

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**«ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟ**  
**ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΧΩΡΟ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΔΕΙΦΟΡΙΚΗ**  
**ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΤΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΘΕΜΑ**

**ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ**  
**ΜΕ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥΣ**

**ΤΖΟΥΡΜΑΚΛΙΩΤΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**



**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:**  
**ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ - ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ ΜΑΡΙΑ**

**ΒΟΛΟΣ 2013**

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

## ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

### «ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΧΩΡΟ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΤΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»

#### ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

#### ΘΕΜΑ

#### ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ ΜΕ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥΣ

ΤΖΟΥΡΜΑΚΛΙΩΤΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

#### ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1. **Μαρία Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη**, Δρ., Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με γνωστικό αντικείμενο «Αρδεύσεις – Στραγγίσεις, Υδραυλική». Επιβλέπουσα της πτυχιακής
2. **Αλεξίου Ιωάννης**, Ερευνητής Β' ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε
3. **Χαλκίδης Ηρακλής**, Λέκτορας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με γνωστικό αντικείμενο τη Γεωργική Υδραυλική με έμφαση στη διαχείριση του νερού στο έδαφος.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η υπόδειξη του θέματος της μεταπτυχιακής μου διατριβής έγινε από την Καθηγήτρια και Διευθύντρια του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής του Π. Θ. κ. Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη την οποία θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, τόσο για τις πολύτιμες και ουσιαστικές συμβουλές και υποδείξεις της, όσο και για το ιδιαίτερο ενδιαφέρον της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής μου.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ηρακλή Χαλκίδη, Λέκτορα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και τον κ. Αλεξίου Ιωάννη ερευνητή Β' ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., για τις πολύτιμες υποδείξεις τους που συνέβαλαν ουσιαστικά στην διεκπεραίωση της παρούσας διατριβής, καθώς και για την συμμετοχή τους στην Τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Παπανικολάου Χρήστο Λέκτορα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και την συνάδελφό μου Καρατάσιου Ειρήνη για την ουσιαστικότερη βοήθεια που μου προσέφεραν.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τη σύζυγό μου, για την αμέριστη συμπαράσταση και υπομονή όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

Τζουρμακλιώτης Βασίλης

Στη σύζυγό μου Βιβή  
και στα παιδιά μου  
Μάριο, Αλέξανδρο  
και Έλενα

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>Εισαγωγή</b>	6
Σκοπός πειράματος.....	8
<b>Κεφάλαιο 1: Ενεργειακές Καλλιέργειες – Βιοκαύσιμα...</b>	9
1.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	9
1.2 Βιομάζα, ενεργειακές καλλιέργειες και βιοκαύσιμα.....	15
1.2.1 Βιομάζα.....	15
1.2.2 Ενεργειακές καλλιέργειες.....	17
1.2.3 Βιοκαύσιμα.....	19
Βιοαιθανόλη.....	21
Βιοντίζελ.....	23
<b>Κεφάλαιο 2: Η καλλιέργεια του Ηλίανθου.....</b>	26
2.1 Γενικά.....	26
2.2 Μορφολογία – Φυσιολογία του φυτού.....	29
2.3 Φαινολογικά στάδια – Ανάπτυξη.....	32
2.4 Οικολογικές απαιτήσεις.....	34
2.5 Καλλιεργητικές φροντίδες.....	36
2.6 Εχθροί και ασθένειες.....	39
2.6.1 Εχθροί.....	39
2.6.2 Ασθένειες.....	41
<b>Κεφάλαιο 3: Ο ρόλος του νερού στη σύγχρονη αγροτική παραγωγή.....</b>	46
3.1 Το νερό ως φυσικός πόρος.....	46
3.2 Διαχείριση του νερού σήμερα.....	47
3.3 Νερό και αγροτική παραγωγή στον κόσμο.....	51
3.4 Η κατάσταση στην Ελλάδα.....	54
<b>Κεφάλαιο 4: Τα χαρακτηριστικά της άρδευσης.....</b>	63
4.1 Εισαγωγή.....	63
4.2 Επιφανειακές Μέθοδοι άρδευσης.....	65
4.3 Άρδευση με καταιονισμό.....	66
4.4 Μικροάρδευση.....	69
4.4.1 Επιφανειακή στάγδην άρδευση.....	71
4.4.2 Υπόγεια στάγδην άρδευση.....	78
4.4.3 Άρδευση με μικροεκτοξευτήρες.....	79
4.5 Ανάγκες των καλλιεργειών σε αρδευτικό νερό.....	80
4.5.1 Εξατμισοδιαπνοή και παράγοντες που την επηρεάζουν... ..	81
4.5.2 Τρόποι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής.....	82

4.5.3 Μέθοδος του εξαμισίμετρου.....	85
4.5.4 Φυτικός συντελεστής Kc.....	85
<b>Κεφάλαιο 5: Αυτοματισμοί στην άρδευση – Τηλεμετρία</b>	88
5.1 Εισαγωγή .....	88
5.2 Αυτοματισμοί .....	88
5.3 Τηλεμετρία .....	93
5.3.1 Συστήματα real time (πραγματικού χρόνου).....	94
5.3.2 Συστήματα με Data loggers .....	95
5.3.3 Δομή σταθμού μέτρησης .....	95
5.3.4 Δομή κεντρικού σταθμού.....	97
5.3.5 Δίκτυο.....	98
5.3.6 Αυτόματη Τηλεμετρία.....	99
5.3.7 Ασύρματη Τηλεμετρία σε Real Time.....	100
<b>Κεφάλαιο 6: Υλικά και Μέθοδοι .....</b>	101
6.1 Εισαγωγή .....	101
6.2 Χαρακτηριστικά πειραματικού αγροτεμαχίου .....	102
6.3 Προετοιμασία σποροκλίνης και σχεδιασμός του πειραματικού αγροτεμαχίου .....	105
6.4 Εγκατάσταση καλλιέργειας και καλλιεργητικές φροντίδες ..	110
6.5 Σύστημα άρδευσης .....	110
6.5.1 Σύστημα άρδευσης με το απλό εξαμισίμετρο .....	112
6.5.2 Σύστημα άρδευσης εξ’ αποστάσεως.....	115
6.6 Υπολογισμός δόσης, εύρους και διάρκειας άρδευσης .....	119
6.7 Κλιματικές παράμετροι.....	124
6.8 Μετρήσεις φυτικών χαρακτηριστικών .....	124
6.8.1 Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας LAI.....	124
6.8.2 Μέτρηση ύψους φυτών και διαμέτρου δίσκων.....	126
6.8.3 Μέτρηση φυτικής βιομάζας.....	126
6.8.4 Μέτρηση παραγωγής σε σπόρο.....	126
6.8.5 Απόδοση σε έλαιο .....	127
6.9 Στατιστική Επεξεργασία .....	127
<b>Κεφάλαιο 7: Αποτελέσματα.....</b>	129
7.1 Κλιματολογικά Δεδομένα .....	129
7.2 Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας.....	130
7.3 Ύψος Φυτών και διάμετρος δίσκων.....	131
7.4 Χλωρή και ξηρή βιομάζα.....	134
7.5 Άρδευση και παραγωγικότητα.....	136
7.6 Ελαιοπεριεκτικότητα και ενεργειακό περιεχόμενο.....	138
<b>Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα.....</b>	140
Βιβλιογραφία	142

Εικόνες.....	148
Διαγράμματα.....	148
Πίνακες.....	149
Σχήματα.....	149
Γραφήματα.....	150
Χάρτες.....	150

## Εισαγωγή

Τα ζητήματα διαχείρισης του νερού και της ενέργειας και η σχετική προσέγγισή τους, αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό θέμα για τη σύγχρονη κοινωνία, ενώ απαιτείται πολύ-επιστημονική κάλυψη και διεπιστημονική προσέγγιση, τουλάχιστον σε επίπεδο έρευνας,. Ο ρόλος τόσο των ερευνητών όσο και των λοιπών εμπλεκομένων στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων είναι αρκετά πιο δύσκολος από ότι στο παρελθόν. Η διαθεσιμότητα του κατάλληλου προς ανθρώπινη χρήση νερού έχει μειωθεί αισθητά λόγω κλιματικών αλλαγών και ρύπανσης, οι «δυναμικοί» χρήστες του έχουν αυξηθεί και οι πιέσεις για δικαιότερη κατανομή είναι μεγαλύτερες. Οι παραδοσιακοί τρόποι εξασφάλισης της απαιτούμενης ενέργειας αποτελούν πλέον «τροφή» με ημερομηνία λήξης, καθότι τα αποθέματα των μέχρι τώρα γνωστών ενεργειακών πόρων μειώνονται δραματικά. Είναι σε όλους μας εξάλλου γνωστό, πως η «πετρελαιοκίνητη» παγκόσμια οικονομία πρέπει να αναζητήσει άλλους τρόπους για την ανάπτυξή της, βασιζόμενη σε άλλους ενεργειακούς πόρους.

Στο κοντινό παρελθόν, η έρευνα έχει στραφεί από νωρίς στην ανάπτυξη διαδικασιών και συστημάτων παραγωγής που βοηθούν στην επίλυση των προβλημάτων που υπάρχουν κατά περιοχές σχετικά με την διαχείριση και την εξοικονόμηση του χρήσιμου νερού από τον άνθρωπο. Ωστόσο, λίγες είναι οι περιοχές ή χώρες στον πλανήτη μας όπου το θέμα αυτό τέθηκε σε υψηλή προτεραιότητα. Ουσιαστικά, εκεί που η έλλειψη υδατικών πόρων ήταν δεδομένη λόγω κλίματος, η εκάστοτε «πολιτεία» ανέπτυξε πρωτοβουλίες και πήρε δραστικές αποφάσεις προκειμένου να ανταπεξέλθει. Δυστυχώς, εκεί που το χρήσιμο νερό ήταν «άφθονο», μόνο η διαπίστωση ότι περιορίζεται – λόγω μόλυνσης και διατάραξης της περιβαλλοντικής ισορροπίας – ανάγκασε στην υιοθέτηση μιας αυστηρότερης αλλά και πιο βιώσιμης τακτικής. Στην ενέργεια συνέβη κάτι ανάλογο. Όταν η εξάρτηση από το πετρέλαιο μιας περιοχής ή χώρας ήταν δαπανηρή, τότε η προσοχή στρεφόταν σε προσπάθειες για τη εξεύρεση άλλων πηγών ή τρόπων παραγωγής. Και αυτές όμως οι έρευνες δεν βρήκαν πρόσφορο έδαφος πάρα μόνο τα τελευταία χρόνια, όπου η ανάπτυξη της τεχνολογίας επέτρεψε τη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης και του περιβαλλοντικού κόστους μέσω της αξιοποίησης και άλλων μορφών ενέργειας.



Σήμερα, η παγκοσμιοποιημένη διάσταση της οικονομίας, η επισιτιστική και ενεργειακή κρίση και η εκτεταμένη μόλυνση, που ανεβάζει σε δυσθεώρητα ύψη το κόστος της περιβαλλοντικής αποκατάστασης, έχουν αναγκάσει τη διεθνή κοινότητα να κάνει κάποιες παραδοχές. Έτσι, για μια ορθολογικότερη διαχείριση των ενεργειακών πηγών και του νερού, απαιτείται μια πιο ολιστική προσέγγιση, που δεν γνωρίζει σύνορα ή που τουλάχιστον «απαιτεί» τη συνεργασία μεταξύ των χωρών για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που υπάρχουν.

Σε ότι αφορά στην ενέργεια, έχει παρατηρηθεί μια στροφή προς άλλες ανανεώσιμες μορφές όπως η αιολική, η ηλιακή, η παραγωγή βιοκαυσίμων και η αξιοποίηση της βιομάζας, μιας που, όπως προείπαμε, η ενεργειακή εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα ήδη δημιουργεί ανασφάλεια και πολλά προβλήματα λόγω του πεπερασμένου όγκου τους. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ταχέως αναπτυσσόμενη τα τελευταία χρόνια αγορά των βιοκαυσίμων, που παράγονται από την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών. Σαν ενεργειακά φυτά ή ενεργειακές καλλιέργειες θεωρούνται τόσο οι παραδοσιακές καλλιέργειες των οποίων το τελικό προϊόν θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων, όσο και νέες καλλιέργειες με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα ανά μονάδα γης (Κίττας κ.α, 2007). Το κύριο πλεονέκτημα των ενεργειακών καλλιεργειών είναι ότι επιτυγχάνοντας σταθερή παραγωγή μπορεί να εξασφαλιστεί μακροπρόθεσμη προμήθεια πρώτης ύλης με ομοιόμορφα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε μονάδες παραγωγής υγρών βιοκαυσίμων και ενέργειας.

Έχοντας αυτό σαν στόχο και κάνοντας μια αναδρομή στην παραγωγική διαδικασία, μπορούμε να πούμε ότι ομοιόμορφα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος επιτυγχάνονται με τη χρήση βέλτιστων καλλιεργητικών τεχνικών. Σε αυτό μπορεί να συμβάλει η τεχνολογία και η πρόοδος που έχει επιτευχθεί στον τομέα της διαχείρισης των παραγωγικών διαδικασιών. Δεδομένου ότι κανένα καλλιεργούμενο φυτό δεν μπορεί να αποδώσει την επιθυμητή υψηλή και συγκεκριμένης ποιότητας παραγωγή αν δεν αρδεύεται σωστά, η βοήθεια των αυτοματισμών που προσφέρει η τεχνολογία μπορεί να συμβάλλει αποφασιστικά στο κρίσιμο ζήτημα της ορθής διαχείρισης του νερού.

## Σκοπός της εργασίας

Στην παρούσα εργασία μελετάται η επίδραση της άρδευσης σε καλλιέργεια ηλίανθου (*Heliantus annuus* L), με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τις μεταβολές στην απόδοση σε έλαιο, προϊόν που αποτελεί την πρώτη ύλη για τη βιομηχανία παρασκευής υγρών ανανεώσιμων καυσίμων και ειδικότερα βιοντίζελ (biodiesel).

Ειδικότερα, κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2011, στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου, έλαβε χώρα πείραμα που είχε σαν σκοπό να μελετήσει την επίδραση 2 μεθόδων επιφανειακής στάγδην άρδευσης, στην καλλιέργεια του Ηλίανθου. Με την πρώτη μέθοδο πραγματοποιήθηκε επιφανειακή στάγδην άρδευση ανά τρεις ημέρες, βασισμένη στη θεωρία της στάγδην άρδευσης για συχνές και χαμηλότερου ύψους αρδεύσεις. Η άρδευση γινόταν με τη χρήση προγραμματιστή και οι ανάγκες υπολογίζονταν από εξατμισόμετρο τύπου A. Με την δεύτερη μέθοδο πραγματοποιήθηκε άρδευση από απόσταση, μέσω δικτύου κινητού τηλεφώνου. Οι ανάγκες υπολογίζονταν από τα δεδομένα που έστελνε σύστημα τηλεμετρίας με data logger, στο σταθμό βάσης, ο οποίος έδινε και την τελική εντολή για άρδευση. Μελετήθηκαν οι διαφορές στην ανάπτυξη, την παραγωγικότητα και την τελική ενεργειακή απόδοση του ελαίου του ηλίανθου.

Το φυτό αυτό επιλέχθηκε διότι παρουσιάζει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα. Έχει καλή προσαρμοστικότητα στις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας, έχει χαμηλές απαιτήσεις σε εισροές, αξιοποιούνται όλα τα μέρη του, καλλιέργειά του είναι μηχανοποιημένη και ο σπόρος έχει υψηλή περιεκτικότητα σε έλαιο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας σε πετρελαιοκινητήρες είτε σε διάφορα μίγματα με πετρέλαιο. Τέλος, στον Ευρωπαϊκό νότο τα τελευταία χρόνια γνωρίζει μεγάλη ανάπτυξη η προώθηση της συμβολαιακής γεωργίας μεταξύ παραγωγών και βιομηχανιών παραγωγής βιοντίζελ από έλαιο ηλίανθου, γεγονός που επιδρά θετικά στην ανάπτυξη της καλλιέργειας και στη χώρα μας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### Ενεργειακές Καλλιέργειες - Βιοκαύσιμα

#### 1.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

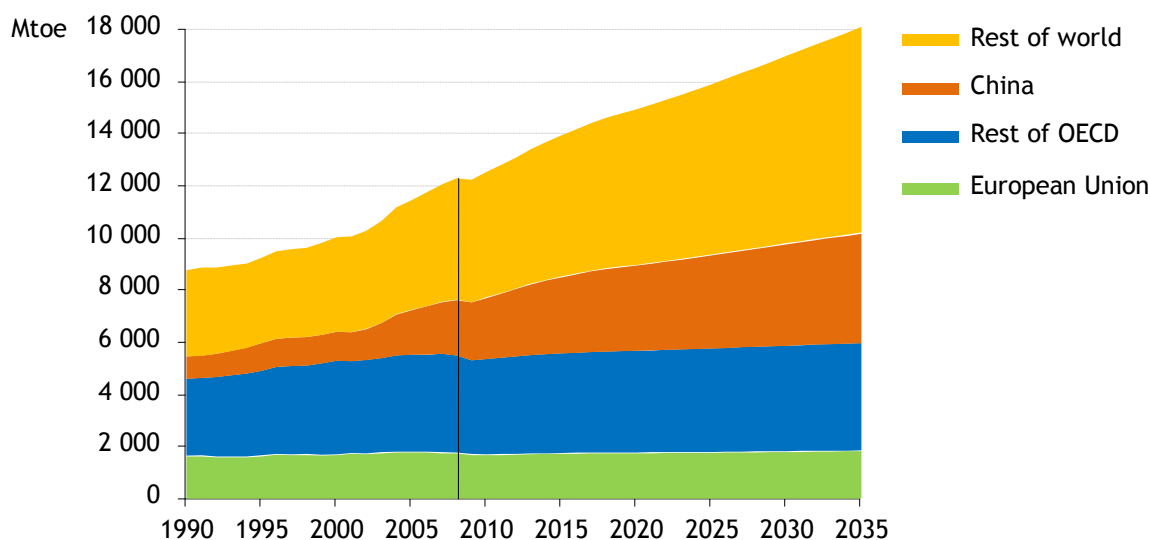
Ο εικοστός αιώνας χαρακτηρίστηκε ιστορικά από πρωτοφανείς ρυθμούς ανάπτυξης των ενεργειακών συστημάτων, που υποστηρίχθηκε από την ευρεία διαθεσιμότητα των ορυκτών καυσίμων. Ωστόσο, στο δεύτερο μισό του αιώνα, άρχισαν να αναδεικνύονται σημαντικά ζητήματα σχετικά με τις επιπτώσεις που μπορεί να υπάρξουν από την υψηλή εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία απασχολούν την παγκόσμια κοινότητα σήμερα.

Κατά πρώτο λόγο, η γρήγορη εξάντληση των ορυκτών καυσίμων, στο καθεστώς της σχεδόν απόλυτης ενεργειακής εξάρτησης από αυτά, με την παραμικρή ανωμαλία στην διαδικασία παραγωγής-εξόρυξης ή στις γραμμές ανεφοδιασμού μπορεί να πυροδοτήσει τοπικά ή παγκόσμια φαινόμενα ενεργειακής κρίσης με το αντίστοιχο οικονομικό αντίκτυπο. Ειδικά σε φτωχές, μικρές ή απομακρυσμένες χώρες ή σε περιοχές με περιορισμένα αποθέματα οι επιπτώσεις είναι μεγαλύτερες. Εξάλλου, είναι ιστορικά αποδεδειγμένο, ότι ο βαθμός της ενεργειακής εξάρτησης αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα για την χάραξη οικονομικής άλλα και εξωτερικής πολιτικής των κρατών στον πλανήτη.

Κατά δεύτερο και ίσως σημαντικότερο λόγο, η χρήση των ορυκτών καυσίμων βλάπτει σημαντικά το περιβάλλον. Τις τελευταίες δεκαετίες του εικοστού αιώνα, η ρύπανση που προκύπτει από την καύση των ορυκτών καυσίμων έγινε παγκόσμιο πρόβλημα, ιδιαίτερα με τη δημοσίευση αξιόπιστων επιστημονικών αποδείξεων ότι το κλίμα του πλανήτη αλλάζει ως αποτέλεσμα της συγκέντρωσης των λεγόμενων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Σήμερα, στις αρχές του 21<sup>ου</sup> αιώνα πολλοί άνθρωποι στον πλανήτη δεν χρειάζονται επιστημονικά πειστήρια για να

πιστοποιήσουν το γεγονός αυτό.

Συνεπώς, η ανάγκη για εναλλακτικές πηγές ενέργειας στις μέρες μας γίνεται ολοένα και πιο επιτακτική. Αυτό μαρτυρούν τόσο οι επενδύσεις που έχουν αρχίσει να γίνονται τα τελευταία χρόνια στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όσο και η πολιτική βούληση που φαίνεται να υπάρχει σχετικά με την προώθησή τους. Στην αναφορά της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος (European Environmental Agency) για την ενέργεια και το περιβάλλον, παρουσιάζεται σενάριο της Διεθνούς Υπηρεσίας Ενέργειας (International Environmental Agency) στο οποίο αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι: «Αν οι κυβερνήσεις ανά τον κόσμο συνεχίσουν τις τρέχουσες πολιτικές, οι παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες το 2030 θα είναι κατά 55% υψηλότερες σε σχέση με αυτές του 2005, με την Κίνα και την Ινδία να ευθύνονται για το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης της ζήτησης (διάγραμμα 1.1). Περίπου το 84% της αύξησης στην πρωτογενή ζήτηση ενέργειας θα προέλθει από τα ορυκτά καύσιμα. Αν δεν ληφθεί περαιτέρω δράση, για τη μείωση της ζήτησης στην ενέργεια, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα θα αυξηθούν το 2030 κατά 49% σε σχέση με αυτές του 2010» (E.E.A- European Environmental Agency, 2008).



**Διάγραμμα 1.1:** Εκτιμώμενη παγκόσμια αύξηση ενεργειακών αναγκών (European Commission, 2011α)

Στην ίδια αναφορά σχετίζοντας τα παραπάνω με την κλιματική αλλαγή αναφέρεται επίσης ότι: «Σύμφωνα με την αναφορά του Διεθνούς Πάνελ για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) το 2007, για να αποφευχθούν σημαντικές επιδράσεις της

κλιματικής αλλαγής, η μέση παγκόσμια θερμοκρασία δεν πρέπει να αυξηθεί πάνω από 2° C. Για να γίνει όμως αυτό, θα πρέπει οι παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα να φτάσουν στα ανώτατα όριά τους πριν το 2015 και έπειτα να μειωθούν ως το 2050 κατά 50 με 85%, συγκρινόμενες με αυτές το 2000» (E.E.A- European Environmental Agency, 2008).

Από όλα τα παραπάνω γίνεται λοιπόν φανερό ότι σε παγκόσμιο επίπεδο έχει ξεκινήσει μια προσπάθεια για την μερική αντικατάσταση της ενέργειας που παράγεται από τα ορυκτά καύσιμα. Στο πλαίσιο αυτό προωθείται η παραγωγή ενέργειας και καυσίμων από ανανεώσιμες ή εναλλακτικές πηγές, σημαντικότερες από τις οποίες είναι ο άνεμος, ο ήλιος, το νερό, η βιομάζα και η γεωθερμία. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά τους συνοψίζονται στα εξής:

- Χαρακτηρίζονται πρακτικά ως ανεξάντλητες.
- Είναι φιλικές στο περιβάλλον, αφού κατά τη χρήση αυτών ή των προϊόντων τους παράγονται ελάχιστοι ρύποι.
- Είναι πιο ευέλικτες με την έννοια ότι μπορούν να αξιοποιηθούν σε μικρή κλίμακα. Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιτόπου παραγωγή ενέργειας ανάλογα με τις ανάγκες, μειώνοντας παράλληλα τόσο το επιπλέον κόστος για τη μεταφορά της ενέργειας όσο και την ανασφάλεια για τον ανεφοδιασμό που υπάρχει με τα ορυκτά καύσιμα.
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος, καθώς σε κάποιες από αυτές δεν υπάρχει κόστος για την απόκτηση της πρώτης ύλης (αιολική, γεωθερμία, ηλιακή). Ακόμη, το κόστος αυτό είναι ελάχιστα εξαρτώμενο από την διακυμάνσεις τιμών ή οικονομικών μεγεθών σε διεθνές επίπεδο. Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Προς το παρόν όμως δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλη κλίμακα και χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές μορφές ενέργειας λόγω του ότι παρουσιάζουν ορισμένα μειονεκτήματα, τα οποία περιληπτικά είναι:

- Έχουν συντελεστή απόδοσης της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο, γεγονός που σημαίνει ότι απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις για την παραγωγή ικανοποιητικού ποσού ενέργειας και με μεγάλο κόστος εφαρμογής ανά μονάδα γης. Για τον ίδιο λόγο δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.

- Κάποιες από αυτές δεν έχουν σταθερή απόδοση, η οποία εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής όπου εγκαθίστανται.
- Μπορούν να δημιουργήσουν κάποια περιβαλλοντικά προβλήματα (πχ προστασία των υδρόβιων οργανισμών σε υδροηλεκτρικά έργα ή των πουλιών στις ανεμογεννήτριες).

Είναι λοιπόν φανερό ότι μέχρι να λυθούν αυτά τα προβλήματα η παγκόσμια οικονομία θα κινείται με τη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Ωστόσο, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κερδίζουν συνεχώς έδαφος και με την πρόοδο της τεχνολογίας και την αυξανόμενη πολιτική βούληση, αναμένεται να συνεισφέρουν σημαντικά στην μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον. Ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια όπου το περιβαλλοντικό κόστος αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα των οικονομικών αναλύσεων, η διάδοση των ΑΠΕ αναμένεται να είναι ταχύτερη από ότι πριν.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση γίνεται προσπάθεια για την αύξηση της χρήσης των ΑΠΕ στις χώρες μέλη. Σταχυολογώντας αποσπάσματα από σχετικά πρόσφατη (31-1-2011) ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής προς στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και στο Συμβούλιο με τίτλο «Η πρόοδος προς την επίτευξη του στόχου για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές το 2020» μπορούμε να δούμε την κατάσταση που υπάρχει σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.

Σύμφωνα με αυτή «μέχρι το 2008, η ανάπτυξη της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές βασιζόταν σε χαλαρό νομοθετικό πλαίσιο, στο οποίο ορίζονταν δεσμευτικοί στόχοι. Στην οδηγία για την ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές (2001/77/EC) και στην οδηγία για τα βιοκαύσιμα (2003/30/EC) καθορίστηκαν εθνικοί ενδεικτικοί στόχοι ώστε, έως το 2010 στην ΕΕ, το μερίδιο της ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές να ανέλθει σε 21% και το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές προς αντικατάσταση της βενζίνης και του ντίζελ στις μεταφορές σε 5,75%» (European Commission, 2011β). Επισημαίνοντας όμως την πραγματικότητα, η επιτροπή συνεχίζει αναφέροντας ότι «ο ανεπαρκής ρυθμός προόδου προς εκπλήρωση των συμφωνημένων στόχων, καθώς και η ανάγκη να αυξηθεί η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές σε όλα και όχι μόνο σε λίγα κράτη μέλη, ήταν μεταξύ των λόγων που υπαγόρευσαν αλλαγή της πολιτικής προσέγγισης, η οποία οδήγησε το 2009, στην έκδοση της οδηγίας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (2009/28/EC). Η νέα οδηγία καλύπτει την κατανάλωση ενέργειας στο σύνολό της, συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας για θέρμανση και για ψύξη και

καθορίζει νομικά δεσμευτικούς και όχι εθνικούς ενδεικτικούς στόχους σε επίπεδα επαρκή ώστε το μερίδιο της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ΕΕ να ανέλθει σε 20% έως το 2020» (European Commission, 2011β).

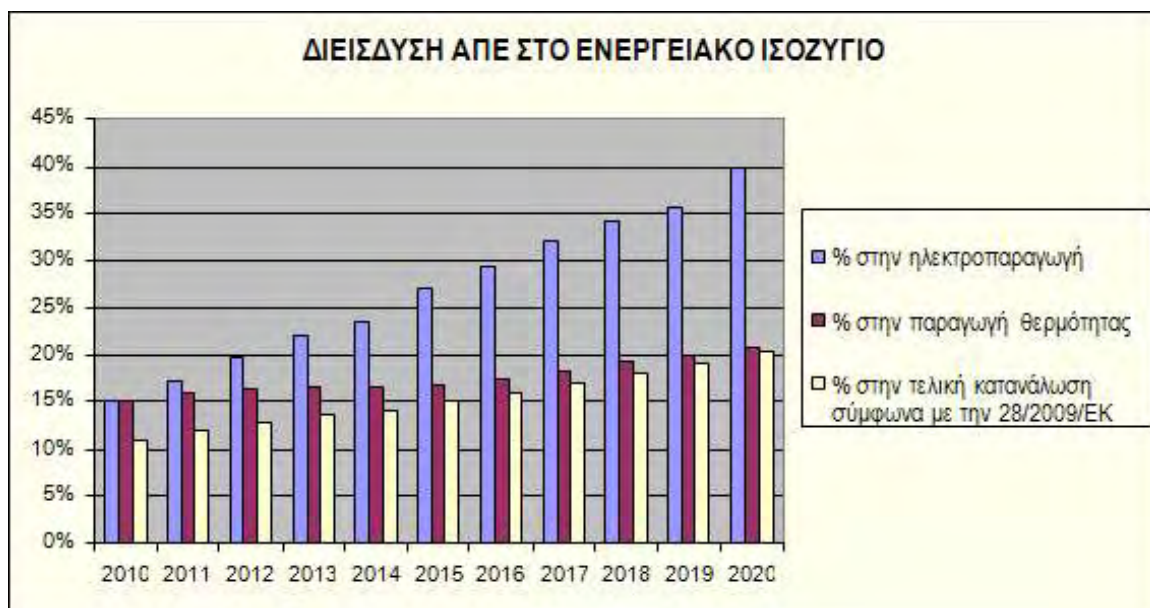
«Αλλά, στη σημερινή κατάσταση των μεγάλων δημοσιονομικών περιορισμών» όπως τονίζεται παρακάτω στην ανακοίνωση «πρέπει να καταβληθούν περισσότερες προσπάθειες ώστε να διασφαλιστεί ότι αξιοποιούνται αποδοτικά τα κονδύλια που δαπανώνται για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Εν προκειμένω, έχουν ουσιαστική σημασία η αποτελεσματική επιλογή και ο συντονισμός των χρηματοδοτικών μέσων σε εθνικό και κοινοτικό επίπεδο. Η επιλογή του μέσου χρηματοδότησης για να στηριχθεί η ανάπτυξη της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές εξαρτάται από την κατάσταση της τεχνολογίας και την εξέλιξη του κάθε έργου. Στα μέσα αυτά συγκαταλέγονται οι επιχορηγήσεις, τα δάνεια και οι εγγυήσεις δανείων, τα μετοχικά αμοιβαία κεφάλαια, τα τιμολόγια τροφοδότησης με ενέργεια από ΑΠΕ, οι πριμοδοτήσεις ενέργειας από ΑΠΕ, τα συστήματα ποσοστώσεων/πιστοποιητικών, τα φορολογικά κίνητρα και οι προκηρύξεις διαγωνισμών» (European Commission, 2011β).

Καταλήγοντας η Επιτροπή καλεί τα κράτη μέλη:

- να υλοποιήσουν τα εθνικά σχέδια δράσης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας,
- να περιορίσουν τις καθυστερήσεις στις διαδικασίες προγραμματισμού της υποδομής, τηρώντας όμως την ισχύουσα περιβαλλοντική νομοθεσία της ΕΕ, και να προσπαθούν να συμμορφώνονται με τις βέλτιστες πρακτικές,
- να επιταχύνουν την πρόοδο ανάπτυξης του διασυνδεδεμένου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να εξισορροπούνται υψηλότερα μερίδια ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές,
- να αναπτύξουν μηχανισμούς συνεργασίας και να αρχίσουν να ενσωματώνουν στην ευρωπαϊκή αγορά την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές,
- να διασφαλίζουν ότι τυχόν μεταρρυθμίσεις των υφιστάμενων εθνικών καθεστώτων στήριξης θα εγγυώνται τη σταθερότητα για τους επενδυτές, αποφεύγοντας αναδρομικές αλλαγές. (European Commission, 2011β)

Η Ελλάδα ακολουθώντας τις επιταγές της Ευρωπαϊκής Ένωσης πρέπει να μειώσει 20% τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 σύμφωνα με την Οδηγία 2009/29/ΕΚ, να εξασφαλίσει 20% διείσδυση των

Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ και να επιτύχει 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας. Ειδικότερα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου είναι μείωση κατά 4% στους τομείς εκτός εμπορίας σε σχέση με τα επίπεδα του 2005 και 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση (διάγραμμα 1.2).



**Διάγραμμα 1.2:** Εθνικοί δεσμευτικοί στόχοι και εκτίμηση διείσδυσης ΑΠΕ (Υ.ΠΕ.Κ.Α, 2010α).

Τα παραπάνω προβλέπονται στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας που καταρτίστηκε το 2010 όπου αναφέρεται συγκεκριμένα ότι: «Οι εθνικοί στόχοι για το 2020, σύμφωνα και με τα αποτελέσματα των ενεργειακών μοντέλων, αναμένεται να ικανοποιηθούν για τη μεν ηλεκτροπαραγωγή με την ανάπτυξη περίπου 13300MW από ΑΠΕ (από περίπου 4000MW σήμερα), όπου συμμετέχουν το σύνολο των τεχνολογιών, με προεξέχουσες τα αιολικά πάρκα με 7500MW, τα υδροηλεκτρικά με 3000MW και τα ηλιακά με περίπου 2500MW. Για τη θέρμανση και ψύξη αναμένεται να ικανοποιηθούν με την ανάπτυξη των αντλιών θερμότητας, των θερμικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και των εφαρμογών βιομάζας» (ΥΠΕΚΑ, 2010α).



**Πίνακας 1.1:** Εγκατεστημένη ισχύς συστημάτων ΑΠΕ σε MW ως το Σεπτέμβριο του 2009 (ΥΠΕΚΑ, 2009)

Περιφέρεια	Μεγάλα Υδροηλεκτρικά	Αιολικά	Μικρά Υδροηλεκτρικά	Φωτοβολταικά	Βιομάζα	Σύνολο (χωρίς ΜΥΣ)
Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης	500	197,5	2,2	0,2		199,9
Αττικής	0	3,1	0,6		33,9	37,6
Βορείου Αιγαίου	0	27,9				27,9
Δυτικής Ελλάδος	907,2	93,4	26,5			119,9
Δυτικής Μακεδονίας	375		4,5			4,5
Κεντρικής Μακεδονίας	492	27	45,2	1,7	5	78,9
Ηπείρου	543,6		45,2			45,2
Ιονίων Νήσων	0	70,8				70,8
Θεσσαλίας	130	17	20,8	1,9	1,9	41,6
Κρήτης	0	164,5	0,6	0,5	0,4	166
Νοτίου Αιγαίου	0	40,6				40,6
Πελοποννήσου	70	212,8	3	2,6	2,6	218,4
Στερεάς Ελλάδας	0	285,3	31,8	3,2		320,3
<b>ΣΥΝΟΛΑ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ (MW)</b>	<b>3018</b>	<b>1140</b>	<b>180</b>	<b>37</b>	<b>41</b>	<b>1398</b>

## 1.2 Βιομάζα, ενεργειακές καλλιέργειες και βιοκαύσιμα

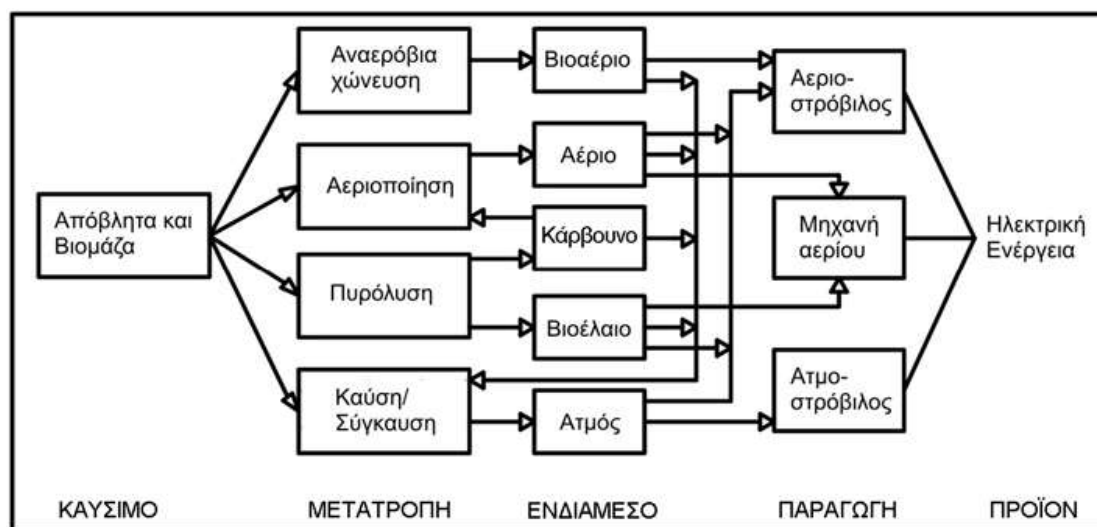
### 1.2.1 Βιομάζα

Μια από τις πολλά υποσχόμενες ΑΠΕ, που καλούνται να συνεισφέρουν στην μείωση της μόλυνσης του περιβάλλοντος, αντικαθιστώντας σε ένα βαθμό τα ορυκτά καύσιμα, είναι η βιομάζα. Με τον όρο «βιομάζα» εννοούμε όλες οι μορφές οργανικής ουσίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε, 2005). Το ξύλο και άλλα δασικά προϊόντα, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων και αστικά απόβλητα, μπορούν να χαρακτηριστούν ως βιομάζα. Ουσιαστικά αποτελεί το πληρέστερο φυσικό υποκατάστατο του άνθρακα των ορυκτών καυσίμων καθώς είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών χερσαίας η υδρόβιας

προέλευσης και η αξιοποίησή της μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας.

Η βιομάζα έχει αναγνωρισθεί ως μια από τις πιο σημαντικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυρίως λόγω των πολλαπλών πλεονεκτημάτων που απορρέουν τόσο από την παραγωγή αλλά και από την αξιοποίηση της για ενέργεια και άλλα προϊόντα. Η ιδιαίτερη σημασία που αποδίδεται σε αυτή αντανακλάται στα επίσημα ευρωπαϊκά έγγραφα ενεργειακής πολιτικής (Λευκή Βίβλος, Com(1997)/599, Πράσινη Βίβλος COM (2000) 769, Οδηγία για ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ 2001/77EC, Συμφωνία για το Πρωτόκολλο του Κιότο (UNFCC Kyoto Protocol), Οδηγία για Βιοκαύσιμα 2003/30/EC, Οδηγία για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου 2003/87/EC (Κίττας κ.α, 2007).

Η βιομάζα αξιοποιήθηκε κατά κόρον ως η κύρια πηγή θέρμανσης άλλα και παραγωγής ενέργειας τους προηγούμενους αιώνες με τη μορφή καυσόξυλων και άλλων ξυλανθράκων, πριν της αξιοποίηση του πετρελαίου και των άλλων ορυκτών καυσίμων. Σήμερα, επιστρέφουμε ξανά στη χρήση της για να απαλλαχθούμε από τους ρύπους που προκάλεσαν τα περίπου 150 χρόνια χρήσης ορυκτών καυσίμων. Σαν ΑΠΕ αξιοποιείται είτε αυτούσια στην στερεή της μορφή για την παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρικής ενέργειας είτε υπόκειται σε χημική επεξεργασία για την παραγωγή μιας ευρείας σειράς παραγώγων. Τα κυριότερα από αυτά είναι το βιοαέριο, με κύρια χρήση τη θέρμανση και την παραγωγή ηλεκτρισμού, η αιθανόλη, η μεθανόλη, το βιοντίζελ, το συνθετικό ντίζελ και η συνθετική βενζίνη που χρησιμοποιούνται κυρίως ως καύσιμο για τα μεταφορικά μέσα.



Σχήμα 1.1: Μετατροπή της Βιομάζας σε Ηλεκτρική Ενέργεια (Γερασίμου, 2011)

Η χρήση της βιομάζας σαν ΑΠΕ παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα. Είναι διαθέσιμη σχεδόν παντού, και πέρα της σημαντικής συμβολής της στον ενεργειακό τομέα, μπορεί να αυξήσει τα οφέλη για την κοινωνικό-οικονομική ανάπτυξη, ειδικά στις γεωργικές περιοχές (Roman et al., 1998). Επίσης, με τη χρήση της αντί των ορυκτών καυσίμων εκτός από τη μείωση της εξάρτησης από αυτά, περιορίζονται οι εκλύσεις αερίων του θερμοκηπίου, δηλαδή διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>).

Στα μειονεκτήματα της χρήσης της βιομάζας συγκαταλέγονται η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας η οποία δυσκολεύει τόσο τη συλλογή, τη μεταφορά και την αποθήκευσή της όσο και την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησής της. Αυτό, σε συνδυασμό με τον υψηλής τεχνολογίας εξοπλισμό που απαιτείται για την μετατροπή της σε βιοαέριο, βιοκαύσιμο κτλ ανεβάζει αρκετά το συνολικό κόστος αξιοποίησης της βιομάζας.

### 1.2.2 Ενεργειακές καλλιέργειες

Παράλληλα με την αξιοποίηση των διαφόρων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατό να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Σε αυτές περιλαμβάνονται ορισμένα καλλιεργούμενα είδη καθώς και κάποια είδη φυτών που έχουν ως σκοπό την παραγωγή βιομάζας. Αυτή, μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, όπως την παραγωγή σπορέλαιων για την παραγωγή «βιολογικού» πετρελαίου (biodiesel), ζυμώσιμα σάκχαρα υδατάνθρακες για την παραγωγή βιοαιθανόλης, ή ξηρά ουσία για καύση, πυρόλυση, αεριοποίηση κ.τ.λ. (Monti et al, 2003).

Σε σχέση με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, οι καλλιέργειες αυτές πλεονεκτούν λόγω της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφανείας και της ευκολότερης συλλογής. Επιπλέον, μπορούν να αναπτύσσονται τροφοδοτώντας με σταθερότερο ρυθμό την αγορά και με μικρότερη εξάρτηση από εξωτερικούς παράγοντες. Επιπροσθέτως, θα λέγαμε ότι η ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών έχει και σαν στόχο την τόνωση της περιφερειακής ανάπτυξης. Δίνοντας διέξοδο και

εισόδημα στους καλλιεργητές και την οικονομική δραστηριότητα που τους περιβάλλει, ενισχύει την αποδοτικότερη διαχείριση του νερού, με ταυτόχρονη τη μείωση εισροών σε λιπάσματα και φυτοφάρμακα σε σχέση με άλλες καλλιέργειες. Επίσης, συμβάλλει στην προστασία του εδάφους από τη διάβρωση, στην αξιοποίηση εδαφών χαμηλής παραγωγικότητας και στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης της ενδημικής πανίδας, διατηρώντας τη φυσική παραλλακτικότητα και επαναφέροντας το οικοσύστημα σε μια πιο ομαλή κατάσταση.

Με την παραγωγή βιομάζας ουσιαστικά παράγεται βιοενέργεια. Η βιοενέργεια αυτή προκύπτει από ένα κύκλωμα, το οποίο συγχρόνως και διατηρεί. Το κύκλωμα αυτό έχει ένα ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα, παρόλο που αυτό διαταράσσεται ελαφρά από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των αγροτικών μηχανημάτων και των μεταφορικών μέσων, στην περίπτωση καλλιέργειας φυτών για ενεργειακούς σκοπούς. Επίσης οι ενεργειακές καλλιέργειες αξιοποιούν καλύτερα το CO<sub>2</sub>. Επειδή τα C<sub>4</sub> φυτά αυξάνονται με γρηγορότερο ρυθμό και αφομοιώνουν καλύτερα την ηλιακή ακτινοβολία και το CO<sub>2</sub>, σε σχέση με τα C<sub>3</sub> φυτά, προτιμώνται για την παραγωγή βιομάζας. Μετατρέπουν σε βιομάζα μέχρι και 40% περισσότερο την προσπίπτουσα ακτινοβολία από ότι τα C<sub>3</sub> φυτά και είναι πιο αποδοτικά για τα ίδια ποσά λίπανσης και άρδευσης (Γαλανοπούλου, 2003).

Για την εγκατάσταση των κατάλληλων ενεργειακών καλλιεργειών όμως σε μια περιοχή πρέπει πρώτα από όλα να διερευνηθούν μια σειρά από παράμετροι βάσει των οποίων μπορεί να κριθεί η επιτυχία του εγχειρήματος. Η οικονομικότητα του εγχειρήματος, που αποτελεί εξάλλου τον κύριο παράγοντα λήψης μιας τέτοιας απόφασης, με τη σειρά της καθορίζεται από:

- Την προσαρμοστικότητα του είδους στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής (υπάρχον ιστορικό θα μπορούσε να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμο),
- τις υπάρχουσες συνθήκες ζήτησης και προσφοράς της παραγόμενης βιομάζας,
- τις απαιτήσεις σε μηχανολογικό εξοπλισμό για τη συγκομιδή και
- την ασφαλή μεταφορά και αποθήκευση σε περίπτωση που χρειαστεί.

