λόγω έλλειψης υγρασίας ή καταπολεμούνται όπου χρειάζεται έγκαιρα με εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, αφού το ψεκαστικό μηχάνημα μπορεί εύκολα να κινηθεί οποιαδήποτε στιγμή απαιτηθεί.

7. Το σύστημα στάγδην άρδευσης προσφέρεται για αυτοματοποίηση της άρδευσης.

8. Η υπόγεια στάγδην άρδευση δίνει τη δυνατότητα άρδευσης με τη χρήση υγρών αποβλήτων (Σακελλαρίου κ. ά., 2003 και 2004).

9. Έχει αποδειχθεί πολύ καλή ποιότητα και παραγωγή των καλλιεργειών κάτω από συνθήκες στάγδην άρδευσης και σε συγκρίσεις της επιφανειακής με την υπόγεια φαίνεται να υπερέχει η δεύτερη.

Σαφή υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι της επιφανειακής, με μεγαλύτερους ρυθμούς αύξησης και σημαντικά μεγαλύτερη τελική απόδοση ξηρής βιομάζας, με παράλληλη εξοικονόμηση αρδευτικού νερού, ήταν το αποτέλεσμα πειραματικής μελέτης σε καλλιέργεια σόργου (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ. κ.ά., 2003).

4.2.3 Μειονεκτήματα στάγδην άρδευσης

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα που εμφανίζονται στο σύστημα υπόγειας ή επιφανειακής στάγδην άρδευσης είναι:

1. Υψηλό κόστος. Ένα μέρος του κόστους αποτελεί η κύρια επένδυση η οποία χρησιμοποιείται για αρκετά έτη και ένα μέρος είναι ετήσιο.

2. Οι σταλάκτες μπορούν εύκολα να φράξουν από άλγη, βούρκο ή άλλα σωματίδια του εδάφους.

Τα αποτελέσματα εργαστηριακής έρευνας που διεξήχθη από τους Βύρλας κ.α., 2003, προκειμένου να προσδιοριστεί η επίδραση του εδαφικού τύπου και της υποπίεσης στην έμφραξη λόγω εισρόφησης ενός σταλακτήρα που χρησιμοποιείται σε υπό επιφανειακά συστήματα άρδευσης, έδειξαν πως η έμφραξη ήταν τόσο μερική όσο και ολική και κυμάνθηκε σε υψηλότερα επίπεδα στο αμμοπηλώδες και το πηλοαμμώδες έδαφος, ενώ αυξανόταν με την αύξηση της υποπίεσης.

3. Απαιτείται η επιλογή ζιζανιοκτόνων που δεν χρειάζονται υγρασία (άρδευση με καταιονισμό ή τεχνητή βροχή) για να ενεργοποιηθούν, μιας και με το σύστημα στάγδην άρδευσης μέρος του εδάφους ή όλη η επιφάνεια παραμένει ξηρή.

4. Απαιτείται επιπλέον άρδευση φυτρώματος μιας και με το σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης το επιφανειακό στρώμα του εδάφους παραμένει ξηρό, οπότε δεν παρέχεται η αναγκαία υγρασία για το φύτρωμα των σπόρων.

5. Πρέπει να προγραμματίζεται η επαναχρησιμοποίηση των σταλακτηφόρων αγωγών για να μειώνονται οι δαπάνες εφαρμογής του συστήματος.

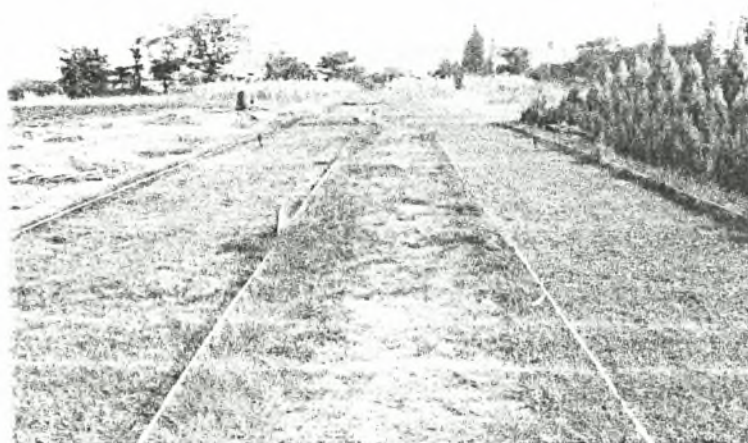
Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 ΥΛΙΚΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Η ανάπτυξη χλοοτάπητα (εικόνα 5.1) και κωνοφόρων καλλωπιστικών (εικόνα 5.2) κατά την άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, μελετήθηκε σε πείραμα αγρού στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Βελεστίνο) την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2004. Η εγκατάσταση του πειράματος έγινε το έτος 2001, τα πειράματα άρχισαν το 2002 (Τέντας Ι., 2004, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για άρδευση, Εργαστήριο Υδραυλικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας) και το 2004-2005, είναι η τρίτη χρονιά που επαναλαμβάνεται το πείραμα.



Εικόνα 5.1. Εμφάνιση του χλοοτάπητα των 2 πειραματικών τεμαχίων το έτος 2004



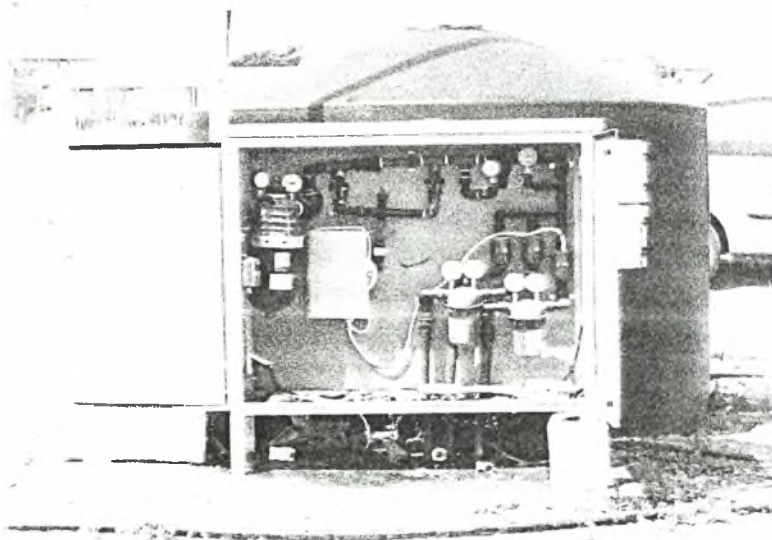
Εικόνα 5.2 Τα 3 είδη κωνοφόρων κατά τη διάρκεια του έτους 2004

Τα χαρακτηριστικά της τοποθεσίας του αγροκτήματος είναι: Υψόμετρο 50m από το επίπεδο της θάλασσας, γεωγραφικό πλάτος 39°23', γεωγραφικό μήκος 22°45'. Στην περιοχή επικρατεί ένα τυπικό Μεσογειακό κλίμα, χαρακτηριζόμενο από ζεστό και ξηρό καλοκαίρι και ψυχρό-υγρό χειμώνα. Το έδαφος στην περιοχή που εγκαταστάθηκε το πείραμα χαρακτηρίζεται ως αργιλλοπηλώδες.

Για την πραγματοποίηση του πειράματος, επιλέχθηκε η υπόγεια στάγδην άρδευση ως μέθοδος άρδευσης, διότι σύμφωνα με τους Bahri and Brissaud, 2002 δεν τίθεται κάποιο όριο όσον αφορά τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων επειδή δεν έρχονται σε άμεση επαφή τα απόβλητα με το κοινό και τους εργαζομένους στο χώρο.

Ο πίνακας ελέγχου (εικόνα 5.3) περιέχει:

- Την κεντρική ηλεκτροβάννα άρδευσης (Muster Valve)
- Το φίλτρο σήτας για την κατακράτηση των στερεών συστατικών
- Τα μανόμετρα ένδειξης πίεσης λειτουργίας των αγωγών
- Τον προγραμματιστή άρδευσης Miracle 6 DC για τη διενέργεια της αυτοματοποιημένης άρδευσης
- Σύστημα Venturi για τη δυνατότητα υδρολίπανσης
- 4 ηλεκτροβάνες άρδευσης και
- 2 φίλτρα (Techfilter) εμποτισμένα με treflan.



Εικόνα 5.3. Ο πίνακας ελέγχου άρδευσης

Η κεντρική ηλεκτροβάννα συνδέεται μέσω πλαστικού αγωγού με την αντλία και η αντλία συνδέεται με την δεξαμενή τοποθέτησης των επεξεργασμένων αποβλήτων. Η αντλία είναι οριζόντια, πολυβάθμια, κλειστού τύπου ισχύος 3 Hp.

Ο προγραμματιστής άρδευσης, Miracle 6 DC, που λειτουργεί με μπαταρία, είναι της εταιρείας Motorola. Έχει τη δυνατότητα προγραμματισμού άρδευσης μέχρι και 6 ηλεκτροβάνες, σε 3 διαφορετικά προγράμματα.

Ο προγραμματιστής αποτελείται από:

- την οθόνη
- 3 πλήκτρα εντολών
- μία μπαταρία λιθίου 9 V
- το άνοιγμα για τα καλώδια
- τον πίνακα ελέγχου
- το τερματικό τμήμα των καλωδίων και
- το πλαίσιο στήριξης.

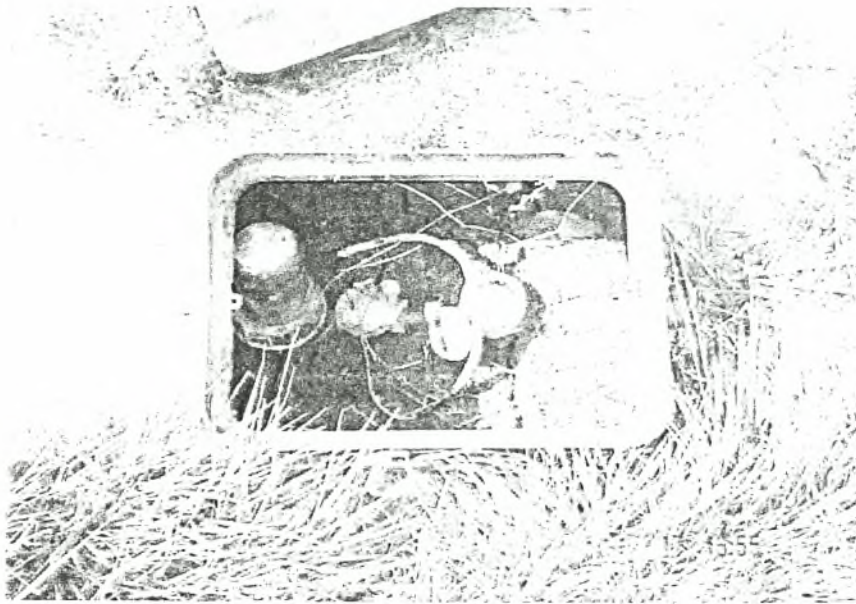
Το φίλτρο της σήτας είναι της εταιρείας ARKAL, με διάμετρο οπών 120 mesh. Τα φίλτρα είναι εμποτισμένα με treflan ένα ζιζανιοκτόνο με δραστική ουσία trifluralin και χρησιμοποιείται για την αποφυγή της έμφραξης των σταλακτών από την είσοδο των ριζών.

Οι ηλεκτροβάνες είναι του τύπου Aquanet II, με τάση λειτουργίας 9-40 Volt. Οι ηλεκτροβάνες συνδέθηκαν με τους αγωγούς μεταφοράς του νερού. Οι αγωγοί είναι κατασκευασμένοι από πολυαιθυλένιο (PE), έχουν διατομή Φ32, με πίεση λειτουργίας 6 Atm.

Οι αγωγοί μεταφοράς ήταν τοποθετημένοι κατά μήκος και περιμετρικά του αγρού. Ο αγρός χωρίστηκε σε 4 τεμάχια, εκτάσεως 48 m² περίπου το καθένα με τρεις διαδρόμους μεταξύ τους (σχήμα 5.1). Τα 2 τεμάχια προοριζόταν για τον χλοοτάπητα και τα άλλα 2 για τα κωνοφόρα. Το ένα από τα δυο τεμάχια του χλοοτάπητα ονομάστηκε ΧΚ (Χλοοτάπητας που αρδεύτηκε με Καθαρό νερό) και το άλλο ΧΛ (Χλοοτάπητας που αρδεύτηκε με Λύμα). Κάτι αντίστοιχο έγινε και με τα κωνοφόρα. Το ένα τεμάχιο ονομάστηκε ΚΚ (Κωνοφόρα που αρδεύτηκαν με Καθαρό νερό) και το άλλο ΚΛ (Κωνοφόρα που αρδεύτηκαν με Λύμα). Σε κάθε μεταχείριση εφαρμόστηκαν 4 επαναλήψεις (σχήμα 5.1).

Μπροστά από κάθε τεμάχιο τοποθετήθηκε ένα φρεάτιο που περιείχε ένα υδρόμετρο (εικόνα 5.4) για την καταγραφή του καταναλισκόμενου όγκου νερού.

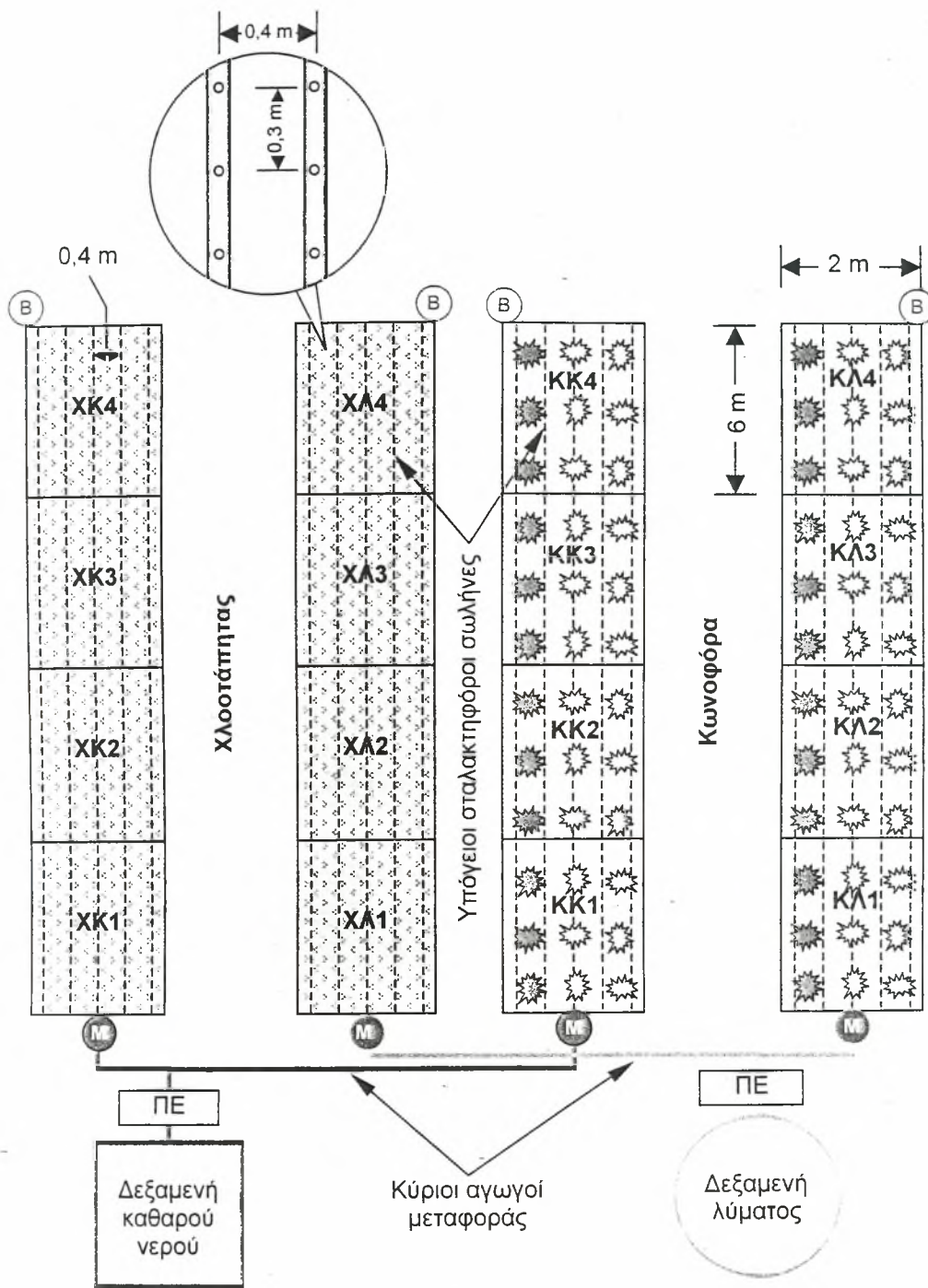
Στα 4 τεμάχια υπήρχε σύνδεση των αγωγών μεταφοράς με τους υπόγειους σταλακτηφόρους σωλήνες. Σε κάθε τεμάχιο τοποθετήθηκαν 6 σταλακτηφόροι σωλήνες τύπου RAM-Techline Φ17, της εταιρείας Netafim, είχαν ισαποχή 40 cm και ήταν κατασκευασμένοι από PE. Το μήκος τους ήταν 24m . Οι σταλακτηφόροι σωλήνες έφεραν ενσωματωμένους σταλάκτες, οι οποίοι ήταν αυθρυθμιζόμενοι και αυτοκαθαριζόμενοι. Οι σταλάκτες είχαν παροχή 1,6 l/h, ισαποχή 30 cm και λειτουργούσαν σε πίεση 0,5-4 Atm.



Εικόνα 5.4 Υδρόμετρο

Οι 6 σταλακτηφόροι αγωγοί που βρίσκονται στις μεταχειρίσεις ΧΚ και ΚΚ συνδέθηκαν με αγωγό μεταφοράς νερού (PE, Φ32) ο οποίος τροφοδοτούνταν από δεξαμενή χωρητικότητας 40 m³ κατασκευασμένη από σκυρόδεμα, που ήταν δίπλα στη γεώτρηση του Αγροκτήματος.

Στο άκρο κάθε μεταχείρισης είχαν τοποθετηθεί ειδικές βαλβίδες εκτόνωσης της πίεσης και καθαρισμού των σταλακτών, για την αποφυγή έμφραξης του δικτύου ή εμφανίσεως βλαβών.



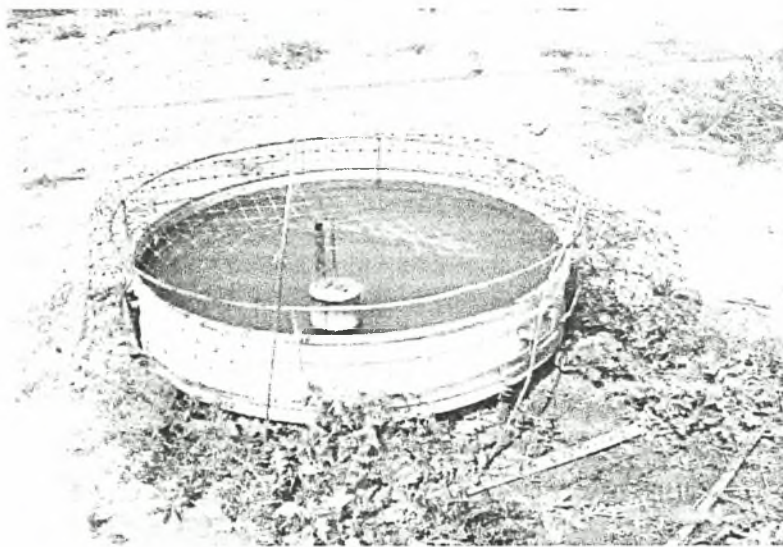
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΧΚ : Χλοοτάπητας αρδευόμενος με καθαρό νερό
 ΧΛ : Χλοοτάπητας αρδευόμενος με λύμα
 ΚΚ : Κωνοφόρα αρδευόμενα με καθαρό νερό
 ΚΛ : Κωνοφόρα αρδευόμενα με λύμα
 ΠΕ : Πίνακας ελέγχου
 (Μ) : Υδρομετρητές
 (Β) : Βαλβίδες έκπλυσης
 Απόσταση σταλακτιήρων 0,3 m
 Απόσταση σταλακτηφόρων σωλήνων 0,4 m

Σχήμα 5.1 Απεικόνιση του πειραματικού αγρού

5.2 ΕΞΑΤΜΙΣΙΜΕΤΡΟ

Η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή υπολογίστηκε με τη μέθοδο του Εξατμισιμέτρου Α τάξεως (Παπαζαφειρίου, 1999). Το Εξατμισόμετρο Α Τάξεως (Εικόνα 5.5) 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. Στη συνέχεια το έδαφος υπερυψώνεται κάτω από τη λεκάνη έτσι που τελικά να απέχει 5 cm από τον πυθμένα της. Η λεκάνη γεμίζεται με νερό μέχρι 5 cm κάτω από το πάνω χείλος της, η δε στάθμη του νερού κατά τη λειτουργία του οργάνου δεν πρέπει να πέφτει κάτω από 7.5 cm από το χείλος αυτό.



Εικόνα 5.5 Εξατμισόμετρο τύπου Α

Το νερό της λεκάνης πρέπει να ανανεώνεται συχνά για να μη θολώνει. Τα τοιχώματα της λεκάνης κάθε χρόνο θα πρέπει να χρωματίζονται με χρώμα αλουμινίου. Η εύρεση της πτώσης της στάθμης γινόταν μέσω ενός γυάλινου ογκομετρικού σωλήνα .

Ο ογκομετρικός σωλήνας ήταν κατασκευής της εταιρείας Fortuna (Γερμανία). Έχει μήκος 28.5 cm και διάμετρο 1.2 cm. Είχε χωρητικότητα 50 ml, με διακριτότητα 0.1 ml. Ο κύλινδρος ήταν κατασκευασμένος σύμφωνα με τα πρότυπα DIN AS με σφάλμα ανάγνωσης 0.05 ml.

Η σχέση που δίνει τη βασική εξατμισοδιαπνοή στη μέθοδο του εξατμισιμέτρου είναι: $E_{T_0} = K_p \cdot E_{pan}$. Όπου E_{pan} είναι η μέση εξάτμιση του 24ώρου από το εξατμισόμετρο σε mm/ημέρα και K_p είναι ο συντελεστής του εξατμισιμέτρου. Από δεδομένα προηγούμενων ετών, ο συντελεστής του εξατμισιμέτρου λήφθηκε ίσος με 0.8.

Η βασική εξατμισοδιαπνοή πολλαπλασιάζονταν με τον φυτικό συντελεστή της καλλιέργειας, για την εύρεση της ημερήσιας πραγματικής εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

5.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ T.D.R.

Για την διαπίστωση του χρόνου και της δόσης άρδευσης είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η υγρασία του εδάφους. Επειδή η εδαφική υγρασία αυξομειώνεται με το χρόνο λόγω της επίδρασης, ανθρωπογενών και βιολογικών παραγόντων, τα αποτελέσματα προσδιορισμού της εδαφικής υγρασίας θα αντιπροσωπεύουν την υγρασιακή κατάσταση του εδάφους τη στιγμή της δειγματοληψίας και μόνο. Η εδαφική υγρασία μετριέται είτε άμεσα (σταθμική μέθοδος, φωτιστικού οιοπνεύματος και λυσιμέτρων) ή υπολογίζεται έμμεσα από τη σχέση μεταξύ αυτής και μιας άλλης ιδιότητας του εδάφους όπως στις μεθόδους μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης, σκεδασμού νετρονίων, ακτίνων γ, τασιμέτρων και TDR.

Η μέθοδος **T.D.R.** που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ογκομετρικής περιεκτικότητας του εδάφους σε νερό, αποτελεί σήμερα μια από τις πλέον αξιόπιστες και ακριβείς μεθόδους. Αρκετές εργασίες έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τη μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο αυτή (Τζιμόπουλος κ.α. 1983, Σακελλαρίου κ.α. 1997, Σακελλαρίου κ.α. 1998, Σακελλαρίου κ.α. 1999, Τζιμόπουλος κ.α. 2000, Ντιούδης κ.α. 2000, Καλφούντζος κ.α. 2000, Sakellariou et al. 2001, Sakellariou et al. 2002, κ.α.).

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου βασίζεται στη μέτρηση της διηλεκτρικής σταθεράς του υπό μελέτη εδάφους και την αναγωγή αυτής σε κατ' όγκο περιεκτικότητα νερού. Δηλαδή βασίζεται στην χρονομετρημένη απόκριση του ηλεκτρομαγνητικού σήματος της πηγής του οργάνου για διάφορα βάθη από 0-75cm ή 0-120cm και την αναγωγή του χρόνου καθυστέρησης με τη χρήση πολυωνυμικών εξισώσεων σε μονάδες εδαφικής υγρασίας. (% κ.ο.). Η διηλεκτρική σταθερά του εδάφους είναι γνωστό ότι εξαρτάται από το ποσοστό του νερού που περιέχεται σε αυτό (Topp et al., 1980).

Το σύστημα περιλαμβάνει:

- τη συσκευή TDR (εικόνα 5.6) με ενσωματωμένο επεξεργαστή μετατροπής και την οθόνη προβολής των ενδείξεων,
- τον αισθητήρα του οργάνου (probe),
- τον φορτιστή των μπαταριών του οργάνου,
- τα καλώδια επικοινωνίας της συσκευής με τον αισθητήρα και τον υπολογιστή και,
- την ομάδα εργαλείων για την εισαγωγή και εξαγωγή των αισθητήρων

Η βαθμονόμηση του οργάνου έχει γίνει από τον κατασκευαστή.



Εικόνα 5.6 Συσσκευή T.D.R.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή μετρήθηκε η εδαφική υγρασία προσαρμόζοντας τη συσκευή TDR σε 2 διαφορετικά είδη αισθητήρων, 75cm και 1.20cm. Στον αισθητήρα 75cm έχουμε ανά 15cm 5 μετρήσεις. Δηλαδή μετρήθηκε η υγρασία στα 0-15cm, 15-30cm, 30-45cm, 45-60cm, 60-75cm. Στον αισθητήρα 1,20cm μετρήθηκε η υγρασία στα 0-15cm, 15-30cm, 30-60cm, 60-90cm, 90-1.20cm. Για το κάθε πειραματικό έγιναν 2 μετρήσεις κάθε μήνα πριν και μετά το πότισμα.

Στον πειραματικό αγρό τοποθετήθηκαν 5 αισθητήρες μήκους 75cm και 120cm, ένας σε κάθε μεταχείριση.

5.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΟΣΗΣ, ΕΥΡΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Οι αρδεύσεις πραγματοποιήθηκαν στο διάστημα: από 7-6-2004 έως 7-10-2004. Η δόση άρδευσης και το εύρος άρδευσης θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία να βρίσκεται κοντά στην υδατοϊκανότητα (FC) και πάνω από το σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP). Απαιτείται δηλαδή ο προσδιορισμός της πρακτικής δόσης άρδευσης την οποία η αθροιστική ένδειξη του εξατμισιμέτρου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για τον υπολογισμό της πρακτικής δόσης άρδευσης προϋποθέτει τον προσδιορισμό : της Υδατοϊκανότητας FC (% ξηρού βάρους εδάφους), του Σημείου Μόνιμης Μάρανσης PWP (% ξηρού βάρους εδάφους), του Φαινόμενου Ειδικού Βάρους ΦΕΒ (g/cm^3), του Βάθους ριζοστρώματος καλλιέργειας RD (mm), του Συντελεστή εξάντλησης διαθέσιμης υγρασίας, C, του Ποσοστού διαβροχής του εδάφους, P, του Συντελεστή εφαρμογής του νερού n και τα οποία απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1 Φυσικές Ιδιότητες του εδάφους

Παράμετρος	Τιμή
Υδατοϊκανότητα (FC,% ξηρού βάρους)	21.2
Σημείο Μόνιμης Μάρανσης (PWP,% ξηρού βάρους)	11.64
Φαινόμενο Ειδικό Βάρος (ASW, g/cm^3)	1.23
Βάθος ριζοστρώματος χλοοτάπητα(RD,mm)	650
Βάθος ριζοστρώματος κωνοφόρων(RD,mm)	1000
Συντελεστής εξάντλησης διαθέσιμης υγρασίας (C) για τον χλοοτάπητα	0,4
Συντελεστής εξάντλησης διαθέσιμης υγρασίας (C) για τα κωνοφόρα	0.7
Ποσοστό διαβροχής του εδάφους (P)	1
Συντελεστής εφαρμογής του νερού (n)	0.95

Υπολογισμός της Θεωρητικής Δόσης Άρδευσης (I_d) από την εξίσωση 5.1:

$$I_d (\text{mm}) = (FC - PWP) / 100 \times ASW \times RD \times C \times P \quad (5.1)$$

Με αντικατάσταση στον τύπο 5.1 προκύπτει:

- Για τον χλοοτάπητα

$$I_d = (0,212 - 0,1164) * 1,23 * 650 * 0,4 * 1 = 30,57 \text{mm}$$

- Για τα κωνοφόρα

$$I_d = (0,212 - 0,1164) * 1,23 * 1000 * 0,7 * 1 = 82,3116 \text{mm}$$

Για τον χλοοτάπητα ο συντελεστής εξάντλησης διαθέσιμης υγρασίας (C) είναι 0,4 και για τα κωνοφόρα είναι 0,7 (FAO, No 56, p.165).

Το βάθος ριζοστρώματος για τον χλοοτάπητα κυμαίνεται από 0,5-1m και για τα κωνοφόρα από 1-1,5m (FAO, No 56, p.165).

Στη συνέχεια υπολογίζεται η **πρακτική δόση άρδευσης** η οποία ισούται με :

$$I_{da}(mm) = \frac{Id}{n} \quad (5.2)$$

Με αντικατάσταση στον τύπο 5.2 προκύπτει:

➤ για τον χλοοτάπητα

$$I_{da} (mm) = 30,57 / 0,95 = 32,18 \text{ mm ή } 32,18 \text{ m}^3 / \text{στρ. ή } 1,54 \text{ m}^3 \text{ για την επιφάνεια των } 48 \text{ m}^2$$

➤ για τα κωνοφόρα

$$I_{da} (mm) = 82,31 / 0,95 = 86,64 \text{ mm ή } 86,64 \text{ m}^3 / \text{στρ. ή } 4,16 \text{ m}^3 \text{ για την επιφάνεια των } 48 \text{ m}^2$$

Από τους παραπάνω υπολογισμούς, φαίνεται ότι το άθροισμα των καθαρών αναγκών που λαμβάνεται υπόψη με το εξατμισόμετρο, δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την πρακτική δόση άρδευσης η οποία για μεν τον χλοοτάπητα είναι ίση με 32,18mm, για δε τα κωνοφόρα είναι ίση με 86,64 mm.

Ο καθορισμός της δόσης άρδευσης για όλες τις μεταχειρίσεις βασίστηκε στην ημερήσια ένδειξη εξάτμισης του εξατμισιμέτρου τύπου A. Με βάση αυτές υπολογίζονται οι καθαρές ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών, το ποσό δηλαδή του νερού που θα πρέπει να προστεθεί στην καλλιέργεια μέσω άρδευσης

Η ένδειξη του Εξατμισιμέτρου (E_{pan}), που εκφράζει την μέση εξάτμιση του 24ώρου σε mm/ημέρα , πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή διόρθωσης του εξατμισιμέτρου K_p , μας δίνει την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ET_o . Δηλαδή :

$$ET_o = K_p * E_{pan}(\text{mm/ημέρα}) \quad (5.3)$$

Ο συντελεστής διόρθωσης του εξατμισιμέτρου K_p , υπολογίζεται σαν συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου, της μέσης σχετικής υγρασίας και του είδους και της έκτασης της επιφάνειας που περιβάλλει το εξατμισόμετρο. Στην συγκεκριμένη θέση η τιμή του είναι 0.80 (FAO, 1998).