Επιπλέον δεν πρέπει να αγνοηθούν χαρακτηριστικά του προς επιλογή είδους, όπως η ευαισθησία σε εχθρούς και ασθένειες και η δυνατότητα για ηπιότερες καλλιεργητικές πρακτικές με σταθερή ταυτόχρονα ποιοτική και ποσοτική απόδοση.

**Πίνακας 1.2:** Οι κυριότερες ενεργειακές καλλιέργειες

Πολυετείς Δασικές Ενεργειακές Καλλιέργειες	Ψευδοακακία: <i>Robinia pseudoacacia</i>
	Ευκάλυπτος: <i>Eucalyptus globulus</i> Labill., <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh
Πολυετείς Γεωργικές Ενεργειακές Καλλιέργειες	Καλάμι: <i>Arundo donax</i> L.
	Αγριαγκινάρα: <i>Cynara cardunculus</i> L.
	Μίσχανθος: <i>Misconstrues x giganteus</i> GREEF et DEU
	Switchgrass: <i>Panicum virgatum</i>
Ετήσιες Γεωργικές Ενεργειακές Καλλιέργειες	Αραβόσιτος: <i>Zea mays</i> L.
	Ζαχαρότευτλα: <i>Beta vulgaris</i> L.
	Κριθάρι: <i>Hordeum sativum/Vulgare</i> L.
	Σιτάρι: <i>Triticum aestivum</i> L.
	Ηλίανθος: <i>Helianthus anuus</i> L.
	Γλυκό και κυτταρινούχο σόργο: <i>Sorghum</i> <i>bicolor</i> L.
	Κενάφ: <i>Hibiscus cannabinus</i> L
Ελαιοκράμβη: <i>Brassica napus. Brassica</i> <i>carinata</i>	

### 1.2.3 Βιοκαύσιμα

Με τον όρο βιοκαύσιμα προσδιορίζουμε τα καύσιμα που παρασκευάζονται από τη βιομάζα με απλές ή σύνθετες φυσικοχημικές διεργασίες σε ειδικές βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Επειδή προέρχονται από οργανική ύλη θεωρούνται ως ανανεώσιμα καύσιμα καθότι ο άνθρακας τον οποίο περιέχουν, έχει δεσμευτεί για την ανάπτυξη της οργανικής ύλης από το CO<sub>2</sub> της ατμόσφαιρας στην οποία επανέρχεται μετά την καύση. Έτσι το ισοζύγιο εκπομπών σε όλο τον κύκλο ζωής του βιοκαυσίμου είναι θεωρητικά μηδενικό. Πρακτικά όμως, επειδή στις δραστηριότητες που συντελούνται για την παραγωγή και διακίνηση της πρώτης ύλης αλλά και των ίδιων των βιοκαυσίμων παράγεται CO<sub>2</sub>, το τελικό όφελος μπορεί να είναι από πολύ μεγάλο έως μηδαμινό. Τα κυριότερα υγρά βιοκαύσιμα είναι το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη.

Με σκοπό να μειώσουν την εξάρτηση από το πετρέλαιο και να συνεισφέρουν

στις εντεινόμενες προσπάθειες για την μείωση της χρήσης του άνθρακα στον τομέα των μεταφορών, τα βιοκαύσιμα είναι καύσιμα, μη πετρελαιοειδή και με χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα. Η βελτίωση της απόδοσης των οχημάτων είναι μακράν ο πιο σημαντικός, χαμηλού κόστους τρόπος, για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στον τομέα των μεταφορών. Τα βιοκαύσιμα θα πρέπει να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην αντικατάσταση των υγρών ορυκτών καυσίμων για αεροπλάνα, πλοία και άλλα βαριά μεταφορικά μέσα, που δεν μπορούν να λειτουργήσουν με ηλεκτρισμό. Η παραγωγή και η χρήση των βιοκαυσίμων, μπορεί επίσης να προσφέρει οφέλη όπως η αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας, μειώνοντας την εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου και τη μείωση της αστάθειας των τιμών του πετρελαίου. Επιπλέον, τα βιοκαύσιμα μπορούν να στηρίξουν την οικονομική ανάπτυξη με τη δημιουργία νέων πηγών εισοδήματος στις αγροτικές περιοχές (IEA, 2011). Αυτός εν ολίγης είναι ο βασικός κορμός της συλλογιστικής και της αιτιολόγησης για την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων, σύμφωνα με εκθέσεις διεθνούς κύρους οργανισμών, όπως η Διεθνής Υπηρεσία Ενέργειας (IEA, International Energy Agency). Η Ευρωπαϊκή Ένωση υιοθετώντας αυτή τη συλλογιστική, προσαρμόζει και εξειδικεύει τις απαραίτητες δράσεις και μέτρα στα δικά της μεγέθη, όπως κάνουν σε μικρότερη κλίμακα και τα κράτη μέλη.

Στην Ελλάδα ο τομέας των μεταφορών ευθύνεται για το 39% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 31%. Παράλληλα, οι οδικές μεταφορές ευθύνονται για το περίπου 80% της κατανάλωσης ενέργειας στον τομέα των μεταφορών καθώς και για το 40% των εκπομπών σε CO<sub>2</sub> και το 70% των εκπομπών άλλων ρύπων. Η μέση διάρκεια μετακίνησης με μέσα μαζικής μεταφοράς είναι κατά 15% μεγαλύτερη, σε σχέση με την αντίστοιχη σε άλλες ευρωπαϊκές πόλεις, ενώ η μέση απόσταση μετακίνησης είναι κατά 26% μικρότερη, συγκρινόμενη με την μέση απόσταση άλλων ευρωπαϊκών πόλεων. Ο δείκτης ιδιοκτησίας ΙΧ αυτοκινήτων έχει αυξηθεί στην Ελλάδα από 170 αυτοκίνητα/1000 κατοίκους το 1990 σε 393 αυτοκίνητα/1000 κατοίκους το 2005. Σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης, που εκπόνησε το Κ.Α.Π.Ε για λογαριασμό του Υπουργείου Ανάπτυξης, ο τομέας των μεταφορών εκτιμάται ότι έχει τα μεγαλύτερα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας, που από το σενάριο εξοικονόμησης υπολογίζεται στο 36% περίπου. (Κ.Α.Π.Ε, 2009)

Σύμφωνα με το Υ.Π.Ε.Κ.Α τα οφέλη από την εισαγωγή βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών στη χώρα μας είναι:

- Βελτίωση της ποιότητας του αέρα στις αστικές περιοχές, μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και κύρια του διοξειδίου του άνθρακα.
- Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο, την εισαγόμενη ενέργεια και τις εξωγενείς ενεργειακές πηγές.
- Δημιουργία νέων ευκαιριών για βιώσιμη αγροτική ανάπτυξη, ενίσχυση της περιφερειακής ανάπτυξης και αναθέρμανση της αγροτικής οικονομίας.
- Δημιουργία μεταποιητικών και βιομηχανικών μονάδων, νέων θέσεων εργασίας και επενδυτικών ευκαιριών στον τομέα της παράγωγης βιοκαυσίμων.
- Αύξηση του ποσοστού διείσδυσης της ελληνικής προστιθέμενης αξίας στο παραγόμενο προϊόν, συναλλαγματικό όφελος και βελτίωση του ισοζυγίου εξαγωγών.
- Συμβολή στην επίτευξη των στόχων για εξοικονόμηση ενέργειας, διαφοροποίησης ενεργειακών πόρων και ασφάλειας εφοδιασμού καύσιμων (Υ.ΠΕ.Κ.Α, 2012α).

## **Βιοαιθανόλη**

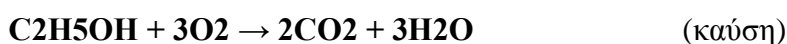
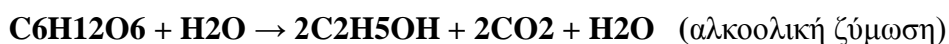
Η βιοαιθανόλη, προκύπτει από την απόσταξη μετά από ζύμωση ουσιών πλούσιων σε σάκχαρα (άμυλο) και κυτταρίνες. Θεωρητικά, η αιθανόλη είναι δυνατόν να παραχθεί από κάθε είδος φυτού που περιέχει σάκχαρα, κατά κύριο λόγο όμως προτιμώνται τα σακχαρότευτλα, το σιτάρι και το γλυκό σόργο, καθώς επίσης τα τελευταία χρόνια και κάποιες λιγνοκυτταρινούχες πρώτες ύλες όπως το άχυρο και το ξύλο. Το ποια πρώτη ύλη θα επιλεγθεί πρακτικά καθορίζεται από την αποδοτικότητα στην παραγωγή βιοαιθανόλης και τις σχετικές δαπάνες. Οι τύποι των πρώτων υλών είναι τρεις:

- Καλλιέργειες που περιέχουν άμεσα ζυμώσιμες σακχαρούχες ουσίες (χυμός του γλυκού σόργου, του ζαχαροκάλαμου).
- Καλλιέργειες που περιέχουν το άμυλο ως πηγή υδατανθράκων (καλαμπόκι, σίτος, κριθάρι).
- Καλλιέργειες και υποπροϊόντα που περιέχουν κυτταρίνη και ημικυτταρίνη ως πηγή υδατανθράκων (γιγαντιαίος κάλαμος, μίσχανθος,

λεύκα, και κυρίως τα γεωργικά υπολείμματα και τα απόβλητα).

Από αυτές η καλλιέργεια του ζαχαροκάλαμου είναι ιδιαίτερα αποδοτική καθότι ένα στρέμμα καλλιέργειας επιτρέπει την εξαγωγή 1,1 τόνων σακχάρων, συνήθως σακχαρόζης που θα μπορούσε να μετασχηματιστεί για να ληφθούν, κατά μέσον όρο, 570 λίτρα βιοαιθανόλης. Οι υπόλοιπες καλλιέργειες όπως το καλαμπόκι αδυνατούν να ανταγωνιστούν το ζαχαροκάλαμο λόγω των υψηλών εισροών που απαιτούν ενώ σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή η χρήση των κυτταρινούχων υποπροϊόντων για την παραγωγή βιοαιθανόλης αποτελεί αξιόλογη εναλλακτική λύση που θα πρέπει να διερευνηθεί καθότι δίνει λύση στο αναδυόμενο πρόβλημα «τροφήμα εναντίον καυσίμων».

Η αιθανόλη είναι ένα καύσιμο υψηλού αριθμού οκτανίων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο αύξησης του αριθμού οκτανίου της βενζίνης. Με τη ανάμιξή της με τη βενζίνη επιτυγχάνουμε επίσης τον εμπλουτισμό του καύσιμου μίγματος σε οξυγόνο, με αποτέλεσμα μια πιο ολοκληρωμένη καύση, άρα και μειωμένες εκπομπές επικίνδυνων καυσαερίων. Η αλκοολική ζύμωση για την παραγωγή βιοαιθανόλης και η καύση της βιοαιθανόλης ως καύσιμο περιγράφονται αντίστοιχα από τις παρακάτω αντιδράσεις.



Σε παγκόσμιο επίπεδο η περισσότερη βιοαιθανόλη παράγεται (κυρίως από ζαχαροκάλαμο) και καταναλώνεται στη Βραζιλία με τις ΗΠΑ να ακολουθούν (παράγουν βιοαιθανόλη κυρίως από καλαμπόκι και μελάσα). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση προτιμώνται τα σακχαρότευτλα, το σιτάρι με πρωτοπόρες χώρες τη Γαλλία και την Ισπανία. Οι κυριότερες καλλιέργειες που μπορούν στη χώρα μας να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή της είναι το κριθάρι, το σιτάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα, η πατάτα, με αμφίβολα ωστόσο οικονομικά αποτελέσματα. Αντί αυτών, προτείνεται η καλλιέργεια του γλυκού σόργου, η οποία παρουσιάζει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και για τη χώρα μας όπως η υψηλή παραγωγή βιομάζας, η υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα (κυρίως σακχαρόζη), η προσαρμοστικότητά του σε διάφορους τύπους εδαφών και συνθήκες περιβάλλοντος, οι χαμηλότερες απαιτήσεις σε νερό και η αντοχή στην ξηρασία.

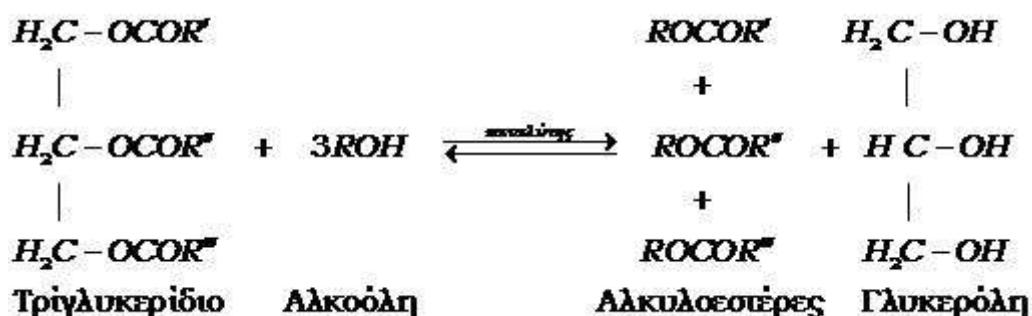


## **Βιοντίζελ (biodiesel)**

Το βιοντίζελ (biodiesel) είναι ένα εναλλακτικό υγρό καύσιμο μηχανών εσωτερικής καύσης το οποίο παράγεται από τη χημική επεξεργασία σε βιομηχανική κλίμακα κυρίως φυτικών ελαίων άλλα και ζωικών λιπών. Η ποικιλία βιολιπιδίων από την οποία μπορεί να παραχθεί βιοντίζελ είναι κυρίως (α) τα παρθένα φυτικά έλαια (β) τα απόβλητα φυτικά έλαια (γ) τα λίπη φυσικής προέλευσης (δ) μη edώδιμα έλαια.. Τα μη edώδιμα και ακατέργαστα έλαια καθώς και τα απόβλητα φυτικά λάδια είναι προτιμότερες πηγές βιοντίζελ εξαιτίας του χαμηλότερού τους κόστους. Μπορεί να αναμιχθεί με το συμβατικό diesel κίνησης ή να το υποκαταστήσει πλήρως στις μηχανές εσωτερικής καύσης και επειδή η πρώτη ύλη για την παρασκευή του είναι φυτικής ή ζωικής προέλευσης θεωρείται ανανεώσιμη εναλλακτική πηγή καυσίμου.

Είναι απλό στη χρήση, βιοδιασπώμενο, μη τοξικό και κατά την καύση του εκλύονται συνολικά μικρότερες εκπομπές ρύπων (διοξείδιο του θείου, μονοξείδιο του άνθρακα) σε σχέση με το συμβατικό diesel. Εξάλλου κατά τη δημιουργία των μηχανών diesel απο τον Dr. Rudolf Diesel, το καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το φυστικέλαιο. Η χρήση του φυτικού αυτού ελαίου ως καύσιμο παρουσίασε από τότε τα πλεονεκτήματα του σημερινού βιοντίζελ όπως, η εύκολη διάθεση, το ότι είναι ανανεώσιμο, έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο και αρωματικά συστατικά και το ότι είναι βιοδιασπώμενο. Ορισμένα όμως μειονεκτήματα που παρουσιάστηκαν κατά την καύση των φυτικών ελαίων, όπως το υψηλό ιξώδες, έδωσε το πλεονέκτημα στα ορυκτά καύσιμα. Από τότε οι πρώτες ενέργειες για τη βιομηχανική παραγωγή βιοκαυσίμου από φυτικά έλαια εμφανίζονται στις αρχές της δεκαετίας του 1980 στη Νότιο Αφρική, στην Αυστρία και στην Αμερική. Στην Ευρώπη το 1991 το πρώτο βιοντίζελ έγινε ευρέως αποδεκτό με πρώτη ύλη το έλαιο ελαιοκράμβης, το οποίο από τότε αποτελεί τη σημαντικότερη πρώτη ύλη ενώ τα τελευταία χρόνια στις νοτιότερες χώρες, λόγω καλύτερης προσαρμοστικότητας στο κλίμα και απόδοσης του ηλιάνθου, διαδόθηκε και η χρήση του ηλιελαίου.

Η μέθοδος παραγωγής βιοντίζελ που εφαρμόζεται παγκόσμια σε βιομηχανικό επίπεδο είναι αυτή της μετεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων που αποτελούν το κύριο συστατικό (ως και 98% κ.β) των φυτικών ελαίων και ζωικών λιπών.



Σχήμα 1.2: Αντίδραση Μετεστεροποίησης Τριγλυκεριδίου

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο ή σε διάφορες προσμίξεις με το γνωστό diesel. Η αναλογία των μιγμάτων και η συγκέντρωσή τους σε βιοντίζελ διεθνώς αναπαρίσταται από ένα λεκτικό του τύπου BXX, όπου XX το ποσοστό κατ'όγκο του βιοντίζελ στο μίγμα. Για παράδειγμα τα λεκτικά B2, B5, B20, B100 είναι μίγματα καύσιμων με συγκεντρώσεις 2%, 5%, 20%, και 100% κατ'όγκο βιοντίζελ αντίστοιχα.

Τα φυτικά έλαια για την παραγωγή του biodiesel προέρχονται κυρίως από ενεργειακές καλλιέργειες, είτε ετήσιες (π.χ. ελαιοκράμβη, ηλίανθος, σόγια), είτε πολυετείς, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες και την προσαρμοστικότητα στην εκάστοτε περιοχή παραγωγής. Στις βορειότερες Ευρωπαϊκές χώρες κύρια πρώτη ύλη για την παραγωγή του είναι η ελαιοκράμβη ενώ για τις νοτιότερες ο ηλίανθος. Στην Ελλάδα η παραγωγή του βιοντίζελ γινόταν παραδοσιακά από καλλιέργειες βαμβακιού άλλα ακολουθώντας τις τάσεις που αναπτύχθηκαν σε άλλες χώρες με παρόμοιο κλίμα (Ιταλία, Ισπανία), η ελληνική παραγωγή βιοντίζελ έχει στραφεί στην αξιοποίηση των ελαίων του ηλίανθου, καλλιέργεια που σύμφωνα με το Υ.ΠΕ.Κ.Α παρουσιάζει απόδοση μεγαλύτερη των 70 λίτρων βιοκαυσίμου ανά στρέμμα καλλιεργήσιμης έκτασης (πίνακας 1.3). Εξάλλου σύμφωνα με το Κ.Α.Π.Ε, οι καλλιέργειες με καλές αποδόσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην Ελλάδα ως πρώτη ύλη για βιοντίζελ με βάση την απόδοσή τους σε φυτικά έλαια, είναι, ο ηλίανθος (35-40%), η ελαιοκράμβη (30-50%), το βαμβάκι (15-20%) και η σόγια (15-20%).

**Πίνακας 1.3:** Απόδοση ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή βιοντίζελ  
(Υ.ΠΕ.Κ.Α, 2012β)

		Ηλιάνθος	Ελαιοκράμβη	Βαμβάκι	Σόγια
Κιλά σπόρου ανά στρέμμα	min	180	180	120	160
	max	350	350	160	240
Κιλά καυσίμου ανά στρέμμα	min	60	60	17	27
	max	116	116	23	41
Λίτρα καυσίμου ανά στρέμμα	min	70	70	20	32
	max	135	135	27	48
Κιλά καυσίμου ανά κιλό σπόρου		0,33	0,33	0,14	0,17
Λίτρα καυσίμου ανά κιλό σπόρου		0,39	0,39	0,17	0,20

**Πίνακας 1.4:** Παραγωγή βιοντίζελ από εγχώριες πρώτες ύλες – κατανομή 2008  
(Υ.ΠΕ.Κ.Α, 2010β)

		Απόδοση βιοντίζελ (χιλιόλιτρα)	Κατανεμημένη ποσότητα βιοντίζελ (χιλιόλιτρα)	% επί της συνολικής κατανεμημένης ποσότητας βιοντίζελ (123.000 χλτ)
Ενεργειακές καλλιέργειες (στρέμματα)	116.725	11.672	36.900	30%
Βαμβακόσπορος (κιλά)	900.000	126		
Τηγανέλαια, χρησιμοποιημένα φυτικά και ζωικά λίπη (τόνοι)	3.999	3.799	7.134	6%

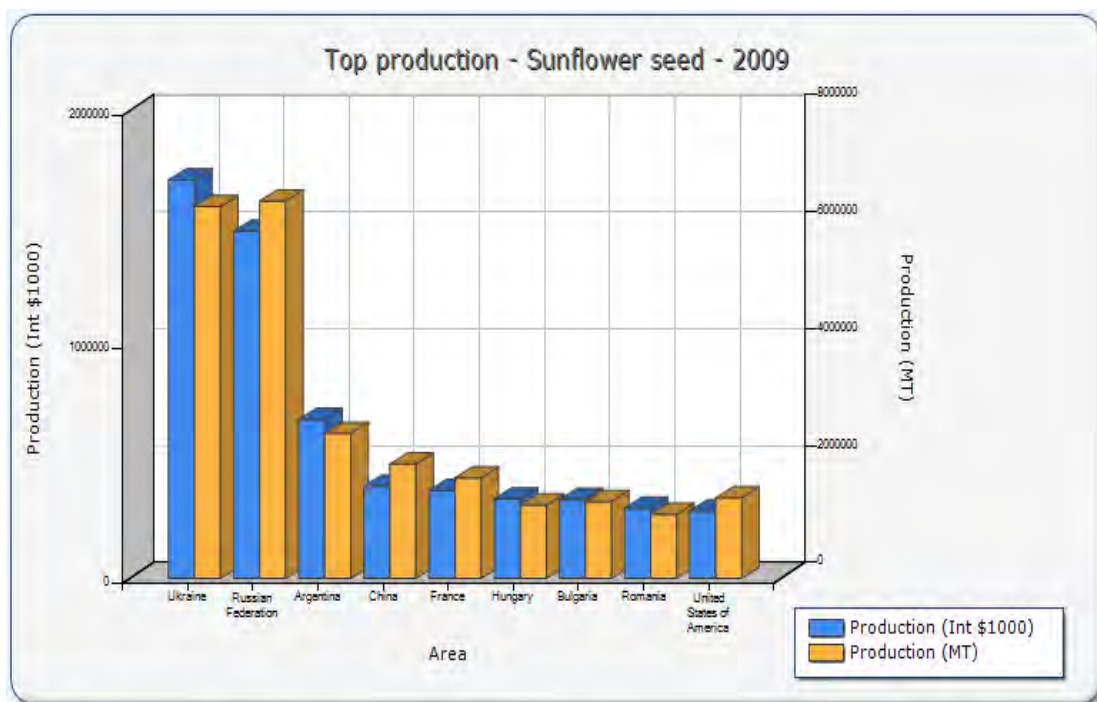
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

### Η καλλιέργεια του Ηλίανθου

#### 2.1 Γενικά

Ο ηλίανθος (*Helianthus annuus* L.) κατάγεται από τη Βόρεια Αμερική. Ήταν μάλλον ένα φυτό που καλλιεργήθηκε από ιθαγενείς των δυτικών αμερικανικών φυλών (πιθανόν το 1000 π.Χ.) και στη συνέχεια το μετέφεραν προς τα ανατολικά και τα νότια της Βόρειας Αμερικής. Οι πρώτοι Ευρωπαίοι παρατήρησαν καλλιέργειες ηλίανθου σε πολλά μέρη από το νότιο Καναδά έως το Μεξικό (Putnam et al, 1990) και από εκεί το μετέφεραν στην Ευρώπη, όπου καλλιεργούνταν κυρίως σαν καλλωπιστικό φυτό. Τον 19ο αιώνα βρέθηκε ότι το φυτό μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για παραγωγή βρώσιμου ελαίου και στις αρχές του 20ου αιώνα αποτέλεσε μια από τις κύριες καλλιέργειες στη Ρωσία. Από εκεί εξαπλώθηκε η χρήση του και ως ελαιοδοτικό φυτό, με υψηλότερες αποδόσεις σε έλαιο λόγω βελτίωσης των ποικιλιών σε όλη την Ευρώπη και στην Αμερική. Ιδιαίτερα με την ανάπτυξη των υβριδίων, τα οποία παρουσιάζονται ανθεκτικότερα στις ασθένειες, αξιοποιούν καλύτερα τα θρεπτικά στοιχεία και παρουσιάζουν αυξημένες αποδόσεις, η παγκόσμια παραγωγή σχεδόν διπλασιάστηκε.

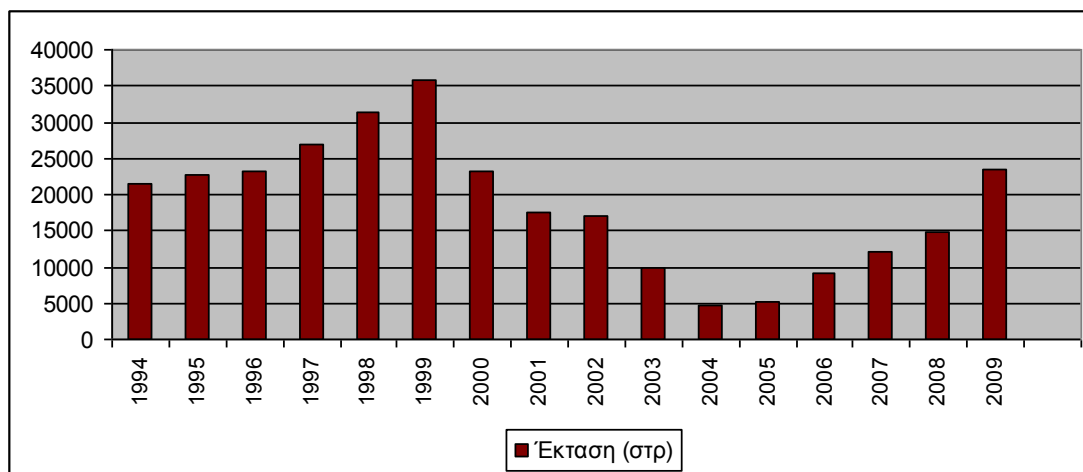
Σήμερα η καλλιέργειά του έχει εξαπλωθεί σε ολόκληρο τον κόσμο. Σύμφωνα με τον FAO, η παγκόσμια παραγωγή ελαίου κατά το 2010 εκτιμάται ότι είναι 12.629.071 τόνοι, από τους οποίους οι 2.726.647 παράγονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Παρομοίως, οι αντίστοιχες ποσότητες σε παραγωγή σπόρου για το ίδιο έτος εκτιμώνται στους 30.411.735 και 6.910.516 τόνους (FAOSTAT, 2011).



**Εικόνα 2.1:** Χώρες με την υψηλότερη παραγωγή σε σπόρο ηλίανθου το 2009 (FAOSTAT, 2009)

Στην Ελλάδα, οι περιοχές στις οποίες συναντάται η καλλιέργεια του ηλίανθου, εντοπίζονται κυρίως στο βόρειο-ανατολικό τμήμα της χώρας και ειδικότερα στις περιοχές της Θράκης (Ν. Έβρου), ενώ πιο αραιά στην κεντρική και ανατολική Μακεδονία καθώς και στη Θεσσαλία. Από στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων παρατηρείται μια αυξομείωση όσον αφορά την καλλιέργεια του ηλίανθου στον ελλαδικό χώρο (περίοδος 1961-1998). Την περίοδο 1983 - 1989 υπάρχει ένα έντονο ενδιαφέρον από την πλευρά των παραγωγών το οποίο με τον καιρό φθίνει, ενώ από το 1994 και ύστερα τόσο οι καλλιεργούμενες εκτάσεις όσο και η παραγωγή ακολουθούν μια σχετικά σταθερή ανοδική πορεία μέχρι το 2009 (διάγραμμα 2.1). Η παραπάνω εξέλιξη στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις στη χώρα μας συμφωνούν με τα στοιχεία που προκύπτουν από τον FAO. Η αναζωπύρωση αυτή του ενδιαφέροντος ίσως οφείλεται στην χρησιμότητα του φυτού για την παραγωγή βιοντίζελ και την ενίσχυση προς τους καλλιεργητές. Με τον ΚΑΝ. (ΕΚ) 1782/2003 του Συμβουλίου και τον ΚΑΝ. (ΕΚ) 1973/ 2004 της Επιτροπής είχαν καθορισθεί οι όροι χορήγησης της ειδικής στρεμματικής ενίσχυσης για τις ενεργειακές καλλιέργειες. Οι δύο αυτοί κανονισμοί αντικαταστάθηκαν μετέπειτα από δύο νέους, τους ΚΑΝ. (ΕΚ) 73/2009 του Συμβουλίου και τον ΚΑΝ. (ΕΚ) 1121/2009 της Επιτροπής.

Κατά τα έτη 2010 και 2011 το ενδιαφέρον των παραγωγών για την καλλιέργεια του ηλίανθου παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένο. Η έκταση των ενεργειακών καλλιεργειών υπολογίζεται περίπου στα 730.000 στρέμματα για το έτος 2010, σύμφωνα με τους τελευταίους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν μέσω του Ολοκληρωμένου Συστήματος Διαχείρισης Επιδοτήσεων ΟΣΔΕ, ενώ στον ΟΠΕΚΕΠΕ εκτιμούν ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες αφορούν κατά κύριο λόγο τον ηλίανθο, δευτερευόντως την ελαιοκράμβη, λίγες εκτάσεις καλλιεργούνται με σόγια και ελάχιστες με ατρακτυλίδα. (Ξένος, 2011). Η τάση αυτή και τα αδιέξοδα των παραδοσιακών καλλιεργειών στο Θεσσαλικό κάμπο δεν άφησε αδιάφορους τους παραγωγούς. Έτσι στο νομό Λάρισας η καλλιέργεια του Ηλίανθου για το 2011 γνώρισε σημαντική αύξηση, με συγκέντρωση στις περιοχές του δέλτα του Πηνειού στο δήμο Τεμπών και στα Φάρσαλα. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται από τα στοιχεία της Διεύθυνσης Αγροτικής Ανάπτυξης και Οικονομίας της Περιφερειακής Ενότητας Λάρισας: Φέτος υπογράφηκαν 274 συμβάσεις για 8.284 στρέμματα, ενώ πέρυσι είχαν υπογραφεί 112 συμβάσεις για 3280 στρ. Η παραγωγή το 2009 ανήλθε κατά μέσο όρο 378 κιλά ανά στρέμμα ενώ για το 2010 στα 314 κιλά ανά στρέμμα (Ρούστας, 2011).



**Διάγραμμα 2.1:** Εξέλιξη καλλιεργήσιμης έκτασης ηλίανθου στην Ελλάδα από το 2004 έως το 2009 (πηγή πρωτογενών δεδομένων: FAOSTAT)

Ο ηλίανθος αποτελεί φυτό με μεγάλη προσαρμοστικότητα, έχει χαμηλές απαιτήσεις σε καλλιεργητικές φροντίδες, η καλλιέργειά του είναι μηχανοποιημένη, αξιοποιούνται όλα τα μέρη του φυτού και το έλαιο που παράγεται από τους σπόρους του είναι υψηλής ποιότητας. Το ηλιέλαιο είναι ένα από τα πρώτα φυτικά έλαια σε κατανάλωση παγκοσμίως και οι χρήσεις του είναι πολλές. Είναι πλούσιο σε

πολυακόρεστα και μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και θεωρείται καλής ποιότητας έλαιο για βρώση. Η μεγάλη του σταθερότητα και η αντοχή του στις οξειδώσεις και την υποβάθμιση, έχουν επιτρέψει την ευρεία χρήση του για το τηγάνισμα τροφίμων, ιδιαίτερα σε αλυσίδες γρήγορου φαγητού. Επιπλέον, το έλαιο του ηλίανθου χρησιμοποιείται για την παρασκευή μαργαρίνης και μετά από επεξεργασία σε συνδυασμό με λιναρόσπορο και άλλα ξηρά έλαια χρησιμοποιείται στη βιομηχανία για την παραγωγή βαφών και βερνικιών καθώς επίσης και στη σαπωνοποιεία και τη βιομηχανία λιπαντικών.

Η πούλπα που απομένει μετά την αφαίρεση του ελαίου από τον σπόρο του ηλίανθου, αποτελεί μια υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη ζωοτροφή, ενώ ο ίδιος ο σπόρος αποτελεί το γνωστό σε όλους μας πασατέμπο. Οι φλοιοί των σπόρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή αλκοόλης και στυπόχαρτου, ενώ ο βλαστός του φυτού, εκτός από τη χρήση του ως ενσίρωμα στα ζώα σε δροσερά κλίματα που ευνοούν την μεγάλη ανάπτυξή του, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραχθούν κλωστικές ίνες, χαρτί ποιότητας, ακόμα και ελαστικά ή σλάϊντς μικροσκοπίου.

Ο ηλίανθος δίνει δύο τύπους σπόρων, τους μεγάλους που προορίζονται για άμεση edώδιμη κατανάλωση και τους μικρούς που είναι κατάλληλοι για εξαγωγή ελαίου (Αυγουλάς κ.α, 2000). Τα σημαντικότερα ακόρεστα οξέα που περιέχει το έλαιό του είναι το ελαϊκό οξύ και το λινολενικό οξύ. Σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα τροφίμων που προσδιορίζονται στον Codex Alimentarius, το έλαιο του ηλίανθου με βάση τη σύστασή του σε ελαϊκό οξύ διακρίνεται σε συμβατικό, με περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ 14-39%, mid-oleic με περιεκτικότητα 42-72% και σε high-oleic με περιεκτικότητα 75-91%.

Έχει υπολογιστεί ότι το έλαιο του ηλίανθου για να χρησιμοποιηθεί σαν βιοκαύσιμο, πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 40% ελαϊκό οξύ. Έτσι, για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι κατάλληλα τα mid-oleic και τα high-oleic υβρίδια (Pereyra-Irujo et al, 2009).

## **2.2 Μορφολογία – Φυσιολογία του φυτού**

Ο καλλιεργούμενος ηλίανθος (*Helianthus annuus* L.) ανήκει στην οικογένεια

Asteraceae της τάξης Asterales. Έχει αριθμό χρωμοσωμάτων  $x = 17$ ,  $2x = 34$  και πολλαπλασιάζεται με σπέρματα. Από τα υπόλοιπα πολλά είδη που υπάρχουν, τα κυριότερα είναι τα *Helianthus tuberosus* του οποίου οι βολβοί είναι εδώδιμοι και τα *Helianthus argophyllous*, *Helianthus debilis*, *Helianthus decapetalus*, *Helianthus maximiliani* και *Helianthus saliafolius* που καλλιεργούνται ως καλλωπιστικά.

Είναι φυτό εύρωστο, που το ύψος του σε πολλές ποικιλίες περνάει τα 2 μέτρα. Είναι σε όλους μας δε γνωστή η εντυπωσιακή του ταξιανθία, η οποία ακολουθεί την ημερήσια πορεία του ήλιου μέχρι την άνθηση (ηλιοτροπισμός), περιστρεφόμενη πάνω στον κύριο βλαστό.

Το ριζικό σύστημα του ηλίανθου είναι πασσαλώδες και προχωράει βαθιά στο χώμα. Ειδικά στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του φυτού η ρίζα αναπτύσσεται ταχύτερα από το βλαστό και διακλαδίζεται σε πολλές πλάγιες δευτερογενείς ρίζες, προκειμένου να εκμεταλλευτεί μεγάλο όγκο εδάφους. Το βάθος του ριζικού συστήματος μπορεί να φθάσει τα 150-270 cm, αλλά η ανάπτυξη του γίνεται σε βάθος κάτω από τα 15 cm αφήνοντας έτσι το επιφανειακό στρώμα εδάφους ανεκμετάλλευτο (Ξανθόπουλος, 1993) ενώ χαρακτηριστική είναι η μικρή της διεισδυτικότητα όταν συναντήσει σκληρό στρώμα εδάφους.

Ο καλλιεργούμενος ηλίανθος είναι κατά κανόνα μονοστέλεχος. Τα επιπλέον στελέχη είναι ανεπιθύμητα, γιατί μειώνουν την ποσότητα και ποιότητα του σπόρου και επιπλέον δεν επιτρέπουν την ομοιόμορφη ωρίμανσή του. Ο βλαστός είναι ποώδης, κυλινδρικός, καλύπτεται από τριχίδια και εσωτερικά περιέχει σε υψηλό ποσοστό εντεριώνη. Το ύψος του και η διάμετρος βάσης εξαρτώνται από την ποικιλία, το περιβάλλον (θερμοκρασία, γονιμότητα εδάφους) και τις καλλιεργητικές τεχνικές (πυκνότητα σποράς, άρδευση, λίπανση, κλπ.). Συνήθως σε ελαιοδοτικές ποικιλίες κυμαίνεται από 0,8- 2,5m, σε βρώσιμες περισσότερο και αποκτά το μέγιστο ύψος του περίπου στη μέση του βιολογικού του κύκλου. Στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης, ο βλαστός είναι ευθύς, ενώ αργότερα στις περισσότερες περιπτώσεις κάμπτεται μαζί με την ταξιανθία. Η κάμψη γίνεται σε ορισμένο ύψος του στελέχους, γεγονός που επηρεάζει την τελική γωνία κλίσης της ταξιανθίας του φυτού. Η κλίση αυτή επηρεάζει με τη σειρά της τις απώλειες σε σπόρο από τα πουλιά, την αποξήρανση του σπόρου άλλα και τη συγκομιδή.

Τα φύλλα είναι έμμισχα, πλατειά, ωσειδή, συνήθως οδοντωτά ή πριονωτά και οξύληκτα. Ο αριθμός τους κυμαίνεται συνήθως σε 20 με 30 ανά φυτό (ανάλογα και με το ύψος του φυτού) και φέρουν πολλές νευρώσεις. Η έκπτυξη των πρώτων πέντε



ζευγαριών γίνεται αντίθετα, ενώ στα επόμενα γίνεται κυλινδρικά. Τα φύλλα που αντιστοιχούν στον 8ο έως 20ο κόμβο είναι συνήθως τα μεγαλύτερα (αντιπροσωπεύουν το 60-70% της συνολικής φυλλικής επιφάνειας) και παίζουν σημαντικό ρόλο στην συγκέντρωση λιπαρών ουσιών στο σπόρο. Η διάρκεια ζωής των φύλλων μετά την άνθιση κυμαίνεται από 30-90 ημέρες και εξαρτάται από την θερμοκρασία και την διαθεσιμότητα νερού (Ξανθόπουλος 1993). Το μέγεθος, η κατάσταση και ο χρόνος διατήρησης της φυλλικής επιφάνειας είναι μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους που επηρεάζουν την παραγωγή και την ποιότητά της, ειδικότερα με την καλλιέργεια των υβριδίων. Εκτός από τα κανονικά φύλλα ο ηλίανθος έχει και δύο ειδών βράκτια φύλλα που είναι στο πίσω μέρος της ταξιανθίας και περιβάλλουν το άνθος.

Ο καλλιεργούμενος ηλίανθος φέρει κατά κανόνα μία, επάκρια ταξιανθία με διάμετρο από λίγα εκατοστά μέχρι περίπου μισό μέτρο. Είναι κεφαλή σε σχήμα δίσκου, με πολυάριθμα άνθη (700 έως 4.000), ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από την ποικιλία, περιβαλλοντικούς παράγοντες (κυρίως θερμοκρασία) και τις καλλιεργητικές φροντίδες (νερό, λίπασμα). Τα άνθη της διατάσσονται σε ομόκεντρα τόξα και το καθένα περιβάλλεται από ένα βράκτιο. Έχουν έναν κάλυκα με δύο σέπαλα, πέντε πέταλα ενωμένα σε σωλήνα ενώ οι πέντε στήμονες που ξεκινούν από τη βάση της στεφάνης είναι ελεύθεροι στη βάση και ενωμένοι στην κορυφή. Ο στύλος τους καταλήγει σε δισχιδές στίγμα. Περιφερειακά της κεφαλής και πάνω στο δίσκο υπάρχουν περίπου 40 με 80 άγονα άνθη, που φέρουν ένα γλωσσοειδές κίτρινο πέταλο, με κύριο σκοπό την προσέλκυση των εντόμων. Τα εσωτερικά άνθη λοιπόν επί της κεφαλής είναι τέλεια, πρώτανδρα και υπέργυνα και ως εκ τούτου σταυρογονιμοποιούνται με τη δράση των εντόμων. Οι ηλίανθοι του εμπορίου (υβρίδια) έχουν άνθη αυτογονιμοποιούμενα, δηλαδή δεν χρειάζονται έντομο για τη γονιμοποίηση. Τα υβρίδια αντικατέστησαν τις ποικιλίες ελεύθερης γονιμοποίησης γιατί παρέχουν αυξημένη παραγωγή, αντίσταση στα ζιζάνια, ομοιομορφία, ποιότητα μίσχου και αυτοσυμβατότητα. Η ανθοφορία αρχίζει από τα περιφερειακά, συνεχίζεται προς το κέντρο και ανάλογα με τη θερμοκρασίες που επικρατούν καθορίζεται η ολοκλήρωση της άνθησης σε μία ταξιανθία. Υψηλές θερμοκρασίες την επιταχύνουν ενώ χαμηλές την επιβραδύνουν. Με την ολοκλήρωση της ανθοφορίας πέφτουν τα περιφερειακά άγονα κίτρινα άνθη (Δαναλάτος, 2008). Στην Ελλάδα η άνθιση του ηλίανθου αρχίζει και τελειώνει συνήθως μέσα στον μήνα Ιούνιο και διαρκεί 10-15 ημέρες (Ξανθόπουλος 1993).

Χαρακτηριστικό στον ηλίανθο είναι το φαινόμενο του ηλιοτροπισμού κατά το οποίο, τα νεαρά φύλλα του ηλίανθου και οι αναπτυσσόμενες ταξιανθίες ακολουθούν την πορεία του ηλίου μέχρι το τέλος της άνθησης. Ο ηλιοτροπισμός συντελεί στην αύξηση της φωτοσύνθεσης στην μονάδα του χρόνου (10–30% ανάλογα με την κατανομή των φύλλων) (Δαναλάτος, 2008).

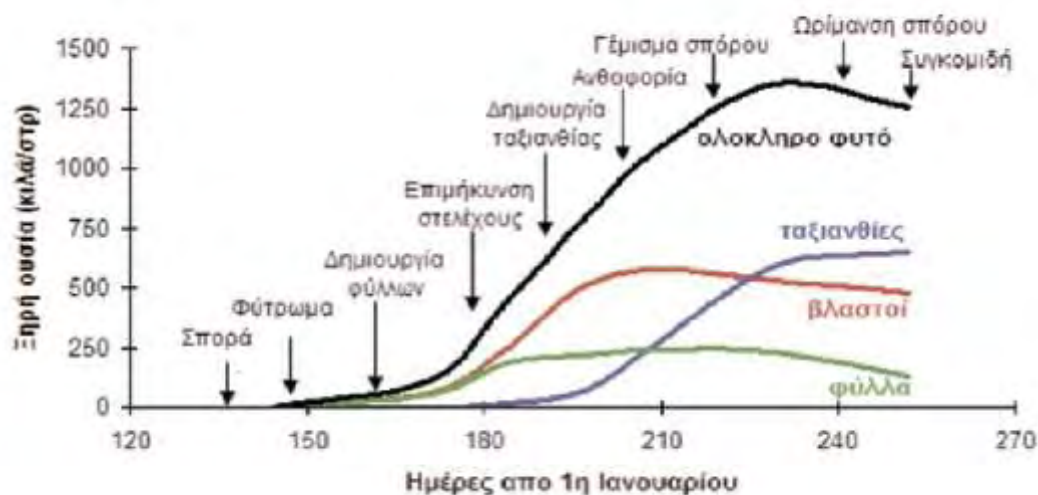
Ο σπόρος είναι αχαίνιο. Έχει συνήθως χρώμα μαύρο έως γκριζο, το δε βάρος 1.000 σπόρων ποικίλει από 40 έως 90 γραμμάρια. Το σχήμα μπορεί να είναι επίμηκες, ωοειδές και η διατομή του από στενόμακρη έως στρογγυλή (Δαναλάτος, 2008). Οι σπόροι των ποικιλιών για λάδι είναι συνήθως πιο μικροί, πιο στρογγυλοί και συμπαγείς (Αυγουλάς, 2008)

## 2.3 Φαινολογικά στάδια – Ανάπτυξη

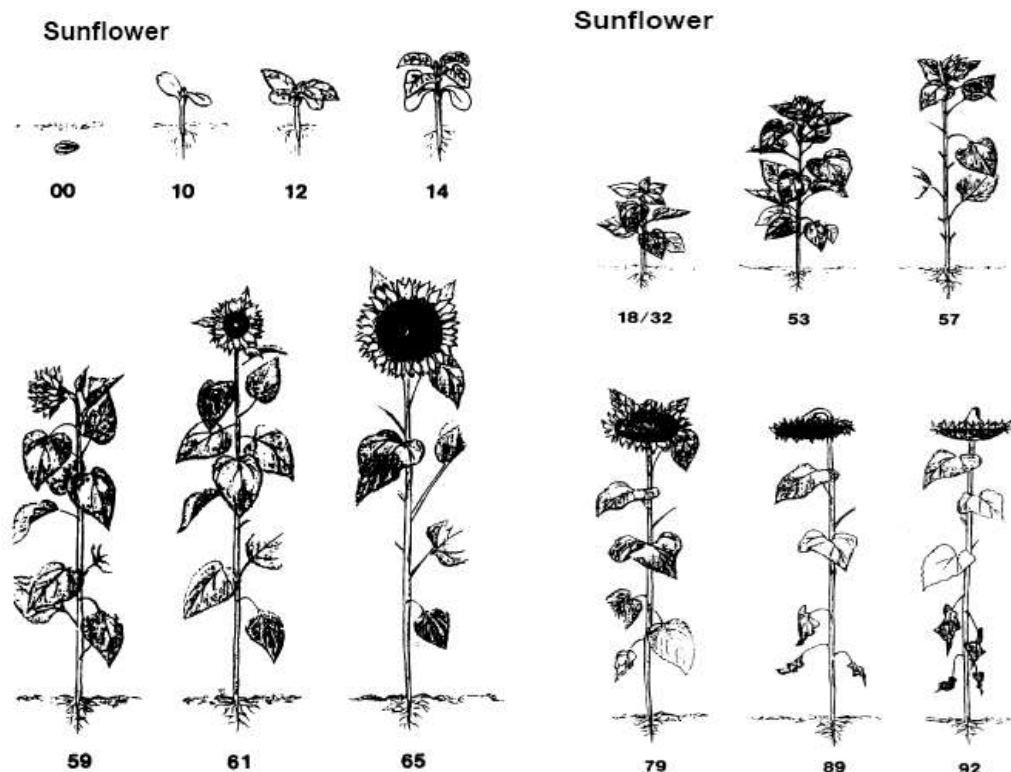
Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των κυριότερων μορφολογικών μεταβολών του φυτού, χαρακτηρίζει τα φαινολογικά του στάδια και εξαρτάται από το γονότυπο και τις συνθήκες καλλιέργειας. Το στάδιο στο οποίο βρίσκεται η καλλιέργεια καθορίζεται από το στάδιο που βρίσκεται το 50% των φυτών της (Ξανθόπουλος, 1993). Η φαινολογία του φυτού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως κλιματικούς (κυρίως θερμοκρασίας), γονοτυπικούς και καλλιεργητικούς (π.χ. εποχή σποράς). Κατά μέσο όρο απαιτούνται 6–10 ημέρες από τη σπορά έως το φύτευμα, 30–40 ημέρες από το φύτευμα έως την εμφάνιση της ταξιανθίας, 20 – 30 ημέρες από την εμφάνιση ταξιανθίας έως την έναρξη της ανθοφορίας, 7–12 ημέρες από την έναρξη έως την λήξη της ανθοφορίας και τέλος άλλες 30 ημέρες από τη λήξη της ανθοφορίας έως τη φυσιολογική ωρίμανση (Δαναλάτος, 2008). Σύμφωνα με τη διεθνή κατάταξη σε κατηγορίες κατά BBCH, περιγράφονται τα στάδια ανάπτυξης των μονοκοτυλήδων και δικοτυλήδων φυτών. Το σύνολο του αναπτυξιακού κύκλου των φυτών υποδιαιρείται σε δέκα σαφώς αναγνωρίσιμες, διακριτές και μακροχρόνιες αναπτυξιακές φάσεις. Αυτά τα κύρια στάδια ανάπτυξης περιγράφονται με (κωδικούς) αριθμούς από το 0 έως 9, σε αύξουσα σειρά. Ο διψήφιος κωδικός είναι μια κλίμακα η οποία προσφέρει τη δυνατότητα καθορισμού με μεγαλύτερη ακρίβεια όλων των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης για την πλειονότητα των φυτικών ειδών (BBCH Monograph, 2001).

**Πίνακας 2.1:** Φαινολογικά στάδια Ηλίανθου και κλειδιά αναγνώρισης κατά BBCH (Δαναλάτος, 2008)

Κωδικός	Περιγραφή Φαινολογικού σταδίου
00-09	Βλάστηση σπόρου (ξεκινά από τη σπορά και ολοκληρώνεται στο στάδιο της κοτυληδόνας)
10-19	Δημιουργία φύλλων (ολοκληρώνεται με την έκφυση 9 ή περισσότερων φύλλων στο στέλεχος)
30-39	Επιμήκυνση στελέχους (ολοκληρώνεται με τη δημιουργία τουλάχιστον 9 μεσογονάτιων διαστημάτων)
50-59	Δημιουργία ταξιανθίας (ολοκληρώνεται με την εμφάνιση κίτρινων ανθέων στην κλειστή ταξιανθία)
60-69	Ανθοφορία (ολοκληρώνεται με την πτώση των περιφερειακών κίτρινων ανθέων της ταξιανθίας)
70-79	Γέμισμα σπόρου (ολοκληρώνεται όταν το 75% των σπόρων έχουν φθάσει στο τελικό τους μέγεθος)
80-89	Ωρίμανση σπόρου (ολοκληρώνεται όταν το πίσω μέρος της ταξιανθίας έχει καστανό χρώμα. Υγρασία σπόρων 20%)
90-99	Συγκομιδή προϊόντος



**Διάγραμμα 2.2:** Τυπικό παράδειγμα δυναμικού παραγωγής και κατανομής της ξηρής ουσίας καλλιέργειας ηλίανθου στο χρόνο. Κατά τη συγκομιδή ο σπόρος αποτελεί το 65–75% των ταξιανθιών (κεφαλών). Με βέλη απεικονίζονται τα φαινολογικά στάδια του φυτού. Δεδομένα από πειρατικό αγρό ηλίανθου στον Παλαμά– Καρδίτσας το έτος 2006. (Δαναλάτος, 2008)



**Εικόνα 2.2:** Χαρακτηριστικά φαινολογικά στάδια ηλίανθου κατά BBCH (BBCH Monograph, 2001)

## 2.4 Οικολογικές απαιτήσεις

Ο ουσιαστικότερος περιβαλλοντικός παράγοντας για την εξέλιξη της καλλιέργειας του ηλίανθου είναι η θερμοκρασία. Για να φυτρώσουν οι σπόροι απαιτείται θερμοκρασία πάνω από  $4^{\circ}\text{C}$ , άλλα στις περιπτώσεις όπου αυτή είναι μεγαλύτερη και μέχρι τους  $15^{\circ}\text{C}$  η ταχύτητα ανάπτυξης στα αρχικά στάδια αυξάνει σημαντικά. Τα νεαρά φυτά ωστόσο, από το φύτεμα μέχρι και το στάδιο των 2 μόνιμων φύλλων είναι ανθεκτικότερα στην χαμηλή θερμοκρασία (έως και  $-5^{\circ}\text{C}$ ) ενώ όσο μεγαλώνουν γίνονται πιο ευαίσθητα. Έτσι για παράδειγμα θερμοκρασίες κοντά στους  $0^{\circ}\text{C}$  μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές στο στάδιο των 8-10 φύλλων. Σε χαμηλότερα επίπεδα θερμοκρασιών (π.χ.  $20^{\circ}\text{C}$ ) η ανάπτυξη του φυτού επιμηκώνεται, ενώ σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (π.χ.  $> 35^{\circ}\text{C}$ ), η ανάπτυξη επιταχύνεται με αναπόφευκτη τη μείωση της απόδοσης. Σημαντική επίδραση στην παραγωγικότητα του ηλίανθου έχουν και οι θερμοκρασίες της νύχτας, καθώς σε

υψηλές νυχτερινές θερμοκρασίες (>25° C) η αναπνοή αυξάνεται δραματικά με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής. Συνοψίζοντας, υψηλές αποδόσεις ηλίανθου επιτυγχάνονται κάτω από θερμοκρασίες ημέρας 25 – 30°C και νύχτας 15 – 20°C (Δαναλάτος, 2008). Η θερμοκρασία επίσης θεωρείται ότι ευθύνεται για ορισμένες αλλαγές στην περιεκτικότητα των σπόρων σε ελαϊκό και λινελαϊκό οξύ κατά την περίοδο ωρίμανσης των σπόρων. Χαμηλές θερμοκρασίες ευνοούν τον σχηματισμό λινελαϊκού οξέως, ενώ υψηλές το σχηματισμό ελαιικού οξέως.

Οι απαιτήσεις της καλλιέργειας σε φως είναι υψηλές. Παρότι είναι C3 φυτό, σε υψηλές εντάσεις ακτινοβολίας (>550 W/m<sup>2</sup>) παρουσιάζει υψηλότερους ρυθμούς δέσμευσης CO<sub>2</sub> από ότι άλλα C3 φυτά, ενώ ο μειωμένος φωτισμός επιδρά αρνητικά στην απόδοση.

Σε αντίθεση με την ικανότητα του ηλίανθου να αξιοποιεί την υψηλή ένταση φωτός, η ικανότητα αξιοποίησης του νερού είναι μάλλον χαμηλή. Προκειμένου να παραχθεί ένα κιλό ξηρής ουσίας ανά στρέμμα χρειάζεται αρκετά περισσότερο νερό από ότι άλλα φυτά π.χ. σιτηρά, αγριαγκινάρα, σόργο (Δαναλάτος, 2008). Βέβαια το γεγονός αυτό αντισταθμίζεται από το πλούσιο ριζικό σύστημα του φυτού ώστε να προμηθεύεται την απαραίτητη ποσότητα νερού, άλλα ίσως ευθύνεται και για την ευαισθησία του στην ξηρασία. Χαρακτηριστικότερο σύμπτωμα της έλλειψης νερού είναι η μάρανση των φύλλων, γεγονός που επιδρά και στην παραγωγή λόγω μείωσης της φωτοσύνθεσης. Η κρίσιμη περίοδος για επάρκεια υγρασίας στον αγρό είναι περίπου 20 ημέρες πριν έως 20 ημέρες μετά την ανθοφορία. Έλλειψη υγρασίας αυτήν την περίοδο αποφέρει μείωση παραγωγής έως και 70% (Δαναλάτος, 2008). Εκτός από την άρδευση για την αντιμετώπιση της προαναφερθείσας αδυναμίας του φυτού συνίσταται η κατά το δυνατόν πρόωμη σπορά.

Η καλλιέργεια αυτή προσαρμόζεται σε πολλούς τύπους εδαφών, άλλα προτιμά και αναπτύσσεται ευκολότερα σε ελαφρά και με καλή αποστράγγιση καθότι το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται ευκολότερα και η ευαισθησία στην ασφυξία των ριζών λόγω κατακράτησης νερού στο χωράφι αποφεύγεται. Βέλτιστες τιμές για το PH του εδάφους θεωρούνται από 6 έως 7,2, ενώ ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην αζωτούχο λίπανση σε γόνιμα εδάφη λόγω του αυξημένου κινδύνου για πλάγιασμα των φυτών.

## 2.5 Καλλιεργητικές φροντίδες – επίδραση της άρδευσης

### Σπορά

Σημαντικό ρόλο για την αύξηση των αποδόσεων, τόσο σε σπόρο όσο και σε βιομάζα παίζει τόσο η προετοιμασία του αγρού όσο και ο χρόνος σποράς. Η προετοιμασία της σποροκλίνης θα πρέπει να είναι επιμελημένη, με ιδιαίτερη έμφαση στη διατήρηση της υγρασίας καθότι ο σπόρος του ηλίανθου, ως ελαιούχος σπόρος, έχει ανάγκη από αρκετή υγρασία για να φυτρώσει. Η ιδανικότερη διαδικασία που μπορεί να ακολουθηθεί στη χώρα μας σε γενικές γραμμές ξεκινάει με το φθινοπωρινό όργωμα, ώστε να ενσωματωθούν τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας (εκτός αν απαιτείται στελεχοκοπή προηγουμένως), να διατηρηθεί η υγρασία και να βελτιωθεί ο αερισμός. Σε εδάφη με αδιαπέραστο υπεδάφιο ορίζοντα, καλό είναι να προηγείται υπεδαφοκαλλιεργητής, λόγω της αδυναμίας των ριζών του φυτού να διεισδύσουν σε σκληρά στρώματα εδάφους. Στη συνέχεια, μετά την επίδραση της βροχής ή του παγετού το χειμώνα, ενδείκνυται η κατεργασία με καλλιεργητή ή δισκοσβάρνα ώστε να ετοιμαστεί κατάλληλα το έδαφος για τη σπορά αφού εφαρμοστεί η λίπανση και τα προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα. Η σπορά και ειδικότερα ο χρόνος που θα πραγματοποιηθεί αποτελούν έναν από τους καθοριστικότερους παράγοντες για την επιτυχία της καλλιέργειας. Έχει αποδειχθεί ότι η ημερομηνία σποράς μπορεί να έχει μεγαλύτερη επίδραση στην απόδοση, την ποιότητα των παραγόμενων σπόρων (Jasso de Rodriguez et al, 2002). Στη χώρα μας, δεδομένων των ξηροθερμικών συνθηκών που επικρατούν το καλοκαίρι, καλό είναι η σπορά του ηλίανθου να ξεκινάει όσο το δυνατόν νωρίτερα την άνοιξη. Με την πρόιμη σπορά αυξάνονται οι διαθέσιμες ημέρες για αύξηση-ανάπτυξη της καλλιέργειας με θετική συνεισφορά στην αύξηση της απόδοσης (120–140 ημέρες) (Δαναλάτος, 2008). Συντόμευση του σταδίου αύξησης μειώνει την τελική βιομάζα αφού μειώνεται το ποσοστό της δεσμευμένης ακτινοβολίας (De la Vega, Hall 2002a,b), ενώ θεωρείται ότι πρωϊμότερες σπορές δίδουν σημαντική αύξηση στη διάρκεια ζωής των φύλλων (Barros et al, 2003) και στον αριθμό των φύλλων (Ferreira, Abreu, 2001). Η εποχή σποράς συνδέεται επίσης με την περιεκτικότητα σε έλαιο και σύμφωνα με τους Fragella et al. (2002) σημειώθηκε αύξηση στη συγκέντρωση του λινολεϊκού και μείωση στη συγκέντρωση του ελαϊκού με την καθυστέρηση του γεμίσματος σε σπόρο. Ειδικότερα για τις ξηρικές καλλιέργειες η αξιοποίηση των βροχοπτώσεων της

άνοιξης που διασφαλίζονται με πιο πρώιμες σπορές, αποτελούν καθοριστικής σημασίας παράγοντα για την επιτυχία της καλλιέργειας.

Η σπορά γίνεται γραμμικά με πνευματικές μηχανές αραβοσίτου ή ζαχαροτεύτλων μετά από μικρή τροποποίηση και το βάθος σποράς κυμαίνεται από 3-10 cm, ανάλογα με την υγρασία, την κατάσταση του εδάφους καθώς και το μέγεθος του σπόρου. Σπόροι που σπέρνονται σε βάθος 3 cm περίπου φυτρώνουν γρηγορότερα και πιο ομοιόμορφα, γεγονός που είναι ιδιαίτερα επιθυμητό λόγω της ομοιομορφίας και στην ωρίμανση του σπόρου. Σε ότι αφορά στην πυκνότητα των φυτών, οι συνθήκες αποστάσεις είναι 75cm μεταξύ και 20-22cm επί της γραμμής σποράς για γόνιμα και αρδευόμενα εδάφη, ενώ σε πιο φτωχά και αδύνατα εδάφη όπου επικρατούν ξηρές συνθήκες η απόσταση επί της γραμμής αυξάνει στα 25cm. Σύμφωνα με πρόσφατα πειραματικά δεδομένα υπό ελληνικές συνθήκες, σε γόνιμα, επαρκώς αρδευόμενα χωράφια, η πυκνότητα θα πρέπει να είναι 6,6-7,4 φυτά/m<sup>2</sup>, για μεγιστοποίηση των αποδόσεων, ενώ σε μετρίως γόνιμα εδάφη με λιγότερη άρδευση προτιμούνται πληθυσμοί 3-5 φυτά/m<sup>2</sup> για καλύτερη διαχείριση των θρεπτικών ουσιών (Δαναλάτος, 2008).

### **Λίπανση**

Η λίπανση μπορεί να εφαρμοστεί είτε με λιπασματοδιανομέα κατά την προετοιμασία είτε με τη σπαρτική μηχανή γραμμικά κατά τη σπορά. Αποτελεσματικότερη μέθοδος λίπανσης είναι να εφαρμόζεται το σύνολο της ποσότητας των λιπασμάτων φωσφόρου και καλίου και μια ποσότητα από τα άζωτούχα (30% περίπου) μέχρι και την σπορά και τα υπόλοιπα αργότερα επιφανειακά, είτε γραμμικά είτε μέσω του συστήματος άρδευσης (στάγδην), ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες των διαφόρων βλαστικών σταδίων και να αποφεύγεται η έκπλυση. Εκτιμάται ότι από 300κιλά/στρ. συγκομισμένου ηλιόσπορου αφαιρούνται από τον αγρό περί τα 10,5 κιλά άζωτου (N), 1.3 κιλά φωσφόρου (ή 6 κιλά πεντοξειδίου του φωσφόρου, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) και 2.2 κιλά καλίου (ή αλλιώς 5.3 κιλά οξειδίου του καλίου K<sub>2</sub>O). Για μεγαλύτερες αποδόσεις η απορρόφηση θρεπτικών αυξάνεται αναλογικά (Δαναλάτος, 2008). Συνεπώς η λίπανση που θα δώσουμε θα πρέπει τουλάχιστον να ανταποκρίνεται στις ποσότητες αυτές (συνυπολογίζοντας πάντα και την γονιμότητα του εδάφους). Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο χρόνο και στην ποσότητα λίπανσης με άζωτο, διότι η βλαστική αύξηση που προκαλεί αφενός

δημιουργεί κίνδυνο πλαγιάσματος των φυτών και αφετέρου επιδρά αρνητικά στη συγκέντρωση ελαίου στο σπόρο.

### **Ζιζανιοκτονία**

Η ζιζανιοκτονία γίνεται είτε χημικά, με την εφαρμογή προφυτρωτικών ή μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων, είτε μηχανικά με σκαλιστήρι και μέχρι τα φυτά να αποκτήσουν ύψος που να επιτρέπει την εργασία αυτή. Ο ηλίανθος αυξάνει αργά τις δύο πρώτες εβδομάδες μετά το φύτευμα και τα ζιζάνια που θα φυτρώσουν κατά την ευαίσθητη αυτή περίοδο ανταγωνίζονται κατά πολύ την καλλιέργεια, περισσότερο από εκείνα που φυτρώνουν μετά (Δαναλάτος, 2008). Από εκεί και έπειτα η καλλιέργεια είναι αρκετά ανταγωνιστική και δεν επιτρέπει εύκολα την ανάπτυξή τους.

### **Συγκομιδή**

Η συγκομιδή του ηλίανθου μπορεί να ξεκινήσει με γνώμονα τη φυσιολογική ωρίμανση, η οποία προσδιορίζεται από την αλλαγή χρώματος στην πίσω επιφάνεια της κεφαλής (από πρασινοκίτρινο σε καφετί). Ωστόσο το στάδιο αυτό δεν ενδείκνυται για συγκομιδή λόγω του ότι η υγρασία του σπόρου είναι ακόμα υψηλή. Ο ώριμος σπόρος έχει υγρασία περίπου 9% αλλά αν η συγκομιδή πραγματοποιηθεί τότε θα υπάρχουν μεγάλες απώλειες από το τίναγμα. Ουσιαστικά λοιπόν η συγκομιδή θα πρέπει να γίνεται όταν η υγρασία του σπόρου κυμαίνεται 15-20% και τα φύλλα είναι ξερά και παραμένουν στο βλαστό, ο οποίος έχει χρώμα κίτρινο προς καστανό (Δαναλάτος, 2008). Ο αλωνισμός πραγματοποιείται με τις συμβατικές αλωνιστικές μηχανές με κατάλληλες τροποποιήσεις στο σύστημα θερισμού και στο σύστημα αλωνισμού.



## 2.6 Εχθροί και ασθένειες

### 2.6.1 Εχθροί

Πριν αναφερθούμε στους εχθρούς και τις ασθένειες του ηλιάνθου, σημαντικό είναι να αναφερθούμε στο παράσιτο της οροβάγχης (*Orobanche cumana*, *Orobanche ramosa*, *Orobanche crenata*). Το παράσιτο αυτό, είναι σημαντικό λόγω της οικονομικής ζημίας που μπορεί να προκαλέσει και της δυσκολίας αντιμετώπισής της. Οι συνήθεις ξενιστές του ανήκουν στις οικογένειες *Solanaceae* και *Fabaceae*. Αντιμετωπίζεται κυρίως προληπτικά με ανθεκτικές ποικιλίες, τη χρήση σπόρων, κοπριάς και κάθε άλλου υλικού απαλλαγμένου από σπόρους οροβάγχης και τον επιμελή καθαρισμό των μηχανημάτων που χρησιμοποιήθηκαν σε μολυσμένες από το ζιζάνιο ενώ συμπληρωματικά μπορούν να μεγιστοποιήσουν το αποτέλεσμα, καλλιεργητικά, χημικά και βιολογικά μέτρα. Στα καλλιεργητικά μέτρα περιλαμβάνονται η αμειψισπορά του ηλιάνθου με σιτηρά, η πρώιμη και βαθιά άροση για έκθεση των σπόρων του παρασίτου σε δυσμενείς συνθήκες και η εφαρμογή λιπασμάτων που δεν ευνοούν το παράσιτο.

Ο σπόρος του ηλιάνθου είναι προτιμώμενη τροφή από τα πουλιά γιατί περιέχει πολλές πρωτεΐνες και λιπαρά που είναι ουσιαστικά για την ανάπτυξή τους, την εναποθήκευση λίπους και τις διαδικασίες διατήρησης του βάρους τους. Έτσι είναι συχνό το φαινόμενο της καταστροφής των σπόρων της κεφαλής η οποία μπορεί να λειτουργεί ως φωλιά στη διάρκεια της διατροφής. Το πρόβλημα πρακτικά είναι δύσκολο στην αντιμετώπισή του και μέχρι σήμερα δεν έχει βρεθεί τρόπος για προστασία της καλλιέργειας. Συμπληρωματικά, αντιμετωπίζεται με συγκεντρωμένες καλλιέργειες, την αυτοσχέδια κατασκευή σκιάχτρων από τους παραγωγούς, μηχανικά μέσα όπως «κανονάκια» για την παραγωγή κρότων και την αποφυγή αγρών που είναι κοντά σε δάσος, συστάδες δένδρων, ποτάμια και ρυάκια.

Ένας άλλος εχθρός ως προς την καταστροφή που μπορεί να προκαλέσει είναι ο Σκώρος του ηλιάνθου (*Homoeosoma Electellum*). Αν και στην Ελλάδα δεν έχουν αναφερθεί σημαντικές ζημιές, ο Σκώρος απαντάται σε όλες τις περιοχές που καλλιεργείται ο ηλιάνθος, ακόμη και όπου φυτρώνει ο άγριος ηλιάνθος. Είναι μικρό ανοιχτόχρωμο λεπιδόπτερο, μήκους 8-12 χιλιοστά με χαρακτηριστική εμφάνιση τσιγάρου όταν αναπαύονται (εικόνα 2.3).



**Εικόνα 2.3:** Ενήλικο σκόρου (*Homoeosoma Electellum*) σε κεφαλή ηλίανθου

Το κρίσιμο στάδιο για την προσβολή είναι η άνθηση όπου οι νεαρές κάμπιες τρέφονται κυρίως με τα ανθήλια και τη γύρη μέχρι να ωριμάσουν, με αποτέλεσμα τα ανθήλια να μαραίνονται. Χαρακτηριστικές είναι και οι «μεταξωτές κλωστές» που υφαίνουν μεταξύ των ανθηλίων που έχουν καταστρέψει στην κεφαλή. Οι πιο ηλικιωμένες σκάβουν σήραγγες μέσα στους ανώριμους σπόρους και σε άλλα μέρη της κεφαλής. Το όριο εντοπισμού του είναι ένα ή δύο ενήλικα ανά πέντε φυτά, όταν αυτά αρχίζουν να ανθίζουν ή εντός επτά ημερών από την πρώτη εμφάνιση των ενηλίκων σκόρων. Οι αγροί που βρίσκονται ήδη σε στάδιο ανθοφορίας κατά την πρώτη εμφάνιση των ενηλίκων σκόρων, έχουν μικρή πιθανότητα εκτεταμένης ζημιάς παρά την παρουσία σκόρων σε οριακούς αριθμούς. Αντιμετωπίζεται με τη χρήση ανθεκτικών υβριδίων ηλίανθου, καλλιεργητικά μέτρα όπως είναι η έγκαιρη φύτευση και χημικά με την εφαρμογή εντομοκτόνων.

Άλλοι επισημασμένοι εχθροί της καλλιέργειας είναι η τίπουλη (*Tirpula paludosa*), η μελίγκρα (*Aphis fabae*) και κάμπιες κολεοπτέρων εντόμων του γένους *Agriotes* spp. (σιδηροσκούληκα) οι οποίες προκαλούν ζημιά στις ρίζες με αποτέλεσμα τα νεαρά φυτά να μην αναπτύσσονται. Επίσης, οι κάμπιες λεπιδόπτερον *Agrotis* spp. (πχ. караφατμέ) μπορούν κατά περιόδους να δημιουργήσουν

προβλήματα με τις απώλειες φυτών που προκαλούν στα νεαρά φυτά άλλα συνολικά αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά με τη χρήση εντομοκτόνων και άλλων καλλιεργητικών μέτρων όπως το σκάλισμα.

## 2.6.2 Ασθένειες

Στην Ελλάδα συνήθως δεν εμφανίζονται ιδιαίτερα προβλήματα με τις μυκητολογικές ασθένειες στον ηλίανθο, λόγω των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν. Ωστόσο είναι θεμιτό να γίνει μια σύντομη αναφορά σε αυτές που έχουν εμφανιστεί στις περιοχές καλλιέργειάς του παγκοσμίως και στους τρόπους αντιμετώπισής τους διότι κάποιες από αυτές είναι σοβαρές και μπορούν να επιφέρουν σοβαρό πλήγμα στην παραγωγή.

### Περονόσπορος

Είναι η σημαντικότερη ασθένεια καθώς περιλαμβάνεται στη λίστα των παθογόνων καραντίνας, για τα οποία συνιστώνται μέτρα περιορισμού της εξάπλωσής τους από χώρα σε χώρα. Προκαλείται από το μύκητα *Plasmopara halstedii* ο οποίος είναι εδαφογενής και σπορομεταδιδόμενος. Προσβάλλει όλα τα μέρη του φυτού με κύριο σύμπτωμα την εμφάνιση χλωρωτικών κηλίδων. Αρχικά μολύνεται η ρίζα και στη συνέχεια η μόλυνση μεταδίδεται διασυστηματικά και στο υπέργειο μέρος. Δευτερογενώς, με σπόρια που παράγονται στα φύλλα, γίνονται και απευθείας μολύνσεις του υπέργειου μέρους. Λόγω των μολύνσεων, μπορεί να έχουμε τήξεις νεαρών φυταρίων, καταστροφή φύλλων και κεφαλών, σοβαρή μείωση ανάπτυξης και απόδοσης της καλλιέργειας. Η ανάπτυξη του μύκητα ευνοείται από την υγρασία και τις σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες ενώ περιορίζεται όταν η θερμοκρασία του εδάφους ανέβει πάνω από τους 25° C ή και από την επικράτηση ξηρασίας. Για την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου επιβλαβούς οργανισμού δεν υπάρχουν εγκεκριμένα στην χώρα μας φυτοπροστατευτικά προϊόντα και η αντιμετώπισή του είναι αδύνατη κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Προληπτικά αντιμετωπίζεται με αμειψισπορά, χρήση ανθεκτικών ποικιλιών και επένδυση των σπόρων με κατάλληλο μυκητοκτόνο σκεύασμα (Αγρότυπος, 2011)

## **Φόμωση**

Μια άλλη σοβαρή ασθένεια είναι η φόμωση του ηλίανθου ή καρκίνος του μίσχου (*Phomopsis helianthi*). Ευνοείται υπό συνθήκες παρατεταμένης υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας και μπορεί να προκαλέσει σημαντικές απώλειες στην παραγωγή σπόρου και στην ελαιοπεριεκτικότητα, επηρεάζοντας την ανάπτυξη της κεφαλής. Ωστόσο, η σημαντικότερη ζημιά που μπορεί να προκαλέσει είναι η αποδυνάμωση του βλαστού που σε σοβαρές προσβολές οδηγεί στο σπάσιμό του. Ο μύκητας διαχειμάζει ως μυκήλιο στα φυτικά υπολείμματα και ζεστές και υγρές συνθήκες ευνοούν την περαιτέρω μόλυνση. Πρώτα συνήθως μολύνονται τα περιθώρια των κάτω ή μεσαίων φύλλων του ηλίανθου όπου συσσωρεύεται υγρασία. Μετά τη μόλυνση, το μυκήλιο εισβάλλει στους μεσοκυττάριους χώρους και μεταδίδεται διασυστημικά στα νεύρα των φύλλων, στο μίσχο και στον κεντρικό βλαστό. Τα προσβεβλημένα φύλλα ξεραίνονται, παραμένοντας πάνω στους μίσχους τους και οι βλάβες στο βλαστό επικεντρώνονται πάντα στις μασχάλες, με αρχίζοντας με μικρά, βαθουλωτά στίγματα που γρήγορα μεγαλώνουν και συνήθως τον περικυκλώνουν.

Για την αντιμετώπιση της ασθένειας εφαρμόζονται εκτός από ψεκασμούς με μυκητοκτόνα και καλλιεργητικά μέτρα, όπως η επιλογή ανθεκτικών υβριδίων, την εναλλαγή καλλιεργειών, την καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας του ηλίανθου το φθινόπωρο, όταν ακολουθεί ξανά η ίδια καλλιέργεια, η λελογισμένη αζωτούχος λίπανση και ο περιορισμός της πυκνότητας των φυτών.

## **Βοτρύτης (*Botrytis cinerea*)**

Στον ηλίανθο ο μύκητας αυτός προσβάλλει την κεφαλή του άνθους και το στέλεχος. Τα συμπτώματα αποτελούν κυρίως καφέ στίγματα στην κεφαλή τα οποία πολλές φορές καλύπτονται από γκρίζους σπόρους του μύκητα (γκρίζα μούχλα). Υψηλή σχετική υγρασία και θερμοκρασίες περίπου 20°C ευνοούν την εξέλιξη της ασθένειας, ενώ καθυστερημένη συγκομιδή επιτρέπει το σχηματισμό σκληρωτίων που μένουν στα υπολείμματα της καλλιέργειας και στο σπόρο.

Η χημική αντιμετώπιση καθίσταται δύσκολη λόγω της αντίστασης που παρουσιάζει η ασθένεια σε συγκεκριμένες δραστικές ουσίες. Η έρευνα για φυσικούς ανταγωνιστές μικροοργανισμούς έχει καταλήξει στο ότι τα *Trichoderma harzianum*

παρέχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα και μπορεί σε συνδυασμό με συμβατική χημική θεραπεία, να προβούν αποτελεσματικά.

### **Αλτενάρια (*Alternaria alternata*, *Alternaria helianthi*)**

Η ασθένεια αυτή στον ηλίανθο είναι σημαντική στις υγρότερες περιοχές και η *A. helianthi* είναι συχνότερη και σοβαρότερη. Οι απώλειες που προκαλούν στην παραγωγή, αφορούν τη μείωση στη διάμετρο της κεφαλής, τον αριθμό των σπόρων ανά κεφαλή, το ελαιώδες περιεχόμενο και την ποιότητα. Προσβάλλουν κυρίως τα φύλλα, ειδικά σε πρώιμες σπορές και προκαλούν σκούρες καφέ κηλίδες και ρίγες στα φύλλα ενώ σκουροπράσινα ωοειδή ως κυκλικά στίγματα μπορεί να εμφανιστούν στις κεφαλές. Αν η μόλυνση είναι σοβαρή, τα φυτά φυλλορροούν πρόωρα και μαραίνονται, ή συχνά πέφτουν. Τα φυτά είναι πιο ευαίσθητα κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας και της δημιουργίας του σπόρου.

Ενδεικνύόμενα καλλιεργητικά μέτρα είναι η εναλλαγή καλλιεργειών και η καταστροφή των υπολειμμάτων φυτών, ενώ η απολύμανση του σπόρου και εφαρμογές στα φύλλα με κατάλληλα μυκητοκτόνα μπορούν να έχουν αποτελέσματα.

### **Σκωρίωση του ηλίανθου (*Puccinia helianthi*)**

Ευπάθεια στην ασθένεια αυτή παρουσιάζουν κυρίως διάφορα υβρίδια και τα συμπτώματα ξεκινούν με την εμφάνιση καφετί φλυκταινών στα κάτω φύλλα. Προοδευτικά, από την άνθηση και μετά, μολύνουν και τα πιο πάνω φύλλα και επεκτείνονται μέχρι τους μίσχους και το πίσω μέρος της κεφαλής του άνθους.

Αποτελεσματικά μέτρα είναι η χρήση ανθεκτικών υβριδίων, αμειψισπορά, πρώιμη σπορά, λελογισμένη αζωτούχος λίπανση, μικρή πυκνότητα των φυτών και χρήση μυκητοκτόνων στα πρώτα στάδια της περιόδου ανάπτυξης.

## **2.7 Επίδραση της Άρδευσης**

Η άρδευση παίζει σημαντικό ρόλο για την αύξηση των αποδόσεων στον ηλίανθο. Κατάλληλη εποχή για άρδευση είναι μια εβδομάδα πριν την άνθιση έως και δύο εβδομάδες μετά την λήξη της (Ξανθόπουλος 1992). Παρότι θεωρείται ανθεκτικό

φυτό στην ξηρασία, λόγω μηχανισμών όπως η απόρριψη των φύλλων για την μείωση της διαπνοής σε ξηρασίες στην άνθηση, η αύξηση των αποδόσεων με την άρδευση μπορεί να είναι εντυπωσιακή. Πολλοί είναι οι ερευνητές που μελέτησαν τις επιδράσεις της άρδευσης στα χαρακτηριστικά του ηλίανθου.

Ο Unger (1982) πραγματοποιώντας ένα ολοκληρωμένο πείραμα, συνέκρινε την επίδραση της άρδευσης στην ανάπτυξη του φυτού, στην απόδοση και την ποιότητα σπόρων, στην επί τοις εκατό περιεκτικότητα σε έλαιο και στην ποιότητά του, καθώς και στην αποδοτικότητα της χρήσης του νερού. Μεταχειρίσεις που παρείχαν μια ή δύο αρδεύσεις σε εύκολα αναγνωρίσιμα στάδια ανάπτυξης συγκρίθηκαν με μεταχειρίσεις που δόθηκε μηδενική, επαρκής και πλήρης άρδευση. Συμπέρανε ότι φυτά αρδευόμενα πριν από την ανθοφορία ήταν κατά μέσο όρο 17cm ψηλότερα από ότι εκείνα που δεν αρδεύτηκαν από το φύτευμα μέχρι και την ανθοφορία. Επίσης, οι αποδόσεις σε σπόρο με πλήρη άρδευση ήταν κατά μέσο όρο 2,49 τόνους ανά εκτάριο υψηλότερη. Ωστόσο, σε μεμονωμένα έτη κατά τη διάρκεια του πειράματος, η διαφορά στην απόδοση σε σπόρο της μεταχείρισης με την πλήρη άρδευση δεν ήταν πάντα στατιστικώς σημαντική σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις. Μεταχειρίσεις που αρδεύτηκαν στο φύτευμα και στο τέλος της άνθησης είχαν 48.8% απόδοση σε έλαιο ενώ αυτές που αρδεύτηκαν στο φύτευμα και στην αρχή της άνθησης είχαν 43,4% απόδοση σε έλαιο. Η περιεκτικότητα σε ελαϊκό και λινελαϊκό οξύ μεταβλήθηκε μεταξύ των μεταχειρίσεων με διαφορετικές αρδεύσεις άλλα μόνο σε ποσοστό μεταβολής της τάξης 4 - 5%. Επιπλέον, παρατήρησε πως μεταξύ των μεταχειρίσεων της επαρκούς και της πλήρους άρδευσης οι αποδόσεις δεν αυξήθηκαν ανάλογα με την ποσότητα του νερού που δόθηκε. Τέλος στις δύο παραπάνω μεταχειρίσεις η αποδοτικότητα χρήσης του νερού ήταν υψηλότερη σε σχέση με την περιορισμένη άρδευση, όταν το νερό δινόταν κυρίως από την αρχή ως το τέλος της άνθησης.

Οι Göksoy et al. (2004), συγκρίνανε ξηρική μεταχείριση ενός υβριδίου ηλίανθου ως μάρτυρα, με 13 μεταχειρίσεις που συνδύαζαν πλήρη και περιορισμένη άρδευση, στο 40% και στο 60% της πλήρους, στα στάδια της δημιουργίας της ταξιανθίας, της άνθησης και του γεμίσματος του σπόρου. Συμπέραναν, ότι η πλήρης άρδευση και στα τρία στάδια, ήταν η καλύτερη μέθοδος για τη μέγιστη απόδοση στις εδαφοκλιματικές συνθήκες του πειράματος, ενώ η απόδοση σε λάδι δεν επηρεάστηκε σημαντικά. Ομοίως, κατά τους Flagella et al. (2002) η άρδευση έδωσε αύξηση 77% στις αποδόσεις λόγω της αύξησης του βάρους και του αριθμού των σπόρων, όμως,

όπως και οι Tan *et al.* (2000), διαπίστωσαν παράλληλα και υψηλότερες αποδόσεις σε λάδι.

Οι Karam *et al.* (2007) εφάρμοσαν ελλειμματική άρδευση σε τρία κρίσιμα για την καλλιέργεια στάδια: 1<sup>ο</sup> στην αρχή της άνθησης, 2<sup>ο</sup> στο μέσο της και 3<sup>ο</sup> στην αρχή του σχηματισμού του σπόρου, μέχρι τη φυσιολογική ωρίμανση και συνέκριναν την απόδοση και την αποδοτικότητα χρήσης νερού, με καλά αρδευόμενο μάρτυρα. Κατέληξαν πως η ελλειμματική άρδευση στα δύο πρώτα στάδια (άνθηση) προκάλεσε μείωση της απόδοσης κατά 25% και 14% σε σχέση με το μάρτυρα ενώ η εφαρμογή της στο γέμισμα του σπόρου αύξησε ελαφρώς την απόδοση. Το γεγονός το απέδωσαν στο ότι η αύξηση του βάρους των λιγότερων ανά μέτρο επιφάνειας σπόρων, αντιστάθμισε το βάρος που χάθηκε από τον μειωμένο αριθμό σπόρων. Επιπλέον αφού διαπίστωσαν στατιστικώς σημαντική διαφορά στην αποδοτικότητα χρήσης νερού - μεγαλύτερη στην άρδευση στο 3<sup>ο</sup> στάδιο και μικρότερη στο 1<sup>ο</sup> - συμπεράναν πως ο περιορισμός στην άρδευση δεν συνιστάται κατά την αρχή και το μέσον της ανθοφορίας, ενώ μπορεί να είναι αποδεκτός κατά το στάδιο του γεμίσματος του σπόρου.

Συνήθως σε αρδευόμενες εκτάσεις γίνονται 3-5 αρδεύσεις συνολικά με την πρώτη να πραγματοποιείται μετά τη σπορά, όπου είναι απαραίτητο για ομοιόμορφο φύτρωμα. Καταλληλότερη όμως εποχή για άρδευση είναι η περίοδος της ανθοφορίας διότι τότε, εκτός από το ότι εμφανίζονται οι μέγιστες ανάγκες του φυτού, στη χώρα μας συνήθως δεν υπάρχουν βροχοπτώσεις. Η περίοδος αυτή ξεκινά από το σχηματισμό της ταξιανθίας έως την πτώση των περιφερειακών κίτρινων ανθέων και το καμπούριασμα της κεφαλής. Η ποσότητα του αρδευτικού νερού κυμαίνεται από 200 έως 450mm και εξαρτάται από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, την εποχή σποράς και την ποικιλία (Δαναλάτος, 2008).

Από όλα τα παραπάνω φαίνεται ότι η επίδραση της άρδευσης είναι σημαντική και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου και του ελαίου στον Ηλίανθο. Ιδιαίτερα για τη χώρα μας που η διαθεσιμότητα του νερού τείνει να περιοριστεί λόγω της ανορθολογικής διαχείρισης και του κλίματος κάθε πειραματισμός στο πεδίο αυτό, ίσως αποτελέσει πηγή χρήσιμων συμπερασμάτων για το μέλλον.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### Ο ρόλος του νερού στη σύγχρονη αγροτική παραγωγή

#### 3.1 Το νερό ως φυσικός πόρος

Η συνεχής αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, οδηγεί στην αυξανόμενη ζήτηση για τροφή, η οποία προφανώς δεν μπορεί να αυξηθεί ανάλογα, χωρίς την εξεύρεση λύσεων σχετικά με την περιορισμένη διαθεσιμότητα ορισμένων φυσικών πόρων, όπως το νερό. Βασικό στοιχείο για την ανθρώπινη ύπαρξη και άρρηκτα συνδεδεμένο με όλες τις πτυχές του υπάρχοντος πολιτισμού, το νερό ήταν από αρχαιοτάτων χρόνων το βασικότερο κοινωνικό αγαθό και απαραίτητη προϋπόθεση για την ανθρώπινη ευημερία.

Στις μέρες μας ωστόσο, η αλόγιστη χρήση, η μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και οι έντονες κλιματικές αλλαγές που επιτείνουν την ανισοκατανομή του νερού έχουν καταστήσει την διαχείρισή του σε έναν από τους κυριότερους τομείς της έρευνας παγκοσμίως. Η δημογραφική και η οικονομική ανάπτυξη στον 21<sup>ο</sup> αιώνα ασκούν μια άνευ προηγουμένου πίεση για τους ανανεώσιμους, αλλά πεπερασμένους πλέον σε πολλές περιοχές του πλανήτη, υδάτινους πόρους.

Για τα επόμενα είκοσι χρόνια, η διαθεσιμότητα νερού, η ποιότητα των υδάτων και κατ' επέκταση η εξοικονόμηση νερού θα είναι αναμφισβήτητα μια από τις κύριες προκλήσεις που κάθε χώρα στον κόσμο θα κληθεί να αντιμετωπίσει. Η παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων και ο εντοπισμός της θέσης και του μεγέθους των υφιστάμενων και των δυνητικών πηγών ρύπανσης και επιπτώσεων θα συνεχίσει να είναι σημαντικότερη δραστηριότητα για τη διασφάλιση της διαθεσιμότητας του πιο πολύτιμου φυσικού πόρου της γης (Han, 2009). Ωστόσο, στο σύγχρονο πολιτικό, οικονομικό και κοινωνικό γίνεσθαι η διαχείριση των υδάτων είναι, εξ ορισμού, διαχείριση των συγκρούσεων.

Το νερό, σε αντίθεση με άλλους αναλώσιμους πόρους, χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει όλες τις πτυχές της κοινωνίας. Επιπλέον, παρουσιάζει διακυμάνσεις



στην κατανομή του στο χώρο και το χρόνο, η διαχείρισή του δεν είναι ενιαία και συχνά υπόκειται σε ασαφές ή αντιφατικό νομικό πλαίσιο. Δεν υπάρχει μονοσήμαντη διαχείριση του νερού. Το σύνολο της διαχείρισης του νερού εξυπηρετεί πολλαπλούς στόχους και βασίζεται στον συγκερασμό ανταγωνιστικών συμφερόντων. Μέσα σε μια χώρα μόνο, τα συμφέροντα αυτά περιλαμβάνουν τους οικιακούς χρήστες, τους αγρότες, τους παραγωγούς υδροηλεκτρικής ενέργειας, τους βιομηχάνους, εκείνους που επιδιώκουν την χρήση για αναψυχή, τους φίλους του περιβάλλοντος. Κάποια από τα παραπάνω έρχονται τακτικά σε αντίθεση και όσο εμπλέκονται περισσότερα ενδιαφερόμενα μέρη, οι πιθανότητες για την εξεύρεση αμοιβαία αποδεκτών λύσεων μειώνονται. Αν προστεθούν και τα διεθνή σύνορα, οι πιθανότητες μειώνονται ακόμη περισσότερο (Wolf, 2009).