Στη συνέχεια η τιμή της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς πολλαπλασιαζόμενη με τον φυτικό συντελεστή της καλλιέργειας K_c , μας δίνει την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (ET_c). ή πραγματική ET .

$$ET_c = ET_o * K_c, \text{ σε mm} \quad (5.4)$$

Η εξατμισοδιαπνοή δηλαδή, εκφράζει τις συνολικές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας. Αν από την τιμή της ET_c αφαιρεθεί το ύψος της ωφέλιμης βροχής, η τιμή που προκύπτει εκφράζει τις καθαρές ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό, την ποσότητα δηλαδή του νερού που πρέπει να χορηγηθεί μέσω άρδευσης.

Δηλαδή η πρακτική δόση άρδευσης (I_{da}), που αντιστοιχεί στο 100% της εξατμισοδιαπνοής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_{da} = I_n = ET_c - \Omega B, \text{ σε mm} \quad (5.5)$$

Όπου: B είναι το ύψος βροχής και

ΩB είναι το ωφέλιμο ύψος βροχής που υπολογίζεται ίσο με $0.8 B$

(Μιχελάκης, 1998)

Στο εξατμισόμετρο τύπου A όμως, η ημερήσια ένδειξη, αν δεν συμπεριληφθεί η βροχή, οδηγεί απευθείας στις καθαρές ανάγκες σε νερό (FAO, 1998), με τη χρήση των σχέσεων (5.3) και (5.4). Συνεπώς για να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (δηλαδή πόσο νερό δέχτηκε το έδαφος), πρέπει στην τιμή των καθαρών αναγκών σε νερό που προκύπτει από την ένδειξη του εξατμισιμέτρου, να προστεθεί το ωφέλιμο ύψος βροχής. Δηλαδή σύμφωνα με τη σχέση 5.6, στην περίπτωση αυτή θα ισχύει:

$$ET_c = I_n + \Omega B, \text{ σε mm} \quad (5.6)$$

Στον πίνακα 5.2 παρουσιάζονται αναλυτικά ο τρόπος υπολογισμού της Εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας ET_c με βάση την ημερήσια ένδειξη εξάτμισης E_{pan} του εξατμισιμέτρου τύπου A (Δημοπούλου Κ., 2005, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Επίδραση σύγχρονων συστημάτων άρδευσης στα παραγωγικά χαρακτηριστικά τεύτλων, Εργαστήριο Υδραυλικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας).

Για την εύρεση της ημερήσιας πραγματικής εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργειών, χρησιμοποιήθηκαν οι φυτικοί συντελεστές των καλλιεργειών. Ο φυτικός συντελεστής ήταν ίσος με 1 για τον χλοοτάπητα και 0.85 για τα κωνοφόρα (Allen et al., 1998). Η ημερήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή αντιπροσώπευε και την ημερήσια δόση άρδευσης σε mm. Η δόση άρδευσης αναγόταν σε όγκο νερού για τη συγκεκριμένη έκταση που κατελάμβανε κάθε τεμάχιο (48 m^2).

Η άρδευση πραγματοποιούνταν κάθε 2 ημέρες. Η αθροιστική εξατμισοδιαπνοή των 2 ημερών λαμβάνονταν υπόψη και γινόταν η εύρεση της δόσης άρδευσης.

Ο υπολογισμός της διάρκειας άρδευσης (I_t) έγινε βάση της σχέσης 5.7:

$$I_t = \frac{I_{da}}{I_{dh}} \quad \text{σε min} \quad (5.7)$$

όπου : I_{da} είναι η αντίστοιχη πρακτική δόση άρδευσης και

I_{dh} είναι το ωριαίο ύψος βροχής

Το ωριαίο ύψος βροχής των σταλακτήρων δίνεται από τον τύπο 5.8:

$$I_{dh} = \frac{q}{S_e * S_r} \quad \text{σε mm/h} \quad (5.8)$$

όπου : $q = 1,6$ είναι η παροχή του σταλακτήρα σε l/h ,

S_e είναι η ισαποχή σταλακτήρων (0,3m)

S_r είναι η ισαποχή των σταλακτηφόρων (0,4m)

Το ωριαίο ύψος βροχής βρέθηκε ίσο με :

$$I_{dh} = 1.6 / 0.12 = 13.33 \text{ mm/h}$$

Στον πίνακα 5.3 παρουσιάζονται οι δόσεις άρδευσης και η διάρκεια άρδευσης, καθώς και οι ημερομηνίες των αρδεύσεων για κάθε μεταχείριση.

Πίνακας 5.2 Υπολογισμός των καθαρών αναγκών σε νερό και της Εξατμισοδιαπνοής

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Πλήρωση Εξ/ρου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Epan mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη Βροχή ΩB=0,8*B mm 0,8*(6)	Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς E ₀ =K _p *E _{pan} mm 0,8*(5)	K _c Χλωστάτητα Κονοφόρων	K _c Κονοφόρων	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *K _c mm (8)*(9)	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *K _c κονοφόρων mm (8)*(10)	Ποσό νερού στο έδαφος του χλωστάτητα ETC=In+ΩB mm (11)*(7)	Ποσό νερού στο έδαφος των κωνοφόρων ETC=In+ΩB mm (12)*(7)
7/6/2004	158		24,5	3,5	13,08	10,46	2,8	1	0,85	2,8	2,38	13,26	12,84
8/6/2004	159		28	5,5			4,4	1	0,85	4,4	3,74	4,40	3,74
9/6/2004	160		33,5	7,5			6	1	0,85	6	5,10	6,00	5,10
10/6/2004	161		41	7			5,6	1	0,85	5,6	4,76	5,60	4,76
11/6/2004	162		48	7,5			6	1	0,85	6	5,10	6,00	5,10
12/6/2004	163	15	55,5	8,5			6,8	1	0,85	6,8	5,78	6,80	5,78
13/6/2004	164		23,5	4,5	0,5	0,40	3,6	1	0,85	3,6	3,06	4,00	3,46
14/6/2004	165		28	7,5			6	1	0,85	6	5,10	6,00	5,10
15/6/2004	166		35,5	8			6,4	1	0,85	6,4	5,44	6,40	5,44
16/6/2004	167		43,5	7			5,6	1	0,85	5,6	4,76	5,60	4,76
17/6/2004	168		50,5	4	3,9	3,12	3,2	1	0,85	3,2	2,72	6,32	5,84
18/6/2004	169		54,5	0	60,94	48,75	0	1	0,85	0	0	48,75	48,75
19/6/2004	170		54,5	7			5,6	1	0,85	5,6	4,76	5,60	4,76
20/6/2004	171	10	61,5	4	3,02	2,42	3,2	1	0,85	3,2	2,72	5,62	5,14
21/6/2004	172		14	7			5,6	1	0,85	5,6	4,76	5,60	4,76

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Πλήρωση Εξέροου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Epan mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη Βροχή ΩB=0,8*B mm 0,8*(6)	Εξαιρισμοδιαπνοή αναφοράς E ₀ =K _p *E _{pan} mm 0,8*(5)	K _c Χλοοτάπητα Κωνοφόρων	K _c Κωνοφόρων	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *K _c χλοοτάπητα mm (8)*(9)	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *K _c κωνοφόρων mm (8)*(10)	Ποσό νερού στο έδαφος του χλοοτάπητα ETe=In+ΩB mm (11)+(7)	Ποσό νερού στο έδαφος των κωνοφόρων ETe=In+ΩB mm (12)+(7)
22/6/2004	173		21	3,5	1,76	1,41	2,8	1	0,85	2,8	2,38	4,21	3,79
23/6/2004	174		24,5	3	0,25	0,20	2,4	1	0,85	2,4	2,04	2,60	2,24
24/6/2004	175		27,5	7,5			6	1	0,85	6	5,10	6,00	5,10
25/6/2004	176		35	7,5			6	1	0,85	6	5,10	6,00	5,10
26/6/2004	177		42,5	8			6,4	1	0,85	6,4	5,44	6,40	5,44
27/6/2004	178	13	50,5	8,5			6,8	1	0,85	6,8	5,78	6,80	5,78
28/6/2004	179		21,5	8			6,4	1	0,85	6,4	5,44	6,40	5,44
29/6/2004	180		29,5	8,5			6,8	1	0,85	6,8	5,78	6,80	5,78
30/6/2004	181		38	7,5			6	1	0,85	6	5,10	6,00	5,10
1/7/2004	182		45,5	12			9,6	1	0,85	9,6	8,16	9,60	8,16
2/7/2004	183		57,5	11,5			9,2	1	0,85	9,2	7,82	9,20	7,82
3/7/2004	184		69	12,5			10	1	0,85	10	8,50	10,00	8,50
4/7/2004	185	10	81,5	12			9,6	1	0,85	9,6	8,16	9,60	8,16
5/7/2004	186		22	9,5			7,6	1	0,85	7,6	6,46	7,60	6,46
6/7/2004	187		31,5	8,5			6,8	1	0,85	6,8	5,78	6,80	5,78
7/7/2004	188		40	11,5			9,2	1	0,85	9,2	7,82	9,20	7,82
8/7/2004	189		51,5	9			7,2	1	0,85	7,2	6,12	7,20	6,12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Πλήρωση Εξέροου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Έραν mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη Βροχή ΩB=0,8*B mm 0,8*(6)	Εξαιρισκοδιαπνοή αναφοράς E ₀ =K _p *E _{ραν} mm 0,8*(5)	K _c Χλοοτάπητα κωνοφόρων	K _c κωνοφόρων	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *Kc mm (8)*(9)	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *Kc κωνοφόρων mm (8)*(10)	Ποσό νερού στο έδαφος του χλοοτάπητα ETe=In+ΩB mm (11)*(7)	Ποσό νερού στο έδαφος των κωνοφόρων ETe=In+ΩB mm (12)*(7)
9/7/2004	190		60,5	9,5			7,6	1	0,85	7,6	6,46	7,60	6,46
10/7/2004	191		70	8,5			6,8	1	0,85	6,8	5,78	6,80	5,78
11/7/2004	192	10	78,5	8,5			6,8	1	0,85	6,8	5,78	6,80	5,78
12/7/2004	193		18,5	12,5			10	1	0,85	10	8,50	10,00	8,50
13/7/2004	194		31	15			12	1	0,85	12	10,20	12,00	10,20
14/7/2004	195		46	12			9,6	1	0,85	9,6	8,16	9,60	8,16
15/7/2004	196		58	9,5			7,6	1	0,85	7,6	6,46	7,60	6,46
16/7/2004	197		67,5	12,5			10	1	0,85	10	8,50	10,00	8,50
17/7/2004	198		80	12			9,6	1	0,85	9,6	8,16	9,60	8,16
18/7/2004	199	30	92	11			8,8	1	0,85	8,8	7,48	8,80	7,48
19/7/2004	200		41	12,5			10	1	0,85	10	8,50	10,00	8,50
20/7/2004	201		53,5	9			7,2	1	0,85	7,2	6,12	7,20	6,12
21/7/2004	202		62,5	8			6,4	1	0,85	6,4	5,44	6,40	5,44
22/7/2004	203		70,5	9,5			7,6	1	0,85	7,6	6,46	7,60	6,46
23/7/2004	204	11	80	8,5			6,8	1	0,85	6,8	5,78	6,80	5,78
24/7/2004	205		19,5	7,5			6	1	0,85	6	5,10	6,00	5,10
25/7/2004	206		27	4	6,29	5,03	3,2	1	0,85	3,2	2,72	8,23	7,75

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Πλήρωση Εξ/ρου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Εραν mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη Βροχή ΩB=0,8*B mm 0,8*(6)	Εξαιμισοδιασπνοή αναφορές E ₀ = K ₁ * E _{ραν} mm 0,8*(5)	K _c Χλωστάπτητα	K _c Κωνοφόρων	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *K _c χλωστάπτητα mm (8)*(9)	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *K _c κωνοφόρων mm (8)*(10)	Ποσό νερού στο έδαφος του χλωστάπτητα E _{Tc} =In+ΩB mm (11)+(7)	Ποσό νερού στο έδαφος των κωνοφόρων E _{Tc} =In+ΩB mm (12)+(7)
26/7/2004	207		31	8,5			6,8	1	0,85	6,8	5,78	6,80	5,78
27/7/2004	208		39,5	0	9	7,20	0	1	0,85	0	0	7,20	7,20
28/7/2004	209		39,5	6,5			5,2	1	0,85	5,2	4,42	5,20	4,42
29/7/2004	210		46	7			5,6	1	0,85	5,6	4,76	5,60	4,76
30/7/2004	211		53	6,5			5,2	1	0,85	5,2	4,42	5,20	4,42
31/7/2004	212		59,3	6,5			5,2	1	0,85	5,2	4,42	5,20	4,42
1/8/2004	213		65,6	6,5			5,2	1	0,85	5,2	4,42	5,20	4,42
2/8/2004	214	10	72	8			6,4	1	0,85	6,4	5,44	6,40	5,44
3/8/2004	215		18	10			8	1	0,85	8	6,80	8,00	6,80
4/8/2004	216		28	9,5			7,6	1	0,85	7,6	6,46	7,60	6,46
5/8/2004	217		37,5	5,5	0,38	0,30	4,4	1	0,85	4,4	3,74	4,70	4,04
6/8/2004	218		43	8,5			6,8	1	0,85	6,8	5,78	6,80	5,78
7/8/2004	219		51,5	12			9,6	1	0,85	9,6	8,16	9,60	8,16
8/8/2004	220		63,5	10,5			8,4	1	0,85	8,4	7,14	8,40	7,14
9/8/2004	221		74	9,5			7,6	1	0,85	7,6	6,46	7,60	6,46
10/8/2004	222	10	83,5	10,5			8,4	1	0,85	8,4	7,14	8,40	7,14
11/8/2004	223		20,5	11			8,8	1	0,85	8,8	7,48	8,80	7,48

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Πλήρωση Εξέλιξη mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Εραν mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη Βροχή ΩB=0,8*B mm 0,8*(6)	Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς E ₀ =K _p *E _{ραν} mm 0,8*(5)	K _c Χλοοτάπητα Κωνοφόρων	K _c	Καθαρές ανάγκες I _n =E ₀ *K _c χλοοτάπητα mm (8)*(9)	Καθαρές ανάγκες I _n =E ₀ *K _c κωνοφόρων mm (8)*(10)	Ποσό νερού στο έδαφος του χλοοτάπητα EΤc=I _n +ΩB mm (11)+(7)	Ποσό νερού στο έδαφος των κωνοφόρων EΤc=I _n +ΩB mm (12)+(7)
12/8/2004	224		31,5	9,5			7,6	1	0,85	7,6	6,46	7,60	6,46
13/8/2004	225		41	12,5			10	1	0,85	10	8,50	10,00	8,50
14/8/2004	226	24	53,5	7			5,6	1	0,85	5,6	4,76	5,60	4,76
15/8/2004	227		31	7			5,6	1	0,85	5,6	4,76	5,60	4,76
16/8/2004	228		38	1	3,27	2,62	0,8	1	0,85	0,8	0,68	3,42	3,30
17/8/2004	229		39	5			4	1	0,85	4	3,40	4,00	3,40
18/8/2004	230		44	6,5			5,2	1	0,85	5,2	4,42	5,20	4,42
19/8/2004	231		50,5	7,5			6	1	0,85	6	5,10	6,00	5,10
20/8/2004	232		58	10			8	1	0,85	8	6,80	8,00	6,80
21/8/2004	233		68	8			6,4	1	0,85	6,4	5,44	6,40	5,44
22/8/2004	234		76	8			6,4	1	0,85	6,4	5,44	6,40	5,44
23/8/2004	235	26	84	6			4,8	1	0,85	4,8	4,08	4,80	4,08
24/8/2004	236		32	8,5			6,8	1	0,85	6,8	5,78	6,80	5,78
25/8/2004	237		40,5	5,5			4,4	1	0,85	4,4	3,74	4,40	3,74
26/8/2004	238		46	9			7,2	1	0,85	7,2	6,12	7,20	6,12
27/8/2004	239		55	6,7			5,36	1	0,85	5,36	4,56	5,36	4,56
28/8/2004	240		61,6	6,7			5,36	1	0,85	5,36	4,56	5,36	4,56

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Παχύρωση Εξ/ρου mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Εραν mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη Βροχή ΩB=0,8*B mm 0,8*(6)	Εξατμισοδιασπονή αναφοράς E ₀ =K _p *E _{ραν} mm 0,8*(5)	K _c Χλιοστάτη Κωνοφόρων	K _c Κωνοφόρων	Καθαρές ανάγκες Ιπ=E ₀ *K _c mm χλιοστάτη (8)*(9)	Καθαρές ανάγκες Ιπ=E ₀ *K _c mm κωνοφόρων (8)*(10)	Ποσό νερού στο έδαφος του χλιοστάτη E _{Γε} =Iπ+ΩB mm (11)+(7)	Ποσό νερού στο έδαφος των κωνοφόρων E _{Γε} =Iπ+ΩB mm (12)+(7)
29/8/2004	241		68,2	6,7	1,13	0,90	5,36	1	0,85	5,36	4,56	6,26	5,46
30/8/2004	242	10	75	5			4	1	0,85	4	3,40	4,00	3,40
31/8/2004	243		15	7			5,6	1	0,85	5,6	4,76	5,60	4,76
1/9/2004	244		22	7			5,6	1	0,85	5,6	4,76	5,60	4,76
2/9/2004	245		29	6,5			5,2	1	0,85	5,2	4,42	5,20	4,42
3/9/2004	246		35,5	3,5			2,8	1	0,85	2,8	2,38	2,80	2,38
4/9/2004	247		38,8	3,5			2,8	1	0,85	2,8	2,38	2,80	2,38
5/9/2004	248		42,1	3,5	3,65	2,92	2,8	1	0,85	2,8	2,38	5,72	5,30
6/9/2004	249		45,5	2,5	0,55	0,44	2	1	0,85	2	1,70	2,44	2,14
7/9/2004	250		48	6			4,8	1	0,85	4,8	4,08	4,80	4,08
8/9/2004	251		54	5			4	1	0,85	4	3,40	4,00	3,40
9/9/2004	252		59	7			5,6	1	0,85	5,6	4,76	5,60	4,76
10/9/2004	253	10	66	4,2			3,36	1	0,85	3,36	2,86	3,36	2,86
11/9/2004	254		14,2	4,1			3,28	1	0,85	3,28	2,79	3,28	2,79
12/9/2004	255		18,3	4,2			3,36	1	0,85	3,36	2,86	3,36	2,86
13/9/2004	256		22,5	4,5			3,6	1	0,85	3,6	3,06	3,60	3,06
14/9/2004	257		27	5			4	1	0,85	4	3,40	4,00	3,40

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Πλάκωση Εξ/ρου mm	Ημερήσια ένδεξη mm	Διαφορά ημέρας Εραν mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη Βροχή ΩB=0,8*B mm 0,8*(6)	Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς E ₀ =K _p *E _{ραμ} mm 0,8*(5)	K _c Χλοοτάπητα Κωνοφόρων	K _c Κωνοφόρων	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *K _c χλοοτάπητα mm (8)*(9)	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *K _c κωνοφόρων mm (8)*(10)	Ποσό νερού στο έδαφος του χλοοτάπητα ET _c =In+ΩB mm (11)+(7)	Ποσό νερού στο έδαφος των κωνοφόρων ET _c =In+ΩB mm (12)+(7)
15/9/2004	258		32	2			1,6	1	0,85	1,6	1,36	1,60	1,36
16/9/2004	259		34	5			4	1	0,85	4	3,40	4,00	3,40
17/9/2004	260		39	3,5			2,8	1	0,85	2,8	2,38	2,80	2,38
18/9/2004	261		42,3	3,5			2,8	1	0,85	2,8	2,38	2,80	2,38
19/9/2004	262		45,6	3,5			2,8	1	0,85	2,8	2,38	2,80	2,38
20/9/2004	263		49	4			3,2	1	0,85	3,2	2,72	3,20	2,72
21/9/2004	264		53	4			3,2	1	0,85	3,2	2,72	3,20	2,72
22/9/2004	265		57	4			3,2	1	0,85	3,2	2,72	3,20	2,72
23/9/2004	266		61	5			4	1	0,85	4	3,40	4,00	3,40
24/9/2004	267	10	66	2,5			2	1	0,85	2	1,70	2,00	1,70
25/9/2004	268		12,5	3			2,4	1	0,85	2,4	2,04	2,40	2,04
26/9/2004	269		15,5	2,5	11,07	8,86	2	1	0,85	2	1,70	10,86	10,56
27/9/2004	270		18	2	0,55	0,44	1,6	1	0,85	1,6	1,36	2,04	1,80
28/9/2004	271		20	4			3,2	1	0,85	3,2	2,72	3,20	2,72
29/9/2004	272		24	6			4,8	1	0,85	4,8	4,08	4,80	4,08
30/9/2004	273		30	3			2,4	1	0,85	2,4	2,04	2,40	2,04
1/10/2004	274		33	4			3,2	1	0,85	3,2	2,72	3,20	2,72

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Πλήρωση Εξ(ρωσ) mm	Ημερήσια ένδειξη mm	Διαφορά ημέρας Εραν mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη Βροχή ΩΒ=0,8*B mm 0,8*(6)	Εξαστιμοσδιαιπινοή αναφορές E ₀ = K _p * E _{ραν} mm 0,8*(5)	K _c Χλοοτάπητα	K _c Κωνοφόρων	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *K _c mm (8)*(9)	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *K _c κωνοφόρων mm (8)*(10)	Ποσό νερού στο έδαφος του χλοοτάπητα EΤc=In+ΩΒ mm (11)+(7)	Ποσό νερού στο έδαφος των κωνοφόρων EΤc=In+ΩΒ mm (12)+(7)
2/10/2004	275		37	4			3,2	1	0,85	3,2	2,72	3,20	2,72
3/10/2004	276		41	4			3,2	1	0,85	3,2	2,72	3,20	2,72
4/10/2004	277		45	1			0,8	1	0,85	0,8	0,68	0,80	0,68
5/10/2004	278		46	4			3,2	1	0,85	3,2	2,72	3,20	2,72
6/10/2004	279		50	4			3,2	1	0,85	3,2	2,72	3,20	2,72
7/10/2004	280		54	3			2,4	1	0,85	2,4	2,04	2,40	2,04
8/10/2004	281		57										
ΣΥΝΟΛΟ					119,34	95,47				667,68	567,53	763,15	663

Πίνακας 5.3 Ημερομηνίες Άρδευσης, Δόσεις και Διάρκεια των αρδεύσεων στον χλοοτάπητα και στα κωνοφόρα

1	2	3	4	5	6	7		8		9	10	11	12	13
						mm ή m ³ /στρ	mm ή m ³ /48m ²	mm ή m ³ /στρ	mm ή m ³ /48m ²					
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Καθαρές ανάγκες χλοοτάπητα In=E ₀ *Kc mm	Καθαρές ανάγκες κωνοφόρων In=E ₀ *Kc mm	Άθροισμα Καθαρών ανάγκες χλοοτάπητα mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών κωνοφόρων mm	Δόση άρδευσης χλοοτάπητα mm ή m ³ /στρ	Δόση άρδευσης κωνοφόρων mm ή m ³ /στρ	Idh q/(Se*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης χλοοτάπητα min (7/11)*60	Διάρκεια άρδευσης κωνοφόρων min (9/11)*60				
7/6/2004	158	2,8	2,38											
8/6/2004	159	4,4	3,74	7,2	6,12	7,2	0,346	13,33	32,4		0,294		27,5	
9/6/2004	160	6	5,1											
10/6/2004	161	5,6	4,76	11,6	9,86	11,6	0,557	13,33	52,2		0,473		44,4	
11/6/2004	162	6	5,1											
12/6/2004	163	6,8	5,78	12,8	10,88	12,8	0,614	13,33	59,5		0,522		49,0	
13/6/2004	164	3,6	3,06											
14/6/2004	165	6	5,1	9,6	8,16	9,6	0,461	13,33	43,2		0,392		36,7	
15/6/2004	166	6,4	5,44											
16/6/2004	167	5,6	4,76	12	10,2	12	0,576	13,33	54,0		0,490		45,9	
17/6/2004	168	3,2	2,72											

Παροχή σταλακτήρων: q=1,6 l/h
 Ισοαχή σταλακτήρων: Se=0,3m
 Ισοαχή σταλακτιφόρων σωλήνων: Sr=0,4m

1	2	3	4	5	6	7		8		9	10		11	12	13
						mm ή m ³ /στρ	mm ή m ³ /στρ	mm ή m ³ /48m ²	mm ή m ³ /στρ		mm ή m ³ /48m ²	mm ή m ³ /στρ			
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *Kc χλοοτάπητα mm	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *Kc κωνοφόρων mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών χλοοτάπητα mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών κωνοφόρων mm	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	Δόση άρδευσης κωνοφόρων	Δόση άρδευσης κωνοφόρων m ³ /48m ²	Idh q/(Se*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης χλοοτάπητα min (7/11)*60	Διάρκεια άρδευσης κωνοφόρων min (9/11)*60	
18/6/2004	169	0	0	3,2	2,72	3,2	0,154	2,72	0,131	2,72	0,131	13,33	14,4	12,2	
19/6/2004	170	5,6	4,76												
20/6/2004	171	3,2	2,72	8,8	7,48	8,8	0,422	7,48	0,359	7,48	0,359	13,33	39,6	33,7	
21/6/2004	172	5,6	4,76												
22/6/2004	173	2,8	2,38	8,4	7,14	8,4	0,403	7,14	0,343	7,14	0,343	13,33	37,8	32,1	
23/6/2004	174	2,4	2,04												
24/6/2004	175	6	5,1	8,4	7,14	8,4	0,403	7,14	0,343	7,14	0,343	13,33	37,8	32,1	
25/6/2004	176	6	5,1												
26/6/2004	177	6,4	5,44	12,4	10,54	12,4	0,595	10,54	0,506	10,54	0,506	13,33	55,8	47,4	
27/6/2004	178	6,8	5,78												
28/6/2004	179	6,4	5,44	13,2	11,22	13,2	0,634	11,22	0,539	11,22	0,539	13,33	59,4	50,5	
29/6/2004	180	6,8	5,78												
30/6/2004	181	6	5,1	12,8	10,88	12,8	0,614	10,88	0,522	10,88	0,522	13,33	57,6	49,0	

Παροχή σταλακτήρων: q=1,6 l/h
Ισαποχή σταλακτήρων: Se=0,3m
Ισαποχή σταλακτιφόρων σωλήνων: Sr=0,4m

1	2	3	4	5	6	7		8		9	10		11	12	13
						mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²		mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²			
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Καθαρές ανάγκες In=Εο*Κε χλοοτάπητα mm	Καθαρές ανάγκες In=Εο*Κε κωνοφόρων mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών χλοοτάπητα mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών κωνοφόρων mm	Δόση άρδευσης χλοοτάπητα	Δόση άρδευσης κωνοφόρων	Idh q/(Se*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης χλοοτάπητα min (7/11)*60	Διάρκεια άρδευσης κωνοφόρων min (9/11)*60					
1/7/2004	182	9,6	8,16												
2/7/2004	183	9,2	7,82	18,8	15,98	18,8	15,98	13,33	84,6					71,9	
3/7/2004	184	10	8,5												
4/7/2004	185	9,6	8,16	19,6	16,66	19,6	16,66	13,33	88,2					75,0	
5/7/2004	186	7,6	6,46												
6/7/2004	187	6,8	5,78	14,4	12,24	14,4	12,24	13,33	64,8					55,1	
7/7/2004	188	9,2	7,82												
8/7/2004	189	7,2	6,12	16,4	13,94	16,4	13,94	13,33	73,8					62,7	
9/7/2004	190	7,6	6,46												
10/7/2004	191	6,8	5,78	14,4	12,24	14,4	12,24	13,33	64,8					55,1	
11/7/2004	192	6,8	5,78												
12/7/2004	193	10	8,5	16,8	14,28	16,8	14,28	13,33	75,6					64,3	
13/7/2004	194	12	10,2												

Παροχή σταλακτήρων: q=1,6 l/h
Ισοποχή σταλακτήρων: Se=0,3m
Ισοποχή σταλακτιφόρων σωλήνων: Sr=0,4m

1	2	3	4	5	6	7		8	9		10	11	12	13
						mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²		mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²				
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *Kc χλοοτάπητα mm	Καθαρές ανάγκες In=E ₀ *Kc κωνοφόρων mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών χλοοτάπητα mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών κωνοφόρων mm	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	Δόση άρδευσης χλοοτάπητα	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	Idh q/(Se*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης χλοοτάπητα min (7/11)*60	Διάρκεια άρδευσης κωνοφόρων min (9/11)*60	
14/7/2004	195	9,6	8,16	21,6	18,36	21,6	1,037	18,36	0,881	13,33	13,33	97,2	82,6	
15/7/2004	196	7,6	6,46											
16/7/2004	197	10	8,5	17,6	14,96	17,6	0,845	14,96	0,718	13,33	13,33	79,2	67,3	
17/7/2004	198	9,6	8,16											
18/7/2004	199	8,8	7,48	18,4	15,64	18,4	0,883	15,64	0,751	13,33	13,33	82,8	70,4	
19/7/2004	200	10	8,5											
20/7/2004	201	7,2	6,12	17,2	14,62	17,2	0,826	14,62	0,702	13,33	13,33	77,4	65,8	
21/7/2004	202	6,4	5,44											
22/7/2004	203	7,6	6,46	14	11,9	14	0,672	11,9	0,571	13,33	13,33	63,0	53,6	
23/7/2004	204	6,8	5,78											
24/7/2004	205	6	5,1	12,8	10,88	12,8	0,614	10,88	0,522	13,33	13,33	57,6	49,0	
25/7/2004	206	3,2	2,72											
26/7/2004	207	6,8	5,78	10	8,5	10	0,480	8,5	0,408	13,33	13,33	45,0	38,3	

Παροχή σταλακτήρων: q=1,6 l/h
Ισαλοχή σταλακτήρων: Se=0,3m
Ισαλοχή σταλακτιφόρων σωλήνων: Sr=0,4m

I	2	3	4	5	6	7		8	9		10	11	12	13
						mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²		mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²				
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Καθαρές ανάγκες In=Εο*Κε χλοστάπια mm	Καθαρές ανάγκες In=Εο*Κε κωνοφόρων mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών χλοστάπια mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών κωνοφόρων mm	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	Δόση άρδευσης χλοστάπια	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	Idh q/(Se*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης χλοστάπια min (7/11)*60	Διάρκεια άρδευσης κωνοφόρων min (9/11)*60	
27/7/2004	208	0	0											
28/7/2004	209	5,2	4,42	5,2	4,42	5,2	0,250		4,42	0,212	13,33	23,4	19,9	
29/7/2004	210	5,6	4,76											
30/7/2004	211	5,2	4,42	10,8	9,18	10,8	0,518		9,18	0,441	13,33	48,6	41,3	
31/7/2004	212	5,2	4,42											
1/8/2004	213	5,2	4,42	10,4	8,84	10,4	0,499		8,84	0,424	13,33	46,8	39,8	
2/8/2004	214	6,4	5,44											
3/8/2004	215	8	6,8	14,4	12,24	14,4	0,691		12,24	0,588	13,33	64,8	55,1	
4/8/2004	216	7,6	6,46											
5/8/2004	217	4,4	3,74	12	10,2	12	0,576		10,2	0,490	13,33	54,0	45,9	
6/8/2004	218	6,8	5,78											
7/8/2004	219	9,6	8,16	16,4	13,94	16,4	0,787		13,94	0,669	13,33	73,8	62,7	
8/8/2004	220	8,4	7,14											

Παροχή σταλακτιήρων: q=1,6 l/h
Ισοποχή σταλακτιήρων: Se=0,3m
Ισοποχή σταλακτιήρων σωλήνων: Sr=0,4m