### **3.2 Διαχείριση του νερού σήμερα**

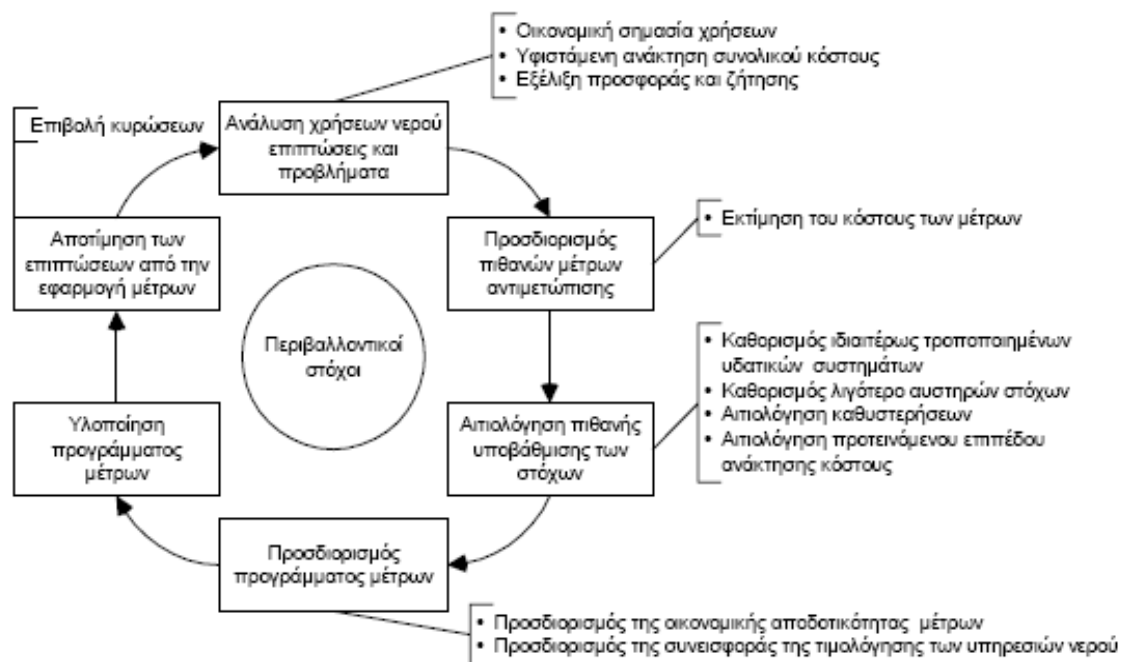
Η παγκόσμια κοινότητα γνωρίζει εδώ και αρκετά χρόνια ότι η εντατική χρησιμοποίηση των διαθέσιμων – ανανεώσιμων και μη - υδατικών πόρων, χωρίς τη μέριμνα για τις μελλοντικές ανάγκες και την αειφορία, οδηγεί σε αδιέξοδο. Ωστόσο, η πραγματικότητα αποδεικνύει ότι με την αλλαγή του κλίματος, την εκτεταμένη ρύπανση και κυρίως με τη συνειδητοποίηση, ότι το κόστος για την περιβαλλοντική αποκατάσταση και ισορροπία υδατικών σωμάτων που έχουν πληγεί (όπως για παράδειγμα η επαναφόρτιση υπόγειων υδροφορέων, η απορρύπανση λιμνών και ποταμών ή η επανασύσταση αποξηραθέντων λιμνών) είναι πραγματικά δυσθεώρητο, οδήγησαν τη διεθνή κοινότητα στην υιοθέτηση ενός αναπτυξιακού μοντέλου που στοχεύει σε μια πιο ολοκληρωμένη θεώρηση σχετικά τις στρατηγικές που θα ακολουθηθούν και τα μέτρα που θα ληφθούν για την ορθολογικότερη διαχείριση του νερού. Στο πλαίσιο αυτό, η ανάπτυξη του κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου για «διασυνοριακές» συνεργασίες και η χρήση διαδικασιών και συστημάτων διαχείρισης, που διασφαλίζουν την ορθολογικότερη χρήση, με ταυτόχρονη την ικανοποίηση υπαρχουσών και μελλοντικών αναγκών καθώς και την περιβαλλοντική ισορροπία, αποτελούν την γενικότερη στρατηγική που διέπει το σύνολο των προσπαθειών πλέον σε όλο τον κόσμο.

Η αρχή έγινε το 1966 στο Ελσίνκι, όπου η Διεθνής Νομική Επιτροπή (όργανο του ΟΗΕ) συνέταξε την γνωστή έκθεση εθιμικού διεθνούς δικαίου για τους διασυνοριακούς υδάτινους πόρους. Οι Κανόνες του Ελσίνκι, όπως είναι γνωστοί, είναι η πρώτη προσπάθεια διεθνούς οργανισμού να κωδικοποιήσει ολόκληρο το νομικό σώμα των διεθνών ποταμών και επηρέασαν καθοριστικά τις πολιτικές των κρατών απέναντι στα αποθέματα γλυκού νερού. Στη συνέχεια το 1992 υπογράφηκε από τις 10 χώρες της Ε.Ο.Κ και άλλες 22 ευρωπαϊκές χώρες η «Σύμβαση για την Προστασία και Εκμετάλλευση Διασυνοριακών Ποταμών και Διεθνών Λιμνών στην Ευρώπη» η οποία προέβλεπε να αποτρέπεται, να ελέγχεται και να μειώνεται η ρύπανση του νερού από όπου προέρχεται, ιδιαίτερα από επικίνδυνες ουσίες. Η «Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για τη διαχείριση των διακρατικών υδατικών πόρων εκτός της ναυσιπλοΐας» το 1997 ήρθε να προστεθεί το παζλ των διεθνών προσπαθειών για τη διαχείριση των διακρατικών υδάτινων πόρων, επιδιώκοντας την βέλτιστη χρήση, τη διατήρηση και την προστασία τους, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους γεωγραφικούς, υδρολογικούς, κλιματικούς, οικολογικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς και πληθυσμιακούς παράγοντες καθώς και τις υπάρχουσες και μελλοντικές χρήσεις, συνυπολογίζοντας μάλιστα και τις αλληλεπιδράσεις που επιφέρει η χρήση του ενός μέρους στο άλλο (Βάλβης, 2008).

Χαρακτηριστικότερο όμως παράδειγμα της ολιστικής προσέγγισης στο θέμα της διαχείρισης των υδάτων είναι η οδηγία πλαίσιο 2000/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ήδη από τη δεκαετία του '70 η Ευρωπαϊκή Κοινότητα πήρε πρωτοβουλίες για τη θέσπιση κανόνων που καθορίζουν τις προδιαγραφές για το πόσιμο νερό (οδηγία 75/440), τη ρύπανση από επικίνδυνες ουσίες στο υδάτινο περιβάλλον (οδηγία 76/464), την ποιότητα των γλυκών υδάτων (απόφαση 77/795), τις μεθόδους μέτρησης και ανάλυσης των υδάτων (οδηγία 79/869), τη ρύπανση των υπόγειων υδάτων από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες (οδηγία 80/68) και την ποιότητα του πόσιμου ύδατος (οδηγία 80/778), δείχνοντας τη βούλησή της για τη διαμόρφωση μιας συνολικής κοινοτικής πολιτικής για την προστασία, την ποιότητα και την αειφορική διαχείριση των υδάτων. Από εκεί και έπειτα έχουν υιοθετηθεί περίπου σαράντα αυτοτελείς κανονιστικές πράξεις που ρυθμίζουν πολλές επί μέρους πτυχές, όπως η επεξεργασία αστικών λυμάτων (οδηγία 91/271), η προστασία των υδάτων από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης (οδηγία 91/676) και η ποιότητα του ύδατος ανθρώπινης κατανάλωσης (οδηγία 98/83). (Κούκη, 2004).

Ωστόσο, η οριστική απόφαση υπέρ μιας βιώσιμης πολιτικής στο θέμα των υδάτων για όλες τις χώρες μέλη, με κωδικοποίηση του μεγάλου αριθμού των υφιστάμενων ρυθμίσεων και με αναβάθμιση πολλών προηγούμενων κανονιστικών πράξεων έγινε με την υιοθέτηση της οδηγίας-πλαίσιο 2000/60 «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής υδάτων». Η οδηγία αυτή θέτει τις αρχές της βιώσιμης διαχείρισης, δηλαδή της αποτελεσματικότητας, της αποδοτικότητας και της ισότητας – ισοδυναμίας, ως κορωνίδα της κοινής υδατικής πολιτικής των κρατών μελών. Οι αρχές της συνοψίζονται σε (3) τρεις βασικούς άξονες: α) διαχείριση του νερού σε επίπεδο λεκάνης απορροής ή υδατικού διαμερίσματος – γεγονός που καταργεί τα εθνικά σύνορα, β) προστασία από τη ρύπανση με θέσπιση ορίων για πολλές ρυπογόνες ουσίες και γ) τιμολόγηση του νερού (Κούκη, 2004).

Το νέο στοιχείο της Οδηγίας είναι η εισαγωγή της οικονομικής θεώρησης στη διαχείριση των υδατικών πόρων και στη λήψη αποφάσεων υδατικής πολιτικής. Ουσιαστικά, η επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας στηρίζεται σε οικονομικές αρχές (η αρχή ο ρυπαίνων πληρώνει), οικονομικά εργαλεία και τεχνικές (ανάλυση της οικονομικής αποδοτικότητας των μέτρων) και αποκλειστικά οικονομικά μέτρα (τιμολόγηση υπηρεσιών ύδατος), (Ασημακόπουλος, 2002), (σχήμα 3.1).



**Σχήμα 3.1:** Επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων μέσω της χρήσης οικονομικών στοιχείων της οδηγίας 2000/60 ΕΚ (Ασημακόπουλος, 2002).

Η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» αποτελεί βασική αρχή της ευρωπαϊκής περιβαλλοντικής πολιτικής και η ενίσχυση του ρόλου της τιμολόγησης του νερού, θα βελτιώσει την αειφορία των υδάτινων πόρων.

Τα κράτη μέλη θα πρέπει να εξασφαλίσουν ότι η πολιτική τιμολόγησης αποτελεί το κατάλληλο κίνητρο, ώστε οι καταναλωτές να χρησιμοποιούν τους πόρους κατά τρόπο αποτελεσματικό. Έτσι, οι επιμέρους κλάδοι της οικονομίας θα συμβάλλουν με τον τρόπο τους στην κάλυψη του συνολικού κόστους των υπηρεσιών που συνδέονται με τη χρήση των υδάτων, μεταξύ των οποίων το κόστος για την περιβαλλοντική αποκατάσταση και την χρήση των πόρων. Από την έκδοση της οδηγίας αυτής, που αποτέλεσε ακρογωνιαίο λίθο για τη χάραξη της «υδατικής πολιτικής» στον Ευρωπαϊκό χώρο, το νομοθετικό έργο συνεχώς εμπλουτίζεται με την προσθήκη νέων διατάξεων για την προστασία των υδάτων, με χαρακτηριστικότερες αυτές που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 3.1:** Χαρακτηριστικές διατάξεις της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας για την προστασία των υδάτων

Οδηγία 2006/11/ΕΚ	«Για τη ρύπανση που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον της Κοινότητας»
Οδηγία 2008/105/ΕΚ	Σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων καθώς και σχετικά με την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών του Συμβουλίου 82/176/ΕΟΚ, 83/513/ΕΟΚ, 84/156/ΕΟΚ, 84/491/ΕΟΚ και 86/280/ΕΟΚ και την τροποποίηση της οδηγίας 2000/60/ΕΚ
Οδηγία 2006/118/ΕΚ	Σχετικά με την προστασία των υπόγειων υδάτων από τη ρύπανση και την υποβάθμιση
Οδηγία 2009/90/ΕΚ	για τη θέσπιση τεχνικών προδιαγραφών για τη χημική ανάλυση και παρακολούθηση της κατάστασης των υδάτων, σύμφωνα με την οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου

### 3.3 Νερό και αγροτική παραγωγή στον κόσμο

Η γεωργία είναι μακράν ο μεγαλύτερος χρήστης του νερού, του εδάφους και της βιοποικιλότητας του πλανήτη. Σήμερα, βρίσκεται στο επίκεντρο της συζήτησης για την συμβολή της στην περιβαλλοντική ισορροπία, ενώ ταυτόχρονα καλείται να αντεπεξέλθει στην ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση για αγροτικά προϊόντα που θα θρέψουν τον επίσης αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό. Μέχρι το 2050, ο παγκόσμιος πληθυσμός αναμένεται να αυξηθεί κατά 2 με 2,5 δισεκατομμύρια ανθρώπους, όσο ήταν δηλαδή στο σύνολό του τη δεκαετία του 1950. Το γεγονός αυτό αναμένεται να οδηγήσει σε μια αύξηση κατά 70% της παγκόσμιας ζήτησης για τη γεωργική παραγωγή η οποία αναμένεται με τη σειρά της να προέλθει κυρίως από την εντατικοποίηση της υφιστάμενης καλλιεργούμενης γης (F.A.O, 2011). Συνεπώς, καθίσταται αναγκαία η περαιτέρω εντατικοποίηση της χρήσης των φυσικών πόρων, με κυρίαρχο όμως μέλημα την αποφυγή επισιτιστικής κρίσης. Για να μειώσει αυτή την επισιτιστική ανασφάλεια, η μελλοντική αγροτική παραγωγή πρέπει να αυξηθεί ταχύτερα από την αύξηση του πληθυσμού στην υπάρχουσα γεωργική γη (F.A.O, 2011). Γι' αυτό πρέπει να υπάρξει βιώσιμη εντατικοποίηση, που θα κάνει αποτελεσματική τη χρήση της γης και των υδάτινων πόρων, χωρίς να τους προκαλέσει περαιτέρω βλάβη.

Η παγκόσμια γεωργική παραγωγή έχει αυξηθεί 2,5 με 3 φορές κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών ενώ οι καλλιεργούμενες εκτάσεις έχουν αυξηθεί μόνο κατά 12 % (πίνακας 3.2). Το γεγονός αυτό καθώς και το ότι περισσότερο από το 40% της αύξησης στην παραγωγή προήλθε από αρδευόμενες εκτάσεις οι οποίες σε αυτό το χρονικό διάστημα έχουν διπλασιαστεί σε έκταση αποδεικνύει τον καταλυτικό ρόλο της βελτιστοποίησης της χρήσης των υδάτινων πόρων στη γεωργία.

**Πίνακας 3.2:** Καθαρή παγκόσμια μεταβολή στην κύρια χρήση γης (FAO, 2011)

	1961	2009	% Καθαρή αύξηση 1961-2009
Καλλιεργούμενη έκταση (Mha)	1368	1527	12%
Ξηρική	1229	1226	-0.2%
Αρδευόμενη	139	301	117%

Υπολογίζεται ότι η γεωργία καταναλώνει το 70% των χρησιμοποιούμενων υδάτινων πόρων σε παγκόσμιο επίπεδο, ποσοστό που αυξάνεται σημαντικά φτάνοντας το 85% περίπου, όταν αναφερόμαστε σε αναπτυσσόμενες χώρες. Καθώς όμως η παγκόσμια οικονομία εξελίσσεται και μεταβάλλεται γρήγορα στοχεύοντας στην ευημερία, οι πιέσεις για άλλες χρήσεις μεγαλώνουν διαρκώς. Η αστική, η βιομηχανική και άλλες χρήσεις που στοχεύουν κυρίως στην περιβαλλοντική ισορροπία, ιδιαίτερα στον αναπτυγμένο κόσμο, καθιστούν το διαθέσιμο νερό για την αγροτική παραγωγή ολοένα και λιγότερο.

Το πόσο μεγάλη πίεση θα ασκηθεί εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το επίπεδο διαβίωσης, από τους διαθέσιμους υδάτινους πόρους - οι οποίοι έχουν άμεση σχέση με το κλίμα και από τον προσανατολισμό κάθε χώρας ή περιοχής ως προς την κατανομή τους ανάλογα με τη χρήση (αστική, βιομηχανική και αγροτική). Στον Πίνακα 1 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποσοστά των 3 βασικών χρήσεων του νερού (αστική, βιομηχανική και αγροτική) σε κάθε ήπειρο του πλανήτη καθώς και σε περιοχές της Ευρώπης. Από τον πίνακα αυτό συμπεραίνουμε ότι σε παγκόσμια κλίμακα, η άρδευση καταναλώνει περίπου τα τρία τέταρτα του διαθέσιμου υδάτινου αποθέματος. Στις λιγότερο αναπτυγμένες αλλά και φτωχές σε ανανεώσιμους υδάτινους πόρους ηπείρους του πλανήτη, θέτοντας ως δείκτη ανάπτυξης το κατά κεφαλή Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (GDP per capita), το μεγαλύτερο μέρος των ανανεώσιμων υδατικών πόρων απορροφάται από τη γεωργία (ποσοστά άνω του 80% σε Ασία και Αφρική) και το υπόλοιπο μοιράζεται ανάμεσα στην αστική και βιομηχανική χρήση. Το ίδιο μπορούμε να συμπεράνουμε για τις περιοχές εντός της Ευρώπης. Στις ανεπτυγμένες αλλά και πλουσιότερες σε υδάτινους πόρους, χώρες της Δυτικής και Βόρειας Ευρώπης, η χρήση στη γεωργία ανέρχεται σε ποσοστά που κυμαίνονται στο 10% περίπου, ενώ η χρήση στη βιομηχανία ανέρχεται σε ποσοστά μεγαλύτερα από 60%. Στην Μεσογειακή Ευρώπη αντίθετα, η αγροτική χρήση υπερτερεί, ανερχόμενη στο 60% των ανανεώσιμων υδατικών πόρων που διαθέτει, δεδομένων και των περισσότερο ξηροθερμικών συνθηκών που επικρατούν, με την βιομηχανική να καταναλώνει το 37%.

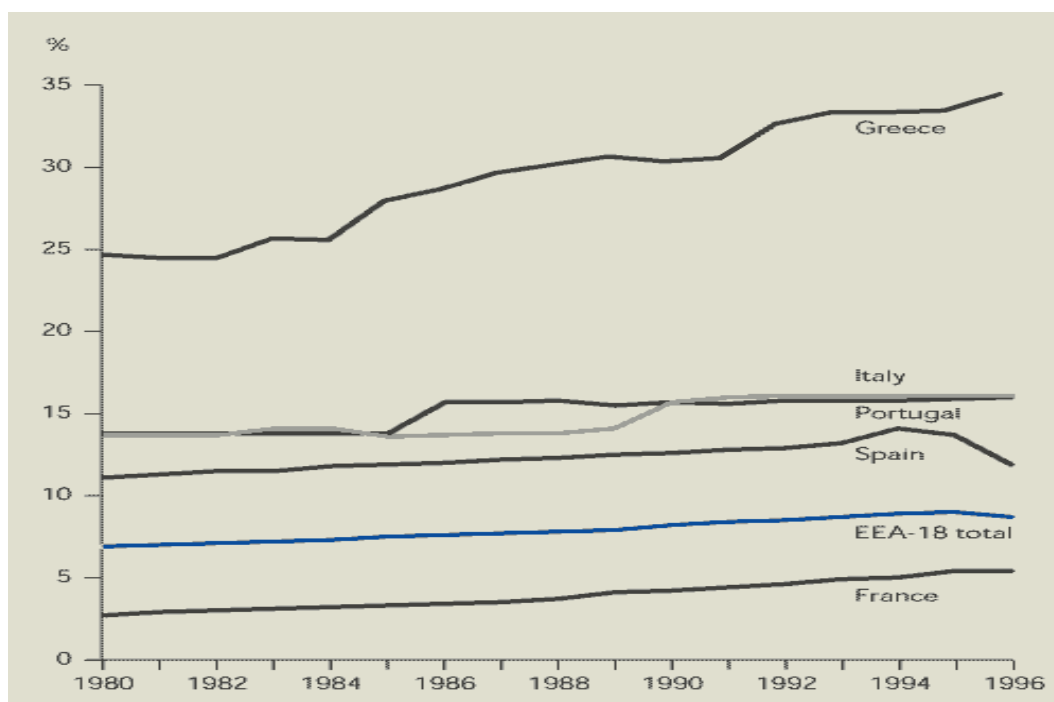
**Πίνακας 3.3:** Παγκόσμια κατανομή του διαθέσιμου νερού ανά τομέα χρήσης (Aquastat, 2010)

Regions	Freshwater Availability - Precipitation and Internal Renewable Water Resources (IRWR)		Total withdrawal by sector						Fresh water withdrawal	GDP per capita in 2008
	Precipitation	Internal renewable freshwater resources (IRWR)	Municipal		Industrial		Agricultural			
	Depth per year (mm)	% of world freshwater resources	km <sup>3</sup> /year	%	km <sup>3</sup> /year	%	km <sup>3</sup> /year	%	as % of IRWR	US\$/cap
World	809	100	429	11	723	19	2710	70	9	8813
America	1091	44,7	126	16	280	35	385	49	4	21657
Asia	827	28,9	217	9	227	9	227	83	20	3805
Oceania	586	2,1	5	17	3	10	19	73	3	41975
Africa	678	9,1	21	10	9	4	184	86	5	1592
Europe	540	15,2	61	16	204	55	109	29	6	29026
Northern Europe	913	1,9	2,4	26	5,6	61	1,1	12	1,1	62179
Western Europe	928	1,4	17,3	16	85,4	77	8,5	8	18,6	46298
Central Europe	624	0,6	5,9	14	32,7	78	3,5	8	17,5	12692
Mediterranean Europe	731	1	16	16	25	24	61,6	60	24,2	34352
Eastern Europe	585	0,3	5,9	14	16,1	37	21,4	49	31,8	5299
Russian Feder.	460	10	13,4	20	39,6	60	13,2	20	1,5	11371

Φυσικά όλα τα παραπάνω δεν μπορούν να εξεταστούν μόνο με τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν άλλα μπορούν να μας δώσουν μια πρώτη ένδειξη της κατάστασης που υπάρχει ως προς τις χρήσεις του νερού παγκοσμίως και των τάσεων ως προς την διάθεσή του στη γεωργία. Όμως είναι φανερό, πως όλες οι χώρες του πλανήτη εφόσον αναγνωρίζουν το πρόβλημα, οφείλουν να αναπροσαρμόσουν την στρατηγική τους σχετικά με τη διαχείριση του νερού. Ωστόσο, σε χώρες ή περιοχές που η μεγαλύτερη κατανομή χρήσιμου για τον άνθρωπο νερού κατευθύνεται στη γεωργία, θα δεχθούν μεγάλη πίεση προκειμένου να προσαρμοστούν γρήγορα στα νέα δεδομένα και η Ελλάδα είναι μία από αυτές.

### 3.4 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η αύξηση των αρδευόμενων εκτάσεων υπήρξε ραγδαία κατά τα τελευταία 50 χρόνια. Εκτιμάται ότι κατά τη δεκαετία του 1940 οι αρδευόμενες εκτάσεις ήταν μεταξύ 2 και 2,5 εκατομμυρίων στρεμμάτων και ότι στις μέρες μας ξεπερνούν τα 13 εκατομμύρια (Παπαμιχαήλ, 2006).



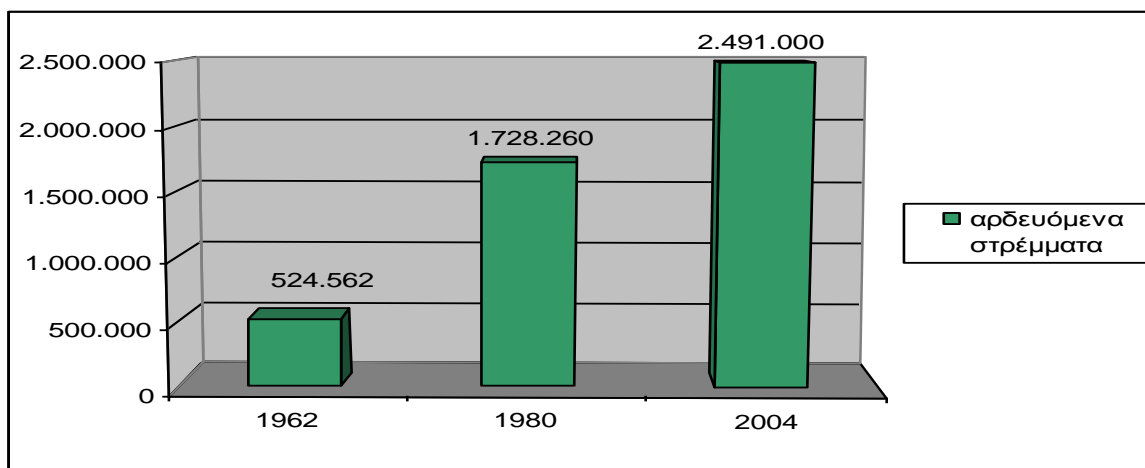
**Διάγραμμα 3.1:** Αρδευόμενη επιφάνεια ως ποσοστό της συνολικής για διάφορες χώρες της Ευρώπης (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε, 2008)

Από το παραπάνω διάγραμμα 3.1 γίνεται φανερό ότι στη χώρα μας, σε σχέση με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, η αρδευόμενη επιφάνεια της καλλιεργήσιμης γης σαν ποσοστό επί της συνολικής καλλιεργήσιμης ήταν υψηλότερη. Η κατάσταση φυσικά δεν έχει αλλάξει αν σκεφτούμε ότι 85% των ανανεώσιμων υδατικών πόρων χρησιμοποιείται για την άρδευση των καλλιεργειών. Το υψηλό αυτό ποσοστό δικαιολογείται εν μέρει από τις κλιματολογικές συνθήκες στη χώρα. Στην Ελλάδα, σε αντίθεση με τις άλλες βρειότερες χώρες της Ευρώπης, η εξατμισοδιαπνοή της θερινής περιόδου είναι ιδιαίτερα υψηλή, ενώ οι βροχοπτώσεις τείνουν να είναι μηδενικές. Κατά συνέπεια, οι περισσότερες από τις καλλιέργειες έχουν σημαντικά μεγάλες ανάγκες σε νερό (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε, 2008).



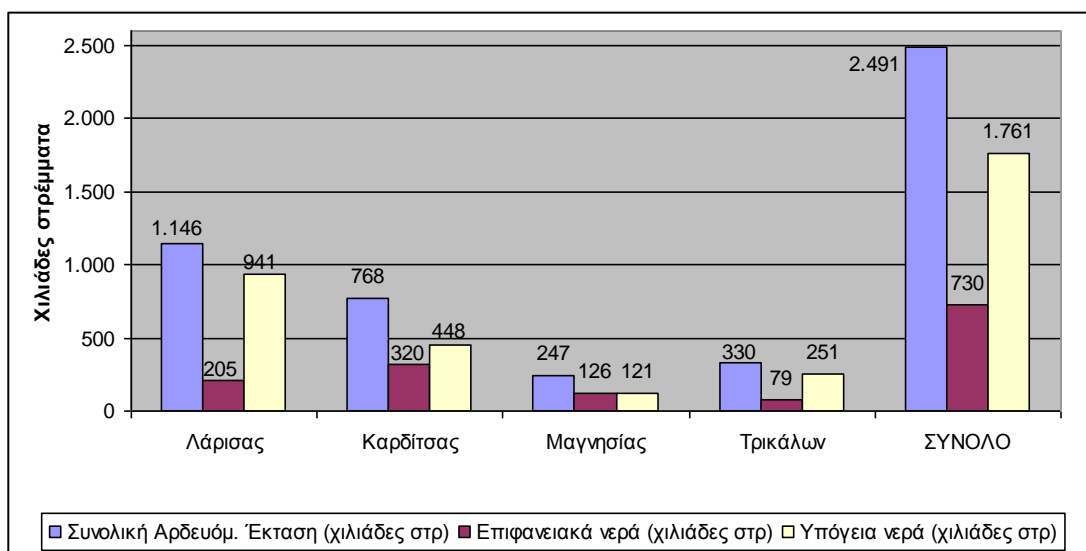
Η αγροτική ανάπτυξη της χώρας μας οφείλεται σε σημαντικό ποσοστό στην μεγάλη αύξηση της αρδευόμενης γης. Μετά το τέλος του 2<sup>ου</sup> Παγκοσμίου πολέμου, η χώρα έπρεπε να γίνει αυτάρκης στα βασικά γεωργικά προϊόντα. Η έμφαση στην αγροτική παραγωγή ήταν ο προσφορότερος τρόπος να γίνει αυτό. Έτσι, αφού προηγήθηκε μια περίοδος επανεκκίνησης της παραγωγής αγροτικών προϊόντων, ακολούθησε μια περίοδος εντατικοποίησης της αγροτικής παραγωγής, που έδωσε ώθηση στην οικονομία της χώρας γενικότερα. Σε αυτό συνέβαλε καθοριστικά, εκτός από την εκμηχάνιση και την εισαγωγή νέων ποικιλιών και καλλιεργούμενων ειδών και η κατασκευή και η επιδιόρθωση των ήδη υπαρχόντων εγγειοβελτιωτικών έργων με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα τα εγγειοβελτιωτικά έργα του Αχελώου. Στη δεκαετία του 1970 αρχίζει η κατασκευή, σε μεγάλη κλίμακα, συλλογικών αρδευτικών δικτύων καταιονισμού, όπου το νερό προερχόταν κυρίως από επιφανειακά νερά άλλα και από γεωτρήσεις. Τα πρώτα αρδευτικά έργα που κατασκευάστηκαν (καλύπτοντας το σύνολο σχεδόν των πεδιάδων της χώρας) είναι επιφανειακά.

Χαρακτηριστικό αυτών είναι οι σημαντικές απώλειες κατά τη μεταφορά του νερού, οι οποίες αυξάνονται περαιτέρω λόγω μη ορθής λειτουργίας των δικτύων, διαρροών λόγω παλαιότητας και ελλιπούς συντήρησης. Επίσης, το ποσοστό των απωλειών κατά τη μεταφορά μπορεί να ανέρχεται στην καλύτερη περίπτωση στο 25% και να φτάνει μέχρι και το 80% (Παπαμιχαήλ, 2006). Εκεί όμως που τα επιφανειακά νερά δεν ήταν αρκετά ώστε να καλύψει την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση, δημιουργήθηκαν εκτεταμένα δίκτυα από γεωτρήσεις, που εξυπηρετούσαν κλειστά υπό πίεση αρδευτικά δίκτυα και μέχρι σήμερα έχουν δημιουργηθεί χιλιάδες ιδιωτικές γεωτρήσεις για την κάλυψη των αναγκών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Θεσσαλική πεδιάδα, όπου συνολικά λειτουργούν 105 συλλογικά αρδευτικά έργα, 76 αντλιοστάσια, 85 μικρά & μεγάλα φράγματα, 13 ταμιευτήρες, 1.712 γεωτρήσεις (κρατικές – ΟΤΑ & ΤΟΕΒ) και 31.000 ιδιωτικές γεωτρήσεις. (Γκούμας, 2006).

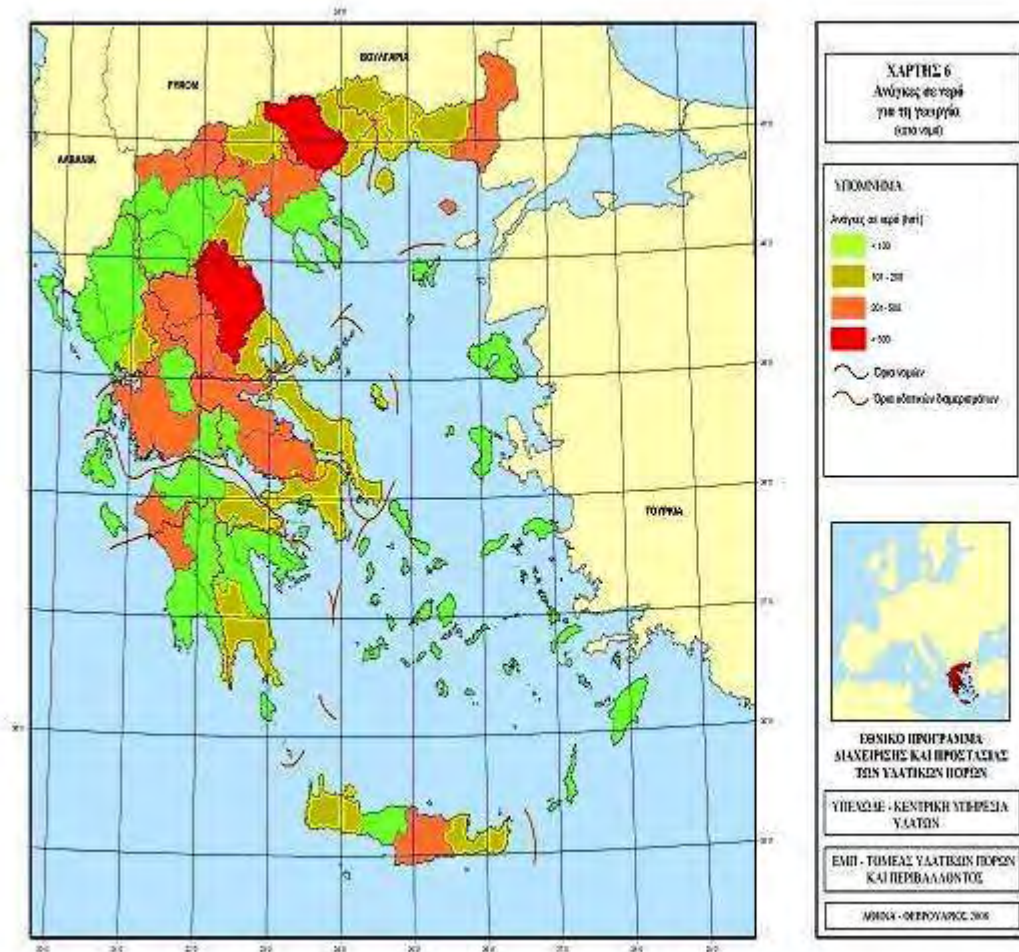


**Γράφημα 3.1:** Εξέλιξη των αρδευόμενων εκτάσεων στη Θεσσαλία 1964-2004 (ΕΣΥΕ, 2005)

Η χώρα μας λόγω της μορφολογίας της (εκτεταμένοι ορεινοί όγκοι και μικρές πεδιάδες) είναι αρκετά πλούσια σε νερό σε σχέση με άλλες μεσογειακές χώρες. Η Βάση Δεδομένων AQUASTAT του FAO (2007) υπολογίζει τους υδατικούς πόρους της χώρας μας στα 74,2 δισ. κυβ. μέτρα. Το 2008, σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε, η ετήσια κατανάλωση νερού ανήλθε στα 8.243 εκατ. κυβ. μέτρα., από τα οποία το 84% διατίθεται στην άρδευση, το 1% στην κτηνοτροφία, το 12% στην ύδρευση και το 3% στη βιομηχανία και την παραγωγή ενέργειας.



**Γράφημα 3.2:** Αρδευόμενες εκτάσεις κατά νομό και πηγή προέλευσης νερού στη Θεσσαλία (Τσιάκαλου, 2008)



**Χάρτης 3.1:** Ανάγκες σε νερό για τη γεωργία (Υ.ΠΕΧΩ.Δ.Ε, 2008)

Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις πλουσιότερες σε νερό χώρες της Μεσογείου δεν μπορούμε να αγνοήσουμε την μη ορθολογική χρήση των υδατικών πόρων τα τελευταία χρόνια. Σύμφωνα με το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη 2007-2013» του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., που υποβλήθηκε επίσημα στα αρμόδια όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2007, οι κυριότεροι λόγοι που προκαλούν προβλήματα στην ορθή αξιοποίηση των υδατικών πόρων της χώρας είναι επιγραμματικά:

- Η άνιση κατανομή των υδατικών πόρων στο χώρο.
- Η ανομοιόμορφη κατανομή των υδατικών πόρων στο χρόνο,
- Η άνιση κατανομή της ζήτησης στο χώρο, αναντίστοιχη με την κατανομή της προσφοράς.
- Η ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης στο χρόνο, αναντίστοιχη με την κατανομή της προσφοράς.

- Η γεωμορφολογία της χώρας.
- Η εξάρτηση της βόρειας Ελλάδας από τις επιφανειακές απορροές ποταμών που προέρχονται από γειτονικά κράτη.
- Το μεγάλο ανάπτυγμα ακτών, τα πολλά άνυδρα ή με ελάχιστους υδατικούς πόρους νησιά της χώρας.(Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2007)

Στο ίδιο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα όμως αναφέρεται ότι τα προβλήματα που εντοπίζονται σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης των νερών συνοψίζονται επιγραμματικά στα εξής:

- Ελλιπής καταγραφή και αιτιολόγηση των ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων των επιφανειακών και υπόγειων νερών.
- Έλλειψη κοστολόγησης και πολιτικής τιμολόγησης των νερών, που να αντανακλά την σπανιότητα του πόρου.
- Ευκαιριακές εκμεταλλεύσεις μεμονωμένων υδατικών πόρων, και υπερεκμετάλλευση των υπόγειων, καθώς και απουσία μέριμνας για την εξοικονόμηση νερού, ιδιαίτερα στον γεωργικό τομέα.
- Ελλιπής καταγραφή χρήσεων και χρηστών νερού και δυσχέρεια συντονισμού μεταξύ των αρμόδιων φορέων.

Υπερθεματίζοντας πάνω στα προβλήματα της υφιστάμενης κατάστασης πρέπει να αναφερθεί πως και η πολιτεία αναγνωρίζει το μερίδιο της ευθύνης που της αναλογεί για την υφιστάμενη κατάσταση. Στο Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. το 2008, αναφέρεται ότι:

«Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980, μια σειρά από νόμους, διατάγματα και διοικητικές αποφάσεις, ιδρυτικούς νόμους και οργανισμούς υπουργείων και φορέων, ορισμένα από τα οποία χρονολογούνται από το 1930 και που πολλές φορές επικαλύπτονται ή έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους, αναφέρονται στην έρευνα, αξιοποίηση, χρήση και προστασία των υδατικών πόρων. Ο αριθμός αυτών των νομοθετικών ρυθμίσεων υπολογίζεται σε πάνω από 300. Μεταξύ των βασικών χαρακτηριστικών είναι :

- η προσπάθεια προώθησης των θέσεων των φορέων που τις έχουν εκδώσει,
- η αποσπασματική αντιμετώπιση των τομεακών προβλημάτων,
- η απουσία προσέγγισης των σημερινών προβλημάτων,
- η σχετική υποβάθμιση της ποιοτικής διάστασης της διαχείρισης,

- η μη δρομολόγηση συντονισμένων και συστηματικών προγραμμάτων απόκτησης και αξιολόγησης δεδομένων πεδίου, απαραίτητων για την ουσιαστική εφαρμογή τους.
- η έλλειψη πρόβλεψης οργάνων παρακολούθησης και εξειδίκευσης της εφαρμογής, η απουσία σύνδεσης και εναρμόνισης με τις αναπτυξιακές επιδιώξεις παραγωγικών τομέων και περιοχών της χώρας,
- η έλλειψη πρόβλεψης και προοπτικής για το μέλλον τους και
- η καθυστέρηση κάλυψης υποχρεώσεων που απορρέουν από την εφαρμογή κοινοτικών οδηγιών.

Το σοβαρότερο όμως πρόβλημα είναι η αδυναμία εφαρμογής τους, καθώς και η έλλειψη αποτελεσματικών μηχανισμών ελέγχου και επιβολής των προβλεπόμενων κυρώσεων»(Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2007)

Προσπάθεια για την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων αποτέλεσε η έκδοση νόμων. Συγκεκριμένα, ο νόμος 1650/1986 «για την προστασία του περιβάλλοντος» και ο νόμος 1739/1987 «για τη διαχείριση των υδατικών πόρων» αποσκοπούσαν σε μια πιο σύγχρονη αντίληψη για τη διαχείριση του νερού. Ο πρώτος, αντιμετώπισε το νερό ως στοιχείο του περιβάλλοντος και μερίμνησε για τον έλεγχο της ποιότητάς του, ενώ ο δεύτερος θεσμοθέτησε την λογική της διαχείρισης του νερού ανά υδατικό διαμέρισμα, το οποίο και προσδιόρισε σημασιολογικά και χωρικά (η χώρα χωρίστηκε σε 14 υδατικά διαμερίσματα με κατά το δυνατόν όμοιες υδρολογικές - υδρογεωλογικές συνθήκες). Επιπροσθέτως, μερίμνησε για την κοστολόγηση του νερού (άρθρο 10, παρ. 4) και θεσμοθέτησε τη σύνταξη σχεδίων διαχείρισης των υδατικών πόρων σε επίπεδο λεκάνης απορροής και υδατικού διαμερίσματος (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2007).



**Χάρτης 3.2:** Τα υδατικά διαμερίσματα στην Ελλάδα σύμφωνα με το νόμο 1739/1987 (Γεωργόπουλος, 2009)

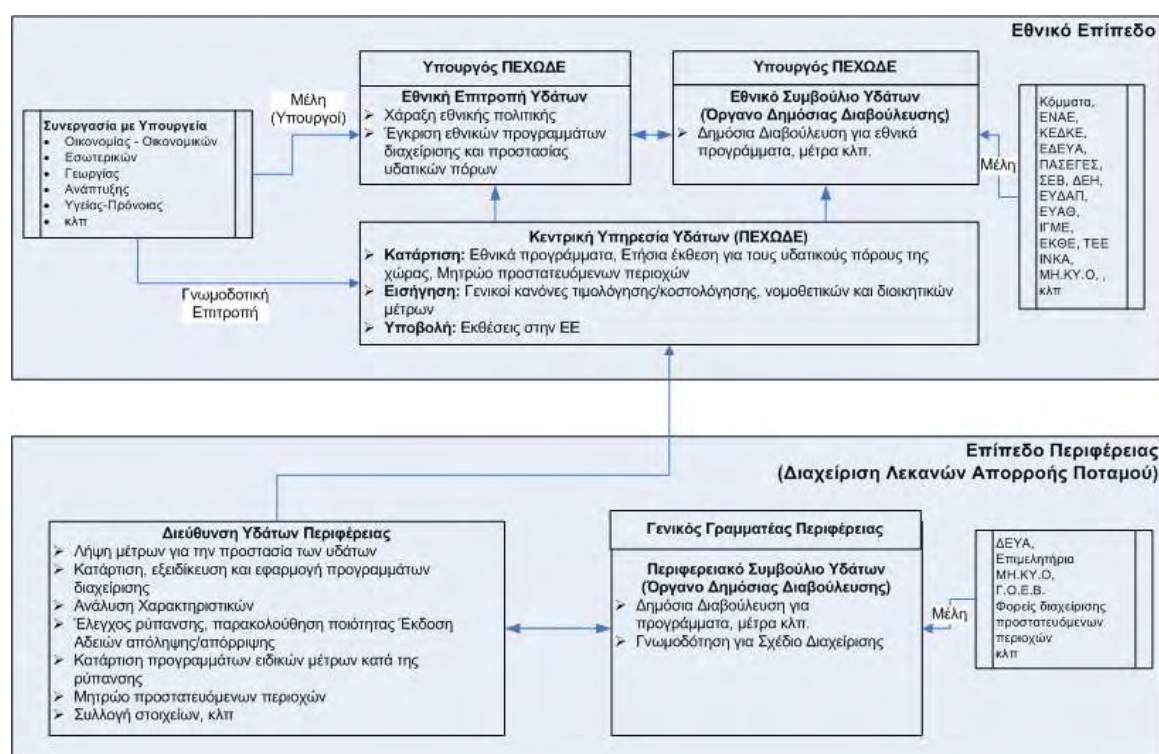
Παρ' όλα αυτά οι πολυάριθμες συναρμοδιότητες του Ν. 1739/87 επιβάλλουν γραφειοκρατικές και χρονοβόρες διαδικασίες στην εφαρμογή επιμέρους διατάξεων του. Έτσι, συναρμόδια Υπουργεία, εκτός από το Υπουργείο Ανάπτυξης, είναι το Υπουργείο Γεωργίας για την αγροτική χρήση, το Υπουργείο Εσωτερικών για την ύδρευση, εκτός από τα πολεοδομικά συγκροτήματα Αθηνών και Θεσσαλονίκης που ανήκουν στην αρμοδιότητα του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. (ΕΥΔΑΠ και ΕΥΑΘ, αντίστοιχα). Το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. είναι επίσης, αρμόδιο για τη χρήση με σκοπό τη προστασία, το Υπουργείο Πολιτισμού για τις αθλητικές χρήσεις, το ΥΠ.ΕΘ.Ο. για τον προγραμματισμό και το Υπουργείο Μεταφορών για τη χρήση υδάτων στις μεταφορές. Από τους οργανισμούς συναρμόδιοι σε μικρό ή μεγάλο βαθμό στην διαχείριση υδατικών πόρων είναι οι: ΔΕΗ, ΕΜΥ, ΕΟΤ, ΙΓΜΕ, ΕΚΘΕ και άλλοι. (Αγγελάκης κ.α, 1996).

Με τα δύο αυτά νομοθετήματα όμως, ανεξάρτητα από την δυσκολία και την επιτυχία εφαρμογής τους, τέθηκαν οι βάσεις για την εφαρμογή της λογικής πάνω στην οποία κινείται η οδηγία 2000/60/ΕΚ. Την οδηγία αυτή (και κατ' απαίτηση του άρθρου 3 αυτής) ήρθε να ενσωματώσει στην ελληνική νομοθεσία ο νόμος 3199/2003,



ο οποίος έκτοτε είναι και ο βασικός νόμος που διέπει το καθεστώς των υδάτων στην Ελλάδα.

Σύμφωνα με το νόμο αυτό και προκειμένου να αποφευχθούν οι επικαλύψεις των αρμοδιοτήτων η διαχείριση των υδάτων θα γίνεται πρακτικά σε επίπεδο λεκανών απορροής ποταμών από τις Διευθύνσεις Υδάτων της Περιφέρειας, λαμβάνοντας υπόψη κλιματικά, γεωλογικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής. Ωστόσο, η χάραξη της εθνικής πολιτικής για τα ύδατα θα γίνεται από την εκάστοτε πολιτική ηγεσία του Υ.ΠΕ.ΚΑ (πρώην ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε) και την Εθνική Επιτροπή Υδάτων με γνωμοδότηση από το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων και την Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων (διάγραμμα 3.2). Μεγάλη πρόκληση ωστόσο αποτελεί το γεγονός ότι στο εξής το νερό θα αντιμετωπίζεται σαν «οικονομικό αγαθό», πράγμα που αναπόφευκτα οδηγεί στην υιοθέτηση τιμολογιακών πολιτικών, οι οποίες θα πρέπει να εξασφαλίζουν εκτός από την «αιφορία» του πόρου, κοινωνική και πολιτική αποδοχή.