1	2	3	4	5	6	7		8	9		10	11	12	13
						mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²		mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²				
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Καθαρές ανάγκες In=Εο*Κc χλοοτάπητα mm	Καθαρές ανάγκες In=Εο*Κc κωνοφόρων mm	Αθροισμα Καθαρών αναγκών χλοοτάπητα mm	Αθροισμα Καθαρών αναγκών κωνοφόρων mm	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	Δόση άρδευσης χλοοτάπητα	Δόση άρδευσης κωνοφόρων	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	Idh q/(Se*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης χλοοτάπητα min (7/11)*60	Διάρκεια άρδευσης κωνοφόρων min (9/11)*60
9/8/2004	221	7,6	6,46	16	13,6	16	0,768	13,6	0,653	13,6	0,653	13,33	72,0	61,2
10/8/2004	222	8,4	7,14											
11/8/2004	223	8,8	7,48	17,2	14,62	17,2	0,826	14,62	0,702	14,62	0,702	13,33	77,4	65,8
12/8/2004	224	7,6	6,46											
13/8/2004	225	10	8,5	17,6	14,96	17,6	0,845	14,96	0,718	14,96	0,718	13,33	79,2	67,3
14/8/2004	226	5,6	4,76											
15/8/2004	227	5,6	4,76	11,2	9,52	11,2	0,538	9,52	0,457	9,52	0,457	13,33	50,4	42,9
16/8/2004	228	0,8	0,68											
17/8/2004	229	4	3,4	4,8	4,08	4,8	0,230	4,08	0,196	4,08	0,196	13,33	21,6	18,4
18/8/2004	230	5,2	4,42											
19/8/2004	231	6	5,1	11,2	9,52	11,2	0,538	9,52	0,457	9,52	0,457	13,33	50,4	42,9
20/8/2004	232	8	6,8											
21/8/2004	233	6,4	5,44	14,4	12,24	14,4	0,691	12,24	0,588	12,24	0,588	13,33	64,8	55,1

Παροχή σταλακτήρων: q=1,6 l/h
Ισοποχή σταλακτήρων: Se=0,3m
Ισοποχή σταλακτηφόρων σωλήνων: Sr=0,4m

1	2	3	4	5	6	7		8	9		10	11	12	13
						mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²		mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²				
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Καθαρές ανάγκες In=Εο*Κc χλοοτάπητα mm	Καθαρές ανάγκες In=Εο*Κc κωνοφόρων mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών χλοοτάπητα mm	Άθροισμα Καθαρών αναγκών κωνοφόρων mm	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	Δόση άρδευσης χλοοτάπητα	Δόση άρδευσης κωνοφόρων	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	Idh q/(Se*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης χλοοτάπητα min (7/11)*60	Διάρκεια άρδευσης κωνοφόρων min (9/11)*60
22/8/2004	234	6,4	5,44											
23/8/2004	235	4,8	4,08	11,2	9,52	11,2	0,538	9,52	0,457			13,33	50,4	42,9
24/8/2004	236	6,8	5,78											
25/8/2004	237	4,4	3,74	11,2	9,52	11,2	0,538	9,52	0,457			13,33	50,4	42,9
26/8/2004	238	7,2	6,12											
27/8/2004	239	5,36	4,556	12,56	10,676	12,56	0,603	10,676	0,512			13,33	56,5	48,1
28/8/2004	240	5,36	4,556											
29/8/2004	241	5,36	4,556	10,72	9,112	10,72	0,515	9,112	0,437			13,33	48,3	41,0
30/8/2004	242	4	3,4											
31/8/2004	243	5,6	4,76	9,6	8,16	9,6	0,461	8,16	0,392			13,33	43,2	36,7
1/9/2004	244	5,6	4,76											
2/9/2004	245	5,2	4,42	10,8	9,18	10,8	0,518	9,18	0,441			13,33	48,6	41,3
3/9/2004	246	2,8	2,38											

Παροχή σταλακτιήρων: q=1,6 l/h

Ισοαχή σταλακτιήρων: Se=0,3m

Ισοαχή σταλακτιήρων σωλήνων: Sr=0,4m

1	2	3	4	5	6	7		8	9		10	11	12	13
						mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²		mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²				
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Καθαρές ανάγκες In=Εο*Κε χλοοτάπητα mm	Καθαρές ανάγκες In=Εο*Κε κωνοφόρων mm	Άθροισμα Καθαρών ανάγκων χλοοτάπητα mm	Άθροισμα Καθαρών ανάγκων κωνοφόρων mm	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	Δόση άρδευσης χλοοτάπητα	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	Idh q/(Se*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης χλοοτάπητα min (7/11)*60	Διάρκεια άρδευσης κωνοφόρων min (9/11)*60	
4/9/2004	247	2,8	2,38	5,6	4,76	5,6	0,269	4,76	4,76	0,228	13,33	25,2	21,4	
5/9/2004	248	2,8	2,38											
6/9/2004	249	2	1,7	4,8	4,08	4,8	0,230	4,08	4,08	0,196	13,33	21,6	18,4	
7/9/2004	250	4,8	4,08											
8/9/2004	251	4	3,4	8,8	7,48	8,8	0,422	7,48	7,48	0,359	13,33	39,6	33,7	
9/9/2004	252	5,6	4,76											
10/9/2004	253	3,36	2,856	8,96	7,616	8,96	0,430	7,616	7,616	0,366	13,33	40,3	34,3	
11/9/2004	254	3,28	2,788											
12/9/2004	255	3,36	2,856	6,64	5,644	6,64	0,319	5,644	5,644	0,271	13,33	29,9	25,4	
13/9/2004	256	3,6	3,06											
14/9/2004	257	4	3,4	7,6	6,46	7,6	0,365	6,46	6,46	0,310	13,33	34,2	29,1	
15/9/2004	258	1,6	1,36											
16/9/2004	259	4	3,4	5,6	4,76	5,6	0,269	4,76	4,76	0,228	13,33	25,2	21,4	

Παροχή σταλακτιήρων: q=1,6 l/h

Ισατοχή σταλακτιήρων: Se=0,3m

Ισατοχή σταλακτιήρων σωλήνων: Sr=0,4m

1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13
						mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²						
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Καθαρές ανάγκες In=E0*Kc χλοοτάπητα mm	Καθαρές ανάγκες In=E0*Kc κωνοφόρων mm	Αθροισμα Καθαρών αναγκών χλοοτάπητα mm	Αθροισμα Καθαρών αναγκών κωνοφόρων mm	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	Δόση άρδευσης κωνοφόρων	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	Idh q/(Se*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης χλοοτάπητα min (7/11)*60	Διάρκεια άρδευσης κωνοφόρων min (9/11)*60
17/9/2004	260	2,8	2,38										
18/9/2004	261	2,8	2,38	5,6	4,76	5,6	0,269	4,76	4,76	0,228	13,33	25,2	21,4
19/9/2004	262	2,8	2,38										
20/9/2004	263	3,2	2,72	6	5,1	6	0,288	5,1	5,1	0,245	13,33	27,0	23,0
21/9/2004	264	3,2	2,72										
22/9/2004	265	3,2	2,72	6,4	5,44	6,4	0,307	5,44	5,44	0,261	13,33	28,8	24,5
23/9/2004	266	4	3,4										
24/9/2004	267	2	1,7	6	5,1	6	0,288	5,1	5,1	0,245	13,33	27,0	23,0
25/9/2004	268	2,4	2,04										
26/9/2004	269	2	1,7	4,4	3,74	4,4	0,211	3,74	3,74	0,180	13,33	19,8	16,8
27/9/2004	270	1,6	1,36										
28/9/2004	271	3,2	2,72	4,8	4,08	4,8	0,230	4,08	4,08	0,196	13,33	21,6	18,4
29/9/2004	272	4,8	4,08										

Παροχή σταλακτήρων: q=1,6 l/h

Ίσαποχή σταλακτήρων: Se=0,3m

Ίσαποχή σταλακτιφόρων σωλήνων: St=0,4m

1	2	3	4	5	6	7		8	9		10	11	12	13
						mm ή m ³ /στρ	mm ή m ³ /στρ		mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²				
Ημερομηνία	Ημέρες από 1-1-2004	Καθιρές ανάγκες In=Εο*Κε χλοοτάπητα mm	Καθαρές ανάγκες In=Εο*Κε κωνοφόρων mm	Άθροισμα Καθαρών ανάγκων χλοοτάπητα mm	Άθροισμα Καθαρών ανάγκων κωνοφόρων mm	mm ή m ³ /στρ	m ³ /48m ²	Δόση άρδευσης χλοοτάπητα	Δόση άρδευσης κωνοφόρων	m ³ /48m ²	Idh q/(Se*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης χλοοτάπητα min (7/11)*60	Διάρκεια άρδευσης κωνοφόρων min (9/11)*60	
30/9/2004	273	2,4	2,04	7,2	6,12	7,2	0,346	6,12	0,294	13,33	32,4	27,5		
1/10/2004	274	3,2	2,72											
2/10/2004	275	3,2	2,72	6,4	5,44	6,4	0,307	5,44	0,261	13,33	28,8	24,5		
3/10/2004	276	3,2	2,72											
4/10/2004	277	0,8	0,68	4	3,4	4	0,192	3,4	0,163	13,33	18,0	15,3		
5/10/2004	278	3,2	2,72											
6/10/2004	279	3,2	2,72											
7/10/2004	280	2,4	2,04	8,8	7,48	8,8	0,422	7,48	0,359	13,33	39,6	33,7		
8/10/2004	281													
ΣΥΝΟΛΟ		667,68	567,53	667,68	567,53		32,05		27,24					

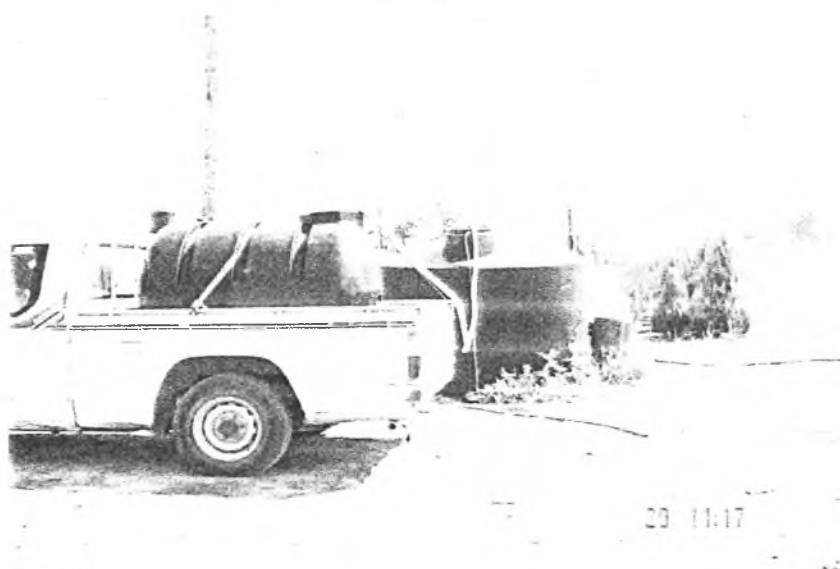
Παροχή σταλακτήρων: q=1,6 l/h
Ισοποχή σταλακτήρων: Se=0,3m
Ισοποχή σταλακτιφόρων σωλήνων: Sr=0,4m

5.5 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Η πρώτη άρδευση με τα υγρά αστικά απόβλητα πραγματοποιήθηκε στις **10-6-2004**. Με αυτά αρδεύτηκαν οι μεταχειρίσεις Χλοοτάπητας Λύμα (ΧΛ) και Κωνοφόρα λύμα (ΚΛ). Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα προέρχονταν από τη μονάδα βιολογικού καθαρισμού της πόλης του Βόλου.

Η μονάδα εξυπηρετεί τους Δήμους Βόλου, Ν. Ιωνίας, Αισωνίας και τη Βιομηχανική περιοχή του Βόλου, συνολικού πληθυσμού 200.000 κατοίκων. Δέχεται 22.000 m³ αποβλήτων/ ημέρα και διαθέτει τριτοβάθμιο σύστημα επεξεργασίας. Τα απόβλητα δέχονταν τριτοβάθμια επεξεργασία και ως εκ τούτου, δεν περιείχαν σε μεγάλες ποσότητες τα διάφορα θρεπτικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τα φυτά, όπως Ν, Ρ, Κ. Όμως, περιείχαν σε μεγάλη ποσότητα ιόντα χλωρίου, σε συγκεντρώσεις που είναι απαγορευτικές για άρδευση καλλιεργειών. Για το λόγο αυτό, γινόταν μία άρδευση με απόβλητα στις μεταχειρίσεις ΧΛ και ΚΛ, και ακολουθούσαν δύο αρδεύσεις με καθαρό νερό της γεώτρησης του αγροκτήματος.

Τα απόβλητα διοχετεύονταν στην πλαστική δεξαμενή (Εικόνα 5.7). Μετά την άρδευση με απόβλητα, η δεξαμενή ξεπλένονταν με καθαρό νερό. Οι αρδεύσεις και στις 4 μεταχειρίσεις διενεργήθηκαν μέχρι και **7-10-2004**. Δεν πραγματοποιήθηκε λίπανση σε καμία μεταχείριση.



Εικόνα 5.7 Διάθεση των υγρών αστικών αποβλήτων από τη Δ.Ε.Υ.Α.Μ.Β. στην πλαστική μαύρη δεξαμενή

Για την εύρεση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επεξεργασμένων αποβλήτων, διενεργήθηκαν χημικές αναλύσεις στα απόβλητα, στις εγκαταστάσεις του Βιολογικού καθαρισμού. Οι παράμετροι που μετρήθηκαν στον Βιολογικό καθαρισμό ήταν : BOD, COD, Cl⁻, Ολικός Ρ, SS (Αιωρούμενα στερεά), NH₄-N., NO₃-N , pH και Ηλεκτρική Αγωγιμότητα., όπως φαίνεται στον πίνακα 5.4.

Πίνακας 5.4 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων των επεξεργασμένων αποβλήτων

Παράμετρος μέτρησης	20-6-2004	18-7-2004	11-8-2004	18-9-2004	2-10-2004	Όρια ασφαλείας
Ηλεκτρική αγωγιμότητα dS/m	3,3	3,1	3,1	3,2	3,1	0-3
Cl ⁻ mg/l	1350	1400	1350	1490	1500	0-700
Αιωρούμενα στερεά (S.S.) mg/l	10	9	10	12	10	0-15
P mg/l	1	2,7	1,5	1,4	1,6	0-15
NH ₄ -N mg/l	1,5	3	1,6	1,6	0,8	0-30
NO ₃ -N mg/l	6,5	6,7	6,5	5,2	5,6	0-10
Χημική απαίτηση Οξυγόνου (C.O.D.) mg/l	40	55	45	55	50	0-40
Βιοχημική απαίτηση Οξυγόνου (B.O.D.) mg/l	10	12	12	4	10	0-15
pH	7,8	7,7	7,75	7,96	7,7	6,5-8,5

Από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των αποβλήτων (πίνακας 5.4), διαπιστώνουμε ότι πιο επικίνδυνη παράμετρος για τις καλλιέργειες θεωρείται η συγκέντρωση των ιόντων Cl⁻. Ως ελάχιστο όριο ασφαλείας θεωρούνται τα 355 mg Cl⁻/l, ενώ για τις ανθεκτικότερες καλλιέργειες μπορεί να εφαρμοστεί το όριο των 710 mg Cl⁻/l. Από τις άλλες παραμέτρους η ηλεκτρική αγωγιμότητα ήταν λίγο παραπάνω από το όριο των 3 dS/m, που όμως με την εναλλαγή των αρδεύσεων με καθαρό νερό θεωρείται ότι μειώνεται σημαντικά η επίδρασή της.

Ο δείκτης B.O.D.(Βιοχημική απαίτηση Οξυγόνου), τα νιτρικά ιόντα και οι τιμές των αιωρούμενων στερεών (S.S.) βρισκόταν μέσα στα προτεινόμενα όρια.

Ακόμη, ο δείκτης C.O.D.(Χημική απαίτηση Οξυγόνου) βρισκόνταν ελάχιστα πιο πάνω από τα ενδεικνυόμενα όρια των 40 mg/l.

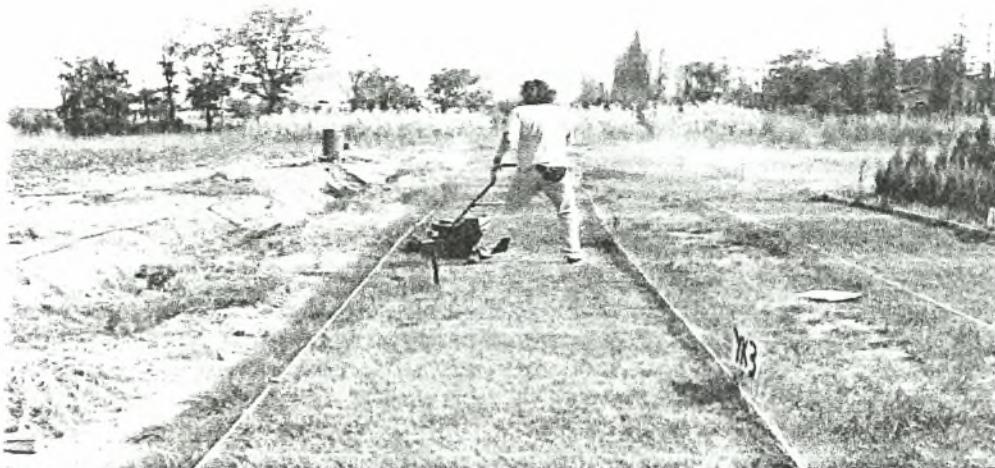
Τα υπόλοιπα στοιχεία χαρακτηρίζονται από μικρές σχετικά συγκεντρώσεις.

5.6 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΧΛΟΟΤΑΠΗΤΑ

5.6.1 Ξηρή Βιομάζα

Για την εύρεση της παραγωγικότητας σε ξηρή βιομάζα των 2 μεταχειρίσεων του χλοοτάπητα, γινόταν κοπή του υπέργειου τμήματος του χλοοτάπητα (εικόνα 5.8) περίπου σε διάστημα 2 εβδομάδων.

Η πρώτη κοπή του χλοοτάπητα έγινε στις **3-5-2004**. Χρησιμοποιήθηκε η βενζινοκίνητη μηχανή τύπου Raser. Ο κινητήρας της μηχανής ήταν τύπου Master της εταιρείας Briggs and Stratton με ισχύ 3,5 Hp.



Εικόνα 5.8 Κοπή χλοοτάπητα

Σε κάθε μια από τις 4 επαναλήψεις από τα δύο πειραματικά (Γκαζόν Καθαρό, Γκαζόν Λύμα), η κοπή και το ζύγισμα της νωπής βιομάζας γινόταν χωριστά.

Για τη μέτρηση του συνολικού νωπού βάρους του χλοοτάπητα, χρησιμοποιήθηκε η ζυγαριά 12000 D SCS της εταιρείας Precisa Instruments AG. Η ζυγαριά έχει σαν μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος τα 12100 g, ελάχιστο βάρος τα 5 g, και σφάλμα ανάγνωσης το 1g.

Στη συνέχεια ζυγίζονταν 250 g περίπου από το κάθε πειραματικό (σε ζυγό ακριβείας στο Εργαστήριο του τμήματος), τα οποία ξηραίνονταν σε χάρτινες σακούλες (εικόνα 5.9) στους 100°C για 2 ημέρες σε ειδικό φούρνο που διαθέτει το Εργαστήριο της Γεωργικής Υδραυλικής. Μετά τη διαδικασία της ξήρανσης το κάθε δείγμα ζυγίζονταν ξανά στον ίδιο ζυγό ακριβείας.



Εικόνα 5.9 Μεταφορά της βιομάζας του χλοοτάπητα σε χάρτινες σακούλες για ξήρανση

Η ίδια διαδικασία μετρήσεων επαναλαμβανόταν σε κάθε κοπή του χλοοτάπητα. Συνολικά έγιναν 10 κοπές στις εξής ημερομηνίες: **3-5-2004, 19-5-2004, 3-6-2004, 28-6-2004, 12-7-2004, 26-7-2004, 11-8-2004, 30-8-2004, 17-9-2004, 6-10-2004.**

5.6.2 Ύψος χλοοτάπητα

Προκειμένου να παρατηρηθεί ο ρυθμός αύξησης του χλοοτάπητα, πριν από κάθε κοπή μετρήθηκε το ύψος του, κάνοντας δειγματοληπτικά 9 μετρήσεις σε κάθε πειραματικό. Έτσι το μέσο ύψος κάθε μεταχείρισης προκύπτει μετά από τις μετρήσεις σε 9 σημεία μέσα σε κάθε μεταχείριση. Πάρθηκαν 9 μετρήσεις σε διαστήματα δυο εβδομάδων. Η πρώτη μέτρηση έγινε στις **19-5-2004.**

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το υποδεκάμετρο. Οι επόμενες μετρήσεις έγιναν στα παρακάτω διαστήματα: **3-6-2004, 28-6-2004, 12-7-2004, 26-7-2004, 11-8-2004, 30-8-2004, 17-9-2004, 6-10-2004.**

5.6.3 Χλωροφύλλη

Μετρήθηκε η Χλωροφύλλη a, η Χλωροφύλλη b και η συνολική a+b. Η ποσότητα της χλωροφύλλης που περιέχεται στα φύλλα είναι δείκτης της υγιούς κατάστασης των φυτών εφόσον σ' αυτήν οφείλεται το πράσινο χρώμα των φύλλων καθώς και άλλων μερών των φυτών που φωτοσυνθέτουν. Η χλωροφύλλη a εμφανίζεται σε όλους τους φωτοσυνθετικούς ευκαρυωτικούς οργανισμούς και στα προκαρυωτικά κυανοβακτήρια και συνεπώς θεωρείται βασικός παράγοντας για τη φωτοσύνθεση.

Η χλωροφύλλη b εμφανίζεται επιπλέον στα τραχεόφυτα, τα βρυόφυτα, τα χλωροφύκη και απορροφά σε διαφορετικό μήκος κύματος φωτός από τη χλωροφύλλη a. Έτσι η χλωροφύλλη b είναι μια δευτερεύουσα χρωστική που βοηθάει στη διεύρυνση του φάσματος του φωτός κατά τη φωτοσύνθεση. Όταν ένα μόριο της χλωροφύλλης b απορροφά φως, το διεγερμένο μόριό της μεταβιβάζει την ενέργεια σε ένα μόριο χλωροφύλλης a, το οποίο στη συνέχεια τη μετατρέπει σε χημική με τη διεργασία της φωτοσύνθεσης. Γενικά στα φύλλα των πράσινων φυτών, η χλωροφύλλη b αποτελεί το ¼ της συνολικής περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη.

Από μεταλλαγμένα φυτά που στερούνται χλωροφύλλης b φαίνεται ότι η χλωροφύλλη b δεν είναι απαραίτητη για τη φωτοσύνθεση αλλά ούτε και για την οργανωτική δομή του χλωροπλάστη. Έτσι η χλωροφύλλη b ίσως να χρησιμεύει μόνο στη συλλογή της ακτινοβολίας και την προστασία της χλωροφύλλης a από την φωτοοξειδωση (Λόλας, 1996).

Για τη μέτρηση της περιεχόμενης χλωροφύλλης στα φύλλα του χλοοτάπητα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της εκχύλισης με αιθανόλη. Πάρθηκαν δειγματοληπτικά φύλλα από όλα τα πειραματικά του χλοοτάπητα. Ζυγίστηκαν 0,15 g χλοοτάπητα από το κάθε πειραματικό και τα οποία λειοτριβήθηκαν με 25ml αιθανόλης σε γυάλινο γουδί. Στη συνέχεια έγινε εκχύλιση του δείγματος, ομογενοποίηση σε δοκιμαστικούς σωλήνες και φυγοκέντρηση στις 3500 στροφές για 10min. Από το υπερκείμενο υγρό πάρθηκε ένα μέρος για μέτρηση σε φασματοφωτόμετρο σε τρία μήκη κύματος: A_{665} , A_{654} , A_{649} . (Biochim. Biophys. Acta 109(1965) p.448-453).

Η όλη διαδικασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γενικής Χημείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η πρώτη μέτρηση χλωροφύλλης έγινε στις **10-5-2004** και οι επόμενες: **5-6-2004, 6-7-2004, 28-7-2004, 23-8-2004, 5-10-2004**.

5.7 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ

5.7.1 Ύψος Κωνοφόρων

Προκειμένου να παρατηρηθεί ο ρυθμός αύξησης των κωνοφόρων δέντρων μετρήθηκε με υποδεκάμετρο το ύψος όλων των φυτών (εικόνα 5.10) και των δυο πειραματικών τεμαχίων (Κωνοφόρα Καθαρό, Κωνοφόρα Λύμα). Οι μετρήσεις παιρνόταν μια φορά το μήνα γιατί ο ρυθμός αύξησης των φυτών ήταν πολύ μικρός. Η πρώτη μέτρηση πάρθηκε στις **28-5-2004** και οι επόμενες: **28-6-2004, 19-7-2004, 18-8-2004, 17-9-2004, 24-10-2004**.



Εικόνα 5.10 Μέτρηση ύψους κωνοφόρων

5.7.2 Διάμετρος φυτοκόμης

Οι μετρήσεις της διαμέτρου της φυτοκόμης πάρθηκαν ακριβώς την ίδια μέρα με τις μετρήσεις του ύψους. Με ένα υποδεκάμετρο (εικόνα 5.11) μετρήθηκε το μήκος της μεγαλύτερης διαμέτρου της φυτοκόμης των κωνοφόρων. Επειδή οι μεταβολές ήταν πολύ μικρές οι μετρήσεις πάρθηκαν μια φορά το μήνα.



Εικόνα 5.11 Μέτρηση διαμέτρου φυτοκόμης

5.7.3 Διάμετρος κυρίου βλαστού

Παρατηρήθηκαν οι μεταβολές της διαμέτρου του κυρίου βλαστού των κωνοφόρων φυτών σε ύψος 10 cm από το έδαφος. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση ήταν ένα παχύμετρο της εταιρείας INOX, με κλίμακα ανάγνωσης 0-15 cm και διακριτικότητα ανάγνωσης 0,05 mm. Οι μετρήσεις έγιναν στις ίδιες ημερομηνίες με τις προηγούμενες δυο μετρήσεις.

5.7.4 Χλωροφύλλη

Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε ταυτόχρονα με τη μέτρηση της χλωροφύλλης στον χλοοτάπητα. Πάρθηκαν δειγματοληπτικά φύλλα από όλα τα κωνοφόρα και από κάθε πειραματικό χωριστά. Ζυγίστηκαν 0,3375g Στρίκτας, 0,4g Τούγιας και 0,5g Λεμονοκυπάρισσου. Ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιήθηκε η εκχύλιση είναι ακριβώς ίδιος με αυτόν στο χλοοτάπητα. Η πρώτη μέτρηση της χλωροφύλλης έγινε στις **10-5-2004** και οι επόμενες: **5-6-2004, 6-7-2004, 28-7-2004, 23-8-2004, 5-10-2004**.

5.8 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Για την καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων (ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και άθροισμα ημερήσιας βροχόπτωσης) της περιοχής χρησιμοποιήθηκε ο μετεωρολογικός σταθμός του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής ο οποίος βρίσκεται στο αγρόκτημα του Βελεστίνου. Η καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων γινόταν σε ωριαία βάση καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Η συλλογή τους έγινε με τη βοήθεια data logger και η επεξεργασία τους με το πρόγραμμα Excel της Microsoft.

5.9 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΤΑΜΑΧΙΩΝ

Μετά το τέλος των αρδεύσεων (στις **24-10-2004**) έγινε δειγματοληψία εδάφους (εικόνα 5.12) σε τρία βάθη (**0-30cm, 30-60cm, 60-90cm**) από κάθε πειραματικό τεμάχιο και στη συνέχεια ακολούθησε ανάλυση αυτών των δειγμάτων στο Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ. Λάρισας.

Η δειγματοληψία του εδάφους έγινε με σκοπό τον προσδιορισμό των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του εδάφους. Λήφθηκαν συνολικά 12 δείγματα. Δηλαδή από κάθε πειραματικό: Χλοοτάπητας Καθαρό, Χλοοτάπητας Λύμα, Κωνοφόρα Καθαρό, Κωνοφόρα Λύμα σε 3 βάθη 0-30, 30-60 και 60-90 cm. Χρησιμοποιήθηκαν τα υλικά: δειγματολήπτης εδάφους, σακουλάκια δειγματοληψίας.



Εικόνα 5.12 Δειγματοληψία εδάφους

Υπολογίστηκαν:

- *Οργανική Ουσία* με τη μέθοδο της υγρής οξείδωσης (Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ. Λάρισας)
- *pH* με τη μέθοδο σχέση νερού εδάφους 1:1 (Methods Of Soil Analysis, Part 2, 1982, p.199-209)
- $CaCO_3$ με τη μέθοδο Bernard (Methods Of Soil Analysis, Part 2, 1982, p.181)
- Ηλεκτρική Αγωγιμότητα-Διαλυτά άλατα με τη μέθοδο 1:1 (νερού –εδάφους) (Methods Of Soil Analysis, Part 2, 1982, p.167-173)
- Fe, Zn, Mn, Cu με τη μέθοδο DTPA (Methods Of Soil Analysis, Part 2, 1982, p.301-334)
- B με τη μέθοδο Hot Water (Methods Of Soil Analysis, Part 2, 1982, p.434-436)
- K, Na, Ca, Mg με τη μέθοδο των Ανταλλάξιμων Κατιόντων (Methods Of Soil Analysis, Part 2, 1982, p.159-164)
- I.A.K. κατά προσέγγιση προσθέτοντας τις τιμές του K, Na, Ca, Mg.

Η όλη διαδικασία έγινε με σκοπό να προσδιοριστούν οι ιδιότητες του εδάφους καθώς και οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων και βαρέων μετάλλων, μετά το τέλος της περιόδου άρδευσης.

5.10 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

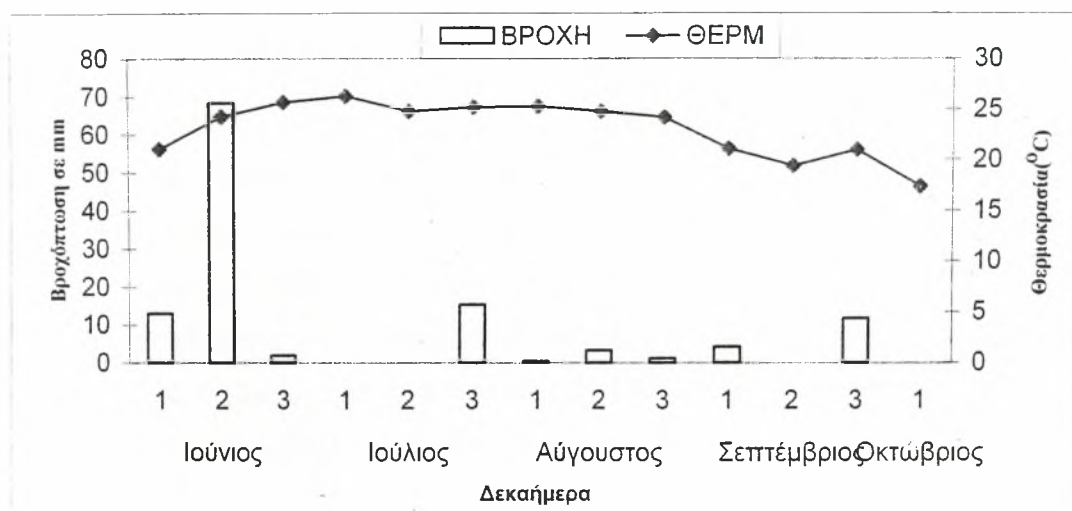
Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS v.12. Έγινε στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων με το t-test, που είναι το καταλληλότερο κριτήριο για τον έλεγχο δυο μέσων όρων ή μιας σειράς δυο μέσων όρων. Στον χλοοτάπητα έγινε σύγκριση μεταξύ των δυο μεταχειρίσεων σε όλο το διάστημα άρδευσης τόσο ανά ημερομηνία μέτρησης, όσο και συνολικά. Στα κωνοφόρα έγινε σύγκριση των μέσων όρων της μεταβολής των μετρήσεων του ύψους και της διαμέτρου φυτοκόμης και βλαστού τόσο ανάμεσα στις μετρήσεις, όσο και συνολικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στο σχήμα 6.1 παρουσιάζονται τα κλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση), που επικράτησαν κατά τη διάρκεια του πειράματος του έτους 2004 στην περιοχή του Βελεστίνου όπου έχει εγκατασταθεί το πείραμα. Συνολικά από την έναρξη της στάγδην άρδευσης (7-6-2004) μέχρι τη λήξη των αρδεύσεων (7-10-2004) έπεσαν 119,34 mm βροχής, δηλαδή 95,5 mm ωφέλιμης βροχής. Το 2^ο δεκαήμερο του Ιουνίου σημειώθηκε η μεγαλύτερη τιμή βροχόπτωσης λόγω της μεγάλης βροχόπτωσης (βροχή και χαλάζι) που μετρήθηκε στο Αγρόκτημα στις 19-6-2004.