**Διάγραμμα 3.2:** Φορείς, όργανα και αρμοδιότητες στα πλαίσια του Νόμου 3199/2003 (Γεωργόπουλος, 2009).

Συμπερασματικά, θα λέγαμε ότι μέχρι σήμερα οι παράγοντες που δυσχεραίνουν τον εξορθολογισμό της διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας, συνίστανται,

τόσο στην περιορισμένη δυνατότητα της πολιτείας και των χρηστών να συμβιβάσουν τη χρονική και γεωγραφική διακύμανση της ζήτησης με την χωρική και χρονική κατανομή των ανανεώσιμων υδατικών πόρων λόγω κλίματος, όσο και στο δαιδαλώδες νομικό πλαίσιο που δυσχεραίνει τις διαδικασίες ελέγχου και παρακολούθησης. Σε ότι αφορά στην κατάσταση στη γεωργία, τα παραπάνω οδηγούν σε αδυναμία αξιοποίησης οποιουδήποτε σχεδιασμού για τον προσδιορισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό, την εξάντληση των υπόγειων νερών, την ελλιπή αντικατάσταση απαρχειωμένων δικτύων μεταφοράς και εφαρμογής του νερού, την αποσπασματική και μη συνεπή ενημέρωση των αγροτών για την ορθή διαχείριση και τη χρήση των νέων τεχνολογιών και πολλών άλλων συμπτωμάτων που βιώνουμε στην πραγματικότητα.

Η αύξηση της ζήτησης νερού με σκοπό την άρδευση διατάραξε την ισορροπία στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους της χώρας και κυρίως στους υπόγειους υδατικούς πόρους. Η ορθολογική διαχείριση φαίνεται να είναι μονόδρομος. Άλλωστε αυτό αναγνωρίζεται τόσο από την Εθνική Νομοθεσία (Νόμος 3199/2003) όσο και από την Ευρωπαϊκή (Οδηγία 60/2000 - European Union, 2000) που επιβάλλουν τη βελτίωση της διαχείρισης των υδατικών πόρων με στόχο την ποιοτική και ποσοτική αειφορία τους. Εν όψει και της Νέας Κοινής Αγροτικής Πολιτικής μετά το 2013 είναι φανερό ότι η ελληνική γεωργία θα πρέπει να προσαρμοστεί στα νέα δεδομένα γρήγορα. Ένας από τους τρόπους που μπορεί να επιτευχθεί αυτό είναι η στροφή προς τη βοήθεια που μπορεί να δώσει η εφαρμογή νέων τεχνολογικών επιτευγμάτων στον τομέα αυτό όπως νέα συστήματα άρδευσης, ενεργειακές καλλιέργειες, άρδευση με τηλεμετρία και άλλους αυτοματισμούς.

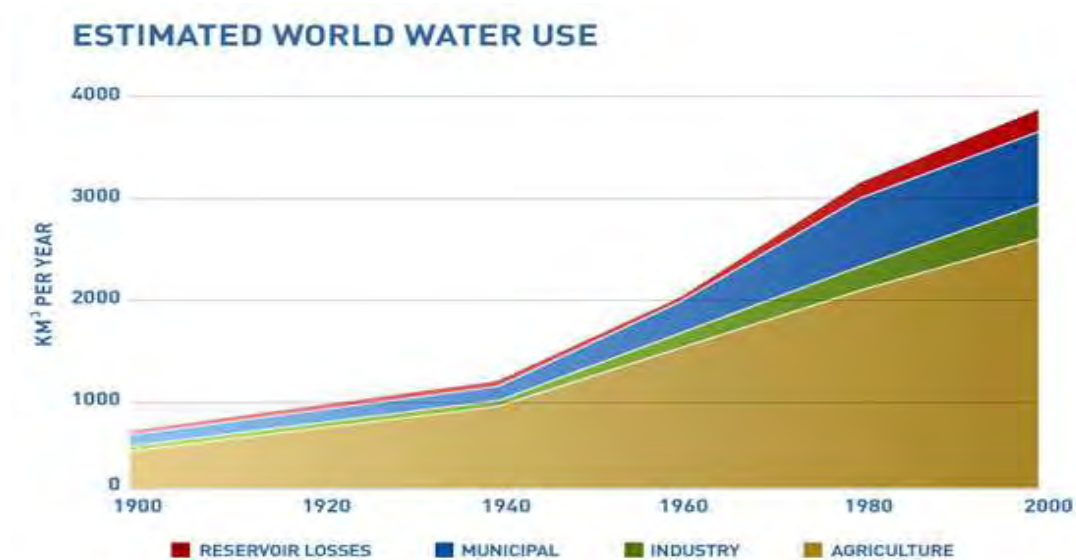


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### Τα χαρακτηριστικά της άρδευσης

#### 4.1 Εισαγωγή

Στις κλιματολογικές συνθήκες της χώρας μας, όπου οι απαιτήσεις των περισσότερων καλλιεργειών σε νερό δεν ικανοποιούνται από τις βροχοπτώσεις, η άρδευση αποτελεί απαραίτητη καλλιεργητική πρακτική. Μέχρι την προηγούμενη δεκαετία, είχε δοθεί μέγιστη βαρύτητα στην άρδευση με σκοπό την αύξηση της παραγωγικότητας, χωρίς να λογίζεται ιδιαίτερα η ποσότητα του εφαρμοζόμενου νερού και το ποσοστό αξιοποίησής της από την καλλιέργεια. Ο περιορισμός όμως του κατάλληλου νερού προς άρδευση, ο ανταγωνισμός με τους άλλους χρήστες (ύδρευση και βιομηχανία) και η αυξανόμενη ανησυχία για το περιβάλλον, τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, οδήγησε στην αλλαγή τακτικής.

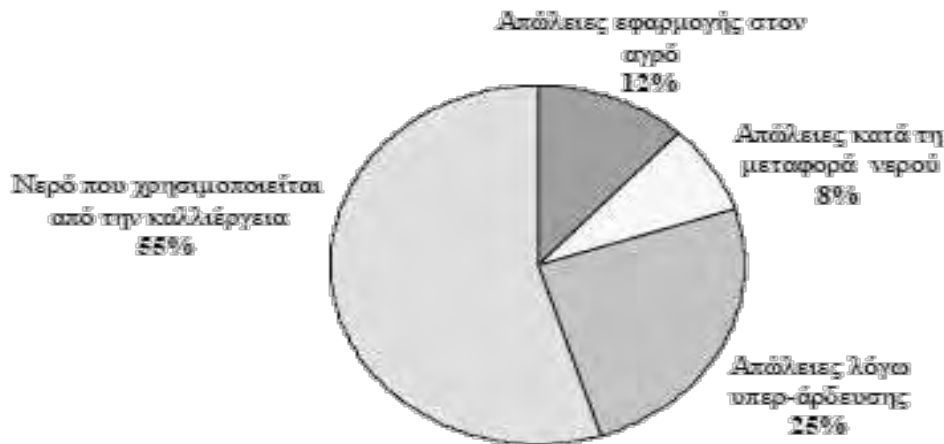


**Γράφημα 4.1:** Εκτιμώμενες χρήσεις νερού παγκοσμίως (FAO, 2008)

Σήμερα, η χρήση της οικονομικής ανάλυσης ως βασικό εργαλείο στη διαχείριση των σύγχρονων αγροτικών εκμεταλλεύσεων και η εξέλιξη στον τομέα των

αρδευτικών συστημάτων (καινοτόμα προϊόντα, εισαγωγή αυτοματισμών, έρευνα), συνδράμουν στην πραγμάτωση ενός διττού στόχου. Την επίτευξη της βέλτιστης παραγωγικότητας με γνώμονα την αποδοτική εφαρμογή του νερού, ώστε να διασφαλιστεί η αειφορία του πόρου. Καθότι όμως η γεωργία χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο ποσοστό του διαθέσιμου χρήσιμου νερού για άρδευση, ο κλάδος των αρδεύσεων στην αγροτική παραγωγή καλείται να παίζει σημαίνοντα ρόλο. Έτσι, αποτελώντας την «αιχμή του δόρατος» στην προσπάθεια αυτή, τα τελευταία χρόνια έχει εξελιχθεί σε επιστημονικό πεδίο, που πέρα από την εμβάθυνση στις σχέσεις εδάφους-νερού-φυτού, καλείται να δώσει καίριες λύσεις και σε επίπεδο εφαρμογής στον αγρό.

Γενικά εκτιμάται ότι από το νερό άρδευσης που εφαρμόζεται μόνο το 55% χρησιμοποιείται από την καλλιέργεια, ενώ το 12% χάνεται κατά τη μεταφορά, το 8% κατά την εφαρμογή του στον αγρό και το 25% λόγω υπέρ-άρδευσης (Χαρτζουλάκης κ.α, 2009).



**Γράφημα 4.2 :** Απώλειες νερού άρδευσης (Χαρτζουλάκης κ.α, 2009)

Για να αυξηθεί λοιπόν η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής του νερού άρδευσης θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, εκτός από την ορθολογική διαχείριση του νερού που μεριμνά για την «αειφορία» του πόρου, σε περισσότερο τεχνικά θέματα όπως οι μεθοδολογίες, οι τεχνικές άρδευσης και η εξέλιξή τους με τη χρήση νέων τεχνολογιών.

Γενικότερα, οι μέθοδοι άρδευσης διακρίνονται, ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής του νερού, σε επιφανειακές μεθόδους (κατάκλυση, λωρίδες, αυλάκια),

καταιονισμό (τεχνητή βροχή) και μικροάρδευση (επιφανειακή στάγδην, υπόγεια στάγδην άρδευση, μικροεκτοξευτήρες).

## 4.2 Επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης

Αυτές περιλαμβάνουν:

- τη μέθοδο των αυλακιών,
- τη μέθοδο των λεκανών με κατάκλιση και
- τη μέθοδο της περιορισμένης διάχυσης ή των λωρίδων.

Κοινό χαρακτηριστικό των μεθόδων αυτών είναι η συνήθως ανομοιόμορφη εφαρμογή του νερού καθότι αυτό διηθείται στο ριζόστρωμα είτε παραμένοντας για ικανό χρόνο πάνω σε αυτό (κατάκλυση) είτε ρέοντας πάνω σε αυτό (αυλάκια, λωρίδες). Αυτή εξαρτάται από πληθώρα παραγόντων όπως την αρδευόμενη έκταση, την παροχή, τη διηθητικότητα, την κλίση του εδάφους, την πυκνότητα φύτευσης της καλλιέργειας και θεωρείται επιτυχημένη όταν το νερό παραμείνει τον ίδιο χρόνο σε όλα τα σημεία του εδάφους. Συνήθως στο τμήμα του εδάφους που είναι κοντά στην παροχή η διήθηση είναι μεγαλύτερη και είναι σύνηθες το φαινόμενο των αυξημένων απωλειών λόγω επιφανειακής απορροής και βαθιάς διήθησης.

Επιγραμματικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι η άρδευση με τις παραπάνω μεθόδους εμφανίζει σοβαρά μειονεκτήματα στη σύγχρονη γεωργία τα οποία είναι κυρίως:

- Μεγάλη αρχική παροχή (πολλαπλάσια της διηθητικότητας του εδάφους).
- Μεγάλη κατανάλωση νερού (πολλαπλάσια των αναγκών των φυτών).
- Αυξημένες απώλειες νερού λόγω της βαθιάς διήθησης, επιφανειακής απορροής και εξάτμισης και ομοιομορφία άρδευσης του αγρού.
- Έκπλυση θρεπτικών στοιχείων.
- Υψηλό κόστος συντήρησης.
- Ανάγκη ύπαρξης στραγγιστικού δικτύου.
- Προβληματική εφαρμογή σε συνεκτικά ή αμμώδη εδάφη.
- Συνεχή παρουσία του καλλιεργητή καθότι δεν επιδέχονται διατάξεις αυτοματισμών.

Δεδομένων λοιπόν όλων των παραπάνω, οι λόγοι για τους οποίους οι επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης - που κυριάρχησαν στο παρελθόν - έχουν δώσει τη θέση τους σε άλλες πιο αποδοτικές στις σύγχρονες γεωργικές εκμεταλλεύσεις, είναι προφανείς.

Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η εφαρμογή τους μπορεί να είναι αναγκαία εάν το είδος της καλλιέργειας ή ο τύπος του εδάφους το επιβάλλει, όπως εδάφη που εμφανίζουν προβλήματα συσσώρευσης αλάτων και καλλιέργειες, όπως το ρύζι.

### **4.3 Άρδευση με καταιονισμό**

Η μέθοδος είναι γνωστή και ως τεχνητή βροχή. Εμφανίστηκε στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα στην Αμερική και στην Ευρώπη άλλα αναπτύχθηκε σημαντικά μετά το 2<sup>ο</sup> μισό του. Στην Ελλάδα η εντατική χρήση της συμπίπτει με την αλματώδη αύξηση της αρδευόμενης έκτασης από την δεκαετία του 1950 και έπειτα, γεγονός που ίσως έπαιξε σημαίνοντα ρόλο στην εντατικοποίηση της γεωργίας και στην κατακόρυφη αύξηση της αγροτικής παραγωγής. Το 1957 περίπου 100.000 στρέμματα σε σύνολο 3.750.000 αρδευόμενων στρεμμάτων αρδεύονταν με καταιονισμό (περίπου 3%) ενώ 20 χρόνια αργότερα το ποσοστό της αρδευόμενης έκτασης με καταιονισμό αυξήθηκε στο 42,3% (3.607.000 σε σύνολο 8.537.500 αρδευόμενων στρεμμάτων). Στη δεκαετία του 1980 η τεχνητή βροχή έγινε ο κύριος τρόπος άρδευσης και από τότε είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος.

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου αυτής διαφέρει κατά κύριο λόγο από τις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης στο ότι για την εφαρμογή του αρδευτικού νερού, απαιτείται υδραυλικό φορτίο και πίεση για τη λειτουργία των εκτοξευτήρων. Συνεπώς η μεταφορά και η διανομή του νερού γίνεται συνήθως με δίκτυο κλειστών σωληνωτών αγωγών υπό πίεση χωρίς ωστόσο να λείπουν οι περιπτώσεις όπου το νερό μεταφέρεται με ανοικτούς αγωγούς και στη συνέχεια για την εφαρμογή στον αγρό παρεμβάλλεται αντλητικό συγκρότημα. Η εφαρμογή του νερού γίνεται σε όλη την επιφάνεια του εδάφους ως τεχνητή απομίμηση της βροχής με καταιονιστήρες διαφόρων τύπων, που είτε είναι σταθεροί πάνω σε μόνιμους ή ημιμόνιμους αγωγούς εφαρμογής είτε προσαρμόζονται σε αυτοκινούμενα συστήματα..

Για να είναι η άρδευση με καταιονισμό επιτυχής θα πρέπει το νερό να χορηγείται ομοιόμορφα στον αγρό, ώστε να μηδενίζεται η επιφανειακή απορροή και να εξασφαλίζονται συνθήκες ακόρεστης ροής του νερού στο έδαφος. Για να συμβεί αυτό, ο ρυθμός εφαρμογής πρέπει να είναι πάντοτε μικρότερος ή ίσος με τη διηθητικότητα του εδάφους που αντιστοιχεί σε χρόνο ίσο με τη διάρκεια της άρδευσης.

Τα συστήματα άρδευσης με καταιονισμό αποτελούνται κατά κύριο λόγο από 3 μέρη:

- Το **αντλητικό συγκρότημα** το οποίο εξασφαλίζει την παροχή και το φορτίο που απαιτείται για την αποδοτική λειτουργία του αρδευτικού δικτύου.
- Το **δίκτυο μεταφοράς**, μέσω του οποίου το νερό μεταφέρεται στις υδροληψίες των αγωγών εφαρμογής. Οι αγωγοί του είναι κατασκευασμένοι από χάλυβα, αλουμίνιο ή πλαστικό (PVC). Η επιλογή του υλικού κατασκευής τους και της κατάλληλης διαμέτρου αποτελεί βασικό κριτήριο για την επιτυχημένη άρδευση.
- Το **δίκτυο εφαρμογής**, το οποίο αποτελείται συνήθως από αγωγούς από αλουμίνιο ή πλαστικό και πάνω σε αυτούς προσαρμόζονται οι καταιονιστήρες. Η διάταξη και οι αποστάσεις των αγωγών εφαρμογής αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό του σχεδιασμού της άρδευσης με καταιονισμό καθότι σε συνδυασμό με τον τύπο και την διάταξη των εκτοξευτήρων κρίνεται η επιτυχία της άρδευσης.

Οι εκτοξευτήρες αποτελούν ίσως το πιο σημαντικό κομμάτι του καταιονισμού. Μέσω αυτών το νερό πέφτει στον αγρό με τη μορφή σταγονιδίων, μιμούμενο τις σταγόνες της βροχής, γεγονός επαναστατικό κατά την εποχή διάδοσης της μεθόδου. Τα χρησιμοποιούμενα είδη καταιονιστήρων, είναι συνήθως περιστροφικού τύπου και η διάκρισή τους γίνεται με βάση την πίεση λειτουργίας, την παροχή και την ακτίνα διαβροχής. Έτσι, στο εμπόριο απαντάται ευρεία γκάμα εκτοξευτήρων, με πιέσεις λειτουργίας από 1 ως 7 atm, παροχές από 40 ως 150 m<sup>3</sup>/hr και ακτίνα εκτόξευσης από 5 ως 70 μέτρα. Στην πλειονότητά τους παρέχουν ομοιόμορφη κατανομή του νερού στο 70% περίπου της ακτίνας διαβροχής, ενώ σημαντικό ρόλο τόσο στην ακτίνα όσο και στο μέγεθος των σταγόνων παίζει η επιλογή διαφόρων τύπων ακροφυσίων.

Εξέλιξη της μεθόδου του κλασικού καταιονισμού αποτέλεσε η άρδευση με αυτοπροωθούμενο (αυτοκινούμενο) σύστημα..



**Εικόνες 4.1 και 4.2:** Άρδευση με κλασικό καταιονισμό και με αυτοκινούμενο σύστημα

Σε αυτό, ο εκτοξευτήρας (υψηλής πίεσης που συνήθως ονομάζεται κανόνι) προσαρμόζεται σε τροχήλατο πλαίσιο το οποίο έλκεται από περιστρεφόμενο τύμπανο (καρούλι) μέσω του εύκαμπτου πλαστικού σωλήνα μεταφοράς του νερού, που τυλίγεται στο τύμπανο. Στο επίσης τροχήλατο σύστημα μεταφοράς του τύμπανου, καταλήγει ο κύριος αγωγός μεταφοράς του νερού και μέσω υδραυλικής τουρμπίνας περιστρέφεται το τύμπανο έλκοντας το πλαίσιο (που φέρει τον εκτοξευτήρα). Το τελευταίο καταλήγει στο σύστημα του τυμπάνου αφού αρδεύσει μια λωρίδα εδάφους και προσαρτάται σε αυτό με κατάλληλους αρμούς. Το όλο σύστημα μεταφέρεται σε άλλο σημείο του αγρού με τον ελκυστήρα. Σε παραλλαγή του συστήματος αυτού αντί για εκτοξευτήρα υψηλής πίεσης, το τροχήλατο πλαίσιο φέρει αντένα (ράμπα) μήκους 30-50 μέτρων που φέρει μικροεκτοξευτήρες.

Γενικότερα θα λέγαμε ότι ο καταιονισμός ως μέθοδος άρδευσης αποτελεί εξέλιξη στην ιστορία των αρδεύσεων διότι διαθέτει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Η αξιοποίηση μικρότερων παροχών νερού.
- Ο καλύτερος έλεγχος της εφαρμογής του νερού (ύψος άρδευσης, δόσεις άρδευσης).
- Ο βαθμός ομοιομορφίας διανομής είναι μεγαλύτερος οπότε η εφαρμογή του αρδευτικού νερού είναι καλύτερη ποιοτικά.

- Δεν είναι απαραίτητη η συστηματοποίηση των εδαφών και συνεπώς μπορούν να αρδευτούν ευκολότερα εδάφη μη κατάλληλα για επιφανειακή άρδευση (εδάφη μεγάλης διηθητικότητας, εκτάσεις με μεγάλη κλίση).
- Η δυνατότητα χρήσης του δικτύου για άλλους σκοπούς (π.χ. αντιπαγετική προστασία).

Ωστόσο, η μέθοδος αυτή παρουσιάζει και μειονεκτήματα τα οποία συνίστανται κυρίως στο αυξημένο κόστος τόσο κατά την πρώτη εγκατάσταση όσο και κατά την λειτουργία (κατανάλωση ενέργειας και νερού). Επίσης, δεν ενδείκνυται η εφαρμογή της σε ανεμόπληκτες περιοχές καθότι το βασικό πλεονέκτημά της – μεγαλύτερη ομοιομορφία εφαρμογής νερού – εξανεμίζεται. Τέλος μπορεί να δημιουργηθούν φυτοπροστατευτικά προβλήματα λόγω διαβροχής του φυλλώματος ορισμένων καλλιεργειών καθώς και προβλήματα που αφορούν στην προβληματική εφαρμογή του νερού (πχ. έμφραξη καταιονιστήρων) λόγω χρήσης ακατάλληλου νερού (πλούσιο σε εναιωρήματα, άμμο και άλλα φερτά υλικά).

#### **4.4 Μικροάρδευση**

Χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι ότι για να πραγματοποιηθεί άρδευση σε συνθήκες αγρού απαιτείται ακόμα μικρότερη ποσότητα νερού – τόσο στην υδροληψία όσο και στην εφαρμογή στο χωράφι καθώς και μικρότερη πίεση, σε σχέση με το σύστημα του καταιονισμού που προαναφέρθηκε. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την δυνατότητα να αρδύονται εκτάσεις με ανώμαλη τοπογραφία συντέλεσε αποφασιστικά στην αύξηση των συνολικά αρδευόμενων εκτάσεων, αποτέλεσε σημαντική καινοτομία και βοήθησε σημαντικά στην περαιτέρω αύξηση της αγροτικής παραγωγής.

Η βασική ιδέα της διανομής λιγότερου νερού στη σωστή θέση δεν είναι νέα. Οι άνθρωποι εδώ και αιώνες ανέπτυσαν πρωτοποριακές μεθόδους άρδευσης φυτών κυρίως σε περιβάλλον με ελάχιστο διαθέσιμο νερό και στην διεθνή βιβλιογραφία τα παραδείγματα σημειακής άρδευσης με λίγο νερό βρίθουν. Πορώδη πήλινα αγγεία, είτε θάβονταν στο έδαφος κοντά στα φυτά, είτε τοποθετούνταν δίπλα σε φυτά, είτε συνδέονταν σαν σωλήνες, με αποτέλεσμα το νερό να διαρρέει αργά μέσω των τοιχωμάτων των αγγείων ή μέσω μικρών οπών και να «αρδεύει» τη γύρω περιοχή.

Ο όρος περιλαμβάνει, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, την άρδευση είτε με σταγόνες (με τοποθέτηση των σταλακτηφόρων σωλήνων επίγεια ή υπόγεια), είτε με μικροεκτοξευτές. Κύριος σκοπός είναι η διατήρηση της υγρασίας στο επίπεδο της υδατοϊκανότητας, στη ζώνη του εδάφους που λαμβάνει χώρα η πρόσληψη του εδαφικού νερού από τις ρίζες. Για την λειτουργία του συστήματος απαιτείται και εδώ η παρουσία αντλητικού συγκροτήματος ή άλλου μηχανισμού που θα εξασφαλίσει σταθερή παροχή και πίεση. Τα συστήματα μικροάρδευσης αποτελούνται από τη μονάδα ελέγχου και τα δίκτυα μεταφοράς και εφαρμογής, με σημαντικές όμως διαφορές και βελτιώσεις σε σχέση με τον καταιονισμό που θα αναλυθούν παρακάτω.

Τα συστήματα αυτά παρότι απαιτούν συνήθως υψηλότερη αρχική επένδυση για την εγκατάστασή τους, έχουν κυριαρχήσει στη σύγχρονη αγροτική παραγωγή λόγω του ότι προσφέρονται για την εφαρμογή αυτοματισμών, έχουν μακροπρόθεσμα χαμηλότερο κόστος συντήρησης και κυρίως αξιοποιούν πιο αποδοτικά το διαθέσιμο νερό.

**Πίνακας 4.1 :** Ενδεικτικές τιμές αποδοτικότητας διανομής (Ed) και αποδοτικότητας εφαρμογής (Ef) μεθόδων άρδευσης που αναφέρονται σε οργανωμένα αρδευτικά δίκτυα (Παπαζαφειρίου, 1999).

Τύπος δικτύου	Συντήρηση και λειτουργία	Αποδοτικότητα διανομής, Ed
Επιφανειακά δίκτυα	Πολύ καλή μέχρι άριστη	0,60 - 0,75
	Ικανοποιητική	0,50 – 0,60
	Ελλιπής	0,35 – 0,50
	Κακή	0,20 – 0,35
Υπο πίεση δίκτυα	Ικανοποιητική μέχρι άριστη	0,80 – 0,95
Μέθοδος άρδευσης		Αποδοτικότητα Εφαρμογής Ef
Κατάκλυση (λεκάνες)		0,60 – 0,80
Περιορισμένη διάχυση (λωρίδες)		0,60 – 0,75
Αυλάκια		0,50 - 0,75
Καταιονισμός		0,60 – 0,80
Μικροάρδευση		0,80 – 0,95



#### 4.4.1 Επιφανειακή στάγδην άρδευση

Η άρδευση με σταγόνες ή στάγδην είναι μια μέθοδος κατά την οποία νερό εφαρμόζεται στο χωράφι σε μικρές ποσότητες με τη μορφή σταγόνων έτσι που κάθε φυτό χωριστά να εφοδιάζεται με την απαραίτητη για την κανονική του ανάπτυξη και απόδοση υγρασία (Τερζίδης-Παπαζαφειρίου,1997). Στην επιφανειακή στάγδην άρδευση, το αρδευτικό νερό χορηγείται φιλτραρισμένο στην επιφάνεια του εδάφους, σε μια ζώνη κοντά στο ριζικό σύστημα των φυτών με σταθερό ρυθμό, σε ποσότητες και χρονικά διαστήματα που είναι συνήθως προκαθορισμένα και μετρήσιμα.

Ένα τυπικό σύστημα επιφανειακής στάγδην άρδευσης αποτελείται από:

- την κεφαλή ή μονάδα ελέγχου,
- το δίκτυο μεταφοράς ή διανομής, και
- το δίκτυο εφαρμογής.

Στην μονάδα ελέγχου, η οποία συνδέεται με την υδροληψία, προσαρμόζονται φίλτρα, μετρητές ροής, ρυθμιστές πίεσης, μανόμετρα και υδρολιπαντήρες. Ιδιαίτερα συχνή είναι η χρήση φίλτρων άμμου ή χαλίκων, σίτας και υδροκυκλώνων, που καθαρίζουν μηχανικά το νερό προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος έμφραξης των σταλακτήρων από αιωρούμενα σωματίδια ή διαλυμένα στερεά που υπό κατάλληλες συνθήκες μπορούν να ιζηματοποιηθούν. Η χρήση των υδρολιπαντήρων ή εγχυτήρων αποσκοπεί στην ευκολότερη, πιο ομοιόμορφη και μακροπρόθεσμα πιο οικονομική εφαρμογή λιπασμάτων ή ακόμη και φυτοπροστατευτικών προϊόντων.



(1)



(2)



(3)

**Εικόνα 4.3:** Υδρολιπαντήρας (1), φίλτρο σίτας (2), υδροκυκλώνας (3)

Σε ότι αφορά στο δίκτυο μεταφοράς, η εξέλιξη που παρατηρείται σε σχέση με τα άλλα συστήματα άρδευσης έχει να κάνει με το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο. Αποτελείται από τους κύριους αγωγούς μεταφοράς, που ξεκινούν από την υδροληψία και από τους δευτερεύοντες που συνδέονται με τους αγωγούς εφαρμογής. Σε πολλές περιπτώσεις στην γεωργική πρακτική οι κύριοι αγωγοί του δικτύου διανομής αποτελούνται από σωλήνες χάλυβα λόγω των υψηλών πιέσεων του νερού, ενώ για τους δευτερεύοντες χρησιμοποιούνται και σωλήνες αλουμινίου (απαντάται σε ετήσιες καλλιέργειες αραβόσιτος, βαμβάκι). Συνήθως όμως σε μόνιμες φυτείες τόσο οι κύριοι όσο και δευτερεύοντες αποτελούνται από αγωγούς άκαμπτου PVC-φθηνότεροι και πιο ανθεκτικοί από τους αγωγούς (PE) πολυαιθυλενίου-οι οποίοι μάλιστα τοποθετούνται υπόγεια σε σταθερές θέσεις, προκειμένου να διευκολύνεται η διέλευση αγροτικών μηχανημάτων για κάθε είδους εργασία..

Ο τρόπος εφαρμογής του νερού στις καλλιέργειες όμως, αποτελεί την καινοτομία της στάγδην άρδευσης σε σχέση με τα άλλα συστήματα άρδευσης. Το νερό μεταφέρεται μέσω των αγωγών του δικτύου μεταφοράς, στους αγωγούς εφαρμογής οι οποίοι διατρέχουν την επιθυμητή αρδευόμενη επιφάνεια του αγρού. Αποτελούνται από πολυεθυλένιο (PE), είναι εύκαμπτοι και ανθεκτικοί σε περιβαλλοντικές μεταβολές με συνήθη διάμετρο μεταξύ 12 και 25 χιλιοστών (mm). Συνήθως το χρώμα τους είναι μαύρο για να αντέχουν στην φωτόλυση και να μην είναι διαπερατοί στο φως και ευνοούν την ανάπτυξη μικροοργανισμών στο εσωτερικό τους, που μπορούν να φράξουν τους σταλακτήρες. Είναι κάθετοι προς τους δευτερεύοντες και παράλληλοι προς τις ισοϋψείς στα εδάφη με κλίση (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004). Ο τρόπος διάταξης της γραμμής εφαρμογής εξαρτάται από τις αποστάσεις φύτευσης, το έδαφος, το ποσοστό του εδάφους που πρέπει να διαβραχεί, το κόστος. (Παπαζαφειρίου, 1984).

Οι αγωγοί εφαρμογής, φέρουν σταλακτήρες σε συγκεκριμένες σταθερές αποστάσεις, είτε επιδέχονται την τοποθέτηση σταλακτάρων σε προκαθορισμένες θέσεις, μέσω των οποίων το νερό αποτίθεται στην επιφάνεια του εδάφους με τη μορφή σταγόνων. Τα χαρακτηριστικά των σταλακτάρων είναι αυτά που καθορίζουν και τα επιμέρους χαρακτηριστικά της άρδευσης με σταγόνες στον αγρό. Βασική παράμετρος για την ορθή λειτουργία του συστήματος της στάγδην άρδευσης είναι η ομοιόμορφη παροχή των σταλακτάρων, γεγονός που εκπορεύεται από την αναγκαιότητα για ομοιόμορφη κατανομή του νερού στην εκάστοτε καλλιέργεια.



(1)



(2)

**Εικόνα 4.4:** Σταλακτήρας (1), σταλακτηφόρος σωλήνας (2)

Για να εξασφαλιστεί αυτό θα πρέπει οι σταλακτήρες να έχουν σχετικά μεγάλη διατομή ώστε να μην αποφράσσονται, να είναι κατασκευασμένοι από υλικά που θα τους κάνουν ανθεκτικούς στις περιβαλλοντικές μεταβολές και τη σκληρή χρήση στο χωράφι, να είναι φθηνοί και ευκολόχρηστοι για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κλίμακες αγροτεμαχίων και κυρίως να εξασφαλίζουν σταθερή παροχή νερού ανεξάρτητα από μικρές μεταβολές στην πίεση στον αγωγό εφαρμογής.

Βάση των παραπάνω και συνυπολογίζοντας τα υδραυλικά και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά οι σταλακτήρες διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες. Από υδραυλικής άποψης ανάλογα με το είδος ροής του νερού μέσα στο σταλακτήρα διακρίνονται σε αυτούς με στρωτή ροή, σε αυτούς με μερικά στροβιλώδη ροή και σε αυτούς με στροβιλώδη ροή, ενώ ανάλογα με τον τρόπο απόσβεσης της πίεσης (η οποία συνδέεται με την απόσταση που διανύει το νερό μέσα στο σταλακτήρα μέχρι την έξοδό του με μορφή σταγόνων) διακρίνονται σε μικρής ή μεγάλης διαδρομής. Οι μικρής διαδρομής διακρίνονται σε σταλακτήρες τύπου οπής και σε σταλακτήρες τύπου στροβίλου. Στην μεγάλης διαδρομής το νερό περνάει από μικρής διατομής άλλα μεγάλου μήκους διαδρομή. Ο τύπος της διαδρομής αυτής τους διακρίνει περαιτέρω σε αυτούς με ελικοειδή, σπειροειδή ή μεικτή διαδρομή. Ακόμη, ανάλογα με το αν μπορεί να παραμείνει σταθερή ή να μεταβάλλεται η παροχή των σταλακτάρων με μεταβολές της πίεσης διακρίνονται σε σταθερής παροχής (δίνουν ορισμένη παροχή για δεδομένη πίεση λειτουργίας) σε ρυθμιζόμενους (η παροχή τους μπορεί να μεταβληθεί με διάφορους τρόπους) και σε αυτορρυθμιζόμενους (η παροχή διατηρείται σταθερή παρά τις αλλαγές στην πίεση του δικτύου). Τέλος ανάλογα με τη δυνατότητα αυτοκαθαρισμού τους διακρίνονται σε αυτοκαθαριζόμενους και μη αυτοκαθαριζόμενους.

## **Πλεονεκτήματα**

Η άρδευση με σταγόνες έχει πλέον καθιερωθεί ως ένα από τα σημαντικότερα – αν όχι το σημαντικότερο- σύστημα άρδευσης ανά τον κόσμο, λόγω συγκεκριμένων και σημαντικών πλεονεκτημάτων έναντι των άλλων συστημάτων άρδευσης, τα οποία συνοψίζονται παρακάτω.

**Οικονομία** στην κατανάλωση του νερού και αξιοποίηση πολύ μικρών παροχών για την άρδευση των καλλιεργειών. Αυτοί εξάλλου είναι και οι σημαντικότεροι λόγοι που αυτός ο τρόπος άρδευσης γνώρισε ταχύτατη εξάπλωση τις τελευταίες δεκαετίες, ειδικά σε περιοχές όπου η διαθεσιμότητα του πόρου είναι περιορισμένη. Λόγω της αργής και ελεγχόμενης απόθεσης του νερού στο έδαφος μέσω κλειστού δικτύου σωληνώσεων άλλα και λόγω του ότι κατά περιπτώσεις μπορεί να αρδεύεται μόνο μια εδαφική ζώνη κοντά στο ριζόστρωμα των καλλιεργειών, ελαχιστοποιούνται οι απώλειες λόγω απορροής, βαθιάς διήθησης και εξάτμισης. Η εξοικονόμηση νερού είναι κατά 25% μεγαλύτερη από την άρδευση με καταιονισμό και 50% από τις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης (Κωνσταντινίδης, 1985). Με την πολύ μικρή παροχή που απαιτείται για την άρδευση ποτίζονται συγχρόνως, με μια δεδομένη παροχή, αναλογικά μεγαλύτερες εκτάσεις σε σχέση με τα άλλα συστήματα (Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, 2004).

**Προσαρμοστικότητα** σε διαφορετικούς τύπους εδαφών όπως κεκλιμένα, εδάφη με μεγάλη διηθητικότητα, προβλήματα αλατότητας και σε περιοχές με ιδιαίτερα κλιματικά χαρακτηριστικά (π.χ ανεμόπληκτες). Ειδικότερα στις περιπτώσεις εδαφών με ανώμαλη τοπογραφία, μεγάλες κλίσεις, καθώς και στις ανεμόπληκτες, η εφαρμογή της στάγδην άρδευσης αποτελεί μονόδρομο, ενώ η δυνατότητα για καλύτερο έλεγχο των ποσοτήτων νερού που εφαρμόζονται επιτρέπει την εφαρμογή της και σε εδάφη με μεγάλη διηθητικότητα. Επιπροσθέτως αποτελεί σχετικά αποτελεσματική τεχνική άρδευσης για την αξιοποίηση αλατούχων υδάτων καθώς και αλατούχων εδαφών. Με την στάγδην άρδευση, η υγρασία του εδάφους μπορεί να κρατηθεί σχετικά σταθερή, τουλάχιστον σε ένα μέρος της ζώνης ριζών. Αυτό διατηρεί χαμηλή τη συγκέντρωση των αλάτων, γεγονός το οποίο με τη σειρά του, οδηγεί σε έκπλυση της εδαφικής ζώνης κάτω από τους σταλάκτες. Οι ρίζες στα αναπτυσσόμενα φυτά έχουν την τάση να συγκεντρώνονται σε αυτή τη ζώνη έκπλυσης, κοντά στους σταλάκτες όπου διατηρείται η υψηλή υγρασία, αποφεύγοντας τα άλατα που συσσωρεύονται στο

μέτωπο διαβροχής και έτσι, βελτιώνεται η παραγωγικότητα των καλλιεργειών (Hamdy, 1991).

**Αξιοποίηση αυτοματισμών** και άλλων μέσων που μπορούν να συμβάλλουν αποφασιστικά στον καλύτερο **έλεγχο** της άρδευσης, στην αύξηση της παραγωγικότητας, στην βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων και στην μείωση του κόστους παραγωγής. Η επιφανειακή (και η υπόγεια) άρδευση είναι μέθοδοι που επιδέχονται πλήρη αυτοματοποίηση (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη κ.α, 2003). Πιο συγκεκριμένα, επειδή η διανομή και η εφαρμογή του νερού γίνεται μέσω κλειστού συστήματος αγωγών υπό πίεση, οι οποίοι τοποθετούνται σε σταθερές θέσεις, μπορούν να τοποθετηθούν και να χρησιμοποιηθούν και υλικά που διευκολύνουν ορισμένους χειρισμούς που έχουν να κάνουν με την έναρξη και παύση λειτουργίας του δικτύου, τη διαδοχική υδροδότηση των διαφόρων μονάδων του και τη ρύθμιση της απαιτούμενης παροχής και πίεσης στην αρχή των αγωγών μεταφοράς και τροφοδοσίας. Έτσι, μπορούν να τοποθετηθούν στην αρχή του δικτύου ή στην αρχή των μονάδων του ογκομετρικές βαλβίδες, οι οποίες ρυθμίζονται ώστε να κλείνουν μετά τη διέλευση συγκεκριμένου όγκου νερού, διαφραγματικές βαλβίδες, οι οποίες επιτρέπουν την άρδευση διαφορετικών μονάδων ενός δικτύου (πχ άρδευση διαφορετικών καλλιεργειών από την ίδια υδροληψία) καθώς και προγραμματιστές οι οποίοι ρυθμιζόμενοι, μπορούν να «συντονίσουν» κατά κάποιο τρόπο την λειτουργία όλων των παραπάνω. Επίσης, επειδή στις μικρές παροχές από την υδροληψία είναι συχνές οι μεταβολές των πιέσεων, όταν το αρδευτικό δίκτυο είναι εκτεταμένο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ρυθμιστές πίεσης ώστε να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία του συστήματος. Τέλος, τα τελευταία χρόνια πολύ σημαντική είναι η συμβολή της πληροφορικής για την απόκτηση και μετάδοση των πληροφοριών εκείνων (θερμοκρασία, υγρασία εδάφους, κ.α) που μπορούν με την κατάλληλη επεξεργασία να αυτοματοποιήσουν πλήρως την άρδευση.

**Βελτίωση της οικονομικότητας της εκμετάλλευσης.** Οι τρόποι με τους οποίους συμβάλει σε αυτό η στάγδην άρδευση είναι κυρίως μέσω της βελτίωσης της παραγωγικότητας των καλλιεργειών και της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων καθώς και τη μείωση του κόστους διαχείρισης της εκμετάλλευσης. Καταρχήν, ο τρόπος λειτουργίας αυτής της μεθόδου άρδευσης (απόθεση μικρότερων ποσοτήτων νερού και πιο συχνά) μπορεί να διασφαλίσει μικρότερες μεταβολές της υγρασίας κοντά στο ριζόστρωμα των καλλιεργειών με αποτέλεσμα την αποφυγή καταστάσεων καταπόνησης για τα φυτά. Η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό μπορεί να

διατηρηθεί κοντά στην υδατοικανότητα γεγονός που διατηρεί ακόρεστη τη ροή του νερού και κατ' επέκταση τον αερισμό του εδάφους και των ριζών σε ικανοποιητικά επίπεδα. Συνεπώς, ο σωστός προγραμματισμός των αρδεύσεων μπορεί να συμβάλει αποφασιστικά στην ομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών. Το γεγονός αυτό είναι επιθυμητό στην αγροτική πρακτική καθότι πολύ συχνά μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη οικονομική πρόσοδο για τον παραγωγό λόγω προώιμησης της παραγωγής, αύξησης των αποδόσεων και ομοιομορφίας στην εμφάνιση και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων. Σε ότι αφορά στην μείωση του κόστους διαχείρισης της εκμετάλλευσης σε σχέση με τα άλλα συστήματα άρδευσης, οφείλουμε να πούμε ότι αυτό επιτυγχάνεται σχετικά πιο μακροπρόθεσμα όταν αφορά σε μεγάλες καλλιέργειες (πχ βαμβάκι, αραβόσιτος) σε σχέση με τις μόνιμες καλλιέργειες (οπορωφόρα, αμπέλια). Πιο συγκεκριμένα, αυτό επιτυγχάνεται λόγω, της μειωμένης ενέργειας που απαιτείται για την άρδευση (απαιτούνται μικρότερες πιέσεις λειτουργίας), του μειωμένου κόστους φυτοπροστασίας εξαιτίας της αποφυγής διαβροχής του φυλλώματος των καλλιεργειών και της μείωσης του κόστους για τη χορήγηση λιπασμάτων (με την ακριβέστερη εφαρμογή τους απαιτούνται μικρότερες ποσότητες και ελάχιστα εργατικά). Τέλος, στα τμήματα του εδάφους που δεν αρδεύονται το έδαφος παραμένει ξηρό και έτσι καθίσταται ευκολότερη και οικονομικότερη η καταπολέμηση των ζιζανίων ενώ παράλληλα η εκτέλεση στο σωστό χρόνο και άλλων καλλιεργητικών εργασιών (ψεκασμοί, καλλιέργεια εδάφους κ.α), ανεξάρτητα από την άρδευση, συμβάλει περαιτέρω στην ευκολία και μακροπρόθεσμα στη βελτίωση του οικονομικού αποτελέσματος.

### **Μειονεκτήματα**

Τα παραπάνω πλεονεκτήματα της μεθόδου, συνέβαλαν καθοριστικά στην ταχεία εξάπλωσή της. Ωστόσο διάφορα προβλήματα εμφανίστηκαν κατά την εφαρμογή της σε διάφορες καταστάσεις, τα οποία επαναλαμβανόμενα συνιστούν τα μειονεκτήματά της τα οποία συνοψίζονται στη συνέχεια.

**Κόστος εγκατάστασης:** Το αρχικό κόστος εγκατάστασης, το οποίο φυσικά εξαρτάται από μια πλειάδα παραγόντων (είδος καλλιέργειας, τύπος εδάφους, διαθεσιμότητα παροχής στην υδροληψία κ.α) είναι αρκετά υψηλό σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα άρδευσης. Ο μόνιμος χαρακτήρας της εγκατάστασης του δικτύου και το πλήθος των αυτοματισμών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν καθιστά

την αρχική επένδυση δαπανηρή. Ωστόσο, ιδιαίτερα στις μόνιμες φυτείες, τα συγκριτικά πλεονεκτήματα που έχουν σχέση με την βελτίωση της οικονομικότητας της εκμετάλλευσης επιτρέπουν τη γρήγορη απόσβεση του κεφαλαίου που επενδύθηκε.

**Λειτουργικές αδυναμίες:** Σε αυτές περιλαμβάνονται οι εμφράξεις των σταλακτήρων, ο σχηματισμός ζώνης συγκέντρωσης των αλάτων και η αδυναμία χρήσης του συστήματος για το φύτευμα ορισμένων καλλιεργειών και την αντιπαγετική προστασία.

Οι εμφράξεις των σταλακτήρων διακρίνονται σε μηχανικές, βιολογικές ή οργανικές και σε χημικές ή ανόργανες. Οι μηχανικές οφείλονται στην παρουσία μικροαιωρημάτων στο αρδευτικό νερό (τεμαχίδια άμμου, ιλύος, αργίλου) τα οποία φράσσουν τους μικρού διαμέτρου σταλακτήρες (0,5 – 1 mm). Μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη χρήση φίλτρων στην κεφαλή του δικτύου αλλά και μικρότερων φίλτρων σίτας στην αρχή των αγωγών εφαρμογής. Οι χημικές οφείλονται σε ιζηματοποιήσεις και καθιζήσεις ανθρακικών αλάτων και χημικών ενώσεων Ca, Fe, Mg, P και Al στις οπές συνήθως των σταλακτήρων (πολλές φορές με τη συνεργία μικροοργανισμών) και αντιμετωπίζονται με προσθήκη χημικών στο αρδευτικό νερό. Τέλος, οι βιολογικές εμφράξεις οφείλονται στην δραστηριότητα βακτηρίων, μυκήτων και άλλων μικροοργανισμών που είτε υποβοηθούν την κατακρίμνηση αλάτων είτε κάνουν αποικίες φράσσοντας τις οπές των σταλακτήρων. Για την διόρθωση του προβλήματος αυτού συνίσταται η πλύση με ελεύθερη ροή του νερού στο δίκτυο στην αρχή και το τέλος της αρδευτικής περιόδου.