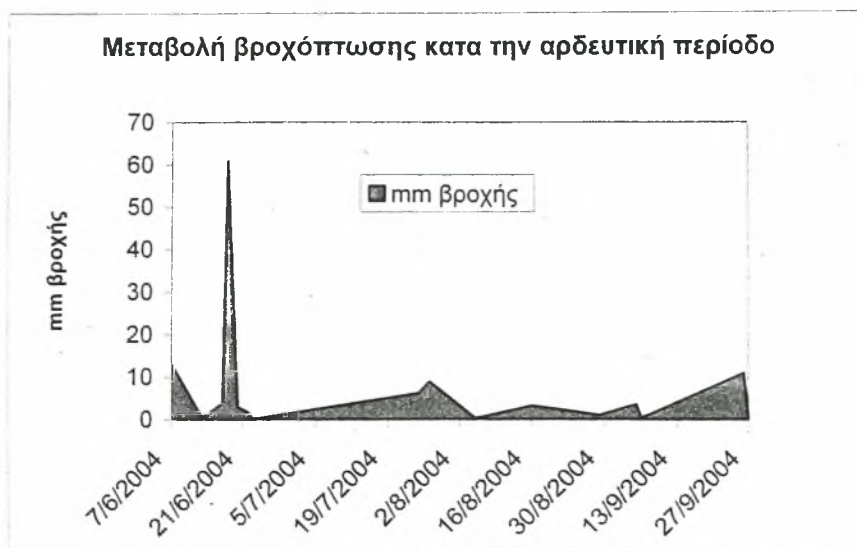


Σχήμα 6.1 Τιμές βροχόπτωσης και μέσης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου

Κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου (Ιούνιος-Οκτώβριος), συνέβησαν 16 επεισόδια βροχόπτωσης αλλά σε κανένα το ύψος βροχής δεν ήταν μεγάλο.

Το γεγονός των μειωμένων βροχοπτώσεων συντελεί στην πιο ξεκάθαρη εικόνα των της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων μιας και η αναγκαία ποσότητα νερού για τον χλοοτάπητα και τα καννοφόρα, χορηγήθηκε κυρίως μέσω της άρδευσης.

Οι θερμοκρασίες κατά το διάστημα αυτό κυμάνθηκαν σε αρκετά υψηλά επίπεδα και επομένως οι συνθήκες αυτές προκάλεσαν έντονη εξατμισοδιαπνοή των καλλιεργειών. Ιδιαίτερα βροχερός ήταν ο μήνας Ιούνιος και οι μεγαλύτερες τιμές βροχόπτωσης παρατηρήθηκαν στο 2^ο δεκαήμερο του Ιουνίου (σχήμα 6.2). Η μεγαλύτερη θερμοκρασία παρατηρήθηκε κατά το 1^ο δεκαήμερο του Ιουλίου με τιμή 26,3 °C.



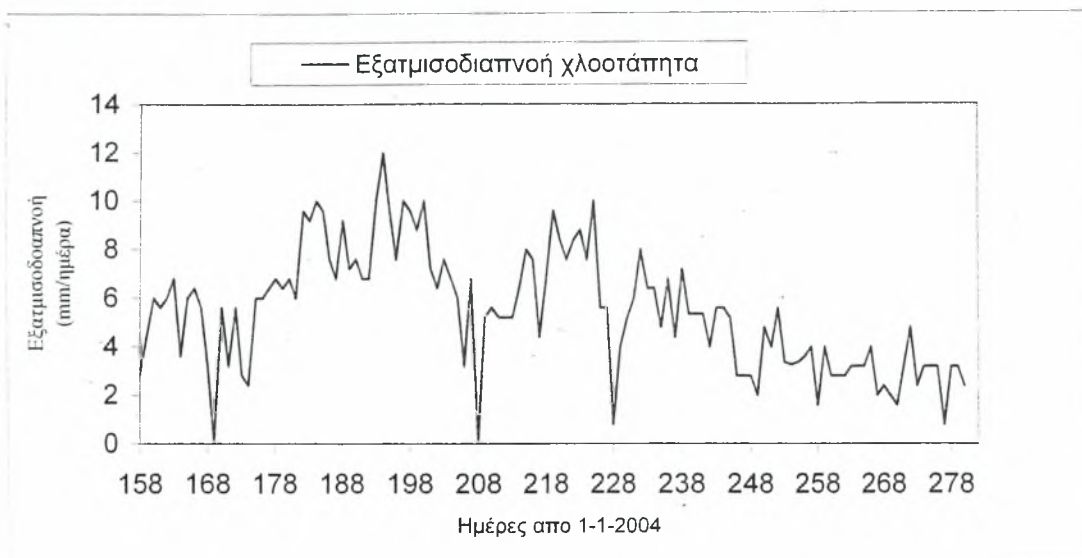
Σχήμα 6.2 Μεταβολή βροχόπτωσης

6.2 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

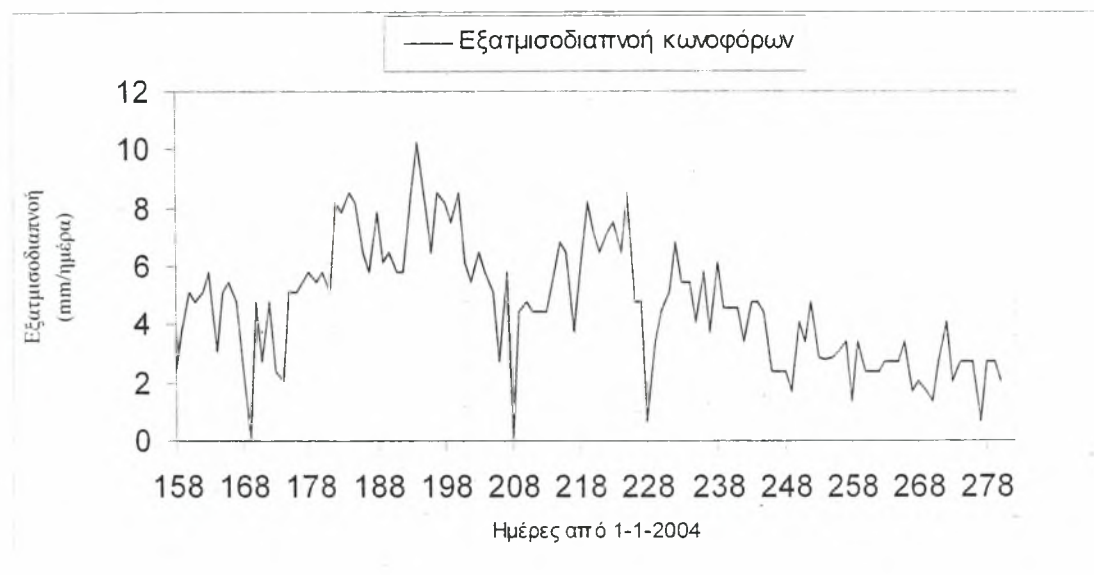
Στο σχήμα 6.3 απεικονίζεται η μεταβολή της Βασικής Εξατμισοδιαπνοής. Στα σχήματα 6.4 και 6.5 φαίνεται η μεταβολή της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής σε ημερήσια βάση. Η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή είναι συνάρτηση των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στη συγκεκριμένη περιοχή μέτρησης. Η διακύμανση της εξατμισοδιαπνοής τόσο στον χλοοτάπητα, όσο και στα κωνοφόρα παρουσιάζει ένα μέγιστο κατά το 2^ο δεκαήμερο του Ιουλίου, (ημέρα 194 από 1-1-2004), χρονική περίοδο κατά την οποία σημειώθηκαν πολύ υψηλές θερμοκρασίες καθώς επίσης και έλλειψη βροχοπτώσεων.



Σχήμα 6.3 Διακύμανση της Ημερήσιας Βασικής Εξατμισοδιαπνοής



Σχήμα 6.4 Διακύμανση της Ημερήσιας Πραγματικής Εξατμισοδιαπνοής του Χλοοτάπητα



Σχήμα 6.5 Διακύμανση της Ημερήσιας Πραγματικής Εξατμισοδιαπνοής των Κωνοφόρων

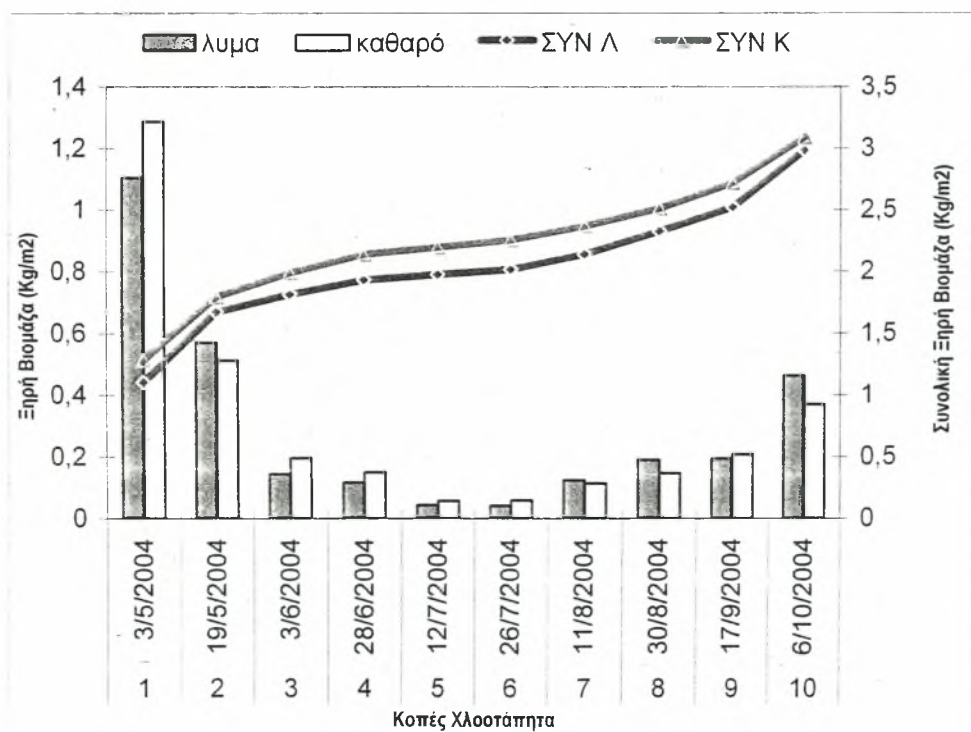
Αντίθετα παρατηρήθηκε μια πτώση της τιμής της εξατμισοδιαπνοής κατά το 2^ο δεκαήμερο του Ιουνίου (ημέρα 169 από 1-1-2004) και κατά το 3^ο δεκαήμερο του Ιουλίου (ημέρα 208 από 1-1-2004), λόγω αυξημένων βροχοπτώσεων. Από τα μέσα Σεπτεμβρίου (ημέρα 254 από 1-1-2004) και μετά η Εξατμισοδιαπνοή σταδιακά μειωνόταν λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών της εποχής. Οι μεγαλύτερες τιμές της εξατμισοδιαπνοής παρατηρήθηκαν στις 13-7-2004 (ημέρα 194 από 1-1-2004) με τιμές 12 mm για τον χλοοτάπητα και 10.2 mm για τα κωνοφόρα.

6.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΧΛΟΟΤΑΠΗΤΑ

6.3.1 Ξηρή Βιομάζα

Στο Σχήμα 6.6 παρουσιάζεται η διακύμανση της βιομάζας σε Kg ξηρής βιομάζας/m² χλοοτάπητα. Κατά τη διάρκεια της περιόδου αναπτύξεως, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην βιομάζα των δύο μεταχειρίσεων, συγκρινόμενες ανά ζεύγος τιμών.

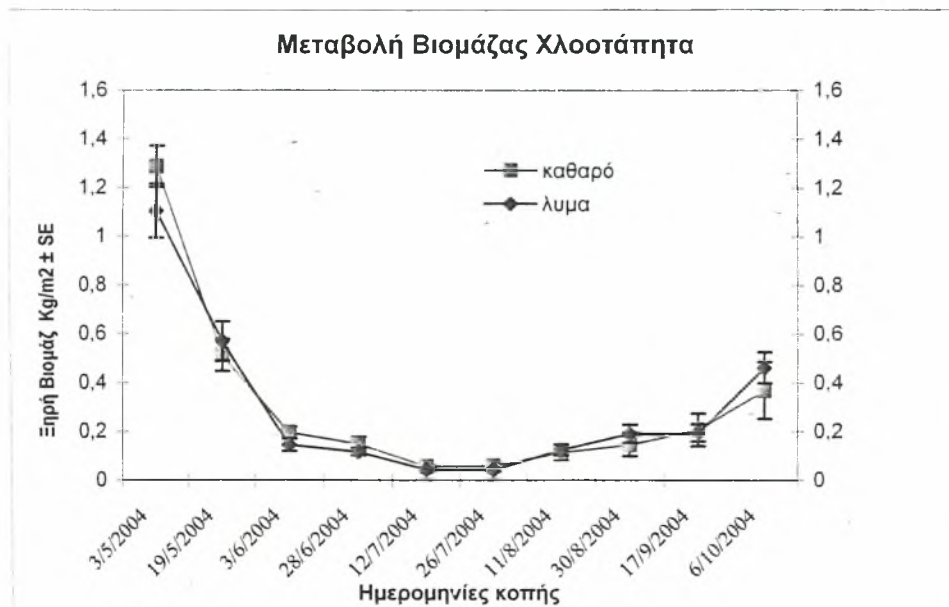
Οι μεγαλύτερες αποδόσεις επιτεύχθηκαν στην κοπή της **19-5-2004**, με 0,5692 kg/m² για τη μεταχείριση του λύματος και 0,5122 kg/m² για τη μεταχείριση του καθαρού νερού. Όσον αφορά την αθροιστική απόδοση, για το διάστημα **19-5-2004** έως **6-10-2004**, η μεταχείριση του καθαρού νερού έδωσε 3,09kg/m² και η μεταχείριση του λύματος έδωσε 2,99 kg/m². Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι η παραγωγή βιομαζών ήταν ελαφρώς υψηλότερη στις μεταχειρίσεις με καθαρό νερό όπως φαίνεται στο διάγραμμα ως αθροιστική ξηρή βιομάζα, αν και δεν υπήρξε σαφής υπεροχή της μιας μεταχείρισης έναντι της άλλης.



Σχήμα 6.6 Αθροιστική ξηρή βιομάζα για τις μεταχειρίσεις με καθαρό νερό και με απόβλητα

Από τη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων στο επίπεδο του 0,05 τόσο μεταξύ των

ημερομηνιών κοπής, όσο και συνολικά. (Πίνακας 1, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I, $t=0,179$, $df=6$, $p=0,864$).



Σχήμα 6.6^α Μεταβολή βιομάζας ανά ημερομηνία κοπής

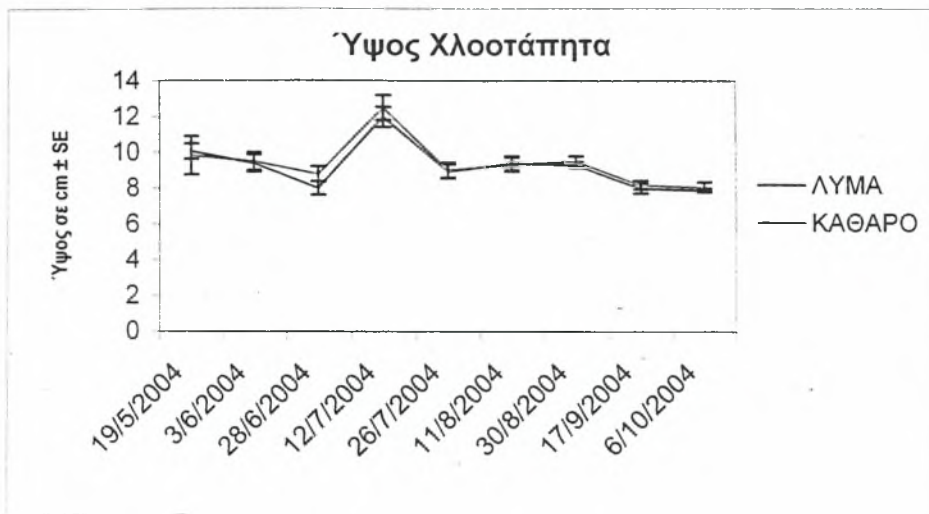
Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error

Στο σχήμα 6.6^α απεικονίζεται η μεταβολή της βιομάζας του χλοοτάπητα κατά την άρδευση με καθαρό νερό και λύμα

Γενικά όπως παρατηρούμε στο σχήμα 6.6^α, υπάρχει μια μείωση της βιομάζας του χλοοτάπητα κατά τα μέσα με τέλη Ιουλίου που οφείλεται πιθανόν στην εμφάνιση κακουχίας στον χλοοτάπητα λόγω υψηλών θερμοκρασιών της περιόδου αυτής. Επίσης παρατηρούμε μια άνοδο της βιομάζας του χλοοτάπητα στα μέσα Σεπτεμβρίου μέχρι αρχές Οκτωβρίου που πιθανόν να οφείλεται στην έναρξη των βροχοπτώσεων και την επαναφορά της θερμοκρασίας σε κανονικές τιμές.

6.3.2 Ύψος χλοοτάπητα

Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.7, καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος το ύψος του χλοοτάπητα κατά την επεξεργασία με καθαρό νερό υπερέβη του ύψους του χλοοτάπητα που αρδεύτηκε με λύμα χωρίς όμως στατιστικά σημαντικές διαφορές στο επίπεδο του 0,05 (πίνακας 2 –ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I, $t=0,847$, $df=16$, $p=0,409$). Η υψηλή συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου στα υγρά αστικά απόβλητα είναι πιθανόν ο λόγος χαμηλότερου από την αναμενόμενη αύξηση χορτοταπήτων των μεταχειρίσεων που αρδεύτηκαν με λύμα δεδομένου ότι το Χλώριο θεωρείται ως ένα από τα τοξικότερα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών.



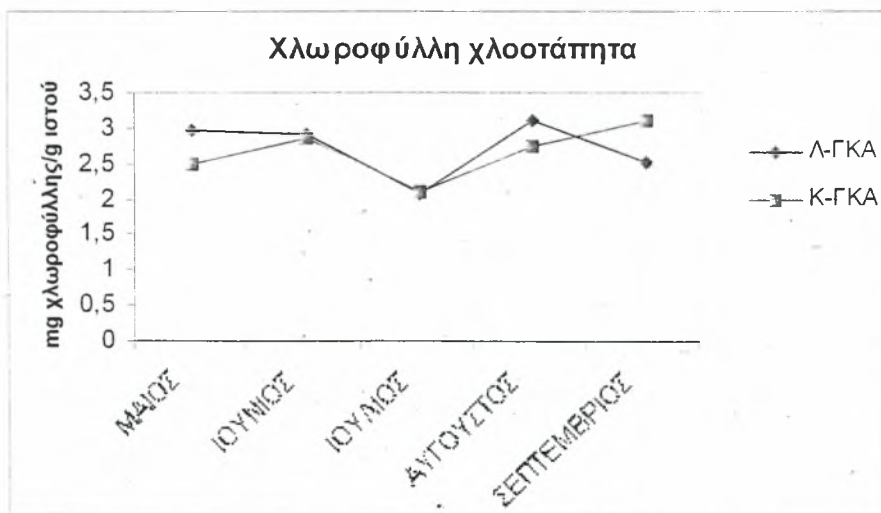
Σχήμα 6.7 Μέσο ύψος χλοοτάπητα για τις μεταχειρίσεις καθαρό νερό και λύμα πριν από κάθε κοπή

Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error

Από τη στατιστική επεξεργασία με t-test προέκυψε ότι δεν υπάρχει καμία στατιστική σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων τόσο μεταξύ των μετρήσεων όσο και συνολικά.

6.3.3 Χλωροφύλλη με εκχύλιση

Στο σχήμα 6.8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης της χλωροφύλλης (a και b) που έγιναν σε φύλλα χλοοτάπητα των δυο μεταχειρίσεων. Όπως φαίνεται οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρήθηκαν στη μεταχείριση με λύμα με μέσο όρο τιμής 2,71 mg χλωροφύλλης/g ξηρού ιστού έναντι 2,66 mg χλωροφύλλης/g ξηρού ιστού της μεταχείρισης του καθαρού νερού.



Σχήμα 6.8 Μεταβολή της χλωροφύλλης με το χρόνο

Η διαφορά αυτή όπως φαίνεται στον πίνακα 3 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I) δεν είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο του 0,05. Η μεγαλύτερη τιμή χλωροφύλλης καταγράφηκε τον Αύγουστο στη μεταχείριση του λύματος (3,098 mg χλωροφύλλης/g ξηρού ιστού) ενώ στη μεταχείριση του καθαρού νερού καταγράφηκε τον Σεπτέμβριο (3,096 mg χλωροφύλλης/g ξηρού ιστού).

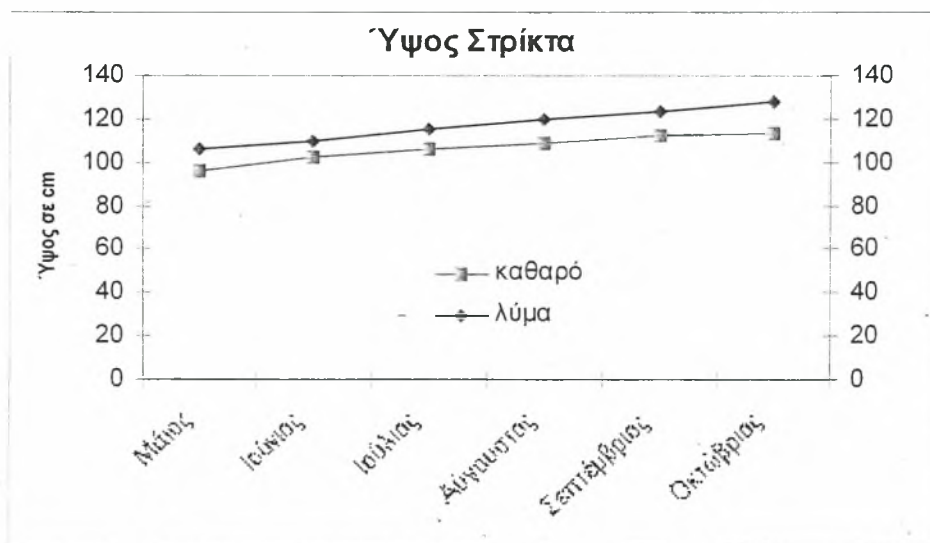
Τα αποτελέσματα της μέτρησης χλωροφύλλης δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά στις δυο μεταχειρίσεις. ($t=-0,178$, $df=8$, $p=0,863$).

Γενικά παρατηρούμε σταθερές τιμές χλωροφύλλης με την πάροδο του χρόνου. Παρατηρήθηκε μόνο μια μικρή αύξηση στην τιμή της κατά το μήνα Αύγουστο

6.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ

6.4.1 Ύψος κωνοφόρων

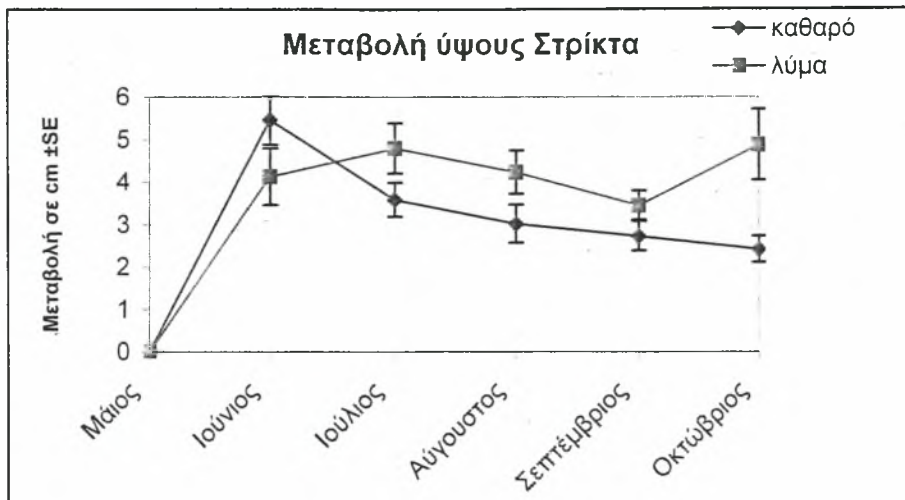
Στο σχήμα 6.9 φαίνονται οι μετρήσεις του ύψους του είδους *Juniperus* (Στρίκτα) κατά την άρδευση με καθαρό νερό και λύμα από Μάιο-Οκτώβριο. Για τη μεταχείριση με καθαρό νερό το μέσο ύψος των φυτών μεταβλήθηκε από 96,42 cm σε 113,63 cm και για τη μεταχείριση με λύμα μεταβλήθηκε από 106,50 cm σε 127,98 cm.



Σχήμα 6.9 Ύψος *Juniperus* (Στρίκτα) από Μάιο-Οκτώβριο

Η αύξηση του ύψους ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με λύμα και ίση με 21,48 cm έναντι της μεταχείρισης με καθαρό νερό, όπου ήταν ίση με 17,21 cm. Η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο του 0,05. (Πίνακας 4-ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I, $t=-2,495$, $df=46$, $p=0,016$).

Στο σχήμα 6.9^α αναπαρίσταται η μεταβολή του ύψους του είδους Juniperus (Στρίκτα) από Μάιο-Οκτώβριο. Όπως φαίνεται η μεταβολή του ύψους σε όλη σχεδόν την περίοδο ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με λύμα.

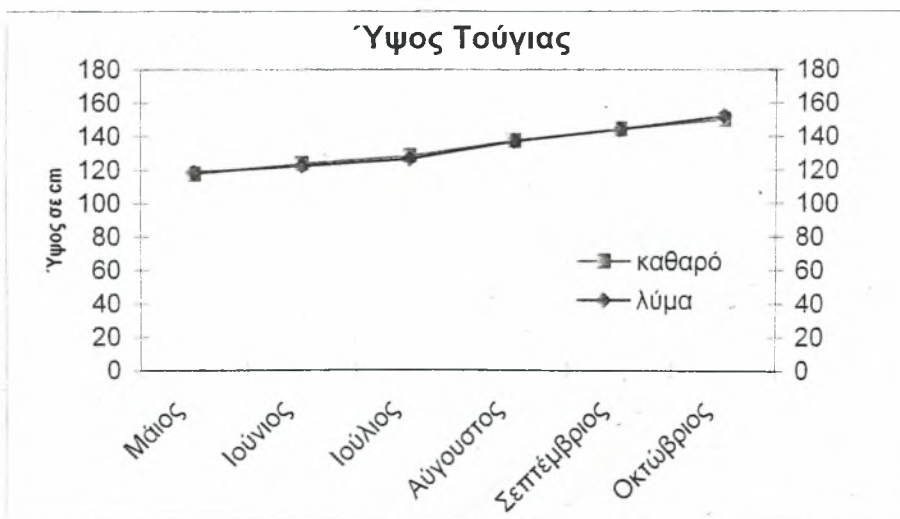


Σχήμα 6.9^α Μεταβολή ύψους του είδους Juniperus (Στρίκτα)

Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error

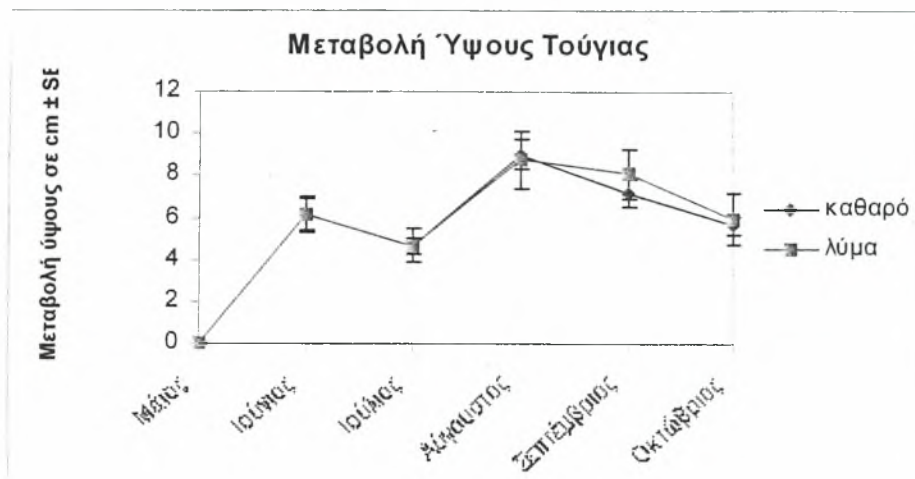
Από τη στατιστική επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε στη μεταβολή του ύψους του φυτού ανάμεσα στις δυο μεταχειρίσεις από Μάιο-Οκτώβριο (πίνακας 4, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι), προέκυψε ότι μόνο η μεταβολή Σεπτεμβρίου-Οκτωβρίου ήταν στατιστικά σημαντική ενώ οι υπόλοιπες μεταβολές μεταξύ των μηνών δεν διέφεραν.

Στο σχήμα 6.10 φαίνονται οι μετρήσεις του ύψους του είδους Thuja κατά την άρδευση με καθαρό νερό και λύμα. Για τη μεταχείριση με καθαρό νερό το μέσο ύψος των φυτών μεταβλήθηκε από 117,71 cm σε 150,33 cm και για τη μεταχείριση με λύμα μεταβλήθηκε από 118,87 cm σε 152,46 cm.



Σχήμα 6.10 Ύψος Τούγιας από Μάιο-Οκτώβριο

Η αύξηση του ύψους ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με λύμα και ίση με 33,58 cm έναντι της μεταχείρισης με καθαρό νερό, όπου ήταν ίση με 32,63 cm. Η διαφορά αυτή δεν αποδείχθηκε στατιστικά σημαντική (Πίνακας 5, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι, $t=-0,225$, $df=46$, $p=0,823$). Στο σχήμα 6.10^α απεικονίζεται η μεταβολή του ύψους της Τούγιας από Μάιο-Οκτώβριο. Όπως φαίνεται οι μεταβολές ήταν σχεδόν παρόμοιες, δίνοντας μια μικρή υπεροχή στη μεταχείριση του λύματος.