Παρότι η χρήση της στάγδην άρδευσης, όπως προαναφέρθηκε, ενδείκνυται για τη χρήση αλατούχου νερού, δεν μπορεί να αποφευχθεί η δημιουργία ζώνης απόθεσης των αλάτων περιμετρικά της ζώνης διαβροχής του εδάφους. Το συγκεκριμένο μειονέκτημα ίσως δημιουργήσει προβλήματα σε επόμενες καλλιέργειες και μπορεί να αντιμετωπιστεί μόνο με επιπλέον αρδεύσεις ή παράτασή τους μέχρι τις βροχές του χειμώνα.

Τέλος, στις μεν εκτατικές καλλιέργειες (βαμβάκι, αραβόσιτο, ηλιάνθος) δεν ενδείκνυται για το φύτευμα των σπόρων και θα πρέπει να γίνει άρδευση με καταιονισμό, ενώ για τις μόνιμες φυτείες σε παγετόπληκτες περιοχές αδυνατεί να παράσχει αντιπαγετική προστασία όπως ο καταιονισμός.

**Μηχανικές ζημιές:** Λόγω της μονιμότητας της εγκατάστασης αυξάνονται οι πιθανότητες μηχανικών ζημιών (πχ από καλλιεργητικές εργασίες) άλλα και από τη δράση διαφόρων τρωκτικών και πουλιών.

#### **4.4.2 Υπόγεια στάγδην άρδευση**

Η μέθοδος αυτή αποτελεί περαιτέρω εξέλιξη της επιφανειακής στάγδην άρδευσης, αν και αναπτυσσόταν σχεδόν παράλληλα με αυτή σε διάφορες χώρες του κόσμου. Τα τελευταία χρόνια, λόγω συγκεκριμένων πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει, κερδίζει σταδιακά έδαφος σαν προτιμώμενο σύστημα άρδευσης και συνήθως χρησιμοποιείται σε μόνιμες φυτείες (π.χ οπωροφόρα). Αποτελεί σχεδόν αποκλειστική επιλογή για την άρδευση κοινόχρηστων πράσινων χώρων, κήπων και φυτειών χλοοτάπητα.

Η διαφορά της με την επιφανειακή, έγκειται στο ότι οι αγωγοί εφαρμογής τοποθετούνται υπόγεια, γεγονός που της δίνει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα. Το σημαντικότερο ίσως πλεονέκτημα, είναι η ακόμα καλύτερη αξιοποίηση του αρδευτικού νερού καθότι αυτό εφαρμόζεται απευθείας στις θέσεις που προσλαμβάνεται, δηλαδή στη ρίζα των φυτών. Έτσι, εκμηδενίζεται η εξάτμιση από έδαφος. Με την υπόγεια στάγδην άρδευση παρατηρείται καλύτερη κατανομή του νερού στο έδαφος, με αποτέλεσμα να διαβρέχεται μεγαλύτερος όγκος εδάφους και συνεπώς μεγαλύτερος όγκος ριζικού συστήματος. Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το φυτό λαμβάνει την ποσότητα νερού που χρειάζεται ταχύτερα (Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη κ.α., 2010). Αυτό, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τις καλλιέργειες στη χώρα μας, αφού λόγω των κλιματολογικών συνθηκών οι υδατικές ανάγκες των φυτών αυξάνονται κατακόρυφα τους θερινούς μήνες και η εφαρμογή νερού καθίσταται συχνά επιτακτική. Επιπροσθέτως, με την υπόγεια στάγδην άρδευση αξιοποιείται ακόμα καλύτερα η υδρολίπανση. Τα θρεπτικά στοιχεία εφαρμόζονται απευθείας στο ενεργό ριζόστρωμα συμβάλλοντας στην ταχύτερη απορρόφησή τους από το φυτό, ενώ δυσκίνητα στο έδαφος στοιχεία, απορροφώνται πιο εύκολα από τα φυτά εφόσον διοχετεύονται άμεσα στο ενεργό ριζόστρωμά τους (Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη κ.α., 2010). Άλλα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι ο περιορισμός των ζιζανίων στον αγρό, η ελαχιστοποίηση των φθορών που οδηγούν σε



μακροβιότερη χρήση, ακόμα μεγαλύτερη ευκολία στην μετακίνηση των αγροτικών μηχανημάτων για εκτέλεση εργασιών και η χρήση νερού που προέρχεται από επεξεργασμένα αστικά απόβλητα σε ειδικές περιπτώσεις.

Στα μειονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγονται η δυσκολία συντήρησης, η έμφραξη των σταλακτήρων λόγω εισόδου ριζικών τριχιδίων και η αδυναμία χρήσης σε αγρούς με ανώμαλη τοπογραφία και πετρώδες έδαφος. Το κυριότερο όμως μειονέκτημα της μεθόδου είναι η αδυναμία παρακολούθησης της λειτουργίας των σταλακτήρων και η δυσκολότερη επιδιόρθωση ζημιών, πρακτικά στον αγρό.

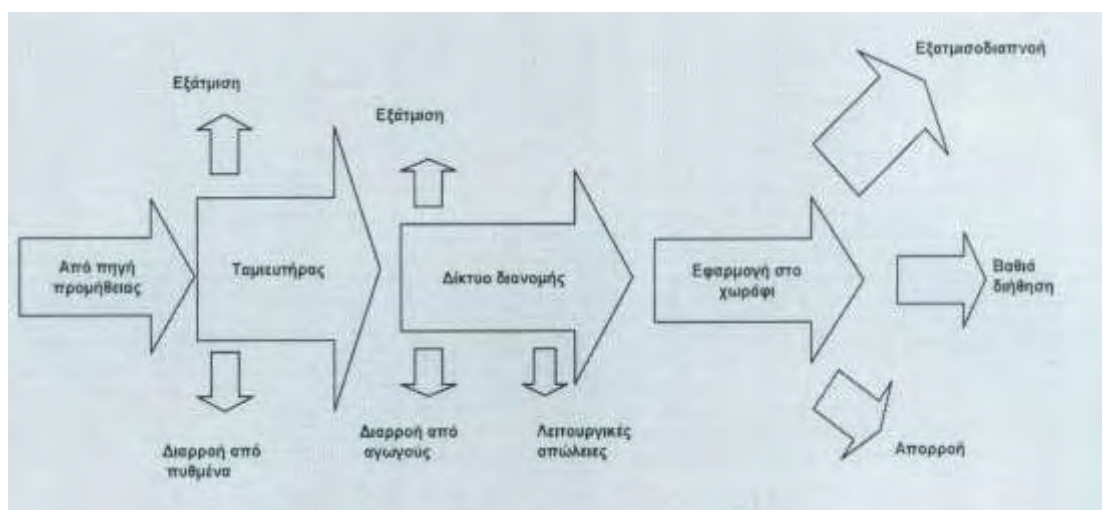
#### **4.4.3 Άρδευση με μικροεκτοξευτήρες**

Είναι ουσιαστικά ένας συνδυασμός των συστημάτων του καταιονισμού και της στάγδην άρδευσης. Λειτουργεί και έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με τα συστήματα στάγδην άρδευσης με τη διαφορά ότι το νερό εφαρμόζεται στον αγρό με μικροκαταιονιστήρες παροχής 25-300 lt/hr, διάμετρο διαβροχής 3-11m και οι πιέσεις λειτουργίας συνήθως κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 1-2,5atm. Εφαρμόζεται σχεδόν αποκλειστικά σε μόνιμες φυτείες, κυρίως οπωροφόρα αλλά και σε ανθοκομικές και λαχανοκομικές καλλιέργειες σε θερμοκήπια. Προτείνεται για χρήση σε ελαφρά εδάφη, όπου η μεγαλύτερη διηθητικότητα τους απαιτεί υψηλότερο ρυθμό εφαρμογής του νερού. Σε οπωρώνες που καλλιεργούνται σε ελαφρά εδάφη, πλεονεκτεί σε σχέση με την στάγδην άρδευση αφενός στο ότι επιτυγχάνει μεγαλύτερη επιφάνεια διαβροχής του εδάφους, γεγονός επιθυμητό για την περαιτέρω επέκταση των ριζών των δένδρων και αφετέρου στο ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αντιπαγετική προστασία. Μειονεκτεί έναντι της στάγδην στο ότι απαιτεί μεγαλύτερη κατανάλωση νερού, δεν εφαρμόζεται σε επικλινείς και ανεμόπληκτες εκτάσεις (απορροή του νερού). Τέλος θεωρείται ότι, λόγω διαβροχής του κορμού των δένδρων, συμβάλει στην ανάπτυξη ασθενειών του λαιμού (φυτόφθορες).

## 4.5 Ανάγκες των καλλιεργειών σε αρδευτικό νερό

Μέχρι σήμερα, παρότι εξελιγμένα αρδευτικά συστήματα υιοθετούνται από τους καλλιεργητές, η άρδευση στον αγρό πραγματοποιείται στο μεγαλύτερο ποσοστό εμπειρικά. Έτσι γίνεται είτε με βάση οπτικές παρατηρήσεις του εδάφους και των καλλιεργειών είτε με βάση γενικές γνώσεις για τις ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό ανά στάδιο ανάπτυξης. Στη σύγχρονη γεωργία όμως, από τη στιγμή που το νερό αντιμετωπίζεται σαν οικονομικό αγαθό, το κόστος χρήσης του στο άμεσο μέλλον θα αυξηθεί και η παραπάνω τακτική δεν μπορεί να είναι βιώσιμη.

Σύμφωνα με τις σύγχρονες επιστημονικές επιταγές, βασικός στόχος της επιτυχημένης άρδευσης, εκτός από την εφαρμογή του κατάλληλου σε ποσότητα και ποιότητα αρδευτικού νερού - που ικανοποιεί τις ανάγκες της εκάστοτε καλλιέργειας με σκοπό την ποσοτική και ποιοτική παραγωγή - είναι και η αποδοτικότητα της χρήσης του νερού. Στην πράξη αυτό μεταφράζεται σε αναλυτικότερο προσδιορισμό των αναγκών των καλλιεργειών και στη ελαχιστοποίηση των απωλειών.



**Διάγραμμα 4.1:** Απώλειες αρδευτικού νερού από διάφορες αιτιολογίες από την πηγή μέχρι το χωράφι

Οι απώλειες, όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα προέρχονται κυρίως από τα δίκτυα διανομής από την υδροληψία έως το χωράφι και από την εξατμισοδιαπνοή, την βαθιά διήθηση και την απορροή στο χωράφι. Επειδή μεγάλο μέρος των αρδευτικών δικτύων στη χώρα μας είναι συλλογικό, η σωστή συντήρηση και ο εκσυγχρονισμός των δικτύων διανομής μπορούν να συμβάλλουν αποτελεσματικά στη

μείωση των απωλειών. Για το κομμάτι των απωλειών στον αγρό, το νερό που χάνεται με βαθιά απορροή και διήθηση είναι άμεση συνάρτηση του γενικότερου προγραμματισμού της άρδευσης και της μεθόδου άρδευσης. Σε μεγάλο ποσοστό στις μέρες μας παλιές μέθοδοι άρδευσης (κατάκλυση, αυλάκια) έχουν αντικατασταθεί από πιο σύγχρονες και αποδοτικές (καταιονισμός, στάγδην) οπότε επιτυγχάνεται σημαντική οικονομία νερού. Ο προγραμματισμός της άρδευσης όμως δεν μπορεί να εξεταστεί ανεξάρτητα από τον ρόλο της εξατμισοδιαπνοής καθότι ο υπολογισμός αυτής αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του προσδιορισμού των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό.

Το πόσο νερό απαιτείται για μια καλλιέργεια είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων. Γενικά, το νερό που δαπανάται από το φυτό για τη φυσιολογική λειτουργία του (σχηματισμός ιστών και διαπνοή) και το νερό που εξατμίζεται από το έδαφος και το φυτό, αποτελούν το μεγαλύτερο τμήμα των συνολικών αναγκών. Αν προσθέσουμε το νερό που χάνεται κατά την εφαρμογή και άλλες ποσότητες που μπορούν να προστεθούν πχ για έκπλυση αλάτων, εκτιμούμε ακριβέστερα την απαιτούμενη ποσότητα. Βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τον υπολογισμό των ποσοτήτων αυτών είναι κλιματικοί, φυτικοί και εδαφικοί. Οι κλιματικοί και οι φυτικοί υπεισέρχονται στον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής και οι εδαφικοί στον υπολογισμό των υδραυλικών ιδιοτήτων του εδάφους, το οποίο είναι και το μέσο που θα αποθηκεύσει και θα παράσχει νερό στην καλλιέργεια.

#### **4.5.1 Εξατμισοδιαπνοή και παράγοντες που την επηρεάζουν**

Από τις παραμέτρους που υπεισέρχονται στον υπολογισμό του ύψους των αναγκών η σημαντικότερη είναι η εξατμισοδιαπνοή. Ο όρος εξατμισοδιαπνοή (ET, evapotranspiration) ορίζεται σαν την ποσότητα του νερού που καταναλίσκεται στη διαπνοή των φυτών και στην εξάτμιση των υγρών μερών του φυτού και του εδάφους κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης περιόδου. Η διαπνοή, που είναι γενικά αποτέλεσμα βιολογικών διεργασιών και η εξάτμιση, που είναι ένα φυσικό φαινόμενο, αναφέρονται μαζί για ευκολία μια που είναι δύσκολο να διαχωριστούν ποσοτικά (Τσακίρης, 2004).

Ωστόσο, στις αρδεύσεις πρακτική εφαρμογή έχει ο ορισμός της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ETc), η οποία αντιπροσωπεύει τις ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας για κανονική ανάπτυξη και βέλτιστη απόδοση.

Η εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας εξαρτάται καταρχήν από τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και από το ποσοστό κάλυψης του εδάφους. Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας η εξάτμιση γίνεται κυρίως από το έδαφος, αλλά καθώς τα φυτά αναπτύσσονται καλύπτοντας όλο και περισσότερο την επιφάνεια του εδάφους, η διαπνοή γίνεται η κύρια διαδικασία απώλειας νερού. Επιπλέον, η εξατμισοδιαπνοή αυξάνει με γρήγορο ρυθμό από το φύτευμα μέχρι την πλήρη ανάπτυξη, διατηρείται σταθερή για ένα χρονικό διάστημα και μετά ελαττώνεται. Ωστόσο, ο ρυθμός αυτός είναι διαφορετικός ανά φυτικό είδος. Επίσης, το φυτικό είδος επηρεάζει άμεσα και έμμεσα την εξατμισοδιαπνοή καθώς κάθε φυτό αναπτύσσεται με διαφορετικό ρυθμό, έχει διαφορετικό ριζικό σύστημα, διαφορετική περίοδο μέγιστων αναγκών, παρουσιάζει διαφορετική πυκνότητα και ανακλαστικότητα στο φύλλωμά του και καλλιεργείται με διαφορετικό τρόπο (αποστάσεις φύτευσης ή σποράς, πυκνότητα φυτών, ύψος φυτών κ.α).

Κατά δεύτερο λόγο, η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από κλιματικούς παράγοντες. Η ηλιακή ακτινοβολία επιδρά άμεσα ρυθμίζοντας τη διαπνοή των φυτών αλλά και την εξάτμιση από το έδαφος, η θερμοκρασία επιδρά στην ανάπτυξη των φυτών, ο άνεμος και η χαμηλή σχετική υγρασία εντείνουν την διαπνοή και την εξάτμιση. Τέλος, ο προσανατολισμός, η θέση και το γεωγραφικό πλάτος επιδρούν με διάφορους τρόπους.

#### **4.5.2 Τρόποι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής**

Η εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν, εξαρτάται από το κλίμα και τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας. Η επίδραση του κλίματος στην ETc εκφράζεται από την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ή βασική εξατμισοδιαπνοή ET<sub>0</sub>, η οποία ορίζεται σαν η εξατμισοδιαπνοή από μια καλλιέργεια αναφοράς ή βάσης που αναπτύσσεται δυναμικά κάτω από συνθήκες πλήρους επάρκειας νερού (Τερζίδης κ.α, 1997). Συνήθως σαν καλλιέργεια αναφοράς παίρνεται το γρασίδι.

Έτσι η  $ET_c$  προκύπτει από την  $ET_o$ , η οποία συμπεριλαμβάνει την επίδραση των κλιματικών παραγόντων και τον φυτικό συντελεστή  $K_c$  στον οποίο υπεισέρχονται οι επιδράσεις του φυτικού είδους με αποτέλεσμα την παρακάτω σχέση.

$$ET_c = K_c * ET_o$$

Για τον προσδιορισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς  $ET_o$  ή για τον απευθείας προσδιορισμό της  $ET_c$  έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς διάφορες μέθοδοι είτε άμεσες είτε έμμεσες.

Οι σημαντικότερες άμεσες μέθοδοι είναι η μέθοδος των λυσίμετρων και η μέθοδος του προσδιορισμού της υγρασίας του εδάφους. Τα λυσίμετρα, είναι ειδικά δοχεία τα οποία τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο στο έδαφος σε συνθήκες φυσικού περιβάλλοντος ώστε να περιέχουν φυτά που αναπτύσσουν ανεμπόδιστα το ριζικό τους σύστημα. Παρέχουν τη δυνατότητα της μετρήσεως της εκροής λόγω βαθιάς διηθήσεως καθώς και της απ' ευθείας μετρήσεως της μεταβολής της εδαφικής υγρασίας με διάφορους τρόπους. Η εξατμισοδιαπνοή προκύπτει από το ισοζύγιο νερού στο λυσίμετρο (Τσακίρης, 2004). Με τη μέθοδο προσδιορισμού της εδαφικής υγρασίας παρακολουθείται συχνά-ειδικά πριν και μετά από κάθε άρδευση-η μεταβολή της υγρασίας σε πολλαπλές άλλα επιλεγμένες θέσεις στο ριζόστρωμα των καλλιεργειών. Η παρακολούθηση γίνεται με συσκευές νετρονίων, με συσκευές μέτρησης ανακλασιμετρίας ραδιοκυμάτων (TDR), με τασίμετρα και με αισθητήρες στον αγρό ή με μεταφορά των δειγμάτων σε εργαστήριο. Τα αποτελέσματα σε συνάρτηση με το χρόνο, εκφράζονται με καμπύλη από την οποία προσδιορίζεται η εξατμισοδιαπνοή.

Οι έμμεσες μέθοδοι χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της εξατμισοδιαπνοής με τη χρήση κλιματικών δεδομένων. Κάποιες από αυτές είναι θεωρητικές, άλλες είναι εμπειρικές και κάποιες άλλες είναι συνδυασμός τους. Η εύκολη συσχέτιση της εξατμισοδιαπνοής με βασικά κλιματικά δεδομένα, που μπορούν να βρεθούν σε κάθε περιοχή (π.χ. η θερμοκρασία), ήταν η κύρια αιτία της δημιουργίας πολλών εμπειρικών μεθόδων προγνώσεως της εξατμισοδιαπνοής. (Τσακίρης, 2004). Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται διάφορες μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής που έχουν αναπτυχθεί καθώς και το μέγεθος που προσδιορίζουν δηλαδή είτε την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς  $ET_o$ , είτε την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας  $ET_c$ , είτε την αναγκαία κατανάλωση  $CU$  που είναι ισότιμος όρος με την  $ET_c$  (Τερζίδης κ.α, 1997).

**Πίνακας 4.2:** Μέθοδοι μέτρησης εξατμισοδιαπνοής (Τσακίρης, 2004)

Μέθοδος	Θερμοκρασία	Υγρασία αέρα	Θερμ. ξηρού-υγρού θερμομέτρου	Διάρκεια ημέρας	Σχετική ηλιοφάνεια	Ακτινοβολία	Ταχύτητα ανέμου	Εξάτμισομετρο	Δεδομένα καλλιέργειας	Φυτικός συντελεστής	Συντελεστής εδάφους	Διορθωτικός συντελεστής	Βροχόπτωση	Αεροδυναμική αντίσταση	Μέγεθος που προσδιορίζουν
Blaney-Morin, 1942	x	x		x						x					ETc
Lowry-Johnson, 1942	x											x			ETc
Thornthwaite, 1943	x				x							x			ETc
Penman, 1948	x	x		x	x	x	x			x					ETo ή ETc
Blaney-Criddle, 1950	x			x						x					CU
Halstead, 1951	x	x	x	x											ETc
Haude, 1952			x	x			x			x					ETc
Turc, 1954	x	x		x	x	x	x					x			ETc
Turc-Langbein, 1954	x												x		ETo ή ETc
Halkias, 1955								x				x			CU
Thornthwaite-Mather, 1955	x				x	x				x	x	x			ETc
Van Bavel, 1956	x			x	x	x						x			ETc
Harggreaves, 1956	x	x		x						x					ETo ή ETc
Ivanof, 1957	x	x													ETc
Makkink, 1957	x					x									PET
Rijtema, 1957	x	x		x	x	x	x		x	x					ETc
McIlroy, 1961	x	x	x	x	x	x	x								ETc
Olivier, 1961	x	x	x		x	x					x		x		Ανάγκες ανά μονάδα επιφ.
Jensen-Haise, 1963	x			x	x	x				x		x			ETc
Christiansen, 1966	x	x			x	x	x					x			ETo
Dastane, 1967															ETc
Linacre, 1967	x	x		x	x	x	x		x						ETc
Τροποποιημένη Penman FAO, 1975	x	x		x	x	x	x					x			ETo
Τροποποιημένη Blaney-Criddle, 1977	x	x		x	x		x								ETo
Συνδ. Penman Monteith, FAO, 1990	x	x		x	x	x	x							x	ETo

Από τις χρησιμοποιούμενες σήμερα μεθόδους υπολογισμού της βασικής εξατμισοδιαπνοής οι σύνθετες που χρησιμοποιούν πλήθος μετεωρολογικών παραμέτρων θεωρούνται οι πλέον ακριβείς (Allen et al., 1998). Από αυτές, η τροποποιημένη μέθοδος των Penman-Monteith κατά FAO56 (Allen et al., 1998) έχει αξιολογηθεί ως η πλέον αξιόπιστη για πλήθος περιοχών του κόσμου. Επιπρόσθετα, οι υπολογισμένες τιμές της μεθόδου έχουν θεωρηθεί ιδιαίτερα ακριβείς για περιοχές του Ελλαδικού χώρου (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη κ.α., 1996; Γεωργίου κ.α., 2000; Αλεξίου κ.α., 2000; Ράπτη κ.α., 2009).

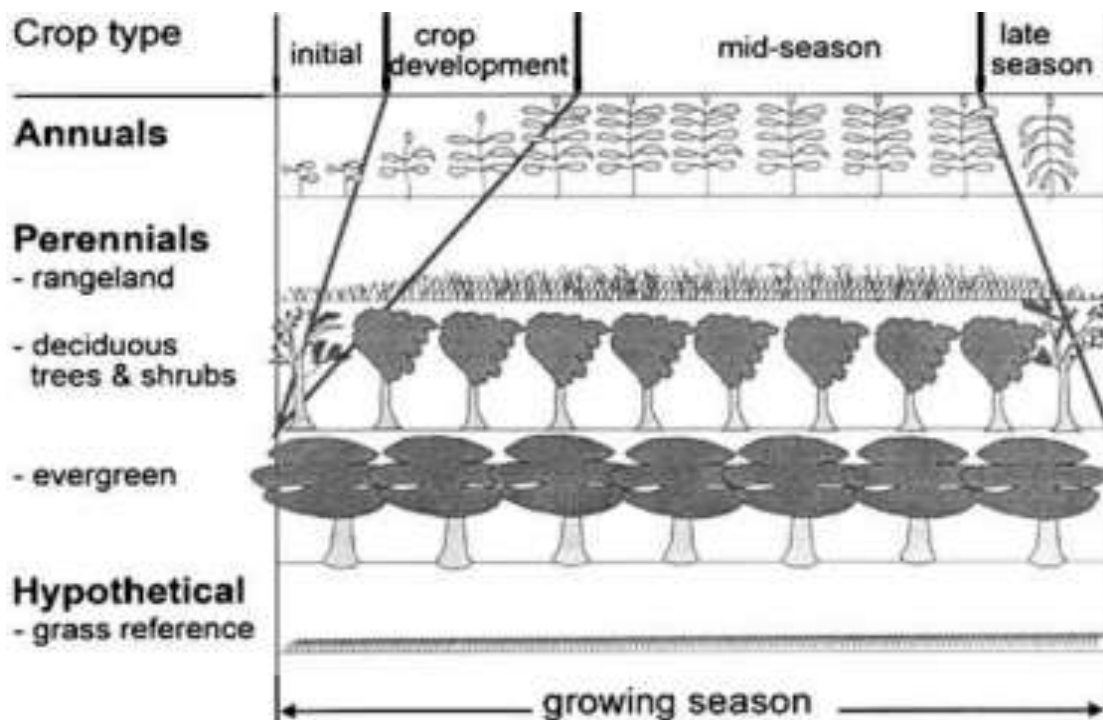
#### **4.5.3 Μέθοδος του εξατμισόμετρου**

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και των λοιπών παραμέτρων προκειμένου να εφαρμοστούν είναι η μέθοδος του εξατμισόμετρου τύπου Α. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε καθώς και τα επιμέρους χαρακτηριστικά του εξατμισόμετρου περιγράφονται στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο της παρούσας εργασίας.

#### **4.5.4 Φυτικός συντελεστής Kc**

Οι φυτικοί συντελεστές αντιπροσωπεύουν τη διαφοροποίηση της εξατμισοδιαπνοής μιας οποιασδήποτε άλλης καλλιέργειας από αυτή της καλλιέργειας αναφοράς. Διαφέρουν από καλλιέργεια σε καλλιέργεια, άλλα και για την ίδια καλλιέργεια παρουσιάζουν διακύμανση κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Οι τιμές τους διαμορφώνονται ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε καλλιέργειας, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής που αναπτύσσεται, την καλλιεργητική πρακτική και τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Για τις ετήσιες καλλιέργειες, επιπρόσθετοι παράγοντες που επηρεάζουν είναι ο χρόνος σποράς ή φύτευσης, ο ρυθμός ανάπτυξης και η συχνότητα των βροχών και αρδεύσεων κατά το αρχικό στάδιο ανάπτυξής τους (Τερζίδης κ.α, 2007).

Ο φυτικός συντελεστής των καλλιεργειών,  $K_c$ , είναι βασικά το πηλίκο της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας  $E_{Tc}$  προς την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς  $E_{To}$ , και αντιπροσωπεύει την επίδραση τεσσάρων κύριων χαρακτηριστικών που διακρίνουν την καλλιέργεια από την καλλιέργεια αναφοράς (γρassίδι). Τα χαρακτηριστικά αυτά επιγραμματικά είναι το ύψος της καλλιέργειας, η ανακλαστικότητα (albedo) των επιφανειών του φυτού και του εδάφους, η αντίσταση της φυτοκόμης στην μεταφορά των υδρατμών και η εξάτμιση από ελεύθερη επιφάνεια εδάφους (Pereira, 2003).



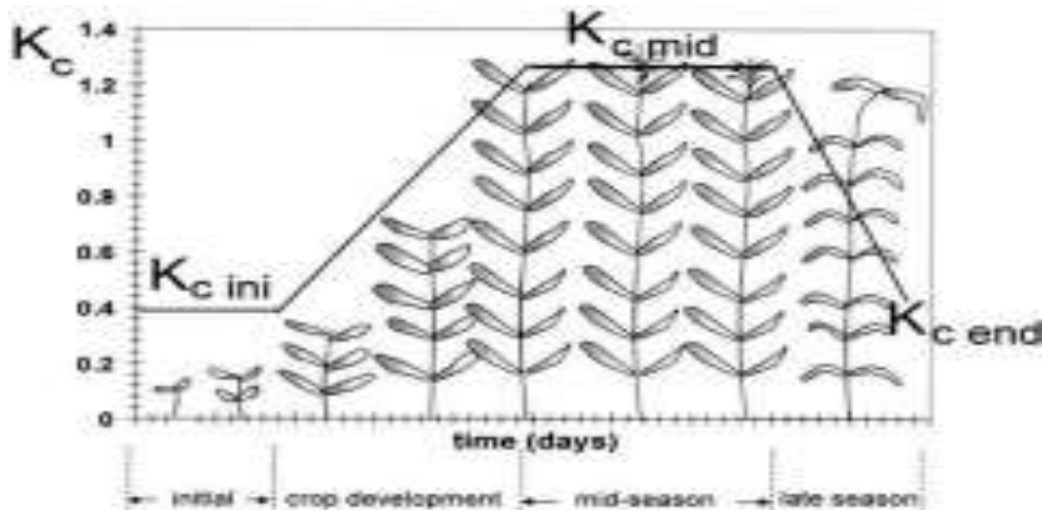
Σχήμα 4.1: Στάδια ανάπτυξης για διαφορετικούς τύπους καλλιέργειας (Πηγή: FAO, 1998. Ch. 5: 5)

Επειδή οι ετήσιες καλλιέργειες (σχήμα 4.1) παρουσιάζουν μεγαλύτερη διαφοροποίηση στα χαρακτηριστικά τους σε μια βλαστική περίοδο, για να προσδιορίζονται ευκολότερα οι φυτικοί συντελεστές, η βλαστική περίοδος μπορεί να χωριστεί σε τέσσερα στάδια ανάπτυξης (σχήμα 4.2). Επιγραμματικά τα στάδια αυτά σύμφωνα με τους Τερζίδη – Παπαζαφειρίου (1997) είναι:

- 1) Περίοδος εγκατάστασης της καλλιέργειας.
- 2) Περίοδος κύριας βλάστησης – έντονης ανάπτυξης.
- 3) Περίοδος διαμόρφωσης παραγωγής.



4) Περίοδος Ωρίμανσης.



Σχήμα 4.2: Καμπύλες συντελεστή ετήσιας καλλιέργειας  $K_c$  (Πηγή: FAO, 1998. Ch. 5: 10)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### Αυτοματισμοί στην άρδευση - Τηλεμετρία

#### 5.1 Εισαγωγή

Το σημαντικότερο ίσως κομμάτι στην διαχείριση της άρδευσης είναι να αποφασιστεί ο χρόνος της άρδευσης και η ποσότητα του νερού που πρέπει να εφαρμοστεί. Η έλλειψη κινήτρων, η μειωμένη για διάφορους λόγους αποδοτικότητα πολλών αρδευτικών έργων και οι ελλειπείς γνώσεις για την ορθή διαχείριση των υδάτων, συμπεριλαμβανομένου και του προγραμματισμού σε επίπεδο γεωργικής εκμετάλλευσης, έχουν σαν αποτέλεσμα αφενός τη σπατάλη του νερού και αφετέρου την μειωμένη αρδευτική αποδοτικότητα. Η αρδευόμενη γη είναι συχνά μικρότερη από ότι είχε σχεδιαστεί και εφόσον η αποδοτικότητα της άρδευσης είναι μειωμένη, οι παραγωγικότητα είναι χαμηλότερη από την αναμενόμενη ή την επιθυμητή. Σε μια εποχή όπου ο ανταγωνισμός ανάμεσα στους δυνητικούς χρήστες του χρήσιμου για τον άνθρωπο νερού είναι μεγάλος, η υδροβόρα αγροτική παραγωγή καλείται να αναλάβει το μερίδιο ευθύνης που της αναλογεί και να προσαρμοστεί στα νέα δεδομένα.

#### 5.2 Αυτοματισμοί

Η αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών φαίνεται ότι μπορεί να προτείνει λύσεις και στο πρόβλημα της μειωμένης αποδοτικότητας της άρδευσης ξεκινώντας από τον σχεδιασμό των αρδευτικών δικτύων και φτάνοντας μέχρι τη διαχείριση σε επίπεδο αγροτικής εκμετάλλευσης. Η χρήση τεχνολογιών όπως η τηλεματική, ο αυτοματισμός, η πληροφορική αλλά και η τηλεπισκόπηση βελτιώνουν την άρδευση καλλιεργειών και οδηγούν σε εξοικονόμηση νερού, καλύτερη παραγωγή και μικρότερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος (Μορόπουλος, 2005). Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές ερευνητικές μελέτες σχετικά με την

αποτελεσματικότητα εγκατάστασης αυτοματισμών στην άρδευση. Παρακάτω αναφέρονται χαρακτηριστικά μερικές από αυτές.

Κατά τον Phene (1989) οι Η/Υ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή αποφάσεων για την άρδευση (χρόνος και ποσότητα νερού), λαμβάνοντας υπόψη ότι τα δεδομένα που καταγράφουν είναι έγκυρα και έγκαιρα. Επιπλέον μπορούν να ελέγχουν τη απόδοση του αρδευτικού συστήματος, να προσαρμόζουν τις εφαρμογές της άρδευσης καθώς οι κλιματικές και άλλες παράμετροι μεταβάλλονται κατά τη διάρκειά της, να επεξεργάζονται δεδομένα ανάδρασης ώστε να αξιολογούν την διαδικασία της άρδευσης και να κρατούν αναλυτικό ημερολόγιο για την αρδευτική δραστηριότητα σε κάθε καλλιεργητική περίοδο. Αυτοματοποιημένα δίκτυα μετεωρολογικών σταθμών, συστήματα μέτρησης χαρακτηριστικών του εδάφους και φυτών, καθώς και δυναμικά μοντέλα του συστήματος εδάφους – φυτού μπορούν να χρησιμοποιηθούν επικουρικά.

Οι Dukes et al (2003) συγκρίνανε τα αποτελέσματα της αυτόματης άρδευσης βάση των ενδείξεων υγρασίας των υψηλής συχνότητας αισθητήρων στο έδαφος, με αυτά χειροκίνητης άρδευσης βάση των ενδείξεων εξατμισόμετρου σε καλλιέργεια πιπεριάς (*Capsicum annuum* L.). Οι δύο μέθοδοι αξιολογήθηκαν βάση της εμπορεύσιμης απόδοσης της πιπεριάς, του όγκου του νερού που χρησιμοποιήθηκε και του επιπέδου υγρασίας στο έδαφος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι δύο μεταχειρίσεις που δέχθηκαν μεγαλύτερη εποχιακή ποσότητα νερού και με τις δύο μεθόδους δεν είχαν στατιστικώς σημαντική διαφορά στην παραγωγικότητα. Ωστόσο, οι δύο αυτές μεταχειρίσεις που αρδεύονταν αυτόματα (σε σχέση με αυτές που αρδεύονταν χειροκίνητα) κατανάλωσαν τη μισή σχεδόν ποσότητα νερού, διατηρώντας ταυτόχρονα μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας στο έδαφος.

Οι Careres et al (2006), ασχολήθηκαν με την αξιολόγηση σε υπαίθριες καλλιέργειες, ενός νέου συστήματος ελέγχου αυτόματης άρδευσης με δίσκο (tray), που χρησιμοποιείται σε θερμοκηπιακές κυρίως καλλιέργειες. Ο κύριος λόγος πραγματοποίησης αυτής της έρευνας ήταν ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση της αυτόματης άρδευσης με βάση τη μέθοδο αυτή (ICT, Irrigation Control Tray) σε σχέση με την δοκιμασμένη μέθοδο αυτόματης άρδευσης με μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τενσιόμετρα (ET), που έχει αποδειχθεί ως επιτυχημένη μέθοδος. Την πρωτοτυπία του όλου εγχειρήματος αποτέλεσε το γεγονός ότι τα φυτά αρδεύονταν κατά τη διάρκεια ολόκληρου του πειράματος (18 μήνες). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η βιομάζα των φυτών της μεθόδου ICT συγκρινόμενη με αυτή της μεθόδου ET

δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά. Επιπροσθέτως, η αντιστοιχία γεγονότων άρδευσης ήταν συγκρίσιμη. Συνεπώς, το ICT είναι ένα αποδεκτό σύστημα αυτοματοποιημένης άρδευσης ανάπτυξης καλλιεργειών σε εμπορευματοκιβώτια και ίσως μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ομογενείς τομείς παραγωγής.

Οι Nemali and Iersel (2006), ασχολήθηκαν με τη μελέτη ενός αυτόματου συστήματος για έλεγχο της ξηρασίας και της άρδευσης σε φυτά τοποθετημένα σε δοχεία. Αντίθετα από τα περισσότερα συστήματα αυτοματοποιημένης άρδευσης, το συγκεκριμένο σύστημα είχε ελάχιστη έως καθόλου απώλεια νερού. Το σύστημα απαιτούσε μικρή τροφοδότηση κατά τη διάρκεια της εργασίας. Σε ότι αφορά στην ώρα της ημέρας, το σύστημα πότιζε τα φυτά όταν η υγρασία του υποστρώματος έπεφτε κάτω από το επιθυμητό επίπεδο.

Οι Noble et al (1999) σύγκριναν την εφαρμογή αυτόματης άρδευσης σε καλλιέργεια μπάμιας που προκαλούνταν από αισθητήρες μέτρησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους με αυτή που προκαλούνταν από αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας αέρα και φύλλων σε συνάρτηση με την υγρασία του εδάφους. Επίσης αξιολογήθηκαν διάφοροι τύποι αισθητήρων ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Οι μετρήσεις περιλάμβαναν την ποσότητα του νερού που καταναλωνόταν ανά ημέρα, την θερμοκρασία αέρα – φύλλων καθώς και την περιεχόμενη υγρασία στο έδαφος. Η μελέτη έδειξε ότι και τα δύο συστήματα ήταν αποδοτικά και μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σαν εφαρμογές χαμηλού κόστους και ελάχιστης επίβλεψης σε γεωργικές εκμεταλλεύσεις. Η άρδευση βασιζόμενη στους αισθητήρες μέτρησης υγρασίας κατανάλωσε περισσότερο νερό, διατήρησε υψηλότερη την υγρασία στο ριζόστρωμα και έδωσε αναλογικά μεγαλύτερη παραγωγή.

Ο Jones (2004), διερεύνησε διάφορες διαθέσιμες μεθόδους για τον προγραμματισμό της άρδευσης. Αντιπαρέβαλλε παραδοσιακές προσεγγίσεις, που βασίζονται στον προσδιορισμό της υγρασίας του εδάφους και στην ανίχνευση της απόκρισης των φυτών σε υδατικά ελλείμματα, με άλλες πιο σύγχρονες. Η πιο χαρακτηριστική και καινοτόμος μέθοδος, ήταν η χρήση υπέρυθρης θερμομετρίας και θερμογραφίας για την μελέτη στις μεταβολές αγωγιμότητας στα στόματα των φύλλων, με ταυτόχρονη χρήση αισθητήρων για τον προσδιορισμό του νερού σε φυτικούς ιστούς. Το συμπέρασμα ήταν ότι τα συγκριτικά πλεονεκτήματα των μεθόδων που βασίζονται στις μετρήσεις σε φυτικούς ιστούς, με τη βοήθεια της σύγχρονης τεχνολογίας (θερμομετρία και θερμογραφία), εξανεμίζονται λόγω των πρακτικών δυσκολιών που παρουσιάζει μέχρι στιγμής η εφαρμογή τους.

Τις δύο τελευταίες δεκαετίες, με την ανάπτυξη των ασύρματων τεχνολογιών, αρκετές έρευνες επικεντρώνονται στην αυτόνομη άρδευση με ασύρματους αισθητήρες σε συστήματα γεωργικής παραγωγής. Τέτοια συστήματα μελετήθηκαν για κάλυψη μεγάλων περιοχών, εξαλείφοντας το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης των ενσύρματων δικτύων. Τα ασύρματα δίκτυα με τα διάφορα πρωτόκολλα που εφαρμόζουν (GSM, GPRS, WLAN, WPAN κ.α), προσφέρουν τη δυνατότητα επιπλέον αξιοποίησης των πληροφοριών άλλα και νέες προοπτικές για την αυτοματοποίηση της άρδευσης. Συνδυάζοντας την συστηματική καταγραφή των δεδομένων κάθε τύπου (γεωχωρικά, μετεωρολογικά, κλιματικά κ.α) με λογισμικά λήψης αποφάσεων, μπορούν να προσφέρουν μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση στην αυτοματοποίηση τόσο της άρδευσης όσο και της αγροτικής παραγωγής γενικότερα.

Επίσης, σημαντικό πρόβλημα με τις πιο εξειδικευμένες και ολοκληρωμένες προτάσεις για την χρήση αυτοματισμών στην άρδευση, εκτός από το κόστος προμήθειας και διαχείρισης του εξοπλισμού, είναι η πολυπλοκότητα. Ένας απλός αγρότης, ειδικά στη χώρα μας, αδυνατεί τις πιο πολλές φορές να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις διαχείρισης των εξελιγμένων αυτών συστημάτων. Κατέστη έτσι φανερό ότι η συνολικότερη διαχείριση αυτοματισμών στην άρδευση θα ήταν καλύτερο να εφαρμοστεί για ένα σύνολο παραγωγών μιας ευρύτερης περιοχής ή για μια ειδική κατηγορία καλλιεργειών, με τη συνδρομή εξειδικευμένου προσωπικού.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας τέτοιας προσπάθειας με εφαρμογή στην άρδευση, είναι η εγκατάσταση δικτύου μετεωρολογικών σταθμών σε μεγάλη περιοχή της Ισπανίας. Ο καθένας από αυτούς λειτουργεί αυτόματα και χρησιμοποιεί αισθητήρες. Το σύστημα αυτό παρέχει υποστηρικτικές και συμβουλευτικές υπηρεσίες άρδευσης (IAS - Irrigation Advisory Services) στους αγρότες της περιφέρειας Castilla – La Mancha. Οι υπηρεσίες παρέχονται από έναν Οργανισμό που ιδρύθηκε το 1999 από τη Διεύθυνση Γεωργίας και Περιβάλλοντος της Περιφέρειας και το Περιφερειακό Κέντρο Σπουδών Νερού (Μορόπουλος, 2005). Αυτοί οι αισθητήρες μετρούν τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία, την ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου, καθώς επίσης και την ηλιακή ακτινοβολία – φωτεινότητα. Οι σταθμοί αυτοί συνδέονται με δίκτυο τηλεμετρίας με κεντρική μονάδα αποθήκευσης και επεξεργασίας των δεδομένων, που διαθέτει το κατάλληλο λογισμικό. Έτσι, οι ωφελούμενοι παραγωγοί μπορούν και απολαμβάνουν συμβουλευτικές υπηρεσίες άρδευσης σχετικά με τον σχεδιασμό και την εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος, την ποιότητα νερού και τους περιβαλλοντικούς κίνδυνους, τον

υπολογισμό των αναγκών σε νερό, τον προγραμματισμό της άρδευσης ανά ομάδα (τύπο) καλλιεργειών και την ανάλυση της επίδοσης του συστήματος της άρδευσης. Το γεγονός αυτό, τους επιτρέπει με τον κατάλληλο εξοπλισμό να αυτοματοποιήσουν την άρδευση και κατ'επέκταση την παραγωγή τους. Τα κύρια οφέλη από τη χρήση αυτού του συστήματος παροχής υπηρεσιών είναι η εξοικονόμηση στην κατανάλωση νερού η μείωση κόστους παραγωγής, η άμεση παρακολούθηση κρίσιμων παραμέτρων για την καλλιέργεια, η αύξηση ποσότητας και η βελτίωση της ποιότητας της παραγωγής (Μορόπουλος, 2005).

Με την προσπάθεια εφαρμογής στην πραγματική αγροτική παραγωγή, αναδύθηκαν περισσότερα ζητήματα πρακτικής εφαρμογής. Δύο από αυτά είναι η αδυναμία πρόβλεψης των εγγενών διακυμάνσεων διαφόρων παραμέτρων καθώς και το κόστος εφαρμογής σε μικρότερες κλίμακες. Όταν έγινε αντιληπτή η δυσκολία εφαρμογής σε μικρής κλίμακας εκμεταλλεύσεις, άρχισαν να βγαίνουν στο φως ερευνητικές δραστηριότητες για την παροχή των πλεονεκτημάτων της σύγχρονης τεχνολογίας σε υποφερτό κόστος για τον παραγωγό.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μελέτη των Vellidis et al (2008), οι οποίοι δοκίμασαν τη χρήση συστοιχίας έξυπνων αισθητήρων συλλογής δεδομένων και την ενσωμάτωσή τους σε ένα σύστημα άρδευσης κλειστού βρόγχου στο βαμβάκι. Σε αυτό το σύστημα οι πληροφορίες των αισθητήρων θα καθορίζουν το χρόνο και την ποσότητα της άρδευσης σε πραγματικό χρόνο και σε συγκεκριμένη θέση. Η συστοιχία αποτελείται από ένα κεντρικό δέκτη, συνδεδεμένο σε έναν φορητό υπολογιστή και πολλαπλούς κόμβους αισθητήρων που εγκαθίστανται στην καλλιέργεια. Στους κόμβους αισθητήρων συναθροίζονται, μέχρι τρεις αισθητήρες υγρασίας εδάφους και μέχρι τέσσερα θερμοζεύγη, ένα ειδικά σχεδιασμένο κύκλωμα και ένα σύστημα μετάδοσης ραδιοσυχνοτήτων (RFID). Τα συμπεράσματα της έρευνας ήταν ενθαρρυντικά και έδειξαν ότι ένα τέτοιο σύστημα με 20 κόμβους και κόστος περίπου 2400 δολλαρίων μπορεί να αρδεύσει αυτόματα, σε πραγματικό χρόνο και σε συγκεκριμένες θέσεις στην καλλιέργεια, όπου παρουσιάζεται υδατικό έλλειμμα.