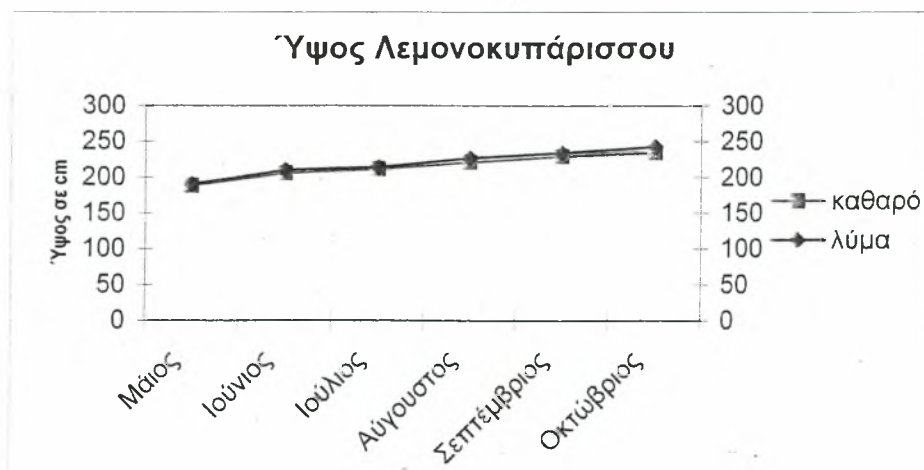


Σχήμα 6.10^α Μεταβολή ύψους του είδους Thuja

Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error

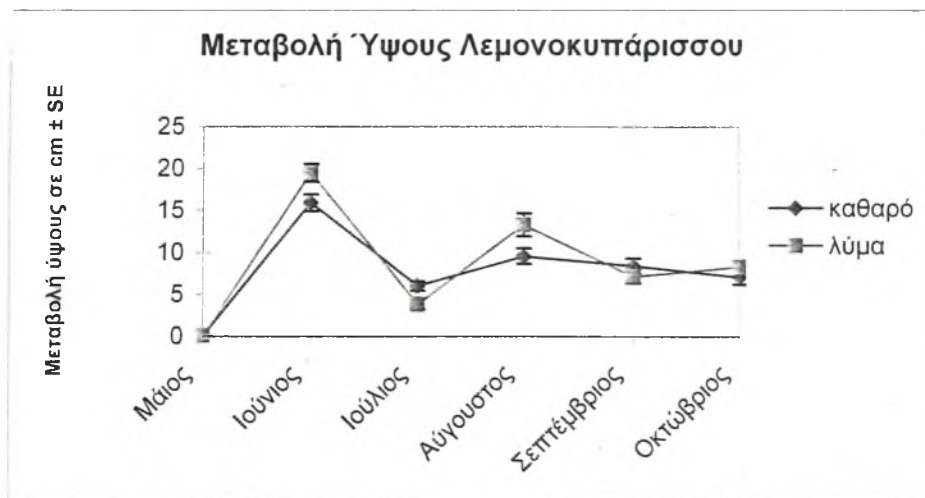
Από τη στατιστική επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε στη μεταβολή του ύψους του φυτού ανάμεσα στις δυο μεταχειρίσεις από Μάιο-Οκτώβριο, προέκυψε ότι καμία μεταβολή δεν ήταν στατιστικά σημαντική μεταξύ των μηνών.

Στο σχήμα 6.11 φαίνονται οι μετρήσεις του ύψους του είδους Cupressus (Λεμονοκυπάρισσο) κατά την άρδευση με καθαρό νερό και λύμα. Για τη μεταχείριση με καθαρό νερό το μέσο ύψος των φυτών μεταβλήθηκε από 188,08 cm σε 235,08 cm και για τη μεταχείριση με λύμα μεταβλήθηκε από 190,38 cm σε 242,83 cm.



Σχήμα 6.11 Ύψος Cupressus (Λεμονοκυπάρισσο) από Μάιο-Οκτώβριο

Η αύξηση του ύψους ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με λύμα και ίση με 52,45 cm έναντι της μεταχείρισης με καθαρό νερό, όπου ήταν ίση με 47 cm. Η διαφορά αυτή δεν αποδείχθηκε στατιστικά σημαντική (Πίνακας 6, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I, $t=-1,870$, $df=46$, $p=0,068$). Στο σχήμα 6.11^α απεικονίζεται η μεταβολή του ύψους του Λεμονοκυπάρισσου από Μάιο-Οκτώβριο.



Σχήμα 6.11^α Μεταβολή ύψους Cupressus (Λεμονοκυπάρισσου)

Οι μάρκες αναφέρονται στο Standard Error

Από τη στατιστική επεξεργασία προέκυψε (πίνακας 6 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I) ότι μεταξύ των μηνών Μάιο-Ιούνιο (υπερείχε το λύμα), Ιούνιο-Ιούλιο (υπερείχε το καθαρό), και Ιούλιο-Αύγουστο (υπερείχε το λύμα), υπήρχαν μεταβολές που αποδείχτηκαν στατιστικά σημαντικές όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.11^α.

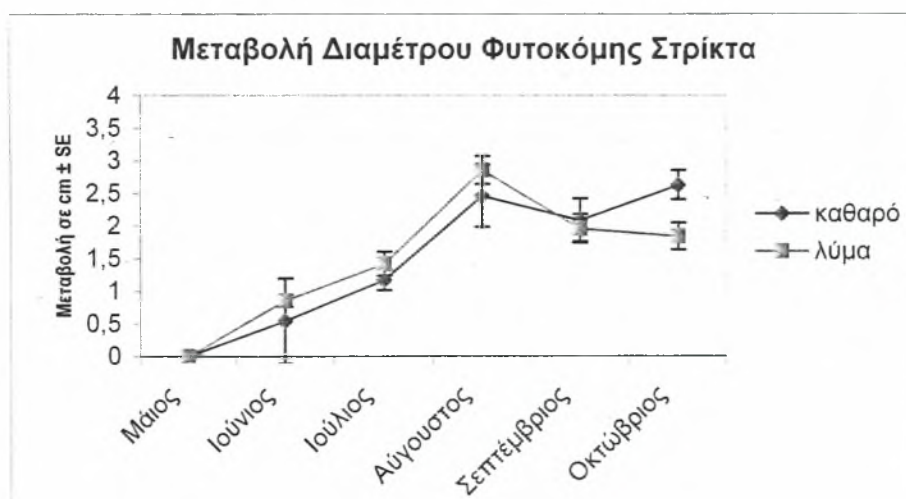
6.4.2 Διάμετρος φυτοκόμης

Στο σχήμα 6.12 απεικονίζονται οι μετρήσεις της διαμέτρου της φυτοκόμης του είδους Juniperus (Στρίκτα) κατά την άρδευση με καθαρό νερό και λύμα. Για τη μεταχείριση με καθαρό νερό το η μέση διάμετρος της φυτοκόμης των φυτών μεταβλήθηκε από 59 cm σε 67,87 cm και για τη μεταχείριση με λύμα μεταβλήθηκε από 59,21 cm σε 68,12 cm. Η αύξηση του ύψους ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με λύμα και ίση με 8,91 cm έναντι της μεταχείρισης με καθαρό νερό, όπου ήταν ίση με 8,87 cm. Η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική (Πίνακας 7, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I, $t=-0,062$, $df=46$, $p=0,951$).



Σχήμα 6.12 Διάμετρος φυτοκόμης (Juniperus) Στρίκτας από Μάιο-Οκτώβριο

Στο σχήμα 6.12^α απεικονίζεται η μεταβολή της διαμέτρου της φυτοκόμης του είδους Juniperus (Στρίκτα) από Μάιο-Οκτώβριο. Όπως φαίνεται σε όλη την περίοδο οι μεταβολές της διαμέτρου κατά άρδευση με λύμα είχαν μια υπεροχή, χωρίς όμως οι διαφορές αυτές να είναι στατιστικά σημαντικές (πίνακας 7-ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι).

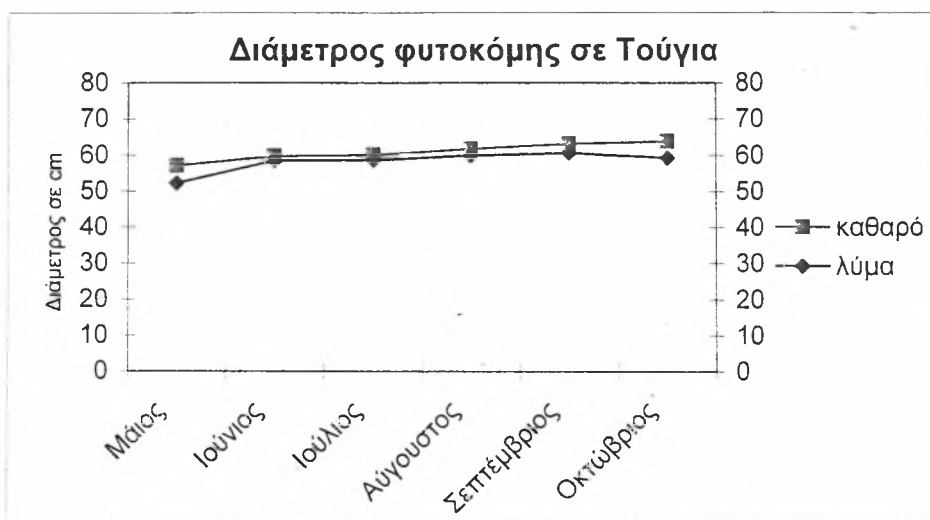


Σχήμα 6.12^α Μεταβολή φυτοκόμης (Juniperus) Στρίκτας

Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error

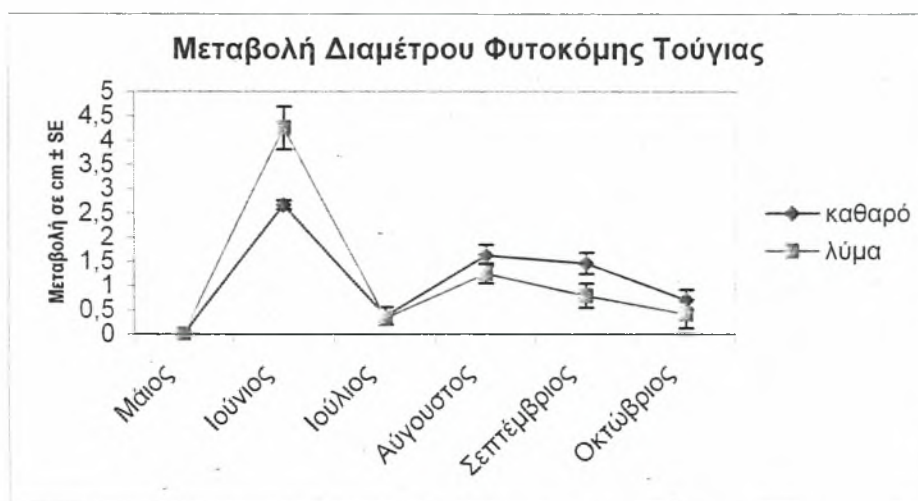
Μόνο μεταξύ των μηνών Σεπτέμβριο-Οκτώβριο, η μεταβολή της διαμέτρου της φυτοκόμης ήταν μεγαλύτερη στην άρδευση με καθαρό νερό και αποδείχτηκε στατιστικά σημαντική (πίνακας 7-ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι)..

Στο σχήμα 6.13 παρουσιάζονται οι μετρήσεις της διαμέτρου της φυτοκόμης του είδους Thuja κατά την άρδευση με καθαρό νερό και λύμα και στο σχήμα 6.13^α απεικονίζεται η μεταβολή της διαμέτρου της φυτοκόμης από Μάιο-Οκτώβριο.



Σχήμα 6.13 Διάμετρος φυτοκόμης Τούγιας από Μάιο-Οκτώβριο

Για τη μεταχείριση με καθαρό νερό η μέση διάμετρος των φυτών μεταβλήθηκε από 57,12 cm σε 63,96 cm και για τη μεταχείριση με λύμα μεταβλήθηκε από 52,29 cm σε 59,33 cm. Η αύξηση της διαμέτρου ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με λύμα και ίση με 7,04 cm έναντι της μεταχείρισης με καθαρό νερό, όπου ήταν ίση με 6,83 cm. Η διαφορά αυτή δεν αποδείχθηκε στατιστικά σημαντική (Πίνακας 8, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I, $t=-0,224$, $df=46$, $p=0,824$).



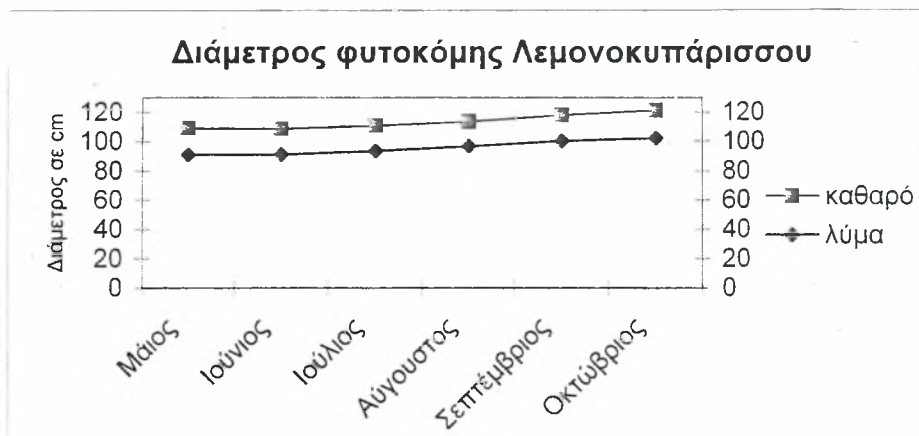
Σχήμα 6.13^a Μεταβολή διαμέτρου φυτοκόμης Τούγιας

Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error

Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.13^a σε όλη την περίοδο οι μεταβολές της διαμέτρου της φυτοκόμης ήταν μεγαλύτερες κατά την άρδευση με καθαρό νερό, χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντικές (πίνακας 8, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I). Αντίθετα η μεταβολή της διαμέτρου

στο διάστημα Μάιος –Ιούνιος ήταν μεγαλύτερη στο λύμα με στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο μεταχειρίσεων.

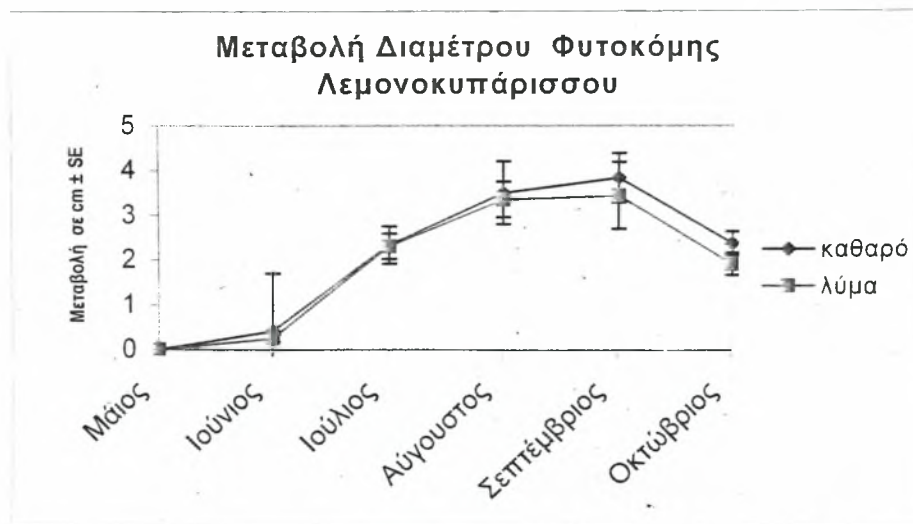
Στο σχήμα 6.14 παρουσιάζονται οι μετρήσεις της διαμέτρου της φυτοκόμης του είδους Cupressus (Λεμονοκυπάρισσο) κατά την άρδευση με καθαρό νερό και λύμα και στο σχήμα 6.14^α απεικονίζεται η μεταβολή της διαμέτρου της φυτοκόμης από Μάιο-Οκτώβριο.



Σχήμα 6.14 Διάμετρος φυτοκόμης Cupressus (Λεμονοκυπάρισσου) από Μάιο-Οκτώβριο

Για τη μεταχείριση με καθαρό νερό η μέση διάμετρος των φυτών μεταβλήθηκε από 109,12 cm σε 121,58 cm και για τη μεταχείριση με λύμα μεταβλήθηκε από 90,96 cm σε 102,46 cm.

Η αύξηση της διαμέτρου ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με καθαρό νερό και ίση με 12,46 cm έναντι της μεταχείρισης με λύμα, όπου ήταν ίση με 11,5 cm. Η διαφορά αυτή δεν αποδείχθηκε στατιστικά σημαντική (Πίνακας 9, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι, $t=0,630$, $df=46$, $p=0,532$).



Σχήμα 6.14^α Μεταβολή διαμέτρου φυτοκόμης Cupressus (Λεμονοκυπάρισσου)

Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error

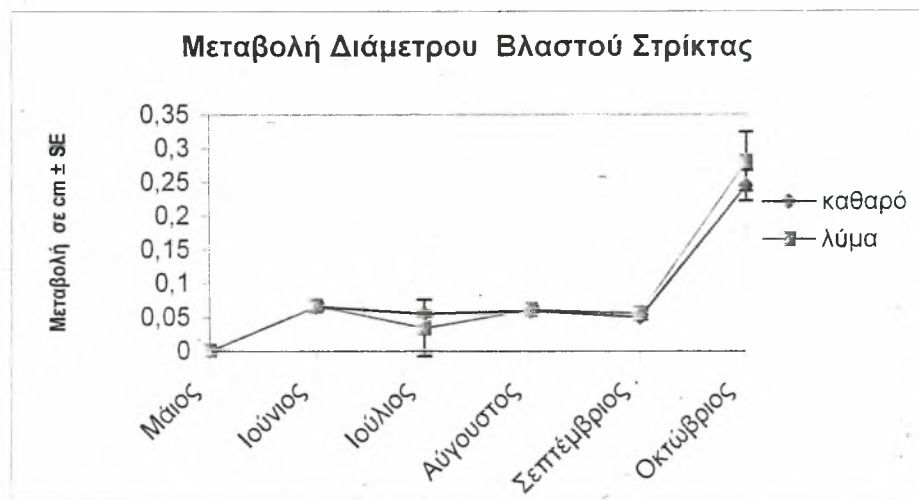
Η μεταβολή της διαμέτρου της φυτοκόμης (σχήμα 6.14^α) ήταν μεγαλύτερη σε όλη την περίοδο στη μεταχείριση με καθαρό νερό χωρίς όμως να διαφέρει σημαντικά του λύματος. (Πίνακας 9, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι).

6.4.3 Διάμετρος κυρίου βλαστού σε ύψος 10cm από το έδαφος

Στα σχήματα 6.15, 6.16 και 6.17 παρουσιάζονται οι μετρήσεις της διαμέτρου του κυρίου βλαστού των τριών κωνοφόρων ειδών σε απόσταση 10cm από το έδαφος. Ενώ στα σχήματα 6.15^α, 6.16^α και 6.17^α απεικονίζονται οι μεταβολές της διαμέτρου του κυρίου βλαστού μεταξύ των μετρήσεων για το διάστημα από Μάιο-Οκτώβριο.



Σχήμα 6.15 Διάμετρος βλαστού Στρίκτας από Μάιο-Οκτώβριο

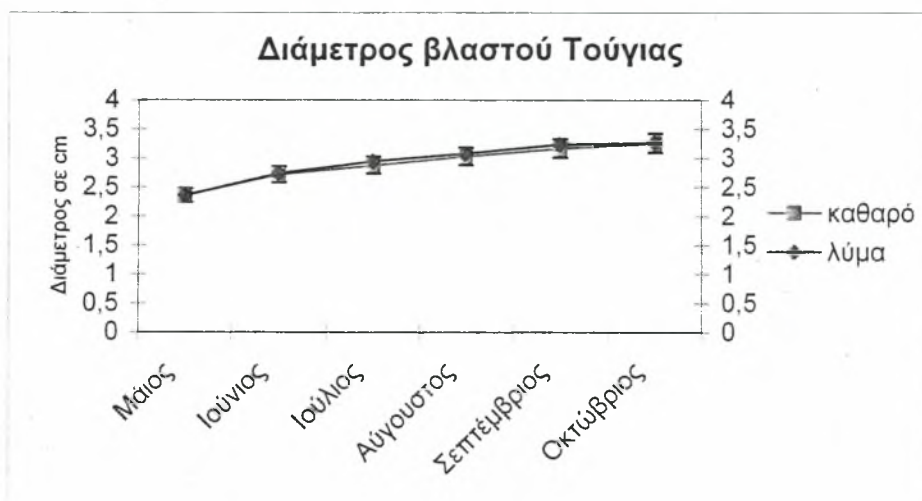


Σχήμα 6.15^α Μεταβολή διαμέτρου βλαστού Στρίκτας

Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error

Ο βλαστός στο Στρίκτα (σχήμα 6.15) μεταβλήθηκε από 1,79 cm σε 2,26cm (0,47 cm η μεταβολή) στη μεταχείριση με καθαρό νερό, Ενώ στη μεταχείριση με λύμα από 2,21 cm σε 2,71 cm (0,5 cm η μεταβολή). Από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

όσον αφορά τη μέτρηση της διαμέτρου του βλαστού στο Στρίκτα, προκύπτει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δυο μεταχειρίσεις (Πίνακας 10, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I, $t=-1,089$, $df=46$, $p=0,282$) τόσο συνολικά από Μάιο-Οκτώβριο, όσο και ανάμεσα στις μετρήσεις. Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.15^α υπάρχει μια υπεροχή του λύματος στη μεταβολή της διαμέτρου του βλαστού.



Σχήμα 6.16 Διάμετρος βλαστού Τούγιας από Μάιο-Οκτώβριο

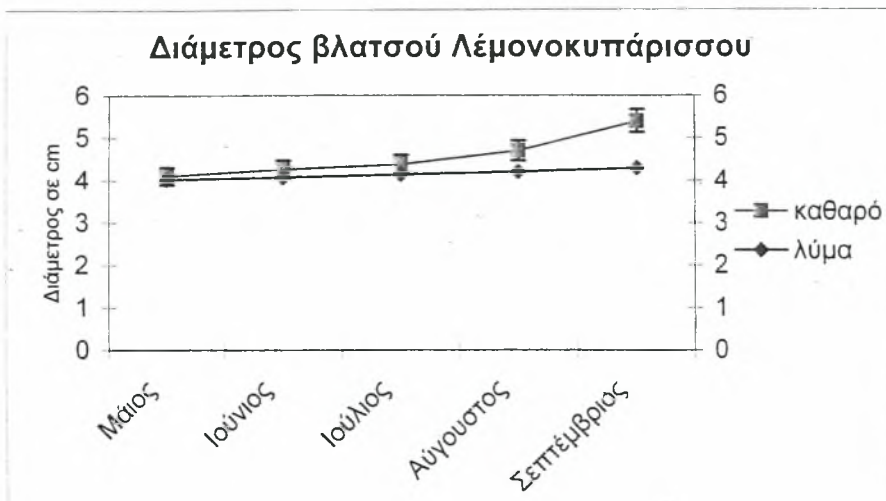


Σχήμα 6.16α Μεταβολή βλαστού Τούγιας

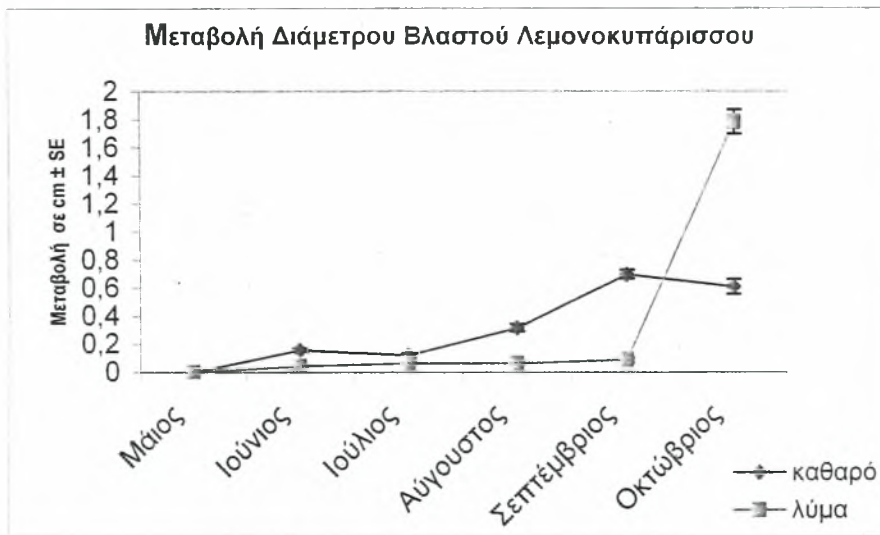
Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error

Η διάμετρος του βλαστού στην Τούγια (σχήμα 6.16) κατά την άρδευση με καθαρό νερό μεταβλήθηκε από 2,36 cm σε 3,26 cm (μεταβολή 0,9 cm) ενώ στο λύμα από 2,36 cm σε 3,27 cm (μεταβολή 0,91 cm). Γενικά παρατηρούμε ότι ανάμεσα στις δυο μεταχειρίσεις δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (Πίνακας 11, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I, $t=-1$, $df=46$, $p=0,323$). Οι μεταβολές της διαμέτρου του βλαστού ήταν παρόμοιες δίνοντας υπεροχή πότε στη μια και πότε στην άλλη μεταχείριση. Μόνο όμως στο διάστημα Σεπτέμβριος-

Οκτώβριος η μεταχείριση με καθαρό νερό υπερέχει στατιστικά σημαντικά του λύματος (Πίνακας 11, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι).



Σχήμα 6.17 Διάμετρος βλαστού στο Cupressus (Λεμονοκυπάρισσο) από Μάιο-Οκτώβριο



Σχήμα 6.17^α Μεταβολή διαμέτρου βλαστού στο Cupressus (Λεμονοκυπάρισσο)
Οι μπάρες αναφέρονται στο Standard Error

Η διάμετρος του βλαστού του Λεμονοκυπάρισσου (σχήμα 6.17), στη μεταχείριση με καθαρό νερό μεταβλήθηκε από 4,1 cm σε 6 cm (μεταβολή 1,9 cm) ενώ στο λύμα από 4,02 cm σε 6,08 cm (μεταβολή 2,06 cm). Από τη στατιστική επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε, (Πίνακας 12, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι), προέκυψε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δυο μεταχειρίσεις ($t=-0,880$, $df=46$, $p=0,383$). Όσον αφορά τις μεταβολές της διαμέτρου του κυρίου βλαστού (σχήμα 6.17^α) το καθαρό νερό υπερέχει στατιστικά σημαντικά του λύματος στο διάστημα από Μάιο-Σεπτέμβριο, ενώ

στο διάστημα Σεπτέμβριος-Οκτώβριος η μεταβολή της διαμέτρου στο λύμα ήταν πολύ μεγαλύτερη του καθαρού δίνοντας σημαντική διαφορά στο επίπεδο του 0.05.

6.4.4 Χλωροφύλλη με εκχύλιση

Στα παρακάτω σχήματα 6.18, 6.19 και 6.20 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης της χλωροφύλλης (a και b) που έγιναν σε φύλλα των τριών κωνοφόρων καλλωπιστικών των δυο μεταχειρίσεων.



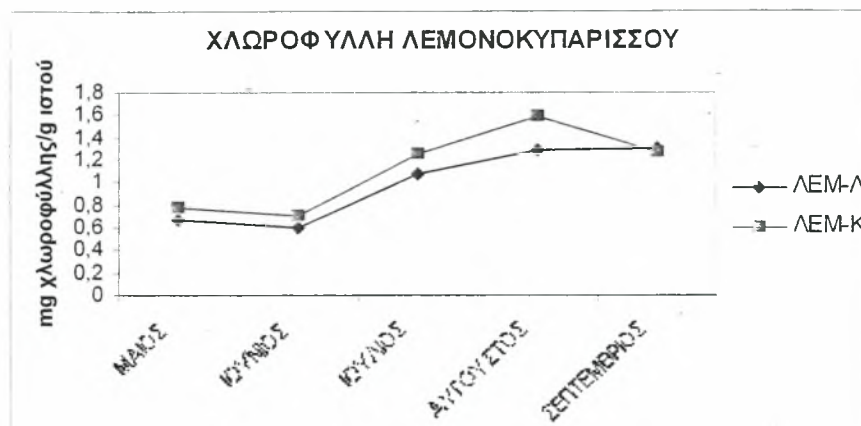
Σχήμα 6.18 Μεταβολή χλωροφύλλης του είδους Juniperus (Στρίκτα)

Στο Στρίκτα (σχήμα 6.18) φαίνεται πως υπερτέρησε η μεταχείριση του καθαρού νερού με μέσο όρο 0,863 mg χλωροφύλλης/g ξηρού ιστού έναντι 0,788 mg χλωροφύλλης/g ξηρού ιστού της μεταχείρισης του λύματος. Τα αποτελέσματα της μέτρησης δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά στις δυο μεταχειρίσεις (Πίνακας 13 , ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι, $t=1,644$, $df=8$, $p=0,139$).



Σχήμα 6.19 Μεταβολή χλωροφύλλης του είδους Thuja (Τούγια)

Στην Τούγια (σχήμα 6.19) υπερέτρησε η μεταχείριση με λύμα με μέσο όρο 1,115mg χλωροφύλλης/g ξηρού ιστού έναντι 1,040 mg χλωροφύλλης/g ξηρού ιστού της μεταχείρισης του καθαρού νερού. Τα αποτελέσματα της εκχύλισης δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά στις δυο μεταχειρίσεις (Πίνακας 14, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ, $t=-0,864$, $df=8$, $p=0,413$).



Σχήμα 6.20 Μεταβολή χλωροφύλλης του είδους Cupressus (Λεμονοκυπάρισσο)

Τέλος στο Λεμονοκυπάρισσο (σχήμα 6.20) παρατηρήθηκε μια αύξηση της τιμής της χλωροφύλλης κατά τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Μέσα στο τρίμηνο αυτό οι τιμές δεν παρουσίασαν καμιά σημαντική μεταβολή ανάμεσα στις δυο μεταχειρίσεις (Πίνακας 15, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I, $t=1,180$, $df=4$, $p=0,303$).

6.5 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ

Στους παρακάτω πίνακες 6.1, 6.1^a, 6.2 και 6.2^a παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εδαφολογικής ανάλυσης που έγινε πριν την έναρξη των αρδεύσεων και μετά το τέλος τους.

Βάσει της ανάλυσης που έγινε, το έδαφος χαρακτηρίζεται ως αλκαλικό σύμφωνα με το pH (Methods of Soil Analysis, Part 2, 1982, p.199-200).

Με βάση το ποσοστό της οργανικής ουσίας που μετρήθηκε, το έδαφος θεωρείται ότι είναι φτωχό σε οργανική ουσία (Π.Ε.Γ.Ε.Α.Λ. Λάρισας). Γενικά θεωρείται ότι σε αυτό το pH οι περισσότερες καλλιέργειες μπορούν να αναπτυχθούν χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.

Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε CaCO₃ το έδαφος είναι αρκετά εφοδιασμένο και χαρακτηρίζεται ως ασβεστούχο. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (ή το επίπεδο των διαλυτών αλάτων) είναι χαμηλή (μικρότερη του 1000 μS/cm) οπότε δεν υπάρχει πρόβλημα αλατότητας. Τα ανταλλάξιμα κατιόντα Na, Ca, και Mg βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες ενώ το K βρίσκεται σε οριακές συγκεντρώσεις.

Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία, τις περιεκτικότητες στο έδαφος των Fe, Mn και Zn το έδαφος χαρακτηρίζεται ως μέτρια εφοδιασμένο.

Μετά το τέλος της αρδευτικής περιόδου (7-10-2004) έγινε εδαφολογική ανάλυση και στις τέσσερις μεταχειρίσεις με σκοπό να μελετηθούν οι ιδιότητες του εδάφους καθώς και οι περιεκτικότητες των στοιχείων στο έδαφος μετά την άρδευση με καθαρό νερό και κυρίως μετά της άρδευση με υγρά αστικά απόβλητα.