Παρομοίως, στη μελέτη των Dursun και Ozden (2011) ένα ασύρματο δίκτυο συλλογής δεδομένων εγκαταστάθηκε σε αγρόκτημα με 1000 δένδρα νάνων κερασιών με σκοπό την εφαρμογή αυτοματοποιημένης διαδικασίας στάγδην άρδευσης βάση των μετρήσεων των αισθητήρων. Οι αισθητήρες σε απόσταση 50cm από το δένδρο και σε βάθος 20cm, μετρούσαν σε πραγματικό χρόνο τις μεταβολές στη διηλεκτρική

σταθερά του εδάφους για να προσδιοριστεί η διακύμανση της περιεχόμενης υγρασίας. Τα στοιχεία στέλνονταν μέσω ασύρματου σταθμού που κατά θέση τροφοδοτούνταν με ηλεκτρική ενέργεια παραγόμενη από φωτοβολταϊκό στοιχείο, το οποίο μάλιστα τροφοδοτούσε με ρεύμα και την παρακείμενη βαλβίδα άρδευσης. Κατά τους συγγραφείς, το σύστημα αυτό μπορεί να προταθεί για χρήση σε διάφορες εμπορικές καλλιέργειες, δεδομένου ότι είχε χαμηλό κόστος και αξιόπιστη λειτουργία.

### 5.3 Τηλεμετρία

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό πως στα σύγχρονα συστήματα διαχείρισης της άρδευσης άλλα και της αγροτικής παραγωγής γενικότερα, η χρήση της νέας τεχνολογίας εστιάζεται κυρίως:

- Στην δυνατότητα μέτρησης των φυσικών παραμέτρων και των μεταβολών τους,
- στην κωδικοποιημένη αποστολή τους σε θέσεις όπου γίνεται συλλογή και κατάλληλη επεξεργασία και
- στην εκ νέου αποστολή των εντολών που προκύπτουν στις θέσεις εφαρμογής, προκειμένου αυτές να εκτελεστούν.

Όλη αυτή η διαδικασία, που πραγματοποιείται με τη χρήση διάφορων πρωτοκόλλων της ψηφιακής τεχνολογίας, εξελίχθηκε τάχιστα τις τελευταίες δεκαετίες και περιγράφει συνοπτικά την επιστήμη της τηλεμετρίας.

Κατά τον Νομικό (1995) η τηλεμετρία είναι η επιστήμη της πληροφορικής που ασχολείται με την μεταφορά δεδομένων μετρήσεων φυσικών παραμέτρων από ένα σταθμό μέτρησης, συνήθως εγκατεστημένο στην ύπαιθρο, σε ένα Κεντρικό σταθμό. Σαν σταθμό μέτρησης εννοούμε ένα σύστημα μέτρησης πληροφοριών που έχει τη δυνατότητα να τις κωδικοποιεί και να τις στέλνει σε ένα σταθμό βάσης. Μπορεί να είναι μετεωρολογικός, σεισμολογικός, ένα θερμοκήπιο ή ακόμα και ένας σύγχρονος αισθητήρας με ενσωματωμένο ψηφιακό πομπό.

Παλαιότερα, η δημιουργία ενός δικτύου τηλεμετρίας ήταν συχνά ένας δύσκολος στόχος. Αυτό συνέβαινε διότι απαιτούσε την εκτενή εγκατάσταση καλωδίων για την διαβίβαση των δεδομένων από τις συσκευές τηλεμετρίας στον κεντρικό υπολογιστή ή την απασχόληση πρόσθετου προσωπικού για να πραγματοποιεί την παραπάνω

εργασία χειροκίνητα. Καθεμία από τις παραπάνω περιπτώσεις ήταν χρονοβόρα και αντικοινωνική και όλο το σύστημα είναι αργό, αναξιόπιστο και συχνά παρατηρούνταν σφάλματα στις μετρήσεις (3Pi Information systems).

Με την ανάπτυξη της ψηφιακής τεχνολογίας ήταν αναμενόμενη η εξέλιξη και των ψηφιακών τηλεμετρικών συστημάτων. Αυτά χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Στα συστήματα real time (πραγματικού χρόνου).
- Στα συστήματα καταγραφής και αποστολής των δεδομένων σε κεντρικό σταθμό για επεξεργασία (datalogging).

### **5.3.1 Συστήματα real time (πραγματικού χρόνου)**

Στην κατηγορία αυτή ο κεντρικός σταθμός καταγράφει σε πραγματικό χρόνο (real – time) τις μεταβολές των φυσικών παραμέτρων που διαβάζονται από το σταθμό μέτρησης. Παρότι η μεταφορά των πληροφοριών με τον τρόπο αυτό είναι πιο δαπανηρή, είναι καλύτερη και πιο αποτελεσματική.

Το τμήμα της ψηφιακής τηλεμετρίας πραγματικού χρόνου βρίσκεται στο σταθμό μέτρησης και δέχεται σαν είσοδο τα ενισχυμένα αναλογικά σήματα από τους αισθητήρες. Αυτό το τμήμα περιλαμβάνει:

- Τη μονάδα πολυπλεξίας,
- τη μονάδα μετατροπής από αναλογική σε ψηφιακή πληροφορία (A/D),
- τη μονάδα μικροϋπολογιστή, η οποία συγχρονίζει τις δύο προηγούμενες μονάδες και λαμβάνει την πληροφορία, την κωδικοποιεί, την μετατρέπει σε σειριακή και την αποστέλλει μέσω προσαρμοστή τάσης (driver) στο modem (M) και από εκεί μέσω μισθωμένης γραμμής στον Κεντρικό σταθμό.

Για συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούν μεγάλο αριθμό δειγματοληψιών ανά μονάδα χρόνου, η χρονοκαθυστέρηση στον πολυπλέκτη είναι ανεπιθύμητη. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται τόσοι μετατροπείς A/D (analog to digital), όσα και τα υπάρχοντα αναλογικά κανάλια. Ο δε μικροϋπολογιστής συγχρονίζει ταυτόχρονα τους A/D μετατροπείς.

Το τμήμα της ψηφιακής τηλεμετρίας πραγματικού χρόνου που βρίσκεται στον Κεντρικό σταθμό αποτελείται από ένα modem (M) που είναι συνδεδεμένο με την



μισθωμένη γραμμή ΟΤΕ και τη μονάδα μετατροπής από σειριακή σε παράλληλη. Ο μικροϋπολογιστής, αποκωδικοποιεί και ελέγχει αν η πληροφορία που λαμβάνει είναι αυτή που έχει αποστείλει ο σταθμός μέτρησης και δεν είναι θόρυβος από την τηλεφωνική γραμμή (Νομικός, 1995). Εάν όντως είναι η απεσταλμένη πληροφορία, τότε αυτή αποστέλλεται στην αντίστοιχη μονάδα μετατροπής, όπου μετατρέπεται από ψηφιακή σε αναλογική μορφή (D/A), για να καταγραφεί σε καταγραφικό. Επιπλέον, ο μικροϋπολογιστής έχει τη δυνατότητα να στείλει τις ψηφιακές πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο στο κατάλληλο μέσο αποθήκευσης, που συνήθως είναι ένας σκληρός δίσκος, για μετέπειτα επεξεργασία.

### **5.3.2 Συστήματα με Data loggers**

Κατά την τεχνική της τηλεμετρίας μέσω data loggers, τα δεδομένα, τα οποία λαμβάνονται στον σταθμό μέτρησης, αποθηκεύονται στην μνήμη του Η/Υ (data logger), ο οποίος βρίσκεται στο σταθμό μέτρησης. Μέσω ενός επιλεγμένου δικτύου κοινής τηλεφωνικής γραμμής, επικοινωνεί ο Κεντρικός σταθμός, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, με τον σταθμό μέτρησης και καθοδηγεί τον Η/Υ του σταθμού να του στείλει τα δεδομένα μετά από το τελευταίο τηλεφώνημα. Βέβαια, το ίδιο μπορεί να συμβεί και ασύρματα. Αυτή η κατηγορία της τηλεμετρίας χρησιμοποιείται όταν ο όγκος των πληροφοριών ημερησίως δεν είναι μεγάλος.

Πρωταρχικό ρόλο στις εφαρμογές της τηλεμετρίας μέσω data loggers, παίζουν αφενός μεν η δομή του σταθμού μέτρησης, αφετέρου δε η δομή του Κεντρικού σταθμού. Στην τεχνολογία αυτή, επιτακτική ανάγκη αποτελεί το γεγονός ότι οι αναλογικές πληροφορίες που μετρά ο σταθμός μέτρησης να αποθηκεύονται στη μνήμη Η/Υ, έτσι ώστε ο κεντρικός σταθμός να τις συγκεντρώνει ανάλογα με τις ανάγκες του.

### **5.3.3 Δομή σταθμού μέτρησης**

Τα όργανα που απαιτούνται σε κάθε σταθμό μέτρησης είναι τα ακόλουθα:

- οι αισθητήρες και

- το σύστημα Η/Υ ή μικροϋπολογιστή.

Οι αισθητήρες (sensors) μετατρέπουν τις αναλογικές πληροφορίες των φυσικών παραμέτρων που μετρά ο σταθμός, σε ηλεκτρικό σήμα. Αυτό το τμήμα του σταθμού είναι και το πιο σημαντικό, καθώς οι εσφαλμένοι αισθητήρες μεταφέρουν λάθος πληροφορίες στον Κεντρικό σταθμό.

Το σύστημα του Η/Υ διαβάζει τα αναλογικά ηλεκτρικά σήματα από την έξοδο των αισθητήρων και τα μετατρέπει σε ψηφιακή πληροφορία. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται Data loggers και περιλαμβάνουν μια κεντρική μονάδα μικροϋπολογιστή (CPU), μαζί με την μνήμη RAM και τη μνήμη ROM. Η μνήμη RAM χρησιμοποιείται για την αποθήκευση προγραμμάτων και δεδομένων. Στη μνήμη ROM είναι αποθηκευμένο το λειτουργικό πρόγραμμα. Επιπλέον, αυτά τα συστήματα διαθέτουν μονάδα αναλογικής πολυπλεξίας για να μετράνε περισσότερα από ένα αναλογικά κανάλια. Επιπροσθέτως, φέρουν και μονάδα μετατροπής της αναλογικής πληροφορίας σε ψηφιακή (A/D converter), έτσι ώστε η CPU να έχει την ικανότητα να διαβάζει τη ψηφιακή πληροφορία, να την επεξεργάζεται, αλλά και να την καταχωρεί στη μνήμη του.

Στους σταθμούς μέτρησης, χρησιμοποιούνται συστήματα data logger, τα οποία λειτουργούν σε περιβάλλον multitasking ώστε κατά την διάρκεια της επικοινωνίας με τον κεντρικό σταθμό για τη μεταφορά δεδομένων, να μπορούν ταυτόχρονα να συνεχίζουν να διαβάζουν τις πληροφορίες από τους αισθητήρες. Επιπλέον, τα data loggers διαθέτουν μία ή περισσότερες σειριακές θύρες για την επικοινωνία τους με modem ή περιφερειακές μονάδες, κυρίως αποθήκευσης. Διαθέτουν δε παράλληλες πόρτες εισόδου – εξόδου για τον έλεγχο περιφερειακών μονάδων μαζικής αποθήκευσης ή άλλων συσκευών.

Τα τελευταία είκοσι πέντε χρόνια αρκετές ξένες εταιρείες κατασκευάζουν data loggers για επιστημονικούς σκοπούς ή εφαρμογές της τηλεμετρίας. Κάποιες από αυτές είναι, η Campbell (USA), Teledyne (USA), Laplace Instruments Ltd (UK), κ.λ.π. Κάθε μία από αυτές τις κατασκευάστριες εταιρείες εξειδικεύεται σε μία κυρίως επιστήμη. Συγκεκριμένα, η Campbell στην μετεωρολογία, η Teledyne στη σεισμολογία, ενώ η Laplace στις εργαστηριακές μετρήσεις, κ.ο.κ.

### 5.3.4 Δομή κεντρικού σταθμού

Τα όργανα που περιλαμβάνονται σε ένα Κεντρικό σταθμό, ο οποίος είναι ο αποδέκτης των στοιχείων που συλλέγουν οι σταθμοί μέτρησης είναι τα εξής:

- ένα PC 80486,
- ένα μέσο μόνιμης μεγάλης αποθήκευσης πληροφοριών, π.χ. tape streamer, optical disk, κ.λ.π.,
- ένα modem σε σύνδεση με μια τηλεφωνική γραμμή,
- ένα χρονοδιακόπτη,
- έναν εκτυπωτή, και
- έναν καταγραφέα.

Με το PC 80486 οι απεικονίσεις και οι πράξεις γίνονται γρήγορα. Το modem και η τηλεφωνική γραμμή απαιτούνται για την επικοινωνία με τους σταθμούς μέτρησης. Ο χρονοδιακόπτης (timer) θέτει σε λειτουργία τον H/Y, όταν η επικοινωνία με τους σταθμούς μέτρησης χρειάζεται να γίνεται χωρίς παρακολούθηση (συνήθως βράδυ).

Το λογισμικό (software), το οποίο πρέπει να τρέξει ο H/Y είναι το σημαντικότερο στον Κεντρικό σταθμό, διότι πρέπει να επικοινωνεί καθημερινά με τους σταθμούς μέτρησης και να λαμβάνει τις μετρήσεις που έχουν αποθηκευτεί ημερησίως στα data loggers. Με τη χρήση ειδικών πρωτοκόλλων, το πρόγραμμα επικοινωνίας θα πρέπει να διασφαλίζει ότι, τα δεδομένα που λαμβάνει είναι αυτά που στέλνει ο σταθμός υπαίθρου. Έτσι, απομονώνονται τυχόν παρεμβολές που προέρχονται από το μέσο επικοινωνίας. Τα σύγχρονα modem έχουν συνήθως αυτή τη δυνατότητα εντοπισμού και διόρθωσης των λαθών (error correction). Το πρόγραμμα του H/Y του Κεντρικού σταθμού είναι ιδιαίτερα σημαντικό διότι πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες απαιτήσεις:

- Η διασφάλιση των πληροφοριών που αποστέλλονται κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας (με ποσοστό επιτυχίας 99, 99% τουλάχιστον).
- Η διασφάλιση της επικοινωνίας κάθε φορά που ο Κεντρικός σταθμός την επιζητεί με τον σταθμό μέτρησης, καθόσον η γραμμή τηλεπικοινωνίας μπορεί να είναι κατελημμένη.
- Η δυνατότητα γραφικής απεικόνισης στην οθόνη του H/Y των μετρήσεων ως συνάρτηση του χρόνου για τα συγκεκριμένα αναλογικά κανάλια ή ομάδες

καναλιών, από όλους τους σταθμούς. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα εκτύπωσης των γραφικών να απεικονίσει στον εκτυπωτή ή στον καταγραφέα.

- Η διαδικασία συνένωσης των αρχείων των δεδομένων που έχουν αποθηκευτεί από την επικοινωνία με τους σταθμούς μέτρησης. Αυτή η διαδικασία είναι η πιο σημαντική, καθώς δημιουργεί ένα τελικό αρχείο διαχείρισης. Σε αυτό το αρχείο βρίσκονται όλες οι μετρήσεις όλων των σταθμών μέτρησης μαζί με την ημερομηνία και τον χρόνο μέτρησης.
- Η δυνατότητα μαζικής αποθήκευσης των τελικών αρχείων δεδομένων σε περιφερειακή μονάδα streamer ή οπτικού δίσκου, για πρόσθετη ανάλυση των δεδομένων στο μέλλον (Νομικός, 1995).
- Οι δύο πρώτες απαιτήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν απρόσκοπα χωρίς παρακολούθηση του συστήματος κατά τις νυχτερινές ώρες.

### 5.3.5 Δίκτυο

Η απόφαση για το αν θα χρησιμοποιηθεί ενσύρματο ή ασύρματο δίκτυο για την λήψη και αποστολή των δεδομένων από τα data loggers αποτελεί σημαντικό ζήτημα για την εγκατάσταση του συστήματος. Η απόφαση αυτή εξαρτάται από το πλήθος και το είδος της μεταβιβαζόμενης πληροφορίας. Εάν ο όγκος των πληροφοριών ημερησίως είναι μεγάλος, τότε το δίκτυο που χρησιμοποιείται είναι ασύρματο, καθώς αποτελεί την πιο συμφέρουσα λύση. Αντιθέτως, εάν ο όγκος των πληροφοριών ημερησίως είναι σχετικά μικρός, τότε το δίκτυο που χρησιμοποιείται συνήθως είναι το ενσύρματο.

Με την επικράτηση της κινητής τηλεφωνίας και την τεχνολογική ανάπτυξή της, η σύνδεση του σταθμού μέτρησης με κεντρικό σταθμό μπορεί να γίνει και με κινητό τηλέφωνο που προσαρμόζεται μέσω ειδικού modem στο data logger. Η χρήση της κινητής τηλεφωνίας επιτρέπει πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων από αυτές ενός επιλεγμένου τηλεφωνικού δικτύου, ειδικά όταν πρόκειται για περιπτώσεις που η απόσταση του σταθμού μέτρησης είναι πολύ μεγάλη και συνεπώς οι ταχύτητες μετάδοσης είναι χαμηλές. Η κινητή τηλεφωνία πλεονεκτεί στο ότι:

- Μπορεί να προσφέρει σύνδεση εκεί που το συμβατικό τηλέφωνο δεν έχει πρόσβαση.

- Η χρέωση είναι ανεξάρτητη από την απόσταση, ενώ στις συμβατικές ενσύρματες γραμμές η χρέωση αυξάνεται ανάλογα με την απόσταση.

### 5.3.6 Αυτόματη Τηλεμετρία

Ο όρος τηλεμετρία αναφέρεται στη διαδικασία συλλογής και μεταφοράς της πληροφορίας από μία απομακρυσμένη τοποθεσία στο κέντρο ελέγχου. Εκεί η πληροφορία μπορεί να παρατηρηθεί, να αποκωδικοποιηθεί και να γίνουν οι κατάλληλες ενέργειες. Κάποια από τα πλεονεκτήματα που παρέχει η τηλεμετρία μέσω των ραδιοκυμάτων σε σχέση με άλλους τρόπους μετάδοσης είναι τα εξής:

- Μικρός χρόνος απόκρισης.
- Μικρότερο κόστος σε σχέση με μισθωμένες γραμμές.
- Δεν υπάρχει καλώδιο μετάδοσης που μπορεί να κοπεί ή να φθαρεί.
- Λειτουργεί κάτω από δύσκολες συνθήκες.
- Ευκολία χρήσης σε απομακρυσμένα σημεία όπου δεν είναι δυνατή η εγκατάσταση ομοαξονικών καλωδίων.
- Εύκολη μετακίνηση σε άλλη τοποθεσία.

Μάλιστα, οι κατάλληλα σχεδιασμένες ασύρματες ζεύξεις παρέχουν χαμηλό κόστος, αποτελεσματικά και ευέλικτα συστήματα αποστολής και λήψης δεδομένων που λειτουργούν για πολλά χρόνια με ελάχιστη συντήρηση.

Ένα πιθανό πρόβλημα είναι οι παρεμβολές και το επίπεδο θορύβου. Στις μέρες μας, τα πιο εξελιγμένα συστήματα παρέχουν τη δυνατότητα επιλογής καναλιού ώστε ακόμη κι αν υπάρχει ίδιο σύστημα στην περιοχή, να δουλέψουν το καθένα στο δικό του κανάλι. Αυτό όμως αποτελεί σύνηθες φαινόμενο σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Ένα επιπλέον πρόβλημα, άξιο αναφοράς, αποτελεί το γεγονός της αδειοδότησης για τη χρήση συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται από το σύστημα. Όμως και σε αυτό το πρόβλημα, τα σύγχρονα συστήματα παρέχουν λύση, αφού χρησιμοποιούν την ελεύθερη συχνότητα των 2,4 GHz. Έτσι, καμία άδεια δεν χρειάζεται να εκδοθεί, πράγμα που μειώνει σημαντικά το χρόνο εγκατάστασης του συστήματος.

Το μήκος της ασύρματης ζεύξης αποτελεί ένα επιπρόσθετο πρόβλημα για τους σχεδιαστές δικτύων. Η απόσταση στην οποία φτάνει το σήμα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Οι σημαντικότεροι από αυτούς τους παράγοντες είναι η ισχύς

εκπομπής RF και η ευαισθησία του δέκτη. Όσον αφορά την ισχύ εκπομπής RF, ένα σύστημα τηλεμετρίας που λειτουργεί στην ελεύθερη ζώνη των 2,4 GHz μπορεί να έχει ισχύ μέχρι και 100mW. Από την άλλη πλευρά, όσο πιο ευαίσθητος είναι ένας δέκτης, τόσο αυξάνεται η απόσταση επικοινωνίας. Θεωρητικά, ο διπλασιασμός της ευαισθησίας δεκτών έχει την ίδια επίδραση στην απόσταση με το διπλασιασμό της ισχύος εκπομπής. Σε ένα θορυβώδες περιβάλλον, ο δέκτης δεν θα είναι σε θέση να λειτουργήσει στο ιδανικό επίπεδο ευαισθησίας του. Η απολαβή (gain) της κεραίας έχει σημαντικές επιπτώσεις στην απόσταση αφού επηρεάζει τόσο την ισχύ εκπομπής, όσο και την ευαισθησία λήψης. Όσο αυτή μεγαλώνει το gain της κεραίας, τόσο μεγαλώνει η απόσταση. Ωστόσο, απλά χρησιμοποιώντας μια κεραία με μέγιστο gain δεν είναι η βέλτιστη λύση. Καθώς αυξάνεται το gain μιας κεραίας, αυξάνεται και το μέγεθος της και επηρεάζεται αρνητικά η γωνία εκπομπής.

### **5.3.7 Ασύρματη Τηλεμετρία σε Real Time**

Οι συσκευές ασύρματης τηλεμετρίας αποτελούν την επόμενη γενιά στη συλλογή στατιστικών στοιχείων και ελέγχου συμβάντων (π.χ. επίπεδα φυτοφαρμάκων). Το τεχνολογικό άλμα της ασύρματης τεχνολογίας εξαλείφει την ανάγκη εγκατάστασης καλωδίων ή της χειρωνακτικής συλλογής στοιχείων, χαμηλώνοντας σημαντικά το κόστος εγκατάστασης και τις δαπάνες συντήρησης. Η διαδικασία είναι απλή και το πιο σημαντικό επεκτάσιμη και η συγκέντρωση δεδομένων γίνεται σε πραγματικό χρόνο (3Pi Information Systems). Οι ασύρματες μονάδες συλλογής δεδομένων μπορούν να εγκατασταθούν οπουδήποτε, οποτεδήποτε, με τη συνεχή ένταξη νέων συσκευών στο υπάρχον δίκτυο, αυτόματα και στιγμιαία. Οι μη απαραίτητες μονάδες, ομοίως, μπορούν να μεταφερθούν ή να αφαιρεθούν χωρίς οποιαδήποτε συνέπεια στο δίκτυο. Επιπροσθέτως, η ασύρματη τηλεμετρία επιτρέπει ακόμη τη συλλογή πληροφοριών από κινητές συσκευές τηλεμετρίας.

Ουσιαστικά, οι ικανότητες της ασύρματης τηλεμετρίας είναι απεριόριστες. Μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε συσκευή. Γι' αυτό το λόγο, η ασύρματη τηλεμετρία ανοίγει το δρόμο σε μικρές και μεγάλες επιχειρήσεις για την καθιέρωση μιας ιδιαίτερα χρήσιμης και επεκτάσιμης τεχνολογίας, ή για την βελτίωση τεχνολογικά ξεπερασμένων δικτύων (3Pi Information Systems).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

### Υλικά και Μέθοδοι

#### 6.1 Εισαγωγή

Οι επιδράσεις δύο μεθόδων επιφανειακής στάγδην άρδευσης στην παραγωγικότητα του ηλίανθου και κατ'έπекταση η αποδοτικότητά του σε έλαιο, με σκοπό την ενεργειακή του απόδοση για την παρασκευή βιοντίζελ, διερευνήθηκαν κατά τη διάρκεια πειράματος που έλαβε χώρα στο χώρο του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας το 2011. Το φυτό του ηλίανθου επιλέχθηκε διότι πέρα από το ότι αποτελεί μια παραδοσιακή καλλιέργεια, εμφανίζει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα έναντι των άλλων ενεργειακών ελαιοδοτικών φυτών με σκοπό την παραγωγή βιοντίζελ, τα οποία είναι:

- Εμφανίζει καλή προσαρμοστικότητα στις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας.
- Ο σπόρος του έχει υψηλή ελαιοπεριεκτικότητα.
- Είναι μηχανοποιημένη, εύκολα διαχειρίσιμη και αποδοτική ενεργειακή καλλιέργεια.
- Το έλαιο που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας σε πετρελαιοκινητήρες είτε σε διάφορα μίγματα με πετρέλαιο.

Καθότι το πείραμα αυτό αποτελεί τμήμα συνολικότερου πειράματος για την σύγκριση των επιδράσεων επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης στην ενεργειακή απόδοση του ελαίου του ηλίανθου σχεδιάστηκε και εγκαταστάθηκε σύστημα επιφανειακής άλλα και υπόγειας στάγδην άρδευσης σε πειραματικό τεμάχιο. Πριν την εγκατάσταση αυτών διενεργήθηκαν μετρήσεις εδαφικών χαρακτηριστικών, ενώ κατά τη διάρκεια του πειράματος μετρούνταν κλιματικές και φυτικές παράμετροι καθώς και η ποσότητα αρδευτικού νερού, ενώ στο τέλος του πειράματος μετρήθηκαν τα χαρακτηριστικά του φυτικού υλικού που συλλέχθηκε (ξηρή και χλωρή βιομάζα, βάρος σπόρων) προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα.

Στο παρόν κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στο σχεδιασμό του πειράματος, στις καλλιεργητικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν καθώς και στις μεταβλητές και τις

παραμέτρους που εξετάστηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Επίσης, περιγράφονται οι πειραματικές διαδικασίες εκ των οποίων προέκυψαν οι μετρήσεις των παραμέτρων και των μεταβλητών αυτών, καθώς και τα συστήματα και οι τεχνικές άρδευσης των πειραματικών τεμαχίων. Επιπλέον, γίνεται αναφορά των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις των χαρακτηριστικών της καλλιέργειας, των εδαφικών παραμέτρων και τον υπολογισμό της δόσης άρδευσης.

## 6.2 Χαρακτηριστικά πειραματικού αγροτεμαχίου

Το παρόν πείραμα διεξήχθη σε πειραματικό αγροτεμάχιο του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο. Το βόρειο γεωγραφικό του πλάτος είναι  $39^{\circ} 23'$ , το ανατολικό του  $22^{\circ} 45'$  και το υψόμετρό του από την επιφάνεια της θάλασσας είναι 70m. Το πειραματικό αγροτεμάχιο έχει συνολικά έκταση 2190 m<sup>2</sup> (30m x 73m).

Βασικό χαρακτηριστικό κάθε προσπάθειας διερεύνησης των επιδράσεων μεθόδων άρδευσης σε καλλιέργεια είναι η εξέταση του εδάφους, με σκοπό τον προσδιορισμό των υδροδυναμικών του παραμέτρων. Για το σκοπό αυτό, πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας του ηλίανθου στον πειραματικό αγρό έγινε δειγματοληψία εδάφους.

Συγκεκριμένα στις 24/03/2011 ελήφθησαν 4 εδαφικά δείγματα από 2 σημεία του πειραματικού αγρού σε βάθη 0 – 30cm και 30 – 60cm με κατάλληλο εδαφολήπτη και μεταλλικούς κυλίνδρους 5 cm ύψους και 5 cm διαμέτρου. Επειδή όπως προείπαμε η έρευνα αυτή αποτελεί τμήμα ευρύτερης έρευνας για την μελέτη της επίδρασης στον ηλίανθο και της αυτόματης άρδευσης, που βασίζεται στη διακύμανση της εδαφικής υγρασίας βάση μετρήσεων αισθητήρων, η εδαφοληψία πραγματοποιήθηκε σε σημεία όπου θα τοποθετούνταν οι αισθητήρες. Λόγω της περιορισμένης έκτασης του αγροτεμαχίου καθώς και παλαιότερης εδαφολογικής μελέτης, σύμφωνα με την οποία η έκταση του πειραματικού αγροτεμαχίου εντάσσεται στην ευρύτερη εδαφολογική ζώνη του αγροκτήματος P<sub>1</sub> (Μήτσιος κ.α, 2000), η έκταση του πειραματικού αγροτεμαχίου θεωρήθηκε ομογενής και έχει τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.



**Πίνακας 6.1:** Εδαφολογικά χαρακτηριστικά πειραματικού αγροτεμαχίου (εδαφοτομή P<sub>1</sub>) (Μήτσιος κ.α, 2000)

Ιδιότητες	Βάθος	
	0-30 cm	0-60 cm
Άμμος	47	49
Ίλύς	30	26
Άργιλος	23	25
Οργανική ουσία	1,30	0,63
CaCO <sub>3</sub> (%)	9	12,3
PH 1:1	7,70	7,90
C.E.C me/100 gr εδάφους	27,60	24,70
P-Olsen (ppm)	31	26
K (me/100 gr)	1,15	1,10
Na (me/100 gr)	0,07	0,18
Ca me/100 gr	23,32	18,5
Mg me/100 gr	3,06	4,93
Fe ppm	3,00	2,00
Cu ppm	2,40	1,58
Zn ppm	1,44	0,52
Mn ppm	8,40	2,60

Το έδαφος ταξινομήθηκε στην κατηγορία των Entisols. Σε όλο το βάθος της τομής υπερισχύουν τα κλάσματα της άμμου. Η κοκκομετρική σύσταση βρίσκεται μεταξύ μέσης έως μετρίως χονδρόκοκκης ή μετρίως λεπτόκοκκης, με υφή πηλώδη έως αμμοπηλώδη ή αργιλοπηλώδη (Μήτσιος κ.α., 2000).

Συνήθως, τα εδάφη αυτού του τύπου είναι πλούσια σε ανθρακικά άλατα σε όλο τους το βάθος όμως σε επίπεδα κατώτερα των απαγορευτικών για τις καλλιέργειες. Η οργανική ουσία βρίσκεται σε μέτρια έως χαμηλά επίπεδα και μειώνεται ακανόνιστα με το βάθος. Είναι δε, μετρίως αλκαλικά με PH, του οποίου η τιμή κυμαίνεται μεταξύ 7,7-8,1. Η Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ) είναι

μέτρια έως υψηλή, και τα επιμέρους κατιόντα Na, Mg και K βρίσκονται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Χαμηλή είναι η διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων Zn, Fe και Mn, εν αντιθέσει με αυτή του Cu, η οποία είναι υψηλή. Σε ικανοποιητικά επίπεδα βρίσκεται ο διαθέσιμος P (φώσφορος). Γενικά, το επίπεδο διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων χαρακτηρίζεται ικανοποιητικό, έτσι ώστε να είναι δυνατή η επίτευξη υψηλών αποδόσεων ακόμη και με μηδενική λίπανση (Μήτσιος κ.α., 2000).

Ο προσδιορισμός των υδροδυναμικών παραμέτρων του εδάφους, δηλαδή της υδατοϊκανότητας (FC), του σημείου μόνιμης μάρανσης (PWP) και της φαινόμενης πυκνότητας (Pb) αποτελούν απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό της πρακτικής δόσης άρδευσης, του εύρους άρδευσης και γενικά για προγραμματισμό των αρδεύσεων.

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι παράμετροι αυτοί τα ληφθέντα δείγματα εδάφους υπέστησαν κατάλληλη εργαστηριακή επεξεργασία. Πιο συγκεκριμένα, τα δείγματα ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν στο πυριαντήριο για να αφαιρεθεί η υγρασία και στη συνέχεια ξαναζυγίστηκαν. Για την απομάκρυνση διάφορων ανεπιθύμητων υλικών, συνθλίφθηκαν σε ένα πορσελάνινο γουδί και στη συνέχεια κοσκινίστηκαν με τη χρήση ειδικού μεταλλικού κόσκινου 2mm. Αφού αφέθηκαν να κορεστούν σε απιονισμένο νερό για 24 ώρες, επαναζυγίστηκαν ώστε να προσδιοριστεί η υγρασία κορεσμού τους. Έπειτα, τοποθετήθηκαν στην κεραμική πλάκα συσκευής Richards προκειμένου να προσδιοριστεί η υδατοϊκανότητα (FC), το σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP) και να υπολογιστεί η χαρακτηριστική καμπύλη του εδάφους του πειραματικού αγροτεμαχίου. Μετά το κλείσιμο του θαλάμου πίεσεως εφαρμόστηκε αέρας με γνωστή επιθυμητή πίεση και τα δείγματα αφήνονταν να ισορροπήσουν. Το χρονικό διάστημα κατά το οποίο επέρχεται η ισορροπία εξαρτάται από το είδος του εδάφους και την εφαρμοζόμενη πίεση, αλλά πρακτικά τα εδαφικά δείγματα στο εργαστήριο ισορροπούσαν όταν σταματούσε η εκροή νερού από τη συσκευή. Κατόπιν, ζυγίζονταν και τοποθετούνταν εκ νέου στην κεραμική πλάκα υπό νέα επιθυμητή πίεση. Η συγκεκριμένη διαδικασία επαναλήφθηκε με εφαρμοζόμενες πιέσεις μεταξύ 0,1 atm και 15 atm. Η τάση στην οποία αντιστοιχεί η υδατοϊκανότητα είναι ίση με  $1/3$  atm (0.33atm) και η τάση στην οποία αντιστοιχεί το σημείο μόνιμης μάρανσης είναι ίση με 15atm. Η κατ' όγκο ποσότητα νερού που συγκρατεί το έδαφος προκύπτει από το γινόμενο της επί της εκατό κατά βάρος ποσότητας με τη φαινόμενη πυκνότητά του. Ως φαινόμενη πυκνότητα εννοούμε το λόγο της μάζας του δείγματος εδάφους προς τον όγκο του. Στο πείραμα αυτό υπολογίστηκε ως το πηλίκο μεταξύ του ξηρού

βάρους του αδιατάρακτου εδάφους που συλλέχθηκε με τους μεταλλικούς κυλίνδρους και μεταξύ του συγκεκριμένου όγκου του μεταλλικού κυλίνδρου. Μετά το πέρας της διαδικασίας αυτής προέκυψε ότι για το 1<sup>ο</sup> σημείο δειγματοληψίας εδάφους η υδατοϊκανότητα είναι 39,5% κ.ο. και το σημείο μόνιμης μάρανσης 21,93% κ.ο. και για το 2<sup>ο</sup> σημείο 39,85% κ.ο. και 21,385% κ.ο.

Για την παραπάνω διαδικασία χρησιμοποιήθηκε η συσκευή 15 atm Ceramic Plate Extractor. Η διάταξη αυτή αποτελείται από το θάλαμο πίεσεως, δύο κεραμικές πλάκες (η 1<sup>η</sup> εξ' αυτών είναι αντοχής έως 1atm και η 2<sup>η</sup> έως 15atm), ένα κυκλικό λάστιχο, ένα σωλήνα μικρής διαμέτρου και μικρού μήκους, ένα λαστιχάκι, σωλήνες για την τροφοδότηση πίεσης, βίδες και ένα ποτηράκι για τη συλλογή του εξερχόμενου νερού. Για να καταστεί δυνατή η λειτουργία του συγκεκριμένου συστήματος, συνδέθηκε με ένα συμπιεστή αέρα (Compressor Model 500 Sevies) και ένα ρυθμιστή πίεσεων (Manifold Model 700-3) της Soil Moisture. Σκοπός του συμπιεστή αέρα είναι η διοχέτευση στο σύστημα πεπιεσμένου αέρα, ενώ του ρυθμιστή πίεσεων η ακριβής αυξομείωση των πιέσεων.

### **6.3 Προετοιμασία σποροκλίνης και σχεδιασμός του πειραματικού αγροτεμαχίου**

Βασική προϋπόθεση για τη σωστή χάραξη των πειραματικών τεμαχίων, είναι η σωστή προετοιμασία της σποροκλίνης. Έτσι για τη σωστή προετοιμασία της αφού είχε προηγηθεί καταστροφή των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας στο τέλος της προηγούμενης καλλιεργητικής περιόδου με στελεχοκόπτη, στο τέλος Φεβρουαρίου του 2011 πραγματοποιήθηκε κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή και ένα μήνα περίπου μετά κατεργασία με ελαφρύ καλλιεργητή. Στη συνέχεια λίγο πριν τη σπορά ακολούθησε κατεργασία με σβολοτρίφτη ώστε να ψιλοχωματιστεί το έδαφος και να αποκτήσει ομοιόμορφη κλίση.

Κατόπιν ακολούθησε η χάραξη του πειραματικού αγροτεμαχίου. Καθότι η παρούσα διατριβή αποτελεί τμήμα συνολικότερης έρευνας για την επίδραση μεθόδων άρδευσης στην καλλιέργεια του Ηλίανθου στο πειραματικό αγροτεμάχιο σχεδιάστηκαν 24 πειραματικά τεμάχια. Το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε, ήταν Πλήρως Τυχαιοποιημένων Ομάδων και περιελάμβανε 6 μεταχειρίσεις και 4

επαναλήψεις (σχήμα 6.2). Από τις 6 μεταχειρίσεις, οι 5 ήταν επιφανειακές και η μία εξ αυτών υπόγεια. Από τις 5 επιφανειακές, οι 4 όπως και η υπόγεια ήταν αυτόματες.

Οι μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκαν είναι οι ακόλουθες:

**A.E (E)** : Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας, όπως αυτές καθορίζονται από την ημερήσια εξατμισοδιαπνοή ET. Σε αυτή τη μεταχείριση η ET υπολογίστηκε με τη μέθοδο του απλού εξατμισόμετρου τύπου A.

**AUTO (E)** : Αυτόματη, επιφανειακή, στάγδην άρδευση, με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας, όπως αυτές καθορίζονται από την ημερήσια ET. Σε αυτή τη μεταχείριση έγινε χρήση του αυτόματου εξατμισόμετρου .

**AUTO (Y)**: Αυτόματη, υπόγεια, στάγδην άρδευση, με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας, όπως αυτές καθορίζονται από την ημερήσια ET. Σε αυτή τη μεταχείριση γίνεται χρήση επίσης του αυτόματου εξατμισόμετρου.

**P – M (E)** : Αυτόματη, επιφανειακή, στάγδην άρδευση, με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας. Στη συγκεκριμένη μεταχείριση η άρδευση πραγματοποιείται βάσει της συνδυασμένης μεθόδου Penman – Monteith.

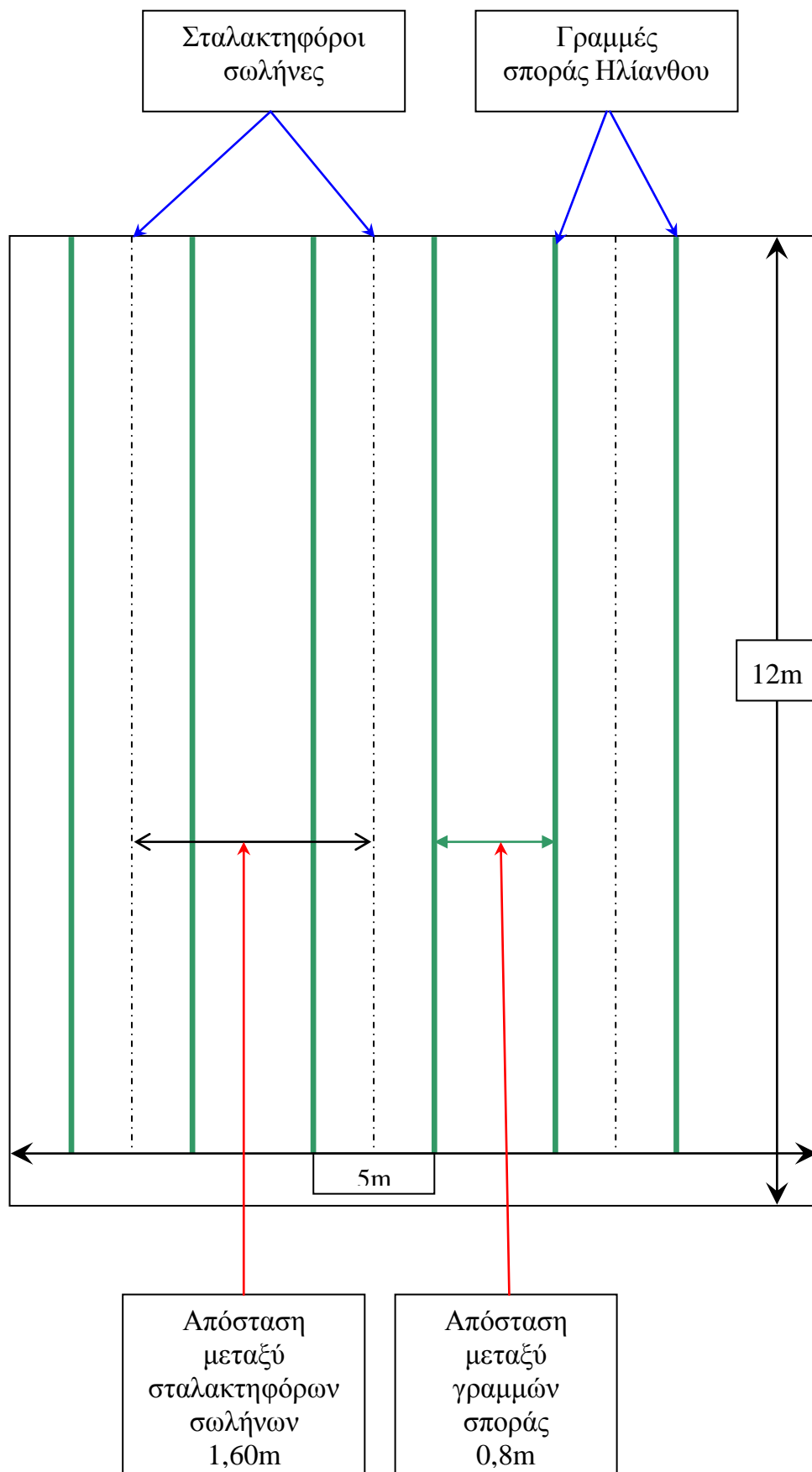
**S.M.S (E)**: Αυτόματη, επιφανειακή, στάγδην άρδευση, με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας, όπως αυτές καθορίζονται από τη διακύμανση της εδαφικής υγρασίας. Για την υλοποίηση της άρδευσης στη συγκεκριμένη μεταχείριση, χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας μέτρησης υδατικού δυναμικού decagon 10HS.

**W.M (E)** : Αυτόματη, επιφανειακή, στάγδην άρδευση, με εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ίση με το 100% των αναγκών της καλλιέργειας, όπως αυτές καθορίζονται από τη διακύμανση της υγρασίας εδάφους για τον καθορισμό της οποίας χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας μέτρησης υδατικού δυναμικού Watermark.

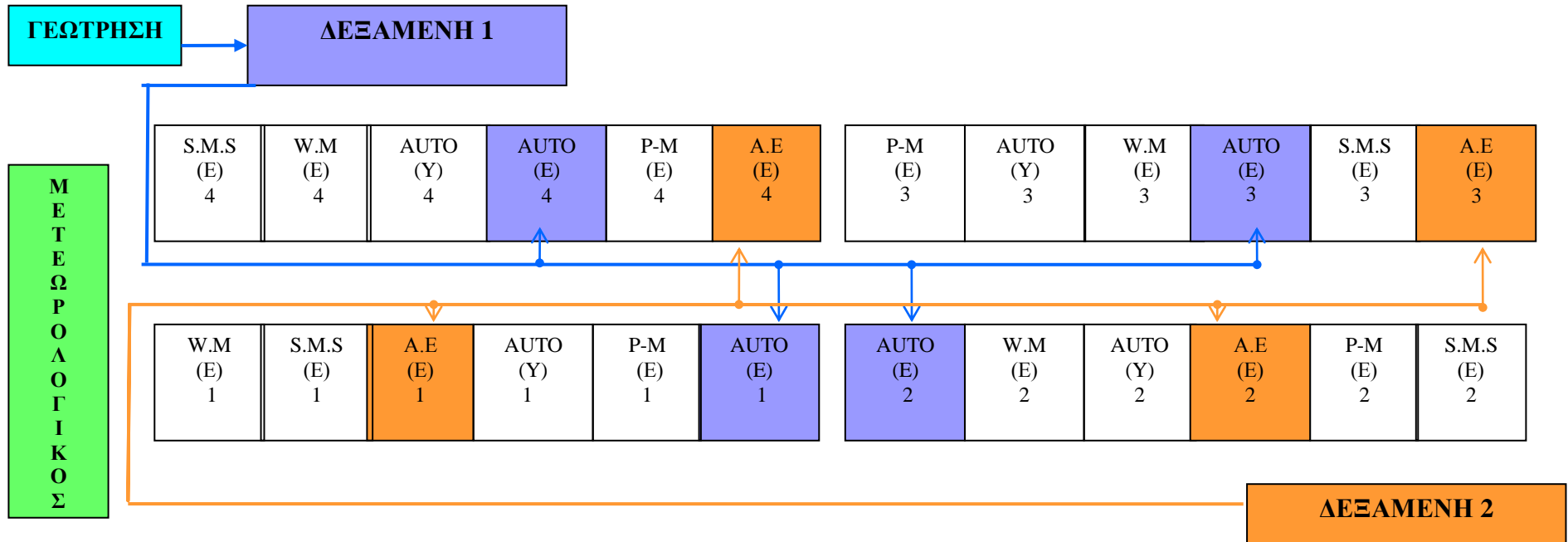
Η κάθε επανάληψη είχε μήκος 12m (παράλληλα με τις γραμμές σποράς) και πλάτος 5 m (σχήμα 6.1) και το συνολικό της εμβαδόν ήταν περίπου 60m<sup>2</sup> και περιελάμβανε 6 γραμμές φυτών. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τυχόν αλληλεπιδράσεις με τα γειτονικά πειραματικά τεμάχια, οι μετρήσεις των διαφόρων χαρακτηριστικών του φυτού όπως το ύψος, η διάμετρος κεφαλής, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.), η χλωρή και ξηρή βιομάζα, πραγματοποιούνταν σε φυτά των δύο μεσαίων γραμμών σποράς.