Στον Πίνακα 6.3 παρουσιάζονται τα επιτρεπτά όρια των εδαφολογικών παραμέτρων που μετρήθηκαν και αξιολογούνται σε κατηγορίες (φτωχό, επαρκώς εφοδιασμένο έδαφος, πλούσιο εφοδιασμένο)ανάλογα με τη συγκέντρωση των στοιχείων στο έδαφος.

Πίνακας 6.3 Αξιολόγηση των εδαφολογικών παραμέτρων που μετρήθηκαν

pH	6,5-7 ελαφρώς όξινο	7,6-8.2 αλκαλικό	>8,5 προβληματικό λόγω αλάτων	
Αγωγιμότητα (μS/cm)	<1000 χαμηλή	1000-2000 οριακή	2000-3000 υψηλή	>3000 πολύ υψηλή
Διαλυτά Άλατα (mg/l)	Αντίστοιχα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα			
%CaCO ₃	1-2 μέτρια εφοδιασμένο	2-7 επαρκώς εφοδιασμένο	7-12 αρκετά εφοδιασμένο	
Οργανική ουσία %	<1 φτωχό	1-1,5% μετρίως εφοδιασμένο	>2 πλούσιο	
P (mg/Kg)	<10 χαμηλή	10-18 μέτρια εφοδιασμένο	18-25 επαρκώς εφοδιασμένο	>25 υψηλή
K(mg/Kg)	<80 χαμηλή	80-160 οριακή	160-250 ικανοποιητική	250-300 πολύ υψηλή
Na (mg/Kg)	Όσο μικρότερη συγκέντρωση, τόσο καλύτερα-δεν θεωρείται θρεπτικό στοιχείο			
Ca (mg/Kg)				
Mg (mg/Kg)	<60 χαμηλή	61-100 οριακή	101-200 ικανοποιητική	>200 υψηλή
Fe(mg/Kg)	<10 χαμηλή	10-16 μέτρια εφοδιασμένο	16-25 επαρκώς εφοδιασμένο	>25 υψηλή
Zn (mg/Kg)	<1 χαμηλή	1-3 μέτρια εφοδιασμένο	3-6 επαρκώς εφοδιασμένο	>6 υψηλή
Mn (mg/Kg)	<8 χαμηλή	8-12 μέτρια εφοδιασμένο	12-30 επαρκώς εφοδιασμένο	
Cu (mg/Kg)	<0,8 χαμηλή	0.8-1.2 μέτρια εφοδιασμένο	1.2-2 επαρκώς εφοδιασμένο	>2 υψηλή
B (mg/Kg)	<0,7 χαμηλή	0.7-1.2 μέτρια εφοδιασμένο	1.2-2 επαρκώς εφοδιασμένο	>2 υψηλή

Πηγή: Π.Ε.Γ.Ε.Α.Α. Λάρισα

Πίνακας 6.1 Εδαφολογική ανάλυση κατά μέσο όρο των μεταχειρίσεων πριν την άρδευση

	pH	Αγωγιμότητα ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Διαλυτά Άλατα (mg/l)	%CaCO ₃	Οργανική ουσία %	P (mg/K)	K (mg/Kg)	Na (mg/Kg)
Έδαφος πριν την άρδευση 0-30	7,8	385	0,13	4,51	1,01	7	138,805	93,15
Έδαφος πριν την άρδευση 30-60	8	385	0,15	7,26	0,93	8	93,84	103,5
Έδαφος πριν την άρδευση 60-90	7,9	385	0,14	12,76	1,179	5	115,345	115

Πίνακας 6.1α Εδαφολογική ανάλυση των μεταχειρίσεων με καθαρό νερό και λύμα μετά το τέλος των αρδεύσεων

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	pH	Αγωγιμότητα ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Διαλυτά Άλατα (mg/l)	%CaCO ₃	Οργανική ουσία %	P (mg/K)	K (mg/Kg)	Na (mg/Kg)
Χλοοτάπητας Καθαρό 0-30	8,18	221	0,0418	5,74	1,139	3,4	155,1	83,7
Χλοοτάπητας Καθαρό 30-60	8,11	425	0,0224	8,61	0,9715	2,7	155,1	80,2
Χλοοτάπητας Καθαρό 60-90	8,26	442	0,0232	13,12	1,005	2,9	155,1	92,1
Χλοοτάπητας Λύμα 0-30	8,01	873	0,0466	4,92	1,0385	4	156,9	261
Χλοοτάπητας Λύμα 30-60	8,16	724	0,0381	7,38	0,938	2,6	188,6	313,4
Χλοοτάπητας Λύμα 60-90	8,18	688	0,0371	11,89	1,0385	1,9	184,9	217,8
Κωνοφόρα Καθαρό 0-30	8,11	475	0,0255	2,46	0,804	3	153,3	77,8
Κωνοφόρα Καθαρό 30-60	8,19	479	0,0252	5,33	0,5025	1,6	120,2	79
Κωνοφόρα Καθαρό 60-90	8,22	482	0,0259	10,25	0,804	2,2	121	93,3
Κωνοφόρα Λύμα 0-30	7,98	1140	0,06	8,61	0,5025	3	149,8	344,3
Κωνοφόρα Λύμα 30-60	8	1180	0,63	6,15	0,5695	2	111,6	313,4
Κωνοφόρα Λύμα 60-90	7,94	1100	0,59	12,3	1,072	2,7	165,8	159

Πίνακας 6.2 Εδαφολογική ανάλυση κατά μέσο όρο των μεταχειρίσεων πριν την άρδευση

	Ca (mg/Kg)	Mg (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Ei (mg/Kg)
Έδαφος πριν την άρδευση 0-30	3246	340,01	4,58	9,23	4,61	4,25	0,5
Έδαφος πριν την άρδευση 30-60	3574	458,59	6,8	1,46	4,55	2,75	0,43
Έδαφος πριν την άρδευση 60-90	3248	689,7	10,32	3,14	4,85	2,54	0,42

Πίνακας 6.2 α Εδαφολογική ανάλυση των μεταχειρίσεων με καθαρό νερό και λύμα μετά το τέλος των αρδεύσεων

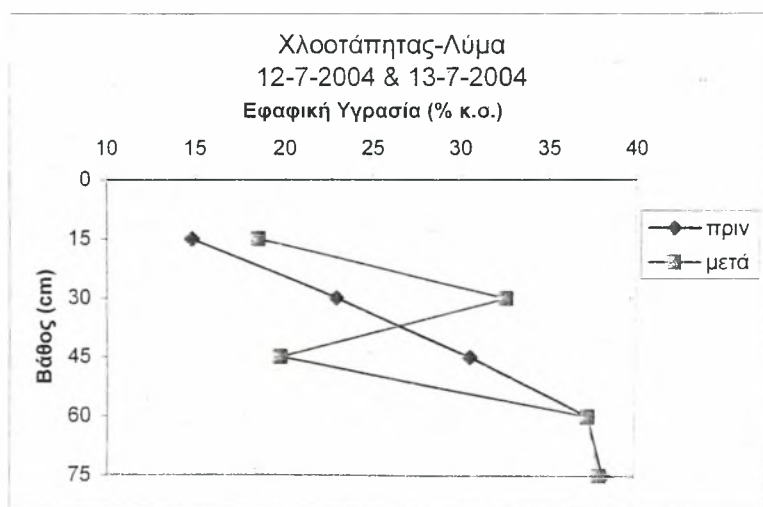
ΔΕΙΓΜΑΤΑ	Ca (mg/Kg)	Mg (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	B (mg/Kg)
Χλοοτάπητας Καθαρό 0-30	8325	762,5	13,94	1,06	11,08	4,44	0,62
Χλοοτάπητας Καθαρό 30-60	10050	805	14,16	0,92	8	2,94	0,48
Χλοοτάπητας Καθαρό 60-90	9525	1137,5	20,6	0,96	7,66	3,3	0,4
Χλοοτάπητας Λύμα 0-30	7500	725	11,04	1,3	8,58	4,48	1
Χλοοτάπητας Λύμα 30-60	9425	945	14,34	1,48	7,28	2,82	0,54
Χλοοτάπητας Λύμα 60-90	9600	1100	17,76	0,7	6,9	2,82	0,56
Κωνοφόρα Καθαρό 0-30	8800	730	11,56	0,94	11,34	3,52	0,52
Κωνοφόρα Καθαρό 30-60	8175	760	13,24	1,06	8,6	2,8	0,38
Κωνοφόρα Καθαρό 60-90	9025	1087,5	22,92	0,8	6,22	3,38	0,5
Κωνοφόρα Λύμα 0-30	9050	895	12,2	0,82	10,36	2,96	0,7
Κωνοφόρα Λύμα 30-60	8550	827,5	10,02	1,22	8,48	2,28	0,48
Κωνοφόρα Λύμα 60-90	9375	1130	17,08	1,14	9,02	2,8	0,34

Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι:

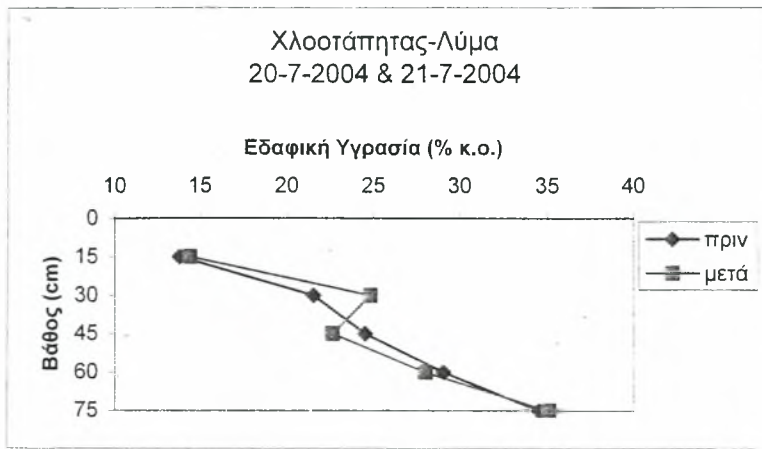
- το pH παρέμεινε αμετάβλητο κατά τη μεταχείριση με λύμα
- παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση στην τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και στο σύνολο των διαλυτών αλάτων κατά την άρδευση με απόβλητα. Αντίθετα στην άρδευση με καθαρό νερό οι τιμές είναι αρκετά χαμηλές. Και στις δυο όμως περιπτώσεις δεν υπάρχει πρόβλημα αλατότητας για τα φυτά.
- Επίσης το B βρίσκεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις
- Ο Cu βρίσκεται σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις
- Όσον αφορά τα στοιχεία P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, B δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική αλλαγή στις τιμές ανάμεσα στις δυο μεταχειρίσεις. Μικρή αύξηση παρατηρήθηκε στις συγκεντρώσεις του K, και αρκετά μεγάλη αύξηση στις συγκεντρώσεις του Na στις μεταχειρίσεις με λύμα λόγω της μεγάλης ποσότητας αλάτων που περιέχονται στα απόβλητα.
- Η περιεκτικότητα του εδάφους σε P είναι χαμηλή

6.6 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

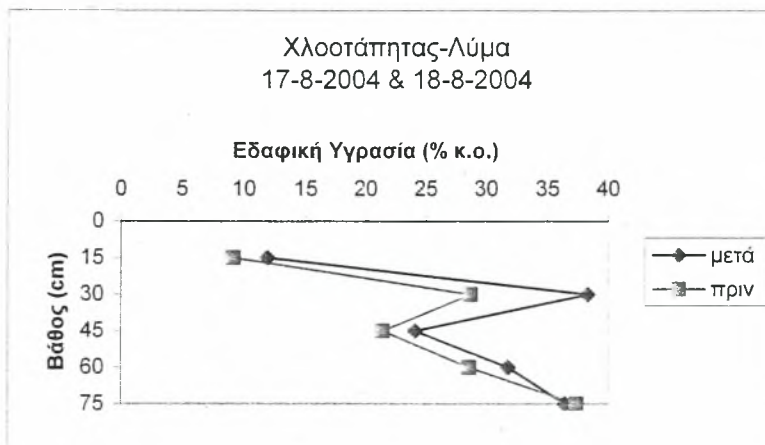
Η διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο εδαφικό προφίλ στις δυο μεταχειρίσεις φαίνεται στα παρακάτω σχήματα. Οι μετρήσεις έγιναν λίγο πριν και 12 ώρες περίπου μετά την άρδευση.



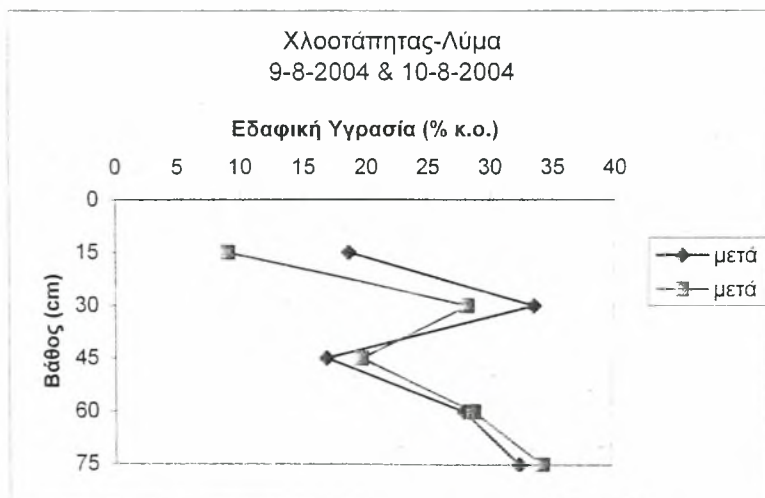
Σχήμα 6.21 Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό Χλοοτάπητας-Λύμα



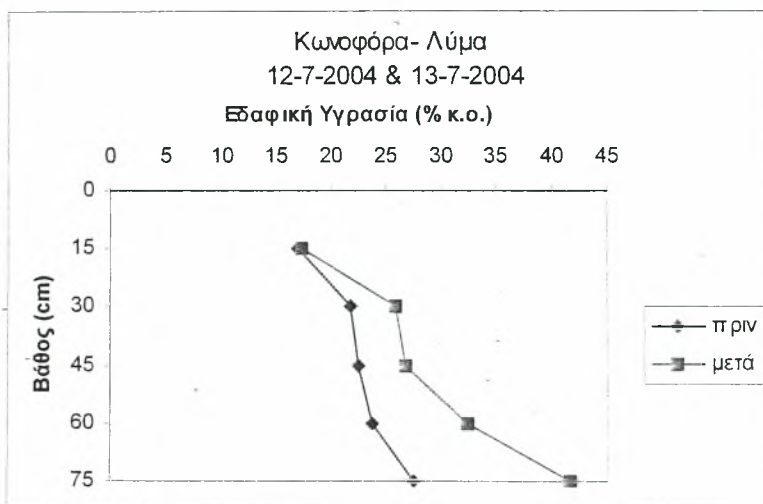
Σχήμα 6.22 Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό Χλοοτάπητας-Λύμα



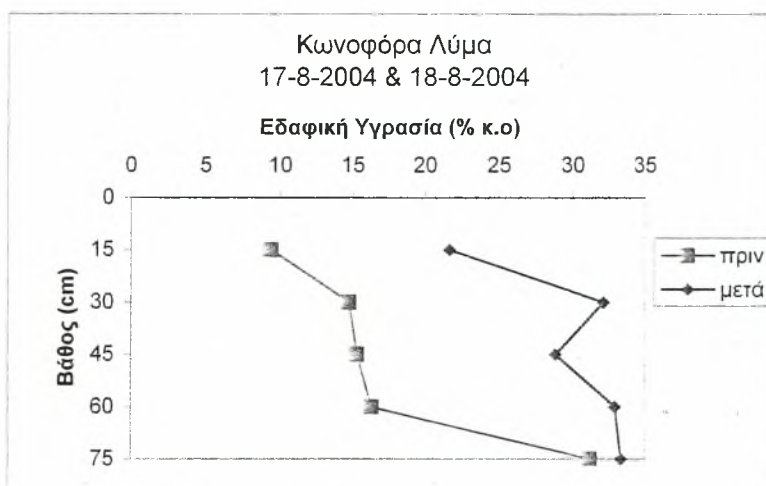
Σχήμα 6.23 Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό Χλοοτάπητας-Λύμα



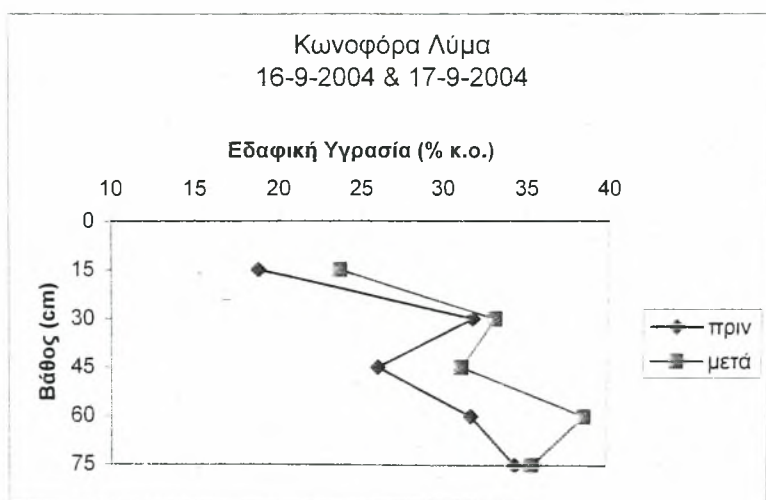
Σχήμα 6.24 Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό Χλοοτάπητας-Λύμα



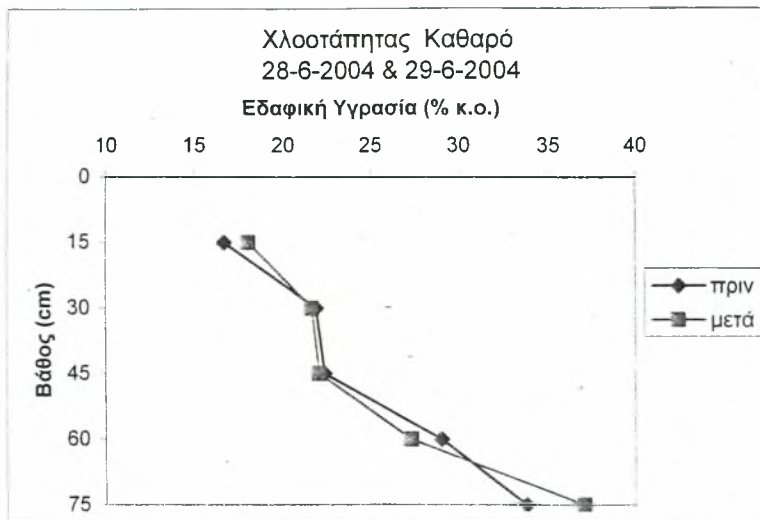
Σχήμα 6.25 Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό Κωνοφόρα- Λύμα



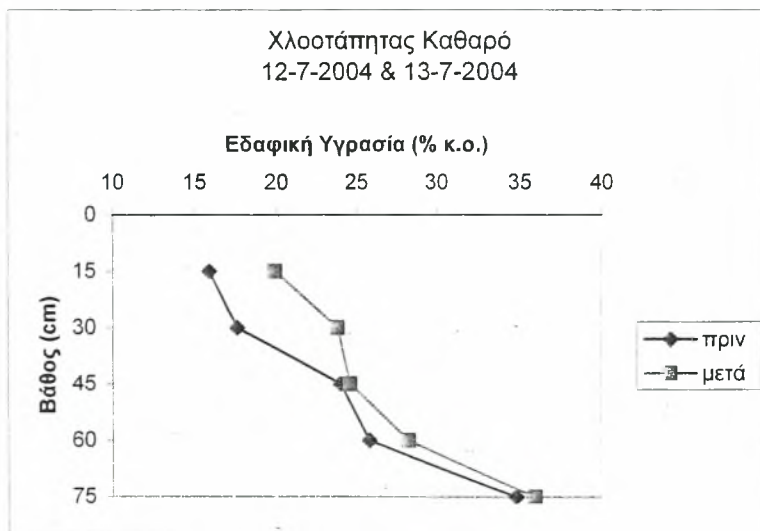
Σχήμα 6.26 Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό Κωνοφόρα- Λύμα



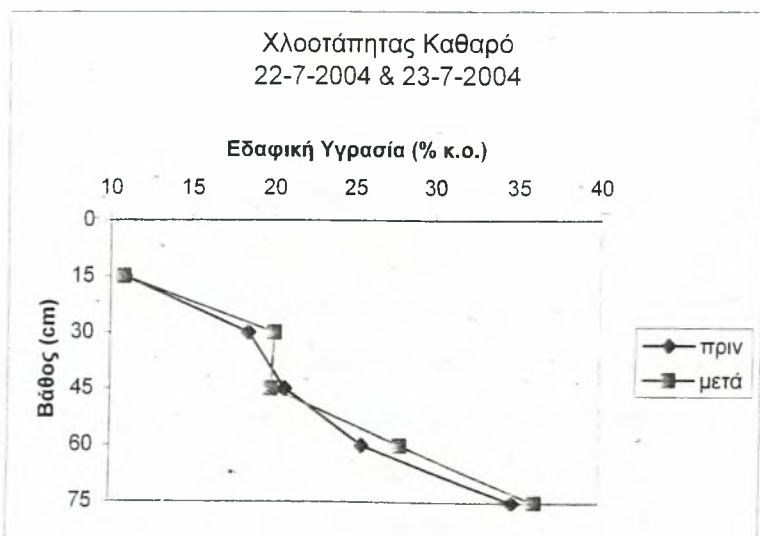
Σχήμα 6.27 Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό Κωνοφόρα- Λύμα



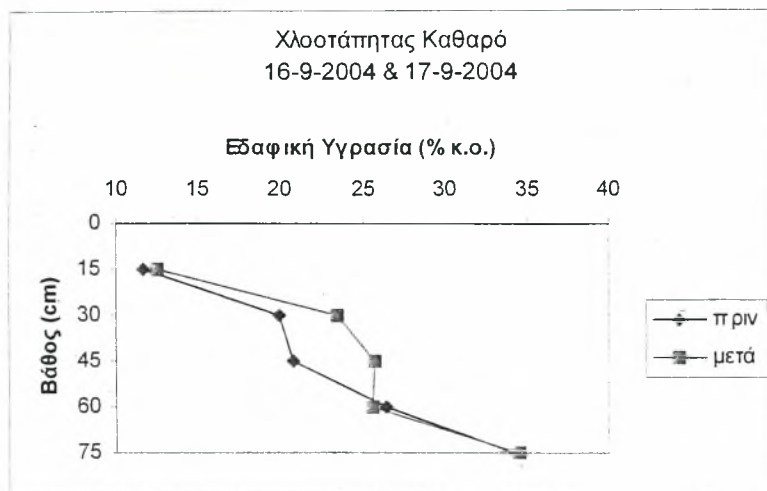
Σχήμα 6.28 Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό Χλοοτάπητας-Καθαρό



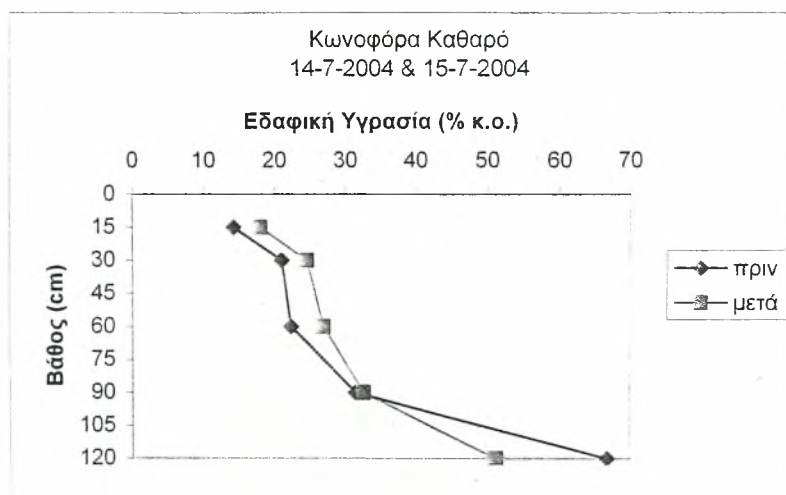
Σχήμα 6.29 Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό Χλοοτάπητας-Καθαρό



Σχήμα 6.30 Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό Χλοοτάπητας-Καθαρό



Σχήμα 6.31 Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό Χλοοτάπητας-Καθαρό



Σχήμα 6.32 Διακύμανση της εδαφικής υγρασίας στο πειραματικό Κωνοφόρα-Καθαρό

Οι τιμές της εδαφικής υγρασίας στα πειραματικά όπου εφαρμόστηκε το λύμα μετρήθηκαν στις 12-7-2004, 20-7-2004, 17-8-2004, 9-8-2004 και 16-9-2004. Στα πειραματικά όπου εφαρμόστηκε το καθαρό νερό, οι τιμές της υγρασίας μετρήθηκαν στις 28-6-2004, 12-7-2004, 14-7-2004, 22-7-2004 και 16-9-2004. Γενικά, μελετώντας την πορεία του νερού μέσα στο έδαφος τόσο στην άρδευση με καθαρό νερό, όσο και με λύμα, διαπιστώνουμε ότι η διύγρυνση του εδάφους είναι αρκετά ικανοποιητική και οι τιμές της εδαφικής υγρασίας κυμαίνονται πλησίον της τιμής της υδατοικανότητας.

Παρατηρούμε ότι στα πειραματικά Χλοοτάπητας-Λύμα, Κωνοφόρα -Λύμα, και Χλοοτάπητας-Καθαρό, η αύξηση της εδαφικής υγρασίας σημειώθηκε μέχρι και το βάθος των 75 cm που σημαίνει ότι το ριζικό σύστημα των φυτών μπορούσε να αναπτυχθεί πολύ καλά εφόσον τροφοδοτούνταν επαρκώς με νερό. Θα μπορούσε κανείς να διαπιστώσει ότι κατά τις ημέρες μέτρησης της υγρασίας του εδάφους πριν την άρδευση, οι υγρασίες στα βάθη 0,15 και 15-30 cm είχαν αρκετά χαμηλές τιμές σε σχέση με τις μετρήσεις αμέσως

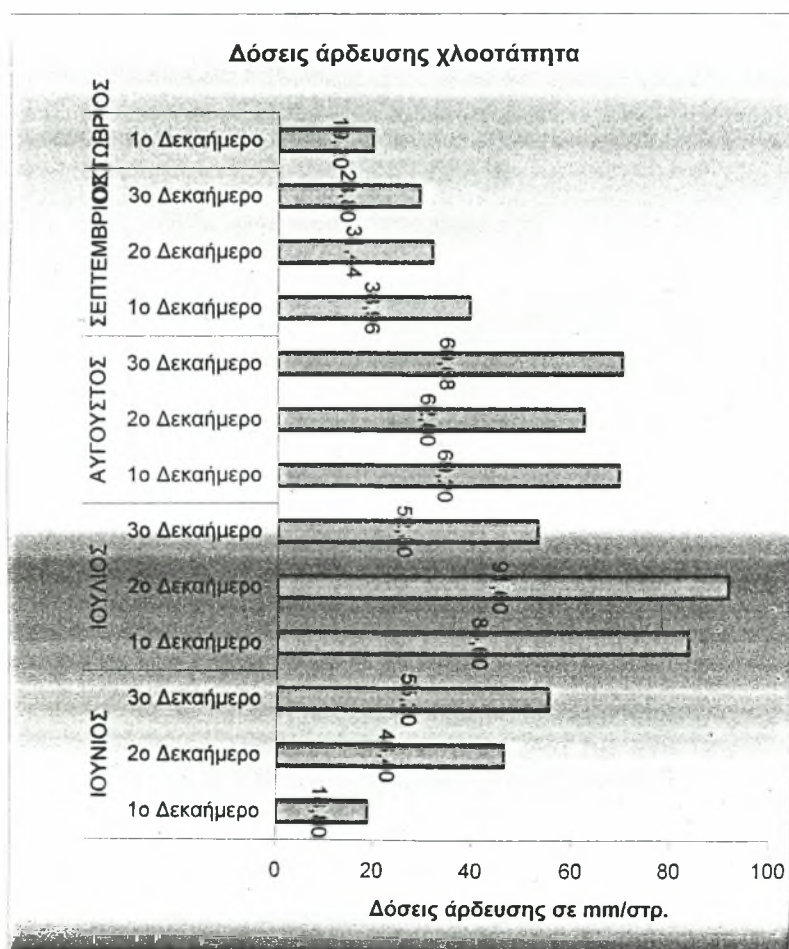
μετά την άρδευση. Σε χαμηλότερα βάθη όμως από 30 cm, το έδαφος πριν την άρδευση, είχε πολύ υψηλές τιμές υγρασίας (και σχεδόν παρόμοιες με τις τιμές αμέσως μετά την άρδευση) που σημαίνει ότι το νερό από τα επιφανειακά στρώματα μετακινούνταν προς τα βαθύτερα και ότι το έδαφος διατηρούσε την υγρασία αυτή σε επιθυμητά επίπεδα για την ανάπτυξη των φυτών.

Κάτι ανάλογο συνέβη και στη μεταχείριση Κωνοφόρα-Καθαρό. Η μόνη διαφορά είναι ότι στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιήθηκε αισθητήρας 0-1,20 cm.

Μελετώντας τα μέτωπα εδαφικής υγρασίας πριν και μετά την άρδευση, παρατηρούμε ότι τα μέτωπα σε μεγάλα βάθη πιθανόν συναντούν hard pan το οποίο πιθανόν να προέρχεται από τη συνεχή χρήση μηχανημάτων ή από την ύπαρξη ορίζοντα με βαριά μηχανική σύσταση και μικρή υδραυλική αγωγιμότητα.

6.7 ΔΟΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

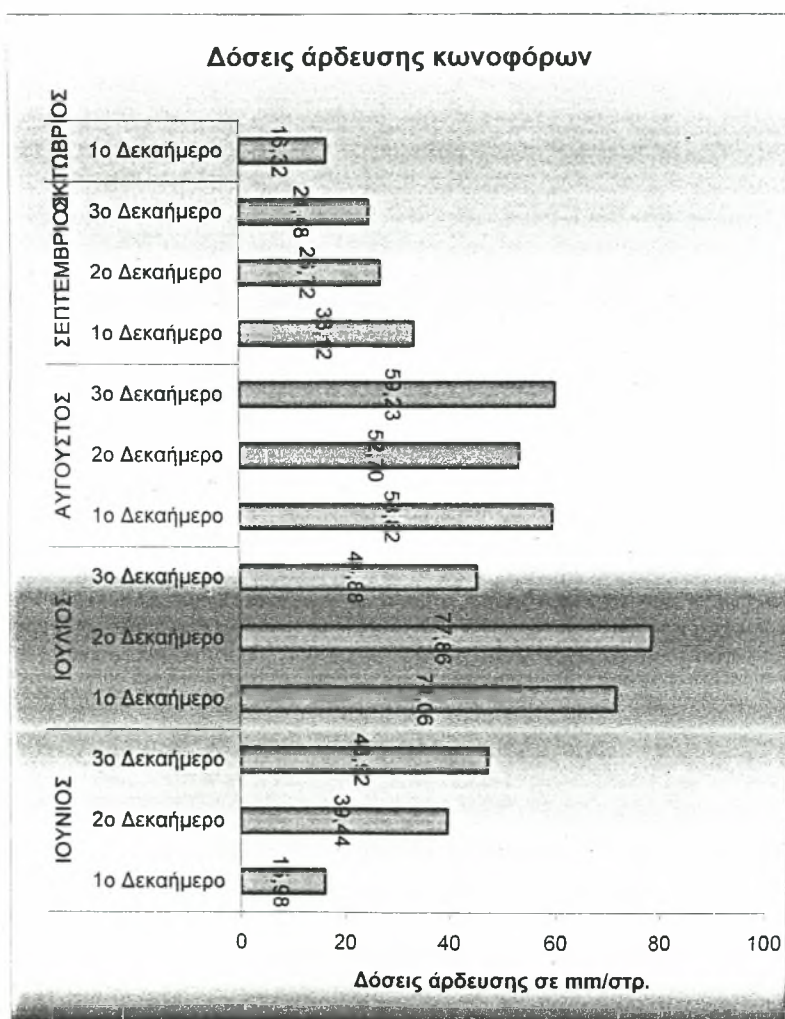
Η δόση άρδευσης για κάθε φυτό ανά 2 ημέρες έχει υπολογιστεί στον πίνακα 5.3. Οι δόσεις άρδευσης ανά δεκαήμερο για όλη την αρδευτική περίοδο για τον χλοοτάπητα παρουσιάζονται στο σχήμα 6.33 και για τα κωνοφόρα στο σχήμα 6.34.



Σχήμα 6.33 Δόσεις άρδευσης στο χλοοτάπητα

Κατά την άρδευση του χλοοτάπητα χορηγήθηκαν συνολικά **667,68 mm** νερού. Η μεγαλύτερη δόση νερού εφαρμόστηκε στο 2^ο δεκαήμερο του Ιουλίου ίση με 91,60 mm. Η ποσότητα των επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων που χορηγήθηκε στη μεταχείριση Χλοοτάπητας-Λύμα ήταν ίση με **239,58mm**. Επομένως η εξοικονόμηση νερού στην μεταχείριση αυτή ανέρχεται σε **35,88%**.

Όσον αφορά τα κωνοφόρα, κατά την αρδευτική περίοδο χορηγήθηκαν συνολικά **567,53 mm** νερού.. Η μεγαλύτερη δόση νερού δόθηκε στο 2^ο δεκαήμερο του Ιουλίου ίση με 77,86 mm. Η ποσότητα των επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων που χορηγήθηκε στη μεταχείριση Κωνοφόρα-Λύμα ήταν ίση με **197,92 mm**. Επομένως η εξοικονόμηση νερού στην μεταχείριση αυτή ανέρχεται σε **34,87 %**.



Σχήμα 6.34 Δόσεις άρδευσης στα Κωνοφόρα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, μπορεί να αποτελέσουν μια ελπιδοφόρα λύση εξοικονόμησης καθαρού νερού σε περιοχές όπου αντιμετωπίζεται έλλειψη νερού, με τη χρησιμοποίησή τους για την άρδευση ορισμένων καλλιεργειών, όπως είναι ο χλοοτάπητας και τα 3 είδη καλλωπιστικών κωνοφόρων δένδρων,

2. Βασική προϋπόθεση είναι να ελέγχονται τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα σε σχέση με τις χημικές ιδιότητες και το μικροβιακό φορτίο. Οι χημικές ιδιότητες αποσκοπούν στην επιλογή της καλλιέργειας, ενώ το μικροβιακό φορτίο στην επιλογή της μεθόδου άρδευσης, για την αποφυγή υγειονομικών κινδύνων.

3. Στην παρούσα εργασία τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα της πόλεως του Βόλου ήταν σχετικά πτωχά σε θρεπτικά συστατικά, λόγω του ότι είχαν υποστεί Τριτοβάθμια Επεξεργασία, περιείχαν όμως μεγάλες ποσότητες ιόντων χλωρίου. Στην προκειμένη περίπτωση όπου η άρδευση έγινε υπόγεια δεν τίθεται όριο μικροβιολογικών χαρακτηριστικών.

4. Η αύξηση του χλοοτάπητα δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές στο τεμάχιο που αρδεύονταν με απόβλητα, σε σχέση με αυτό που αρδεύονταν με καθαρό νερό. Συγκεκριμένα, ο μέσος όρος της απόδοσης σε ξηρά ουσία των δυο μεταχειρίσεων δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά στο επίπεδο $p = 0.05$. Το ίδιο συνέβη και για την περιεκτικότητα της χλωροφύλλης στους ιστούς των φύλλων, για τις 2 μεταχειρίσεις.

5. Όσον αφορά τα κωνοφόρα, παρατηρήθηκε μια αλματώδης αύξηση του μεγέθους και των τριών ειδών. Η μεταβολή του ύψους των κωνοφόρων από την αρχή μέχρι το τέλος των αρδεύσεων ήταν μεγαλύτερη στη μεταχείριση με το λύμα. Γενικώς όμως δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά την αρδευτική περίοδο ανάμεσα στις δυο μεταχειρίσεις. Μόνο η μεταβολή του ύψους στο είδος *Juniperus chinensis* έδωσε στατιστικά σημαντική διαφορά $p=0.016$. Η μέση αύξηση της διαμέτρου της φυτοκόμης και της διαμέτρου του βλαστού δεν έδωσε σε κανένα είδος σημαντικές διαφορές. Θα λέγαμε μάλιστα ότι τα είδη που αρδεύτηκαν με λύμα υπερέιχαν σε εμφάνιση από τη μεταχείριση με καθαρό νερό. Επηρέαστηκε μόνο η μέση αύξηση της διαμέτρου της φυτοκόμης στο είδος *Thuja orientalis* και στο είδος *Cupressus macrocarpa* στις μεταχειρίσεις του λύματος σε σχέση με τις μεταχειρίσεις του καθαρού νερού.

Όσον αφορά την τιμή της χλωροφύλλης στα κωνοφόρα, διαπιστώθηκε, ότι κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα χωρίς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δυο μεταχειρίσεις.

Η ωφέλεια στην προκειμένη περίπτωση είναι η χρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αποβλήτων σε σχετικά ανθεκτικές καλλιέργειες, όπως είναι το είδος *Juniperus chinensis* cv. *Stricta* και η εξοικονόμηση ποσοτήτων νερού. Εν τούτοις, τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για πιο ευαίσθητες καλλιέργειες όπως τα είδη *Thuja orientalis* cv. *Pyramidalis Aurea* και *Cupressus macrocarpa* cv. *Gold Crest* χωρίς να υπάρχει σημαντική διαφορά και καθυστέρηση στην ανάπτυξη των φυτών.

6. Συνολικά η Δ.Ε.Υ.Α.Μ.Β. μας εφοδίασε με 21.000 λίτρα λύμα για όλη την αρδευτική περίοδο. Στον χλοοτάπητα χρησιμοποιήθηκαν τα 11.500 λίτρα ενώ στα κωνοφόρα τα 9.500 λίτρα. Έχουμε επομένως μια εξοικονόμηση νερού στην πρώτη περίπτωση της τάξης του 35,88% και στη δεύτερη 34,87 %. Είναι λοιπόν λογικό η εξοικονόμηση αυτή να μας παροτρύνει για τη χρήση υγρών αστικών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς μιας και δεν παρατηρήθηκε καμία υστέρηση στην εμφάνιση των πειραματικών που αρδεύτηκαν με λύμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D.,smith M.,1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56.FAO.Rome
2. Al-Orman, M.A., Sheta, S.A., Falatah, M.A. and Al-Hardi, R.A., 2004.Effect of drip irrigation on squash (*Curcubita pepo*) yield and water-use efficiency in sandy calcareous soils amended with clay deposits. *Agricultural Water Management*.
3. Angelakis A.N., M.H. Marecos do Monte, L. Bontoux and T. Asano (1999) 'The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin', *Water Resources*, 33(10):2201-2217.
4. Angelakis A.N. and L. Bontoux (2001) 'Wastewater reclamation and reuse in EU countries', *Water Policy*, 3:47-59.
5. ASAE, 1996. ASAE Standards, 43rd Ed. Soil and Water Terminology.
6. Asano, T., and Levine, A.D., 1995. Wastewater and reuse: Past, present and future. Proceedings of 2nd international Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse, Iraklio, Crete, Greece, October 17-20, 1:3-17.
7. Ayers and Westcot, 1985.Water Quality for agriculture. F.A.O. Irrigation and Drainage Paper 29:99-104, Rev.1.
8. Αγγελάκης A.N., και Tsobanoglous G.,1995 Υγρά απόβλητα. Φυσικά συστήματα επεξεργασίας και ανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση και διάθεση εκροών. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.
9. Αγγελάκης, A.N., 1995. Φυσικά συστήματα επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων. Τεχνικά Χρονικά.
10. Αντωνόπουλος, Β., 1998. Χρησιμοποίηση νερού οριακής ποιότητας για άρδευση. Πρόγραμμα Αειφορικής Γεωργίας, Θεσσαλονίκη.
11. Babajimopoulos, C., Panoras, A., Mavroudis, I., and Bilas, G., 1996. The computation of the water balance and the modeling of the irrigation schedule of a cotton crop with the model SWBACROS. 6th International Conference on Hydraulic Engineering Software "HYDROSQFT 96". Organized by Wessex Institute of Technology Southampton, UK. Penag, Malaysia, 10-12 September 1996, 183-192

12. Bahri A. and F. Brissaud 2002. 'Guidelines for municipal water reuse in the Mediterranean countries', World Health Organization, Regional Office for Europe, WHO/EURO Project Office, Mediterranean Action Plan.
13. Barrington, S., and Jutras, P.J., 1983. Soil sealing by manure in various soils. Paper No 83-4571, A.S.A.E., St. Joseph, MI 49085.
14. Berkowitz S., 1999. 'Subsurface drip wastewater systems - North Carolina's regulation and experience', In Proc. 6th Northwest On-Site Wastewater Treatment Short Course, Univ. of Washington, Seattle, WA., pp. 127-139.
15. Biochin. Biophys. Acta 109(1965) p.448-453 J.F.G.M. WINTERMANS and A. DE MOTS "Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol"
16. Bos, M.G., and Nugteren, J., 1983. On irrigation efficiencies. I.L.R.I., 3rd edition, Wageningen, The Netherlands
17. Bouwer, H., and Idelovitch E., 1988. Quality requirements for irrigation with sewage water. Water reuse for drip irrigation. Journal Irrigation and Drainage Engineering ASCE, 113(4):516-535.
18. Bucks, D.A., Nakayama, F.S., and Warrick, A.W., 1982. Principles, practices and potentialities of trickle (drip) irrigation. In: Advances in Irrigation, 1:219-298.
19. Βαφειάδης, Μ., 1991. Μελέτη των βροχοπτώσεων σε διαφορετικές κλίμακες χώρου και χρόνου. Εφαρμογή στην πεδιάδα της Κεντρικής Μακεδονίας. Διδακτορική Διατριβή στον Τ.Υ.Τ.Π.-Α.Π.Θ.
20. Βαφειάδης, Π.Π. και Πανώρας, Α.Γ., 1993. Τεχνητός εμπλουτισμός των υδροφόρων στρωμάτων. Στόχοι-Μέθοδοι-Προϋποθέσεις εφαρμογής του. Πρακτικά ημερίδας με θέμα: "Διαχείρισης-αξιοποίησης υδατικών πόρων Ν. Δράμας", Δράμα, 22 Μαΐου, 142-148.
21. Βαφειάδης, Π.Π. και Πανώρας, Α.Γ., 1994. Είναι καιρός ο τεχνητός εμπλουτισμός των υδροφόρων στρωμάτων να αρχίσει να εφαρμόζεται και στη χώρα μας. Γεωτεχνική Ενημέρωση, 59: 44-45.
22. Βαφειάδης, Π.Π., Πανώρας, Α.Γ. και Αναγνωστόπουλος, Κ.Δ., 1994. Πείραμα τεχνητού εμπλουτισμού των υδροφόρων στρωμάτων της περιοχής Πετραίας Ν. Πέλλας με τη χρήση αρδευτικής γεώτρησης. Πρακτικά 7ου Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας με έμφαση στη γεωλογία της Μακεδονίας και Θράκης, Θεσσαλονίκη 25-27 Μαΐου, XXX(4):231~238.

23. Βαφειάδης, Π., 1995. Τεχνητός εμπλουτισμός των υδροφόρων στρωμάτων. Εκδόσεις Παχούδη- Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
24. Βαφειάδης, Π.Π. και Πανώρας, Α.Γ., 1996α. Αντιμετώπιση της λειψυδρίας στη νότια περιοχή του αρδευτικού δικτύου ΤΟΕΒ Έδεσσαίου, με την εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού των υδροφόρων στρωμάτων. Πρακτικά ημερίδας με θέμα "Υδατικοί Πόροι Ν. Πέλλας. Διαχείριση-Προβλήματα-Προοπτικές". Έδεσσα, 22 Μαρτίου, 27-33.
25. Βαφειάδης, Π.Π. και Πανώρας, Α.Γ., 1996β. Διερεύνηση εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού με τη μέθοδο υπόγειας διήθησης σε ηφαιστειο-ίζηματογενή υδροφορέα περιοχής Ριζού Ν. Πέλλας. Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα "Εγγειοβελτιωτικά έργα - Διαχείριση υδατικών πόρων - Εκμηχάνιση Γεωργίας". Λάρισα, 24-27 Απριλίου, Τόμος Α.-351-359.
26. Βύρλας, Π., Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Καλφούντζος Δ., 2003. Επίδραση του εδαφικού τύπου στην έμφραξη λόγω εισρόφησης σε υποεπιφανειακά συστήματα στάγδην άρδευσης. Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), 2-5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σ. 225-232.
27. Camp, R.C. and Lamm, R.F., 2003. Irrigation Systems, Subsurface Drip. Encyclopedia of Water Science, pp. 560-564.
28. Christov, I., Sadovski, A., Panoras, A., Mavroudis, A., Louisakis, A., 1998. Application of computer technology for crop irrigation scheduling to reduce negative impact of environment. Journal of Balkan Ecology
29. Clanton, C.J., and Slack, D.C., 1987. Hydraulic properties of soils as affected by surface application of wastewater. Transactions of A.S.A.E., 30(3):683-687.
30. Δημοπούλου Κ., 2005, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Επίδραση σύγχρονων συστημάτων άρδευσης στα παραγωγικά χαρακτηριστικά τεύτλων, Εργαστήριο Υδραυλικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
31. English S.D., 1985. Filtration and water treatment for micro-irrigation. Proceedings of the 3rd International Drip /Trickle Irrigation Congress, November 18-21, Fresno, California USA, pp. 50-57.
32. FAO, No 56, p.165.
33. F.A.O., RNEA, 1991. Wastewater management for irrigation. R.N.E.A. Technical Bulletin Series, Land and Water No 1.
34. FAO, 1998. Irrigation and Drainage . Paper No 24

35. Ganoulis, J., 1995. Risk analysis of wastewater reclamation and reuse. Proceedings of 2nd International Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse. I.A.W.Q., Iraklio, Crete, Greece, October 17-20, 2:661-667
36. Gushiken E.C. (1995) 'Irrigating with reclaimed wastewater through permanent subsurface drip irrigation systems', In Microirrigation for a Changing World: Preserving Resources/Preserving the Environment, ed. F.R. Lamm, St. Joseph, Mich., ASAE, pp.269-274.
37. <http://www.mammos.gr>
38. <http://www.caf.wvu.edu/~forage/tallfesc.htm>
39. IL MILLEPIANTE Copyright 1991 Editrice Maxi s.r.l. Vinci (FI)
40. Καλλέργης, Γ., 1985, Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία. Έκδοση Τ.Ε.Ε., Αθήνα, 6(17): 1-29
41. Καλφούντζος, Δ., Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Τζιμόπουλος, Χ., 2000. Πειραματικές διαδικασίες διήθησης-στράγγισης σε στρωματοποιημένα εδάφη. Πρακτικά 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, σελ.93-100. Βόλος, 28-30 Σεπτεμβρίου 2000.
42. Καραμούζης, Δ.Ν. και Τερζίδης, Γ.Α., 1998. Υδραυλική υπογείων νερών. Τόμος Ι
43. Lesikar B., B. Neal, G. Sabbagh and I. Jnad (1998) 'Subsurface drip systems for the disposal of residential wastewater', In Proc. 8th National Symposium on Individual and Small Community Sewage Systems, St. Joseph, MI., pp. 474-484.
44. Louisakis, A.D., Panoras, A.G., and Mavroudis, I.G., 1998. Actual water deficit and hydrological methodologies to solve problems for soil and water resources in Greece. Balkan Drought Workshop in "Developing a Strategy for Alleviating the Problem of Drought in the Balkan Region", 20-23 September, Yugoslavia.
45. Maheras, P., 1988. Changes in precipitation conditions in the western Mediterranean over the last century. J. Climatol., 8:179-189.
46. Maheras, P., and Kolyva-Mahera, F., 1990. Temporal and spatial characteristics of annual precipitation over Balkans in the 20th century. J. Climatol., 10:495-504.
47. Mathers, A.C., and Stewart, B.A., 1980. The effect of feedlot manure on soil physical and chemical properties. From Livestock Waste: A Renewable

- Resource. Proceedings of the 4th International Symposium on Livestock Waste, April, Amarillo, TX.
48. Mathers, A.C., Stewart, B.A., and Thomas, J.C., 1977. Manure effects of water intake and runoff quality from irrigated grain sorghum plots. *Soil Science Society American Journal*, 41:782-785.
 49. Metcalf and Eddy, 1991. *Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse*. 3rd Ed., McGraw-Hill, Inc. N.Y., Ch.13
 50. *Methods Of Soil Analysis, Part 2*, 1982.
 51. Meyer, J.L., 1985. Cleaning drip irrigation systems. Proceedings of the 3rd International Drip/Trickle Irrigation Congress, November 18-21, Fresno, California, 1:41-44.
 52. Μαρκαντωνάτος, Γ.Π., 1990. Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων, Εκδόσεις Γαρταγάνης, Αθήνα.
 53. Μαυρουδής, Ι.Γ., Πανώρας, ΑΓ. και Χατζηγιαννάκης, Σ.Λ., 1993. Διαρροές διωρύγων μεταφοράς αρδευτικού νερού. *Γεωπονικά*, 344:53-57.
 54. Μισοπολινός, Ν.Δ., 1991. Προβληματικά εδάφη. Μελέτη, Πρόληψη, Βελτίωση. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη
 55. Μιχελάκης, Ν., 1998. Συστήματα αυτόματης άρδευσης, άρδευση με σταγόνες. Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική Α.Ε., σελ. 319
 56. Nakayama F.S., and Bucks D.A., 1985. Drip/Trickle Irrigation in action: Temperature effect on calcium carbonate precipitate clogging on trickle emitters. Proceedings of the 3rd International Drip/Trickle Irrigation Congress, November 18-21, Fresno, California USA, pp. 45-50.
 57. Ντιούδης, Π., Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Ν. Μασλάρης, Γ. Νούσιος, 2000. Διατάξεις άρδευσης με σταγόνες σε καλλιέργεια ζαχαροτεύλων. Πρακτικά 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ), 28-30 Σεπτεμβρίου, Βόλος, σ. 149-156.
 58. Padmakumari, O., and Sivanappan, R.K., 1985. Study on clogging of emitters in drip systems. Proceedings of the 3rd International Drip/Trickle Irrigation Congress, November 18-21, Fresno, California, 1:80-83.
 59. Panoras, A.G., and Mavroudis, I.G., 1995. The charge of irrigation water by volume-electricity would conserve water resources in Greece. Proceedings of ICID/FAO Workshop on Irrigation Scheduling: From theory to practice, Rome, September 1995, FAO Water Report No 8, ICID-CIID, 367-371,

60. Panoras, A.G., Papamichail, D.M., and Papazafiriou, Z.G., 1996. Estimation of furrow irrigation runoff using a linear functional model along with field trials. *Acta Horticulture* No 149 (1):341-348.
61. Panoras A., G. Evgenidis, S. Bladenopoulou, B. Melidis, A. Doitsinis, I. Samaras, A. Zdragas and T. Matsi (2001) 'Corn Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater', Proc. of the 7th International Conference on Environmental Science and Technology, Ermoupolis, Greece, pp. 699-706.
62. Panoras A., Kehagia U., Xanthopoulos F., Doitsinis A., Samaras I., (2001). The use of municipal wastewater in cotton irrigation, Proc. of the Inter-Regional Research Network Meeting on Cotton, September 27-30, Chania, Greece.
63. Panoras A., A. Ilias, G. Skarakis, A. Papadopoulos, F. Papadopoulos, G. Parisopoulos, A. Papayiannopoulou and A. Zdragas (2000) 'Reuse of treated municipal wastewater for sugar beet irrigation', *Journal of Balkan Ecology*, 3(4):91-95.
64. Papadopoulos, I., 1995a. On farm sustainable use of saline water in irrigation: Mediterranean experiences. Proceedings of Annual Workshop in Unconventional Water Resources Practices and Management, 5-8 October, Hammamet, Tunisia, pp. 61-73.
65. Papadopoulos, I., and Stylianou, Y., 1988. Trickle irrigation of cotton with sewage treated effluent. *Journal of Environmental Quality*, 17:574-580.
66. Papadopoulos, I., and Stylianou, Y., 1991. Trickle irrigation of sunflower with municipal wastewater. *Agricultural Water Management*, 19:67-75.
67. Papadopoulos, A., Parissopoulos, G., Papadopoulos, F., Panoras. A., Angelakis, A., Pateras, D., Maloupa, E., Traka, K., Papayannopoulou, A., Anagnostopoulos, K., and Zdragas, A., 1995. Wastewater reclamation with natural systems and reuse for irrigation. Abstract of poster presentation. 2nd International Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse. International Association of Water Quality, Iraklio, Crete, Greece, 17-20 October, 3:9-9.
68. Papadopoulos, I., 1995β. Wastewater management for agricultural production and environmental protection in the Near East Region. F.A.O. Regional Office for the Near East, Cairo, Egypt.
69. Papadopoulos, I., 1995γ, Present and perspective use of wastewater for irrigation in the Mediterranean basin. 2nd International Symposium on

- Wastewater Reclamation and Reuse. I.A.W.Q., Iraklio, Crete, Greece, October 17-20, 2:735-744.
70. Persyn R., B. Lesikar and I. Jnad (1999) 'Evaluating soil properties in subsurface drip distribution systems', In Proc. 6th Northwest On-Site Wastewater Treatment Short Course, Univ. of Washington, Seattle, WA., pp. 153-170.
 71. Pescod ,MB.,1992. Wastewater treatment and reuse in agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 47.pp.125.
 72. Pettygrove G.S., and Asano T.,1985. Irrigation with reclaimed municipal wastewater-A guidance manual. 2nd Ed. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI
 73. Phene, J., 1999. Subsurface drip irrigation. Part I: Why and How? Irrigation Journal. April (01).
 74. Phene, J., and Ruskin, R.,1995. Potential of subsurface drip irrigation for management of nitrate in wastewater. Proceedings of the 5th International Microirrigation Congress, April 2-6, Orlando, Florida, pp. 155-167.
 75. Πανώρας Α. και Ηλίας Α., (1999), "Άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα", Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
 76. Πανώρας,Α.Γ., Μαυρουδής Ι.Γ., Βαξεβάνη Χ.Η. και Χατζηγιαννάκης Σ.Λ.,1992. Πρόβλεψη του κινδύνου έμφραξης των σταλακτήρων από τη χρήση των υπογείων νερών της Β.Ελλάδας. Υδροτεχνικά,2(1):5-13
 77. Πανώρας,Α.Γ., Μαυρουδής Ι.Γ., και Χατζηγιαννάκης Σ.Λ.,1993^α. Εφαρμογή της ισοπέδωσης με laser στην πεδιάδα Θεσσαλονίκης. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, 4 (4) :14-19
 78. 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.
 79. Πανώρας Α.Γ., Ηλίας Α.Κ., Σκαράκης Γ., Παπαδόπουλος Α., Παπαδόπουλος Φ., Παρισσόπουλος Γ., Πατέρας Δ., Παπαγιαννοπούλου Α., Ζδράγκας Α., Αναγνωστόπουλος Κ., 1998. Άρδευση Ζαχαροτεύτλων με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Θεσσαλονίκη
 80. Πανώρας Α.Γ., Καλαφατέλη Δ., Ρέρη Ε.,1999. Διερεύνηση της καταλληλότητας για άρδευση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων της Θεσσαλονίκης. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, Τόμος 1(1). ΓΕΩΤ.Ε.Ε. Θεσσαλονίκη

81. Πανώρας, Α.Γ. και Μαυρουδής, Ι.Γ., 1995. Μέσες ανάγκες σε νερό των εαρινών καλλιεργειών της λεκάνης απορροής του ποταμού Λουδία. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, 6(1):53-61, I53N 1105-9478.
82. Πανώρας, Α.Γ., Γιαννακάρης, Α., Δέλλιος, Μ., Dimov S.,, Eneva S., 1997α. Σχέση νερού παραγωγής καλαμποκιού στις συνθήκες της πεδιάδας Θεσσαλονίκης. Υδροτεχνικά, Τόμος 7:39-51, I33N 1106-5419.
83. Πανώρας, Α.Γ., Γιαννακάρης, Α., Δέλλιος, Μ., Dimov S.,, Eneva S., 1997β. Σχέση νερού παραγωγής σιταριού στην πεδιάδα Θεσσαλονίκης. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, Τεύχος 4, τόμος 8:45-51, I85N 1105-9478.
84. Πανώρας, Α.Γ. και Χατζηγιαννάκης, Στ.Λ., 1992. Εκτίμηση της παροχής και της ποιότητας των νερών του παλιρροιακού ποταμού Λουδία. Υδροτεχνικά, 2(1):25-38, I53N 1106-5419.
85. Παπαδόπουλος, Α., Παπαδόπουλος, Φ., Παρισόπουλος, Γ. και Κωτσόπουλος Σ., 1997α. Δεξαμενές σταθεροποίησης: Μία εναλλακτική μέθοδος επεξεργασίας των αστικών υγρών αποβλήτων. Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ΕΥΕ, 571-578.
86. Παπαδόπουλος, Α., Παρισόπουλος, Γ, Παπαδόπουλος, Φ., Πανώρας, Α., Αγγελάκης, Α., Πατέρας, Δ., Μαλούπα, Ε., Τράκα, Κ., Παπαγιαννοπούλου, Α., Αναγνωστόπουλος, Κ. και Ζδράγκας, Α., 1997β. Επεξεργασία αστικών υγρών αποβλήτων με φυσικά συστήματα και επαναχρησιμοποίηση τους για άρδευση. Αγροτική Έρευνα & Τεχνολογία, Τεύχος 3: 11-14.
87. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1999. Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
88. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1984. Αρχές και Πρακτική των Αρδεύσεων. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
89. Παπαζαφειρίου, Ζ. και Αντωνόπουλος, Β., 1991. Υδραυλική περιβάλλοντος. Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωπονίας, Έκδοση Υπηρεσίας Δημοσιευμάτων.
90. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1976α. Εκτίμηση και βελτίωση της αποδοτικότητας αρδεύσεων με τη μέθοδο της περιορισμένης διάχυσης. Επιστημονικό Δελτίο της Ε.Ε.Α.Α., τεύχος Α:27-36.
91. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1976β. Εκτίμηση και βελτίωση της αποδοτικότητας αρδεύσεων με τη μέθοδο των αυλακών. Επιστημονικό Δελτίο της Ε.Ε.Α.Α., τεύχος 6:11-20,

92. Πέννας, Π., 1992. Συμβολή στη μελέτη των βροχοπτώσεων στη Θεσσαλονίκη. Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας-Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη, 139-145.
93. Πουλοβασίλης, Α. και Παγώνης, Κ., 1981. Τεχνητός εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφόρων σχηματισμών. Δελτίο Ε.Ε.Α.Α. 3-4,11-16
94. Rhoades, J.D., 1972. Quality of water for irrigation. *Soil Science*, 113(4):277-284.
95. Rhoades, J.D., Kandiah, A., and Mashali, A.M., 1992. F.A.O., 1992. The use of saline waters for crop production. F.A.O. Irrigation and Drainage Paper 48, Rome.
96. Sakellariou-Makrantonaki, M., D. Kalfountzos, I. Tentas and P. Vyrlas, 2003. Subsurface drip irrigation with treated wastewater. Αποδεκτή για παρουσίαση στο XI World Water Congress of IWRA, October 10, Madrid, Spain.
97. Sakellariou-Makrantonaki, M., Vyrlas P., Knenas E., Koliou A., Vardouli V., 2004. Landscape irrigation with treated municipal wastewater. Accepted for Intl. Conf. of Protection and Restoration of the Environment VII, 28 June-1 July, Mykonos, Greece.
98. Sakellariou-Makrantonaki, M., D. Kalfountzos, P. Vyrlas, 2001. Irrigation water saving and yield increase with subsurface drip irrigation. Proceedings of the 7th International Congress of Environmental Science and Technology, 3-6 September, Syros, Greece, Vol. C, pp. 466-473.
99. Sakellariou-Makrantonaki, M., D. Kalfountzos, P. Vyrlas, B. Kapetanos, 2002. Water saving using modern irrigation methods. Proceedings of Hydrorama 2002, 3rd International Forum: Integrated Water Management: The Key to Sustainable Water Resources, EYDAP. 21-22 March, Athens, Greece, pp. 96-102.
100. Sakellariou-Makrantonaki, M., Tentas I., Koliou A., Kalfountzos D., Vyrlas P., 2003. Irrigation of ornamental shrubs with treated municipal wastewater. Proceedings of 8th International Conference on Environmental Science and Technology (CEST), September 8-11, Lemnos, Greece, Vol. B, pp. 707-714..
101. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Ν. Μασλάρης, Γ. Νούσιος, Π. Ντιούδης, Δ. Καλφούντζος, 1999. Μελέτη διατάξεων άρδευσης με σταγόνες στην καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων. Πρακτικά 4^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Ελληνικής Εταιρείας Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων (ΕΕΔΥΠ), Βόλος, σ. 162-169.

102. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Τέντας Ι., Κολιού Α., Καλφούντζος Δ., Παπανίκος Ν., 2003. Άρδευση πρασίνου με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Εταιρίας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ), 29-31 Μαΐου, Θεσσαλονίκη, σ. 265-272.
103. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Βαρδούλη Β., Βύρλας Π., Κολιού Α., Παπανίκος Ν., 2004. Επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση πρασίνου. Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Περιβαλλοντικού Συνεδρίου, 7-9 Μαΐου, Ορεστιάδα.
104. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Τζιμόπουλος Χ., Καλφούντζος Δ., 1997. Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο TDR και στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων. Πρακτικά 7^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), Πάτρα, σ. 184-192.
105. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Ν. Μασλάρης, Δ. Καλφούντζος, Χ. Γούλας, 1998. Μελέτη διατάξεων άρδευσης με σταγόνες στην καλλιέργεια ζαχαρότευτλων. Πρακτικά 1^{ου} Εθνικού Συνεδρίου της Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ), Αθήνα, σ. 271-280.
106. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Παπαλέξης Δ., Δαναάτος Ν., Βουλτσάνης Π., Νάκος Ν., 2003. Επίδραση επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγή της ενεργειακής καλλιέργειας του σόργου στην Κεντρική Ελλάδα. Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), 2-5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σ. 183-190.
107. Σαρλής Γ.Π.1999..Συστηματική Βοτανική-Εφαρμογές Κορμοφυτών. Αθήνα: Εκδόσεις Α.Σταμούλη.
108. Σπαντιδάκης Ι.Γ., 1999. Γράστις , Επιστήμη και Τεχνική Του Χλοοτάπητα, Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
109. Topp , G.C., Davis J.L., and Annan A.P., 1980, Electromagnetic determination of soil water content: Measurement in coaxial transmission lines. Water Resources Research. 16:574-587.
110. Τερζίδης, Γ.Α., και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ.,1997. Γεωργική Υδραυλική, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
111. Τζιμόπουλος Χ., Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ.,και Γιακουμάκης Σ., 1983. Πειραματικές μετρήσεις σε προβλήματα διύγρανσης με τη βοήθεια της γ-ακτινοβολίας. Υδροτεχνικά ,1:IV 25-IV 33.

112. Τζιμόπουλος, Χ., Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη και Σ. Γιαννόπουλος, 2000. Μελέτη της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού στο ύπαιθρο με στατιστικές και γεωστατιστικές μεθόδους. Τεχνικά Χρονικά 20(1):31-40.
113. Τέντας Ι., 2004, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για άρδευση, Εργαστήριο Υδραυλικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
114. Τερζίδης, Γ.Α., και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ. 1998. Γεωργική Υδραυλική. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη
115. Τερζίδης . Γ.Α. και Καραμούζης, Δ.Ν., 1985. Υδραυλική υπόγειων νερών. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
116. Zoldoske D.F., Genito S., Jorgensen G.S., 1995. Subsurface Drip Irrigation (S.D.I.) on Turf grass: A University Experience. Irrigation Notes, California State University, Fresno, California.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

T-Test- (αθροιστική βιομάζα από 1^η -10^η κοπή)

Group Statistics

	MET	KAT	LYM
athrisma	4	4	4
	3,0936	2,9893	2,9893
	,93443	,69862	,34931
	,46721		
			,34931

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
athrisma	Equal variances assumed	,376	,562	,179	6	,864	,10432	,58336	-1,32310	1,53174
	Equal variances not assumed			,179	5,555	,864	,10432	,58336	-1,35125	1,55990

T-Test (1^η κοπή)

Group Statistics

	MET	KAT	LYM
ENA	4	4	4
	1,2863	1,1045	1,1045
	,16976	,22170	,11085
	,08488		
			,11085

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
ENA	Equal variances assumed	,131	,730	1,302	6	,241	,18178	,13961	-,15985	,52340
	Equal variances not assumed			1,302	5,618	,244	,18178	,13961	-,16556	,52911

T-Test(2^η κοπή)

Group Statistics

	MET	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
DIO	KAT	4	,5122	,13254	,06627
	LYM	4	,5692	,16250	,08125

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
DIO	Equal variances assumed	1,459	,273	-,543	6	,607	-,05694	,10485	-,31349	,19962
	Equal variances not assumed			-,543	5,767	,607	-,05694	,10485	-,31603	,20215

T-Test(3^η κοπή)

Group Statistics

	MET	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
TRIA	KAT	4	,1954	,04908	,02454
	LYM	4	,1442	,05116	,02558

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
TRIA	Equal variances assumed	,020	,892	1,443	6	,199	,05115	,03545	-,03562	,13789
	Equal variances not assumed			1,443	5,990	,199	,05115	,03545	-,03562	,13792

T-Test(4^η κοπή)

Group Statistics

	MET	KAT	LYM
TESERA	N	4	4
	Mean	,1490	,1163
	Std. Deviation	,05795	,03089
	Std. Error Mean	,02897	,01545

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
TESERA	Equal variances assumed	1,272	,302	,999	6	,356	,03280	,03283	-,04754	,11314
	Equal variances not assumed			,999	4,578	,368	,03280	,03283	-,05400	,11960

T-Test(5^η κοπή)

Group Statistics

	MET	KAT	LYM
PENTE	N	4	4
	Mean	,0566	,0429
	Std. Deviation	,01231	,00566
	Std. Error Mean	,00615	,00283

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
PENTE	Equal variances assumed	3,837	,098	2,022	6	,090	,01370	,00677	-,00287	,03027
	Equal variances not assumed			2,022	4,216	,110	,01370	,00677	-,00473	,03213

T-Test(6^ο κοπτή)

Group Statistics

	MET	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
EXI	KAT	4	,0590	,01504	,00752
	LYM	4	,0412	,01032	,00516

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
EXI	Equal variances assumed	,506	,504	1,952	6	,099	,01780	,00912	-,00451	,04011
	Equal variances not assumed			1,952	5,311	,105	,01780	,00912	-,00523	,04083

T-Test(7^ο κοπτή)

Group Statistics

	MET	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
EFTA	KAT	4	,1131	,06113	,03056
	LYM	4	,1238	,04431	,02215

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
EFTA	Equal variances assumed	,384	,558	-,283	6	,787	-,01067	,03775	-,10304	,08169
	Equal variances not assumed			-,283	5,471	,788	-,01067	,03775	-,10525	,08390

T-Test(8^η κοπή)

Group Statistics

	MET	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
OKTO	KAT	4	,1458	,09618	,04809
	LYM	4	,1918	,07363	,03682

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
OKTO	Equal variances assumed	,473	,517	-,760	6	,476	-,04600	,06056	-,19419	,10219
	Equal variances not assumed			-,760	5,618	,478	-,04600	,06056	-,19667	,10467

T-Test (9^η κοπή)

Group Statistics

	MET	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ENIA	KAT	4	,2071	,13431	,06716
	LYM	4	,1937	,07001	,03501

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ENIA	Equal variances assumed	1,477	,270	,177	6	,866	,01338	,07573	-,17193	,19868
	Equal variances not assumed			,177	4,518	,867	,01338	,07573	-,18771	,21446

T-Test(10th κομμάτι)

Group Statistics

	MET	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
DEKA	KAT	4	,3691	,23347	,11674
	LYM	4	,4689	,12881	,06441

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
DEKA	Equal variances assumed	1,357	,288	-,748	6	,483	-,09972	,13333	-,42596	,22651
	Equal variances not assumed			-,748	4,672	,490	-,09972	,13333	-,44983	,25038

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

T-Test -Μεταβολή ύψους 1^η -9^η μέτρηση

Group Statistics

	metaxirisis	katharo	lyma
mesoloroi	N	9	9
	Mean	9,4200	9,2244
	Std. Deviation	,54603	,42594
	Std. Error Mean	,18201	,14198

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
mesoloroi	Equal variances assumed	,190	,669	,847	16	,409	,19556	,23084	-,29380	,68491
	Equal variances not assumed			,847	15,105	,410	,19556	,23084	-,29617	,68728

T-Test- 1η μέτρηση

Group Statistics

	metaxirisis	katharo	lyma
ena	N	9	9
	Mean	9,8444	10,0778
	Std. Deviation	3,20473	1,30554
	Std. Error Mean	1,06824	,43518

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ena	Equal variances assumed	6,576	,021	-,202	16	,842	-,23333	1,15348	-,67861	2,21194
	Equal variances not assumed			-,202	10,584	,844	-,23333	1,15348	-,278436	2,31769

T-Test-2η μέτρηση

Group Statistics

	metaxirisis	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
dyo	katharo	9	9,5000	1,50000	,50000
	lyma	9	9,4000	1,44568	,48189

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
dyo	Equal variances assumed	,053	,820	,144	16	,887	,10000	,69442	-1,37211	1,57211
	Equal variances not assumed			,144	15,978	,887	,10000	,69442	-1,37227	1,57227

T-Test- 3η μέτρηση

Group Statistics

	metaxirisis	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
trila	katharo	9	8,8000	1,26886	,42295
	lyma	9	8,0122	1,12298	,37433

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
trila	Equal variances assumed	1,140	,302	1,395	16	,182	,78778	,56481	-,40957	1,98512
	Equal variances not assumed			1,395	15,767	,182	,78778	,56481	-,41100	1,98656

T-Test-4η μέτρηση

Group Statistics

	metaxirisis	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
teter	katharo	9	12,5000	2,10654	,70218
	lyna	9	11,9778	1,69321	,56440

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
teter	Equal variances assumed	,501	,489	,580	16	,570	,52222	,90089	-1,38758	2,43203
	Equal variances not assumed			,580	15,293	,571	,52222	,90089	-1,39478	2,43923

T-Test- 5η μέτρηση

Group Statistics

	metaxirisis	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
pentle	katharo	9	9,0222	1,24677	,41559
	lyna	9	8,9500	1,17633	,39211

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
pentle	Equal variances assumed	,031	,863	,126	16	,901	,07222	,57137	-1,13903	1,28348
	Equal variances not assumed			,126	15,946	,901	,07222	,57137	-1,13936	1,28381

T-Test-6^η μέτρηση

Group Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
exsi	9	9,3500	1,17047	,39016
lyma	9	9,4000	1,20000	,40000

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower	95% Confidence Interval of the Difference Upper
exsi	.104	.752	-.089	16	.930	-.05000	,55877	-1,23454	1,13454
lyma			-.089	15,990	.930	-.05000	,55877	-1,23460	1,13460

T-Test-7^η μέτρηση

Group Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
efta	9	9,5000	,90139	,30046
lyma	9	9,3000	,49749	,16583

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower	95% Confidence Interval of the Difference Upper
efta	1,496	,239	,583	16	,568	,20000	,34319	-,52753	,92753
lyma			,583	12,460	,570	,20000	,34319	-,54469	,94469

T-Test-8η μέτρηση

Group Statistics

	metaxirisis	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
okto	katharo	9	8,2000	,72457	,24152
	lyma	9	8,0000	,85257	,28419

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
okto	Equal variances assumed	,189	,670	,536	16	,599	,20000	,37296	-,59063	,99063
	Equal variances not assumed			,536	15,594	,599	,20000	,37296	-,59231	,99231

T-Test-9η μέτρηση

Group Statistics

	metaxirisis	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
enia	katharo	9	8,0722	,81513	,27171
	lyma	9	7,9000	,25000	,08333

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
enia	Equal variances assumed	10,688	,005	,606	16	,553	,17222	,28420	-,43026	,77471
	Equal variances not assumed			,606	9,492	,559	,17222	,28420	-,46565	,81009

Group Statistics

	gazon	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
mines	katharo	5	2,6648	,37714	,16866
	lyma	5	2,7096	,41813	,18699

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
mines	Equal variances assumed	,152	,707	-,178	8	,863	-,04480	,25182	-,62550	,53590
	Equal variances not assumed			-,178	7,916	,863	-,04480	,25182	-,62657	,53697

Group Statistics

	metaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ypsStricta	1,00	24	17,2083	5,15608	1,05248
	2,00	24	21,4792	6,61434	1,35015

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means								
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference			
ypsStricta	,345	,560	-2,495	46	,016	-4,27083	1,71190	Lower	-7,71672	Upper	-,82495
								Upper	-7,72226	Lower	-,81940

T-Test- ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics

	met	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
mailoun	kat	24	5,4583	2,84344	,58041
	lym	24	4,1250	3,26127	,66570

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means								
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference			
mailoun	,310	,580	1,510	46	,138	1,33333	,88320	Lower	-,44446	Upper	3,11112
								Upper	-,44535	Lower	3,1201

Group Statistics

	met	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
iounioul	kat	24	3,5833	1,95419	,39890
	lym	24	4,7917	2,90396	,59277

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
iounioul	Equal variances assumed	1,971	,167	-1,691	46	,098	-1,20833	,71449	-2,64652	,22986
	Equal variances not assumed			-1,691	40,286	,099	-1,20833	,71449	-2,65205	,23538

T-Test-ΙΟΥΝΙΟΣ- ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ
Group Statistics

	met	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ioulayg	kat	24	3,0208	2,19921	,44891
	lym	24	4,2333	2,48957	,50818

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ioulayg	Equal variances assumed	,068	,795	-1,788	46	,080	-1,21250	,67806	-2,57737	,15237
	Equal variances not assumed			-1,788	45,310	,080	-1,21250	,67806	-2,57793	,15293

Group Statistics

	met	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
augsept	kat	24	2,7292	1,70025	,34706
	lym	24	3,4542	1,67539	,34199

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
augsept	Equal variances assumed	,097	,757	-1,488	46	,144	-,72500	,48725	-1,70577	,25577
	Equal variances not assumed			-1,488	45,990	,144	-,72500	,48725	-1,70578	,25578

Group Statistics

	met	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
seprokt	kat	24	2,4167	1,52277	,31083
	lym	24	4,8750	4,06804	,83038

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
seprokt	Equal variances assumed	10,377	,002	-2,773	46	,008	-2,45833	,88665	-4,24308	-,67359
	Equal variances not assumed			-2,773	29,321	,010	-2,45833	,88665	-4,27088	-,64578

Group Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ypsos	24	32,6250	6,83223	1,39462
metax	24	33,5833	19,73943	4,02929

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper
ypsos	13,267	,001	-,225	46	,823	-,95833	4,26382	-9,54096	7,62430
			-,225	28,433	,824	-,95833	4,26382	-9,68639	7,76972

T-Test- ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΜΑΙΟΥΝ	24	6,1667	3,73778	,76297
ΙΟΥΝΙΟΥΝ	24	6,1250	4,26627	,87085

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper
ΜΑΙΟΥΝ	,094	,761	,036	46	,971	,04167	1,15780	-2,28887	2,37220
			,036	45,218	,971	,04167	1,15780	-2,28995	2,37329

Group Statistics

	metax		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOYNIYOYL	katharo nero	24	4,6250	1,97402	,40294
	lyma	24	4,6667	3,80693	,77709

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
IOYNIYOYL	Equal variances assumed	6,056	,018	-,048	46	,962	-,04167	,87534	-1,80364	1,72031
	Equal variances not assumed			-,048	34,534	,962	-,04167	,87534	-1,81957	1,73624

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOULAYG	katharo nero	24	9,0208	3,29848	,67330
	lyma	24	8,7500	6,65452	1,35835

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
IOULAYG	Equal variances assumed	7,461	,009	,179	46	,859	,27083	1,51606	-2,78084	3,32251
	Equal variances not assumed			,179	33,659	,859	,27083	1,51606	-2,81133	3,35299

T-Test- ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ-ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΑΥΓΣΕΠΤ	katharo nero	24	7,1875	3,31273	,67621
	lyma	24	8,0833	5,71738	1,16705

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ΑΥΓΣΕΠΤ	Equal variances assumed	7,252	,010	-,664	46	-,89583	1,34880	-3,61084	1,81917
	Equal variances not assumed			-,664	36,879	-,89583	1,34880	-3,62907	1,83741

T-Test- ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΣΕΠΤΟΚΤ	katharo nero	24	5,6250	1,92946	,39385
	lyma	24	5,9583	5,87166	1,19855

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ΣΕΠΤΟΚΤ	Equal variances assumed	9,439	,004	-,264	46	-,33333	1,26160	-2,87280	2,20614
	Equal variances not assumed			-,264	27,910	-,33333	1,26160	-2,91798	2,25131

Group Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ypsos	24	47,0000	9,82455	2,00543
metax	24	52,4583	10,38803	2,12045

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
ypsos	Equal variances assumed	,020	,889	-1,870	,068	-5,45833	2,91857	-11,33311	,41644
	Equal variances not assumed			-1,870	,068	-5,45833	2,91857	-11,33360	,41693

T-Test-ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
MAIIOYN	24	15,9167	4,92480	1,00527
	24	19,8750	5,14412	1,05004

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
MAIIOYN	Equal variances assumed	,127	,723	-2,723	,009	-3,95833	1,45367	-6,88441	-1,03225
	Equal variances not assumed			-2,723	,009	-3,95833	1,45367	-6,88456	-1,03210

Group Statistics

	melax	katharo nero	lyma
IOYNIΟΥYL	24	24	24
	Mean	6,0000	3,7083
	Std. Deviation	2,75049	2,89646
	Std. Error Mean	,56144	,59124

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	F	Sig.	t	df	t-test for Equality of Means				
						Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
IOYNIΟΥYL	Equal variances assumed	,117	,734	2,811	46	,007	2,29167	,81534	,65047	3,93286
	Equal variances not assumed			2,811	45,878	,007	2,29167	,81534	,65035	3,93298

Group Statistics

	melax	katharo nero	lyma
IOYLAYG	24	24	24
	Mean	9,5417	13,0417
	Std. Deviation	4,52389	6,67558
	Std. Error Mean	,92466	1,36265

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	F	Sig.	t	df	t-test for Equality of Means				
						Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
IOYLAYG	Equal variances assumed	3,463	,069	-2,125	46	,039	-3,50000	1,64676	-6,81475	-,18525
	Equal variances not assumed			-2,125	40,476	,040	-3,50000	1,64676	-6,82700	-,17300

Group Statistics

	metax		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
AYGSEPT	katharo nero	24	8,4167	4,31294	,88038
	lyma	24	7,5000	4,08603	,83406

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
AYGSEPT	Equal variances assumed	,156	,695	,756	46	,454	,91667	1,21273	-1,52443	3,35776
	Equal variances not assumed			,756	45,866	,454	,91667	1,21273	-1,52462	3,35796

Group Statistics

	metax		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
SEPTOKT	katharo nero	24	7,1250	4,45570	,90952
	lyma	24	8,3333	3,72613	,76059

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SEPTOKT	Equal variances assumed	,381	,540	-1,019	46	,313	-1,20833	1,18563	-3,59489	1,17822
	Equal variances not assumed			-1,019	44,604	,314	-1,20833	1,18563	-3,59690	1,18024

Group Statistics

	metaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
fytokomi	1,00	24	8,8750	2,73960	,55922
	2,00	24	8,9167	1,79169	,36573

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper
fytokomi	Equal variances assumed	1,557	,218	-,062	46	,951	-,04167	,66819	-1,38667	1,30334
	Equal variances not assumed			-,062	39,632	,951	-,04167	,66819	-1,39253	1,30919

T-Test ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics

	metaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΜΑΙΟΥΝ	1,00	24	,5417	3,20298	,65380
	2,00	24	,8542	,45395	,09266

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper
ΜΑΙΟΥΝ	Equal variances assumed	16,886	,000	-,473	46	,638	-,31250	,66034	-1,64169	1,01669
	Equal variances not assumed			-,473	23,924	,640	-,31250	,66034	-1,67560	1,05060

T-Test-ΙΟΥΝΙΟΣ-ΙΟΥΛΙΟΣ

Group Statistics

	metaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΙΟΥΝΙΟΥΛ	1,00	24	1,1667	,76139	,15542
	2,00	24	1,4167	,86811	,17720

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
ΙΟΥΝΙΟΥΛ	Equal variances assumed	1,858	,179	-1,061	46	,294	-,25000	,23570	-,72444	,22444
	Equal variances not assumed			-1,061	45,230	,294	-,25000	,23570	-,72466	,22466

T-Test -ΙΟΥΛΙΟΣ-ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ

Group Statistics

	metaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΙΟΥΛΑΥΓ	1,00	24	2,4583	2,34018	,47769
	2,00	24	2,8542	1,09821	,22417

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
ΙΟΥΛΑΥΓ	Equal variances assumed	2,109	,153	-,750	46	,457	-,39583	,52767	-1,45798	,66632
	Equal variances not assumed			-,750	32,662	,459	-,39583	,52767	-1,46981	,67815

T-Test- ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ- ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ

Group Statistics

	metaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
AYGSEPT	1,00	24	2,0833	1,61290	,32923
	2,00	24	1,9542	1,05418	,21518

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
AYGSEPT	Equal variances assumed	,016	,899	,328	,744	,12917	,39332	-,66254	,92087
	Equal variances not assumed			,328	,744	,12917	,39332	-,66599	,92433

T-Test- ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ

Group Statistics

	metaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
SEPTOKT	1,00	24	2,6250	1,09594	,22371
	2,00	24	1,8375	,99512	,20313

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
SEPTOKT	Equal variances assumed	,405	,528	2,606	,012	,78750	,30217	,17926	1,39574
	Equal variances not assumed			2,606	,012	,78750	,30217	,17911	1,39589

T-Test- ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΦΥΤΟΚΟΜΗΣ ΤΟΥΓΙΑΣ

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
fitikomi	katharo nero	24	6,8333	4,52689	,92405
	lyma	24	7,0417	,55003	,11228

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
fitikomi	Equal variances assumed	38,484	,000	-,224	46	,824	-,20833	,93084	-2,08202	1,66536
	Equal variances not assumed			-,224	23,679	,825	-,20833	,93084	-2,13088	1,71421

T-Test-ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
maioun	katharo nero	24	2,6667	2,49637	,50957
	lyma	24	4,2500	2,17196	,44335

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
maioun	Equal variances assumed	,001	,976	-2,344	46	,023	-1,58333	,67544	-2,94292	-,22374
	Equal variances not assumed			-2,344	45,136	,024	-1,58333	,67544	-2,94363	-,22304

T-Test-ΙΟΥΝΙΟΣ-ΙΟΥΛΙΟΣ

Group Statistics

	melax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ioyioyl	katharo nero lyma	24	,3750	,49454	,10095
		24	,3333	,63702	,13003

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ioyioyl	Equal variances assumed	,146	,704	,253	46	,801	,04167	,16462	-,28969	,37302
	Equal variances not assumed			,253	43,337	,801	,04167	,16462	-,29024	,37357

T-Test-ΙΟΥΝΙΟΣ-ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ

Group Statistics

	melax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
loulaug	katharo nero lyma	24	1,6250	1,34528	,27460
		24	1,2500	,98907	,20189

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
loulaug	Equal variances assumed	1,538	,221	1,100	46	,277	,37500	,34083	-,31107	1,06107
	Equal variances not assumed			1,100	42,243	,277	,37500	,34083	-,31272	1,06272

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
augsep	katharo nero	24	1,4583	1,41357	,28854
	lyma	24	,7917	1,21509	,24803

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
augsep	Equal variances assumed Equal variances not assumed	,348	,558	1,752	46	,086	,66667	,38050	-0,09923	1,43256
				1,752	44,986	,087	,66667	,38050	-0,09970	1,43303

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
sepokt	katharo nero	24	,7083	3,43232	,70062
	lyma	24	,4167	1,44212	,29437

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
sepokt	Equal variances assumed Equal variances not assumed	6,734	,013	,384	46	,703	,29167	,75995	-1,23803	1,82136
				,384	30,875	,704	,29167	,75995	-1,25851	1,84185

T-Test-ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΦΥΤΟΚΟΜΗΣ ΛΕΜΟΝΟΚΥΠΑΡΙΣΣΟΥ

Group Statistics						
	melax	katharo nero	lyma	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
fitikomi	24	24	24	12,4583	5,15819	1,05291
	24	24	24	11,5000	5,37304	1,09677

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
fitikomi	,003	,958	,630	46	,532	,95833	1,52037	-2,10201	4,01868
			,630	45,924	,532	,95833	1,52037	-2,10215	4,01881

T-Test-ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics						
	melax	katharo nero	lyma	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΜΑΙΟΥΝ	24	24	24	,4167	6,28951	1,28384
	24	24	24	,2917	,38777	,07915

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
ΜΑΙΟΥΝ	63,737	,000	,097	46	,923	,12500	1,28628	-2,46415	2,71415
			,097	23,175	,923	,12500	1,28628	-2,53476	2,78476

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOYIOY	katharo nero	24	2,3333	2,03591	,41558
	lyma	24	2,2917	1,37459	,28059

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
IOYIOY	Equal variances assumed Equal variances not assumed	1,295	,261	,083	46	,04167	,50143	-,96766	1,05100
				,083	40,362	,04167	,50143	-,97148	1,05482

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOYAYG	katharo nero	24	3,5000	3,42624	,69938
	lyma	24	3,3333	1,95419	,39890

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
IOYAYG	Equal variances assumed Equal variances not assumed	3,702	,061	,207	46	,16667	,80514	-,45399	1,78733
				,207	36,532	,16667	,80514	-,46541	1,79874

Group Statistics

	melax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
AYGSEP	katharo nero	24	3,8333	2,68112	,54728
	lyma	24	3,7083	3,65024	,74510

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
AYGSEP	Equal variances assumed	5,168	,028	,135	46	,893	,12500	,92450	-1,73592	1,98592
	Equal variances not assumed			,135	42,222	,893	,12500	,92450	-1,74042	1,99042

Group Statistics

	melax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
SEPROKT	katharo nero	24	2,3750	1,27901	,26108
	lyma	24	1,8750	1,22696	,25045

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SEPROKT	Equal variances assumed	,026	,872	1,382	46	,174	,50000	,36178	-2,2823	1,22823
	Equal variances not assumed			1,382	45,921	,174	,50000	,36178	-2,2827	1,22827

T-Test- ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΣΤΡΙΚΤΑΣ

Group Statistics

	metaxirisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
blastos	1,00	24	,4771	,10306	,02104
	2,00	24	,5000	,00000	,00000

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
blastos		55,471	,000	-1,089	,282	-,02292	,02104	Lower	Upper
	Equal variances assumed				46			-,06526	,01943
	Equal variances not assumed				23,000	-,02292	,02104	-,06644	,02060

T-Test-ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΜΑΙΙΟΥ	KAT	24	,0663	,02618	,00534
	LYM	24	,0675	,02069	,00422

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
ΜΑΙΙΟΥΝ		,529	,471	-,184	,855	-,00125	,00681	Lower	Upper
	Equal variances assumed				46			-,01496	,01246
	Equal variances not assumed				43,673	-,00125	,00681	-,01498	,01248

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΙΟΥΝΙΟΥΛ	KAT	24	,0554	,02245	,00458
	LYM	24	,0342	,20504	,04185

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances			t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ΙΟΥΝΙΟΥΛ	Equal variances assumed	2,800	,101	,505	46	,616	,02125	,04210	-,06350	,10600
	Equal variances not assumed			,505	23,552	,618	,02125	,04210	-,06574	,10824

T-Test-ΙΟΥΛΙΟΣ-ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΙΟΥΛΑΥΓ	KAT	24	,0604	,02095	,00428
	LYM	24	,0617	,02316	,00473

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances			t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ΙΟΥΛΑΥΓ	Equal variances assumed	,594	,445	-,196	46	,845	-,00125	,00637	-,01408	,01158
	Equal variances not assumed			-,196	45,547	,845	-,00125	,00637	-,01408	,01158

T-Test-ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ-ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
AYGSEP	KAT	24	,0504	,01781	,00364
	LYM	24	,0563	,01740	,00355

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances			t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
AYGSEP	Equal variances assumed	,003	,959	-1,148	46	,257	-,00583	,00508	-,01606	,00440
	Equal variances not assumed			-1,148	45,975	,257	-,00583	,00508	-,01606	,00440

T-Test-ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
SEPOKT	KAT	24	,2446	,10970	,02239
	LYM	24	,2804	,21523	,04393

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances			t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
SEPOKT	Equal variances assumed	,000	,995	-,727	46	,471	-,03583	,04931	-,13509	,06343
	Equal variances not assumed			-,727	34,194	,472	-,03583	,04931	-,13603	,06436

T-Test- ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΤΟΥΓΙΑΣ

Group Statistics

	metax	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
blastos	katharo nero	24	,9050	,02449	,00500
	lyma	24	,9100	,00000	,00000

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances			t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
blastos	Equal variances assumed	4,372	,042	-1,000	46	,323	-,00500	,00500	-,01506	,00506
	Equal variances not assumed			-1,000	23,000	,328	-,00500	,00500	-,01534	,00534

T-Test-ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΜΑΙΟΥ	K	24	,3621	,17850	,03644
	L	24	,3758	,16542	,03377

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances			t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ΜΑΙΟΥ	Equal variances assumed	,079	,780	-,277	46	,783	-,01375	,04968	-,11374	,08624
	Equal variances not assumed			-,277	45,736	,783	-,01375	,04968	-,11376	,08626

T-Test-IOYNIOS-IOYAIOS

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOYIOY	K	24	,1642	,08949	,01827
	L	24	,2058	,09965	,02034

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
IOYIOY	Equal variances assumed Equal variances not assumed	,179	,674	-1,524	46	,134	-,04167	,02734	-,09670	,01336
				-1,524	45,478	,134	-,04167	,02734	-,09671	,01338

T-Test-IOYAIOS-AYFOYSTOS

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOYLAY	K	24	,1517	,07341	,01498
G	L	24	,1325	,06395	,01305

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
IOYLAYG	Equal variances assumed Equal variances not assumed	1,090	,302	,965	46	,340	,01917	,01987	-,02083	,05917
				,965	45,151	,340	,01917	,01987	-,02085	,05919

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΑΥΓΟΣΕΠ	K	24	,1421	,06527	,01332
T	L	24	,1558	,06213	,01268

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ΑΥΓΟΣΕΠ	Equal variances assumed	,116	,735	-,747	46	,459	-,01375	,01839	-,05078	,02328
	Equal variances not assumed			-,747	45,888	,459	-,01375	,01839	-,05078	,02328

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΣΕΠΤΟΚΤ	K	24	,0929	,04648	,00949
	L	24	,0321	,04293	,00876

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ΣΕΠΤΟΚΤ	Equal variances assumed	,114	,738	4,710	46	,000	,06083	,01292	,03483	,08683
	Equal variances not assumed			4,710	45,713	,000	,06083	,01292	,03483	,08684

T-Test- ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΒΛΑΣΤΟΥ ΛΕΜΟΝΟΚΥΠΑΡΙΣΙΟΥ

Group Statistics

	metax		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
blastos	katharo nero	24	1,9040	,55052	,11237
	lyma	24	2,0604	,67466	,13771

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
blastos	Equal variances assumed	,843	,363	-,880	46	,383	-,15646	,17774	-,51424	,20132
	Equal variances not assumed			-,880	44,221	,383	-,15646	,17774	-,51463	,20171

T-Test-ΜΑΙΟΣ-ΙΟΥΝΙΟΣ

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
M.IOYN	K	24	,1583	,06176	,01261
	L	24	,0450	,04128	,00843

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
M.IOYN	Equal variances assumed	5,264	,026	7,474	46	,000	,11333	,01516	,08281	,14386
	Equal variances not assumed			7,474	40,133	,000	,11333	,01516	,08269	,14398

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOY.IOYL	K	24	,1208	,07107	,01451
	L	24	,0663	,04642	,00948

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
IOY.IOYL	Equal variances assumed	,151	,700	3,150	46	,003	,05458	,01733	,01970	,08946
	Equal variances not assumed			3,150	39,602	,003	,05458	,01733	,01955	,08962

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
IOY.LAYG	K	24	,3171	,12299	,02510
	L	24	,0654	,04530	,00925

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
IOY.LAYG	Equal variances assumed	26,736	,000	9,407	46	,000	,25167	,02675	,19781	,30552
	Equal variances not assumed			9,407	29,128	,000	,25167	,02675	,19696	,30637

T-Test-ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ-ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
AYG.SEP	K	24	,6975	,15549	,03174
	L	24	,0904	,07754	,01583

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
AYG.SEP	Equal variances assumed	7,569	,008	17,117	46	,60708	,03547	,53569	,67847
	Equal variances not assumed			17,117	33,774	,60708	,03547	,53499	,67918

T-Test-ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ

Group Statistics

	METAX	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
SEP.OKT	K	24	,6087	,25691	,05244
	L	24	1,7808	,42309	,08636

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
SEP.OKT	Equal variances assumed	10,248	,002	-11,600	46	-1,17208	,10104	-1,37546	-,96870
	Equal variances not assumed			-11,600	37,931	-1,17208	,10104	-1,37664	-,96753

T-Test- ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ ΣΤΟ ΣΤΡΙΚΤΑ

Group Statistics					
	strikta	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00003	1,00	5	,8630	,09316	,04166
	2,00	5	,7884	,04017	,01796

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
VAR00003	Equal variances assumed	1,964	,199	1,644	8	,139	,07460	,04537	-,03003	,17923
	Equal variances not assumed			1,644	5,437	,156	,07460	,04537	-,03926	,18846

T-Test- ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ ΣΤΗΝ ΤΟΥΓΙΑ

Group Statistics					
	strikta	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00005	1,00	5	1,0398	,16025	,07166
	2,00	5	1,1150	,11037	,04936

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
VAR00005	Equal variances assumed	1,018	,343	-,864	8	,413	-,07520	,08702	-,27587	,12547
	Equal variances not assumed			-,864	7,098	,416	-,07520	,08702	-,28039	,12999

Group Statistics

	VAR00002	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
VAR00004	1,00	3	1,3783	,18958	,10946
	2,00	3	1,2233	,12588	,07268

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
VAR00004	Equal variances assumed	1,230	,330	1,180	4	,303	,15500	,13139	-,20979	,51979
	Equal variances not assumed			1,180	3,476	,312	,15500	,13139	-,23251	,54251