Στην παρούσα διατριβή, η μελέτη εστιάζει μόνο στις μεταχειρίσεις A.E (E) και AUTO (E). Ουσιαστικά διερευνώνται οι άμεσες επιδράσεις της ποσότητας του αρδευτικού νερού που υπολογίστηκαν από εξατμισόμετρο, ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής - δηλαδή με απλό προγραμματιστή ή αυτόματα εξ' αποστάσεως - στην παραγωγικότητα και την περιεκτικότητα σε έλαιο του σπόρου του Ηλίανθου. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η έμμεση επίδραση των δύο αυτών μετρήσεων στην ενεργειακή απόδοση του ελαίου που προκύπτει από την επεξεργασία του σπόρου του Ηλίανθου.

**Σχήμα 6.1:** Διαστάσεις επανάληψης του πειραματικού τεμαχίου και αποστάσεις γραμμών σποράς και σταλακτηφόρων σωλήνων



Σχήμα 6.2 : Σχεδιάγραμμα Πειραματικού Αγρού



Πειραματικό Σχέδιο: Πλήρως Τυχαιοποιημένων Ομάδων  
 2 μεταχειρίσεις, 4 επαναλήψεις  
 Τα έγχρωμα πειραματικά τεμάχια είναι αυτά που αφορούν  
 τη συγκεκριμένη έρευνα

A.E (E) : 100% ET. Απλό Εξατμισόμετρο. Επιφανειακή Άρδευση  
 AUTO (E): 100% ET. Αυτόματο Εξατμισόμετρο. Επιφ. Άρδευση  
 AUTO (Y): 100% ET. Αυτόματο Εξατμισόμετρο. Υπόγ. Άρδευση  
 P-M (E) : 100% ET. Penmann – Monteith, Επιφανειακή Άρδευση  
 S.M.S (E) 100% ET : Αυτόματη, επιφανειακή, στάγδην άρδευση, αισθ. Decagon  
 W.M 100% ET: Αυτόματη, επιφανειακή, στάγδην άρδευση, αισθ. Watermark

## 6.4 Εγκατάσταση καλλιέργειας και καλλιεργητικές φροντίδες

Μετά και την χάραξη των πειραματικών αγροτεμαχίων, πραγματοποιήθηκε η σπορά της καλλιέργειας του ηλίανθου στις 12/04/2011. Για τη σπορά χρησιμοποιήθηκε πνευματική σπартική μηχανή τεσσάρων σειρών και η ποικιλία που σπάρθηκε ήταν PR64A63 της PIONEER. Οι αποστάσεις σποράς ήταν 12cm επί της γραμμής και 80cm μεταξύ των γραμμών σποράς. Να σημειωθεί ότι τόσο λόγω των αποτελεσμάτων της εδαφολογικής ανάλυσης όσο και λόγω της τακτικής που ακολουθήθηκε για μειωμένες εισροές δεν εφαρμόστηκε βασική λίπανση πριν από τη σπορά.

Την επόμενη ημέρα (13/04/11) εφαρμόστηκε χημικό ζιζανιοκτόνο Pendimethalin (δοσολογία 350 cm<sup>3</sup>/στρ.) ενώ στις 15/04/11 πραγματοποιήθηκε άρδευση με καταιονισμό προκειμένου να ενσωματωθεί το ζιζανιοκτόνο άλλα και να βοηθηθεί το φύτρωμα της καλλιέργειας. Μετά από 15 περίπου ημέρες στις 28/04/11 πραγματοποιήθηκε έλεγχος για να διαπιστωθούν τυχόν απώλειες κατά το φύτρωμα των σπόρων του Ηλίανθου ενώ μετά από συνεχείς επισκέψεις για την παρακολούθηση της εξέλιξης των νεαρών φυτών, κρίθηκε απαραίτητο να πραγματοποιηθεί σκάλισμα με το χέρι προκειμένου να αντιμετωπιστούν έγκαιρα ζιζάνια που φύτρωσαν σε θέσεις κοντά στα νεαρά φυτά. Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στις 26/05/11.

## 6.5 Σύστημα άρδευσης

Για την μελέτη της επίδρασης της επιφανειακής στάγδην άρδευσης στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου του ηλίανθου, εγκαταστάθηκε επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης με αποστάσεις μεταξύ των σταλακτηφόρων σωλήνων 1,60m. Η απόσταση αυτή επιλέχθηκε με γνώμονα την ικανοποίηση των αναγκών άρδευσης της συγκεκριμένης καλλιέργειας, η οποία σπέρνεται σε αποστάσεις 0,80m μεταξύ των γραμμών σποράς. Δύο διαδοχικοί αγωγοί εφαρμογής περιελάμβαναν δύο γραμμές φυτών.

Το σύστημα άρδευσης αποτελούνταν από 2 διαφορετικούς τύπους αγωγών. Τους κύριους αγωγούς, διαμέτρου Φ25 και από τους αγωγούς εφαρμογής, διαμέτρου



Φ20. Κάθε αγωγός εφαρμογής είχε αυτορυθμιζόμενους και αυτοκαθαριζόμενους σταλακτήρες ανά 0,80cm με παροχή 2,3 lt/hr ο καθένας. Συνολικά, στις 8 επαναλήψεις που αφορούσαν την παρούσα διατριβή τοποθετήθηκαν 24 δευτερεύοντες αγωγοί που τροφοδοτούνταν από 2 κύριους αγωγούς. Ο ένας κύριος αγωγός άρδευε τις επαναλήψεις της μεταχείρισης Α.Ε, έπαιρνε νερό από παρακείμενη δεξαμενή - που με τη σειρά της γέμιζε από διπλανή γεώτρηση παροχής 35 m<sup>3</sup>/h - ενώ ο άλλος από δεύτερη δεξαμενή χωρητικότητας 50 m<sup>3</sup> και άρδευε τις επαναλήψεις της μεταχείρισης AUTO(E).

Μεταξύ του κύριου αγωγού τροφοδοσίας και των αγωγών εφαρμογής παρεμβάλλονταν ένας υδρομετρητής, ο οποίος κατέγραφε την ποσότητα νερού που χορηγούνταν σε κάθε άρδευση για την κάθε επανάληψη. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 8 υδρομετρητές και η καταγραφή των ενδείξεών τους γινόταν πριν και μετά το τέλος της κάθε άρδευσης. Η συστηματική παρακολούθησή τους εξασφάλιζε την έγκαιρη διαπίστωση δυσλειτουργιών του συστήματος και έδινε τη δυνατότητα για την έγκαιρη διόρθωσή τους.



**Εικόνα 6.1:** Υδρομετρητής στην αρχή κάθε επανάληψης

Ουσιαστικά το σύστημα άρδευσης των επαναλήψεων μπορεί να χωριστεί σε δύο διαφορετικά κομμάτια, καθότι η κάθε μεταχείριση τροφοδοτούνταν από διαφορετική δεξαμενή, αρδεύονταν ξεχωριστά και με διαφορετικό τρόπο. Το κοινό χαρακτηριστικό και των δύο είναι η χρήση του εξατμισίμετρου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά και τα μέρη της κάθε μεταχείρισης, εκτός από τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν και που είναι κοινά, δηλαδή τους αγωγούς διανομής και εφαρμογής και τα υδρόμετρα.

### **6.51 Σύστημα άρδευσης με το απλό εξατμισίμετρο**

Το σύστημα άρδευσης με το απλό εξατμισίμετρο αποτελούνταν από το εξατμισίμετρο, τη δεξαμενή άρδευσης με ενσωματωμένη αντλία ισχύος 3hp, τον προγραμματιστή Miracle, ηλεκτροβάννα συνεχούς ρεύματος 9V, βαλβίδα εκτόνωσης και φίλτρο δίσκου στην μονάδα ελέγχου του συστήματος.

Το εξατμισίμετρο τύπου A (U.S Class A Pan) είναι η χρησιμοποιούμενη συσκευή για τον προσδιορισμό της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ET<sub>0</sub>), η τιμή της οποίας είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό των αναγκών μιας καλλιέργειας σε νερό. Αποτελείται από λεκάνη ανοξείδωτου χάλυβα, με διάμετρο 121cm και βάθος 25,4cm, η οποία καλύπτεται από μεταλλικό πλέγμα για προστασία. Τοποθετείται σε ξύλινη βάση και οριζοντιώνεται σε ύψος 15cm πάνω από το επίπεδο του εδάφους. Για τη σωστή του εγκατάσταση απαιτείται πρέπει η βάση στην οποία στηρίζεται η λεκάνη να είναι πλήρως οριζοντιοποιημένη και το έδαφος κάτω από αυτή να υπερυψωθεί μέχρι να φτάσει σε απόσταση 5 cm από τον πυθμένα. Στη συνέχεια η λεκάνη συμπληρώνεται με νερό έως το ύψος του να απέχει 5 cm κάτω από το χείλος της. Για την εξαγωγή ορθών μετρήσεων, οι οποίες λαμβάνονται με τη βοήθεια ενός σταθμήμετρου με ακίδα, η στάθμη του νερού μέσα στη λεκάνη δεν πρέπει να πέσει ποτέ κάτω από το επίπεδο των 7,5cm από το χείλος της λεκάνης. Επίσης το νερό του εξατμισίμετρου πρέπει να ανανεώνεται συχνά και η λεκάνη να διατηρείται καθαρή. Τα επιμέρους μέρη του εξατμισίμετρου, εκτός από τη λεκάνη, είναι:

- Σωληνοειδές δοχείο μέτρησης μήκους 23cm και διαμέτρου 10cm, που φέρει ισαπέχουσες οπές διαμέτρου 9mm.

- Μεταλλικό πώμα και φλάντζα από PVC που εφαρμόζουν στο πάνω μέρος του δοχείου, ώστε να μένει ανεπηρέαστο το νερό μέσα σε αυτό από κλιματικές επιδράσεις. Πάνω σε αυτό στηρίζεται υποδεκάμετρο βαθμονομημένο σε mm και στο κέντρο του υπάρχει οπή διαμέτρου 5mm και
- Μεταλλική ανοξείδωτη ράβδος, ακίδα μέτρησης και πλωτήρας. Πάνω στην μήκους 17cm και διαμέτρου 5mm μεταλλική ράβδο κινείται, με τη βοήθεια του πλωτήρα, η ακίδα μέτρησης της στάθμης του νερού.

Οι μετρήσεις λαμβάνονταν το πρωί την ίδια πάντα ώρα (9π.μ). Η στάθμη του νερού εντός της λεκάνης πρέπει να διατηρείται στο ύψος που προαναφέρθηκε γιατί διαφορετικά το σφάλμα στη μέτρηση της εξάτμισης είναι σημαντικό. Έτσι κάθε φορά που επιβάλλεται πλήρωση του εξατμισίμετρου πρέπει η αντίστοιχη ποσότητα νερού, η οποία αποτελεί την εξάτμιση, να συμπληρώνεται έως την ένδειξη **O** της ράβδου ένδειξης. Καθότι από το εξατμισίμετρο, σύμφωνα με τις διαστάσεις του, απομακρύνονται 1,14lt νερού για κάθε mm πτώσης της στάθμης του, η πλήρωση με τη χρήση ογκομετρικού δοχείου 2,28 λίτρων νερού ελαχιστοποιεί πιθανά σφάλματα. Στις περιπτώσεις βροχοπτώσεων θα πρέπει η λήψη της μέτρησης να γίνει ταυτόχρονα με την μέτρηση του ύψους της βροχόπτωσης. Στις περιπτώσεις έντονων βροχοπτώσεων, οπότε παρατηρείται υπερχειλίση της λεκάνης του εξατμισίμετρου, αφαιρούμε νερό έως το σημείο **O** με το προαναφερθέν ογκομετρικό δοχείο. Η εξάτμιση τότε είναι η διαφορά μεταξύ του ύψους βροχής και της ποσότητας νερού που αφαιρέθηκε. Όταν η βροχόπτωση είναι μικρή τότε προστίθεται νερό έως την ένδειξη **O**. Το άθροισμα του ύψους βροχής και η ποσότητα νερού που προστέθηκε στο εξατμισίμετρο αποτελεί την εξατμιθείσα ποσότητα νερού.

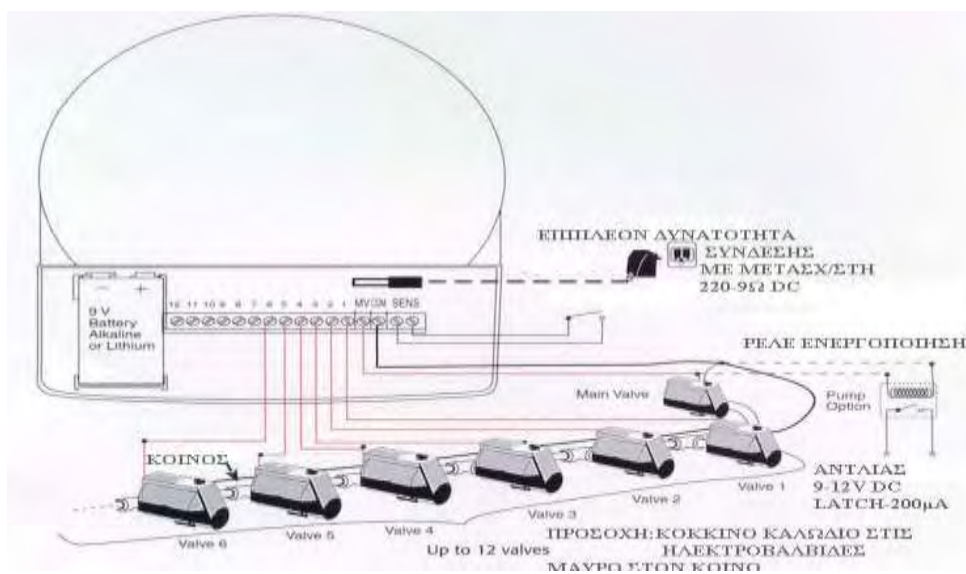
Η μέτρηση της ημερήσιας πτώσης της στάθμης του νερού (ET<sub>pan</sub>) στο εξατμισίμετρο τύπου A, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή εξατμισίμετρου (K<sub>p</sub>) ισοδυναμεί με την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ET<sub>o</sub>) και περιγράφεται από την παρακάτω σχέση :

$$ET_o = K_p * ET_{pan}$$

Οι όροι ET<sub>o</sub> και ET<sub>pan</sub> υπολογίζονται σε mm(χιλιοστά) ανά ημέρα. Ο συντελεστής K<sub>p</sub> είναι αδιάστατος και εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, την μέση σχετική

υγρασία και την θέση του εξατμισίμετρου (απόσταση από χέρσα έκταση ή έκταση με φυτοκάλυψη). Στην παρούσα διατριβή έγινε αποδεκτό από προηγούμενες μετρήσεις ότι  $K_p=0,70$ .

Ο προγραμματιστής Miracle DC (Motorolla) σε συνδυασμό με την ηλεκτροβάνα συνεχούς ρεύματος 9V ήταν τα όργανα που αυτοματοποιούσαν τη διαδικασία. Ο προγραμματιστής έχει τη δυνατότητα ενεργοποίησης πολλών ηλεκτροβαλβίδων, μέχρι και 12 και μπορεί να καλύψει πολλαπλές ανάγκες ρυθμίζοντας την ημέρα, την ώρα έναρξης και τη διάρκεια της άρδευσης. Επίσης μπορεί να προγραμματιστεί για εβδομαδιαία άρδευση ή “skip days” δηλαδή με αριθμητική καθυστέρηση μεταξύ των ποτισμάτων π.χ. κάθε 2 ημέρες και δέχεται τροποποιήσεις όπως η αύξηση του χρόνου άρδευσης σε βήματα του 10%, η διακοπή του προγράμματος για προεπιλεγμένο χρόνο και αυτόματη επιστροφή στο αρχικό πρόγραμμα μετά την πάροδο του χρόνου αυτού, καθώς επίσης και πρόγραμμα ασφαλείας 10 λεπτών για κάθε μέρα.



Εικόνα 6.2: Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας προγραμματιστή Miracle DC

Στην μεταχείριση του απλού εξατμισίμετρου ο προγραμματιστής χρησιμοποιήθηκε για να αρδεύει με εβδομαδιαίο προγραμματισμό άρδευσης. Πιο συγκεκριμένα, μετά την συλλογή στοιχείων από το εξατμισίμετρο χειροκίνητα, γινόταν εισαγωγή σε υπολογιστικό φύλλο excel για τον υπολογισμό της διάρκειας της άρδευσης. Τα χιλιοστά της εξάτμισης από το εξατμισίμετρο επί τον συντελεστή  $K_p=0,70$  μετατρέπονταν στην εξατμισοδιαπνοή αναφοράς  $E_0$ . Το γινόμενο  $E_0$  επί του

φυτικού συντελεστή  $K_c$  μας έδινε την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας  $ET_c$  και για να υπολογιστούν οι ολικές ανάγκες της Καλλιέργειας σε νερό, αφαιρούνταν τα χιλιοστά της βροχόπτωσης (αν υπήρχε). Στη συνέχεια, οι ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό έπρεπε να αναχθούν σε χρόνο άρδευσης. Δεδομένου ότι η παροχή των σταλακτήρων, οι αποστάσεις τους επί της γραμμής και οι αποστάσεις των αγωγών εφαρμογής ήταν γνωστά στοιχεία, μπορούσε να υπολογιστεί το ωριαίο ύψος βροχής (σε mm/hr) και με την κατάλληλη αναγωγή βρισκόταν ο χρόνος που έπρεπε να αρδευτεί η καλλιέργεια. Αυτός ο χρόνος πληκτρολογούνταν στον προγραμματιστή ώστε να γίνει η απαραίτητη άρδευση. Πρέπει να αναφερθεί ότι για την μεταχείριση του απλού εξατμισόμετρου (A.E 100%ET) ως εύρος άρδευσης επιλέχθηκε ο αριθμός των 2 ημερών.

### **6.5.2 Σύστημα άρδευσης εξ' αποστάσεως**

Το σύστημα αυτό αποτελείται από έξι λειτουργικά μέρη. Το πρώτο μέρος αποτελεί ο αισθητήρας μέτρησης στάθμης νερού στη λεκάνη του εξατμισήμετρου (WL1, water depth sensor) και το ηλεκτρόδιο παραγωγής ηλεκτρικού πεδίου, το οποίο είναι ενσωματωμένο στον αισθητήρα. Άμεσα συνδεδεμένος με τον αισθητήρα είναι ο καταγραφέας δεδομένων (data logger) και το καλώδιο τροφοδοσίας ηλεκτρικού ρεύματος. Η γενική αρχή λειτουργίας του συστήματος έγκειται στην παραγωγή ηλεκτρικού πεδίου γύρω από τον αισθητήρα το οποίο έχει διαφορετική τιμή ηλεκτρικού δυναμικού ανάλογα με τη στάθμη του νερού στο εξατμισήμετρο. Κάθε φορά που ο αισθητήρας τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια, από το data logger, δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο γύρω του. Ανάλογα με το ύψος του νερού στη λεκάνη του εξατμισήμετρου η τιμή του ηλεκτρικού δυναμικού, του πεδίου που δημιουργείται, είναι διαφορετική και εκφράζεται σε mV. Η τιμή αυτή επιστρέφει ως σήμα στο data logger όπου και μετατρέπεται σε mm και αποθηκεύεται έως ότου πραγματοποιηθεί νέα καταγραφή. Η καταγραφή αρχίζει αμέσως μετά την τροφοδοσία του αισθητήρα με ηλεκτρική ενέργεια και συνεχίζεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, το εύρος των οποίων επιλέγεται από το χρήστη, και για όσο υπάρχει διαθέσιμη ενέργεια για τη λειτουργία του.

Έχει τη δυνατότητα είτε συνεχούς λειτουργίας είτε διακοπτόμενης. Στη πρώτη περίπτωση ο αισθητήρας είναι σε λειτουργία συνεχώς καταγράφοντας δεδομένα σε

πραγματικό χρόνο και αποθηκεύοντάς τα στη μνήμη του ενώ στη δεύτερη αμέσως μετά την καταγραφή των δεδομένων και την αποθήκευσή τους τίθεται εκτός λειτουργίας και επαναλειτουργεί όταν ο data logger τον τροφοδοτήσει με ηλεκτρική ενέργεια ικανή για την επανέναρξη της λειτουργίας του. Η δεύτερη περίπτωση προϋποθέτει την σύνδεση του αισθητήρα με data logger. Το λογισμικό που διαθέτει του δίνει τη δυνατότητα να συνδέει το ηλεκτρικό δυναμικό με το ύψος νερού εντός της λεκάνης του εξατμισόμετρου καθώς και άλλων πληροφοριών (ημερομηνία, εύρος μέτρησης και ηλεκτρικό δυναμικό εξόδου), οι οποίες καθορίζουν τη στάθμη του νερού στο εξατμισήμετρο. Η τροφοδοσία του συστήματος γινόταν από το δίκτυο της ΔΕΗ και επικουρικά υποστηρίζονταν από χημική πηγή ενέργειας (μπαταρία) 9V.

Οι πρακτικές ωφέλειες από την εφαρμογή αυτού του συστήματος περιγράφονται παρακάτω αναλυτικά:

- αυξάνεται το κέρδος του παραγωγού λόγω μείωσης των εξόδων μετακίνησης στον αγρό,
- αξιοποιεί τον εξοπλισμό που ήδη διαθέτει ο παραγωγός (εγκατάσταση παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, σύστημα άρδευσης κ.α.) για τη βελτιστοποίηση της χρήσης νερού, ενέργειας και χημικών,
- αποτελεί ένα ευέλικτο σύστημα προγραμματισμού των αρδεύσεων ικανό να συνδυαστεί με τον ιδιαίτερο εξοπλισμό που διαθέτει ο κάθε παραγωγός,
- είναι αξιόπιστο και ακριβές σύστημα σύγχρονης τεχνολογίας ικανό να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες περιοχές με διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες και
- ελαχιστοποιεί τον εξοπλισμό που απαιτείται για τον βέλτιστο προγραμματισμό των αρδεύσεων.





**Εικόνα 6.3:** Ο αισθητήρας μέτρησης στάθμης νερού εξατμισήμετρου WL1, το εξατμισίμετρο τύπου A και ο data logger.

Το δεύτερο μέρος αποτελούσε ο data logger . Χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο GP1 της εταιρείας Delta-T devices. Είναι εφοδιασμένος με κατάλληλο λογισμικό το οποίο μετατρέπει το αναλογικό σήμα του αισθητήρα στάθμης σε mm ύψους νερού χρησιμοποιώντας γραμμική εξίσωση. Παράλληλα, έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων σε εσωτερική μνήμη. Ο GP1 περιλαμβάνει επτά κανάλια, δύο διαφορετικά αναλογικά κανάλια (κανάλι 1 και 2), δύο κανάλια θερμοκρασίας/αντίστασης (κανάλι 3 και 4), δύο κανάλια ανάγνωσης (κανάλι 5 και 6) και ένα κανάλι για το διακόπτη (Relay). Στα δύο πρώτα κανάλια συνδέονται αισθητήρες μέτρησης υγρασίας εδάφους ενώ στα κανάλια 3 και 4 συνδέονται θερμομέτρα και το εύρος του σήματος πρέπει να είναι  $-2,8$  έως  $+3,6V$ . Στο κανάλι 5 συνδέονται συσκευές, οι οποίες καταγράφουν δεδομένα με μεγάλη ταχύτητα και συχνότητα (ροόμετρα) ενώ στο κανάλι 6 συνδέονται συσκευές, οι οποίες καταγράφουν δεδομένα με μικρή συχνότητα (βροχόμετρα). Το κανάλι του Relay δεν είναι τίποτα περισσότερο από έναν διακόπτη ανοίγματος/κλεισίματος (On/Off). Ο GP1 λειτουργεί με μπαταρία 9V, η οποία πρέπει να αντικαθίσταται όταν το ηλεκτρικό

δυναμικό που δίνει πέφτει κάτω από τα 5,5V. Κατά την αντικατάσταση της μπαταρίας τα δεδομένα που έχουν ήδη καταγραφεί στη μνήμη του GP1 δεν χάνονται, αλλά δεν είναι δυνατή η καταγραφή νέων. Ο GP1 συνοδεύεται:

- από κατάλληλο λογισμικό (Delta-Link), το οποίο είναι συμβατό με το περιβάλλον εργασίας Windows 98, Me, 2000, XP ή νεώτερη έκδοση,
- από ειδικό καλώδιο USB και RS232 για την σύνδεση με ηλεκτρονικό υπολογιστή,
- από σκληρό δίσκο χωρητικότητας 10MB,
- από λογισμικό μεταφοράς των δεδομένων σε φύλλο εργασίας (Microsoft Excel 97 ή νεώτερο) και
- από λογισμικό ανάγνωσης κειμένου (Acrobat Reader) (Delta-T Devices, 2007).

Ο data logger ήταν συνδεδεμένος με modem κινητού τηλεφώνου, το οποίο αποτελούσε το τρίτο μέρος του συστήματος, μέσω του οποίου γινόταν η επικοινωνία με απομακρυσμένο Η/Υ (από το σπίτι). Η επικοινωνία γινόταν μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε κάρτα σύνδεσης για μεταφορά δεδομένων (όχι ομιλίας). Το modem τροφοδοτούνταν με ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο της ΔΕΗ όλο το εικοσιτετράωρο.

Το τέταρτο μέρος του συστήματος ήταν η κεραία (πομπός-δέκτης) μέσω της οποίας γινόταν η μετάδοση του σήματος στην κεραία κινητής τηλεφωνίας που καλύπτει την περιοχή έτσι ώστε τελικά να γίνεται εφικτή η σύνδεση από το σπίτι με το σύστημα μέσω Η/Υ. Σημειώνεται ότι απαραίτητη προϋπόθεση για να πραγματοποιηθεί επιτυχής και απρόσκοπτη σύνδεση ήταν ο Η/Υ να είναι συνδεδεμένος με απλή γραμμή ΟΤΕ.

Το πέμπτο κομμάτι του συστήματος αποτελούσε ένας χρονοδιακόπτης. Ο χρονοδιακόπτης χρησίμευε για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στο modem. Ο χρονοδιακόπτης ήταν προγραμματισμένος να λειτουργεί συγκεκριμένη ημέρα και ώρα και για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (διάρκεια μιας ώρας) έτσι ώστε να εξοικονομείται ενέργεια αλλά και να δυσχεραίνεται η πιθανή επικοινωνία με ανεπιθύμητους χρήστες.

Το έκτο κομμάτι του συστήματος αποτελούσε ηλεκτροβάνα 24V εναλλασσόμενου ρεύματος. Η ηλεκτροβάνα ήταν συνδεδεμένη στο relay του data logger και μέσω του συστήματος data logger-modem-H/Υ δινόταν οι εντολές για το



άνοιγμα και το κλείσιμό της καθώς και η επιλογή της διάρκειας άρδευσης αλλά και της χρονοκαθυστερήσεως μεταξύ δύο αρδεύσεων.

Στο σύστημα άρδευσης εξ αποστάσεως η άρδευση γινόταν πλήρως αυτοματοποιημένη. Ο data logger κατέγραφε αυτόματα την ένδειξη του εξατμισόμετρου, μέσω του αυτόματου αισθητήρα WL1 του εξατμισόμετρου με τον οποίο συνδεόταν. Στη συνέχεια, μέσω του modem τα δεδομένα μεταφέρονταν σε κεντρικό υπολογιστή, ασύρματα, χρησιμοποιώντας το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Στον κεντρικό αυτό υπολογιστή, γινόταν ξανά σε υπολογιστικό φύλλο excel η μετατροπή των χιλιοστών του εξατμισόμετρου σε χιλιοστά εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας ETc και υπολογιζόταν οι ολικές ανάγκες της καλλιέργειας (αφαιρουμένης της πιθανής βροχόπτωσης). Το αποτέλεσμα αυτό μεταφραζόταν σε διάρκεια άρδευσης με σκοπό να καλυφθούν τα χιλιοστά που εξατμίστηκαν. Έπειτα, δινόταν η εντολή από τον κεντρικό υπολογιστή – μέσω κινητού τηλεφώνου προς το modem– η εντολή για άρδευση. Έτσι ενεργοποιούνταν ο data logger, ο οποίος με ηλεκτρική διέγερση προς την ηλεκτροβάνα, ενεργοποιούσε το σύστημα άρδευσης.

## 6.6 Υπολογισμός δόσης, εύρους και διάρκειας άρδευσης

Η ποσότητα του νερού που μπορεί να εφαρμόστεί στην καλλιέργεια του ηλίανθου μπορεί να υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψη τις υδραυλικές παραμέτρους του εδάφους. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε ουσιαστικά να δούμε τα όρια που μπορούμε να κινηθούμε προκειμένου να ικανοποιήσουμε τις απαιτήσεις της καλλιέργειας χωρίς μείωση της παραγωγικότητας της καλλιέργειας. Οι παράμετροι που απαιτούνται να προσδιοριστούν για το σκοπό αυτό, αντιστοιχούν στους όρους της παρακάτω εξίσωσης της Θεωρητικής Δόσης Άρδευσης (Id).

$$Id = \frac{(FC - PWP) \times ASW \times RD \times C \times P}{100} \quad (6.1)$$

Όπου FC είναι η υδατοϊκανότητα σαν ποσοστό % του ξηρού βάρους του εδάφους, PWP είναι το σημείο μόνιμης μάρανσης επίσης σαν ποσοστό % του ξηρού βάρους του εδάφους, ASW το φαινόμενο ειδικό βάρος σε  $gr/cm^3$ , RD το βάθος του ρίζοστρώματος σε κάθε στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας σε mm, C ο συντελεστής

εξάντλησης της διαθέσιμης υγρασίας ως αδιάστατη ποσότητα και P το ποσοστό διαβροχής του εδάφους και ο συντελεστής απόδοσης του συστήματος. Οι τιμές των παραπάνω όρων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 6.2:** Τιμές παραμέτρων που απαιτούνται για τον προσδιορισμό των αναγκών σε νερό για τον ηλίανθο

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΤΙΜΗ
FC, υδατοϊκανότητα (% ξ. β.)	39,5
PWP, σημείο μόνιμης μάρανσης (, % ξ. β.)	21,93
ASW, φαινόμενο ειδικό βάρος (, gr/cm <sup>3</sup> )	1,36
RD, βάθος ριζοστρώματος ηλίανθου (mm) Μαΐου	200
RD, βάθος ριζοστρώματος ηλίανθου (mm) Απριλίου	400
RD, βάθος ριζοστρώματος ηλίανθου (mm) Ιουνίου	600
RD, βάθος ριζοστρώματος ηλίανθου (mm) Ιουλίου	800
RD, βάθος ριζοστρώματος ηλίανθου (mm) Αυγούστου	1000
P, ποσοστό διαβροχής του εδάφους	1
C, συντελεστής εξάτμισης διαθέσιμης υγρασίας	0,45

Επειδή η θεωρητική δόση άρδευσης θα υπολογιστεί για κάθε μήνα κατά την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου το βάθος του ριζοστρώματος (RD) για την περίοδο αυτή μεταβάλλεται. Οι τιμές που παίρνει ανά μήνα, έχει υπολογιστεί ότι είναι 200, 400, 900, 900 και 1000mm.

Η πρακτική δόση άρδευσης **Ida** είναι ο λόγος της θεωρητικής δόσης προς το συντελεστή απόδοσης του συστήματος (Ea), και δίνεται από τη σχέση:

$$\mathbf{Ida = Id / Ea} \quad \mathbf{(6.2)}$$

Για τον υπολογισμό αυτό όμως, θα πρέπει βάση της σχέσης 6.2 να γνωρίζουμε το συντελεστή απόδοσης του συστήματος (Ea). Από τη βιβλιογραφία θεωρούμε ότι η τιμή του είναι μέγιστη και ίση με 0,95. Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι είναι απαραίτητη και η αναγωγή στην έκταση κάθε πειραματικού plot που αρδεύεται, καθώς οι τιμές που λαμβάνουμε με τον υπολογισμό αυτό αντιστοιχούν σε mm/στρέμμα.

Στη συνέχεια υπολογίζουμε το εύρος της άρδευσης **It** που δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$I_t = I_{da} / E_{Td} \quad (6.3)$$

όπου  $E_{Td}$  είναι η μέση ημερήσια εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας δηλαδή η ημερήσια τιμή της  $E_{Tc}$ . Η τιμή της υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση

$$E_{Tc} = E_{To} * f_1 * f_2 \quad (6.4)$$

όπου  $E_{To}$  η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς και οι όροι  $f_1$  και  $f_2$  είναι συντελεστές. Ο πρώτος  $f_1$  εξαρτάται από την καλλιέργεια, ενώ ο  $f_2$  είναι διορθωτικός και σχετίζεται την αναμενόμενη φυτοσκίαση του εδάφους από την καλλιέργεια. Για το συγκεκριμένο πείραμα η τιμή του πρώτου ήταν 1 ενώ του δεύτερου προσδιορίστηκε σε 0,95 για τον Ιούνιο, 1 για τον Ιούλιο και 0,9 για τον Αύγουστο.

Από τα παραπάνω και αντικαθιστώντας στις εξισώσεις που προαναφέρθηκαν, προκύπτουν το εύρος άρδευσης σε ημέρες και η διάρκεια άρδευσης σε ώρες (h) που μπορούμε να αρδεύσουμε (πίνακας 6.3).

**Πίνακας 6.3:** Δόση, εύρος και διάρκεια άρδευσης που προσδιορίζονται βάσει των υδραυλικών ιδιοτήτων του εδάφους.

	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ
Διαθέσιμη υγρασία (% κ.ο.)	1,36	1,36	1,36
Θεωρητική δόση άρδευσης (mm)	43,01	64,52	86,02
Πρακτική δόση άρδευσης (mm)	45,28	67,91	90,55
Ωριαίο ύψος βροχής (mm/h)	1,80	1,80	1,80
Μέση ημερήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm/ημέρα)	5,89	7,1	5,49
Εύρος άρδευσης (ημέρες)	7,69	9,57	16,49
Διάρκεια άρδευσης (h)	25,20	37,79	50,39

Για τον προσδιορισμό των δόσεων εφαρμογής κατά τη διάρκεια του πειράματος, υπολογίστηκε η μέση ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής με τη χρήση των δεδομένων του εξατμισιμέτρου τύπου A. Όπως προαναφέρθηκε, η πτώση στάθμης του εξατμισιμέτρου καταγράφονταν είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα μέσω του data logger

και τα δεδομένα επεξεργάζονταν σε υπολογιστικό φύλλο Excel για να ληφθεί η απόφαση για άρδευση.

Αναλυτικότερα, με την καταχώρηση των χλιοστών εξάτμισης από το εξατμισόμετρο γινόταν ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοή αναφοράς  $E_{To}$  σε mm/ημέρα με τη σχέση:

$$E_{To} = K_p * E_{T_{pan}} \quad (6.5)$$

όπου  $E_{T_{pan}}$  αντιστοιχεί στην ημερήσια διαφορά της μέτρησης στο εξατμισόμετρο σε mm και  $K_p=0,7$ .

Στη συνέχεια το αποτέλεσμα από τη σχέση 6.5, πολλαπλασιάστηκε με τον αντίστοιχο φυτικό συντελεστή της καλλιέργειας ( $K_c$ ) για κάθε στάδιο ανάπτυξης ώστε να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας ( $E_{T_c}$ ) ημερησίως σύμφωνα με τη σχέση:

$$E_{T_c} = k_c * E_{To} \text{ (mm)} \quad (6.6)$$

Ο φυτικός συντελεστής  $K_c$  είναι αδιάστατος και λάμβανε τιμές ανάλογα με τα στάδια της καλλιέργειας. Στο συγκεκριμένο πείραμα, δεν προσδιορίστηκε τιμή μέχρι το φύτευμα, ενώ μετά το φύτευμα και για 21 ημέρες ήταν 0,35. Στη συνέχεια, καθότι η καλλιέργεια του ηλίανθου εισήλθε στη φάση της ταχείας ανάπτυξης, η τιμή του μεταβαλλόταν σχεδόν καθημερινά κατά 0,02 μονάδες (βάσει πειραματικών δεδομένων προηγούμενων ετών) μέχρι να εισέλθει στο στάδιο διαμόρφωσης παραγωγής ή στάδιο μέσης περιόδου, όπου η τιμή του είναι σταθερή και ίση με 1,15. Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο της καλλιέργειας η τιμή του αρχίζει και πάλι να μειώνεται με τελική τιμή ίση με 0,55.

Η καθαρή ποσότητα νερού με την οποία πρέπει να πραγματοποιηθεί η άρδευση της καλλιέργειας ( $I_n$ ), δηλαδή η πρακτική δόση άρδευσης ( $I_{da}$ ) που αντιστοιχεί στο 100% της εξατμισοδιαπνοής, υπολογίζεται αν αφαιρεθεί από την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας ( $E_{T_c}$ ) το ύψος των ωφέλιμων βροχοπτώσεων ( $\Omega B$ ) σύμφωνα με τη σχέση:

$$I_n = E_{T_c} - \Omega B \quad (6.7)$$

όπου  $I_{da}$  σε mm και  $\Omega B$  το ωφέλιμο ύψος βροχοπτώσεων σε mm. Το ωφέλιμο ύψος των βροχοπτώσεων υπολογίζεται ως το γινόμενο του συνολικού ύψους της βροχής με τη σταθερή ποσότητα 0,8. Δηλαδή από τη σχέση:

$$\Omega B = 0,8B \quad (6.8)$$

όπου  $B$  η βροχόπτωση σε χιλιοστά (mm).

Στη συνέχεια αφού αφαιρούνταν η βροχόπτωση μπορούσαν να υπολογιστούν οι ολικές ανάγκες σε νερό της καλλιέργεια με τη σχέση 6.7. Παρακολουθώντας τα δεδομένα και την ανάλυσή τους σε υπολογιστικό φύλλο Excel, λαμβάνονταν η απόφαση για άρδευση αφού γινόταν ο έλεγχος με τα αποτελέσματα του πίνακα 6.3. Στις μεταχειρίσεις με την αυτόματη άρδευση, όταν αρθροίζονταν περίπου 30 mm αναγκών σε νερό, που προέκυπταν από την αντίστοιχη στήλη του υπολογιστικού φύλλου, δινόταν η εντολή για άρδευση μέσω του κινητού τηλεφώνου.

Για τον υπολογισμό της διάρκειας άρδευσης στο υπολογιστικό φύλλο χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$I_t = I_{da} / I_{dh} \quad (6.9)$$

όπου  $I_{da}$  η πρακτική δόση άρδευσης και  $I_{dh}$  το ωριαίο ύψος βροχής. Το ωριαίο ύψος βροχής προκύπτει ως ο λόγος του γινομένου της παροχής του σταλακτήρα (lt/h) επί τον αριθμό των σταλακτάρων ανά φυτό ( $n = St/2 \cdot Se$ ), προς την ισαποχή των φυτών επί της γραμμής (m), πολλαπλασιαζόμενη με την ισαποχή των γραμμών σποράς (m), σύμφωνα με τη σχέση:

$$I_{dh} = (q \cdot n) / (St \cdot Sr) \quad (6.10)$$

Στο συγκεκριμένο πείραμα η παροχή του σταλακτήρα ήταν  $q = 2,3$  lt/h, η ισαποχή των φυτών επί της γραμμής  $St = 0,12$ m και η απόσταση μεταξύ των γραμμών των φυτών  $Se = 0,8$  m. Για τον υπολογισμό του αριθμού των σταλακτάρων ανά φυτό η απόσταση των σταλακτάρων επί του αγωγού ήταν  $Sr = 0,8$ m, οπότε προκύπτει ότι ο αριθμός είναι  $n = 0,08$ .

## 6.7 Κλιματικές παράμετροι

Οι κλιματικές παράμετροι επηρεάζουν σε πολύ σημαντικό βαθμό την απόδοση και την ανάπτυξη μιας καλλιέργειας. Εκτός όμως από αυτό, η παρατήρηση και η καταγραφή τους αποτελεί σημαντικό και αναπόσπαστο κομμάτι κάθε ερευνητικής προσπάθειας στον τομέα των αρδεύσεων, καθότι οι παράμετροί τους και οι τιμές τους υπεισέρχονται στον υπολογισμό της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής.

Στο πείραμα αυτό η καταγραφή τους πραγματοποιήθηκε από τον μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής, που βρίσκεται σε απόσταση μερικών μέτρων από τα όρια του πειραματικού αγροτεμαχίου, στο χώρο του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι μετρήσεις καταγράφονταν ανά ώρα στον καταγραφέα δεδομένων data logger που προαναφέρθηκε και περιλάμβαναν τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας, της ταχύτητας του ανέμου, της βροχόπτωσης, της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας. Η συλλογή των μετρήσεων γινόταν με τη σύνδεση φορητού υπολογιστή με τον data logger και η περαιτέρω επεξεργασία τους πραγματοποιήθηκε σε υπολογιστικό φύλλο excel.

## 6.8 Μετρήσεις φυτικών χαρακτηριστικών

### 6.8.1 Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας LAI

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI- leaf area index), εκφράζει το συνολικό άθροισμα της επιφάνειας της μιας πλευράς των φύλλων της φυτικής κόμης ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους ( $m^2$  φυλλικής επιφάνειας/  $m^2$  επιφάνειας εδάφους). Η γνώση των μεταβολών του δείκτη, καθ' όλη την διάρκεια της καλλιέργειας, αποτελεί μέτρο της παραγωγικότητάς της, καθώς αποτελεί βασικό παράγοντα που καθορίζει το ρυθμό παραγωγής βιομάζας της καλλιέργειας. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για τις ενεργειακές καλλιέργειες, ειδικά αυτές των οποίων η βιομάζα αξιοποιείται.

Ο δείκτης μετριέται με άμεσες και έμμεσες μεθόδους. Στην παρούσα έρευνα, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη συσκευή SunScan canopy analysis της Delta – T Devices Ltd (εικόνα 6.3), που αποτελεί έμμεση μέθοδο μέτρησης. Η συσκευή

αποτελείται από τον ανιχνευτή SunScan, τον αισθητήρα Beam Fraction Sensor (BFS) και το πάνελ συλλογής δεδομένων, που περιλαμβάνει το λογισμικό εφαρμογής. Το συγκεκριμένο σύστημα μετρά τη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία μήκους κύματος 400 – 700nm, επάνω και κάτω από το φύλλωμα της καλλιέργειας του ηλίανθου. Λόγω αυτού του γεγονότος, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο πειραματικό αγροτεμάχιο τις μεσημβρινές ώρες, καθότι η γωνία κλίσης του ήλιου έχει μικρές τιμές και συνεπώς δεν επηρεάζεται η τιμή της ακτινοβολίας που λαμβάνεται.

Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο ίδιο σημείο της κάθε επανάληψης, και η θέση αυτή καθορίστηκε με βάση την ομοιομορφία ανάπτυξης των φυτών στις δύο μεσαίες γραμμές σποράς έτσι ώστε να μειώνεται στο ελάχιστο η αλληλεπίδραση με γειτονικά πειραματικά τεμάχια. Λαμβάνονταν 4 μετρήσεις σε κάθε σημείο μέτρησης, παράλληλα προς τις γραμμές σποράς, δύο μετρήσεις εκατέρωθεν της γραμμής σποράς. Ο μέσος όρος των τιμών αυτών καταγράφονταν ως το L.A.I. της εκάστοτε μεταχείρισης του πειραματικού τεμαχίου.



**Εικόνα 6.4:** Συσκευή μέτρησης L.A.I

### **6.8.2 Μέτρηση ύψους φυτών και διαμέτρου δίσκων**

Με σκοπό την παρακολούθηση της ανάπτυξης των φυτών του Ηλίανθου, λαμβάνονταν μετρήσεις του ύψους των φυτών και της διαμέτρου των κεφαλών κάθε 7 ημέρες. Τα φυτά που επιλέχθηκαν σε κάθε επανάληψη είχαν επισημανθεί. Βρίσκονταν στις δύο μεσαίες σειρές της κάθε επανάληψης ώστε να αποφευχθούν λάθη στις μετρήσεις και επηρεασμός από τις γειτονικές επαναλήψεις. Στις ημερομηνίες που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, το μέσο ύψος κάθε μεταχείρισης είναι αποτέλεσμα ενός σταθερού αριθμού φυτών από τις επιμέρους επαναλήψεις. Πραγματοποιήθηκαν εβδομαδιαίες μετρήσεις οι οποίες ξεκίνησαν στις 19-5-2011 και ολοκληρώθηκαν στις 19-8-2011 για το ύψος των φυτών, ενώ η διάμετρος των δίσκων μετρήθηκε από την άνθηση μαζί με το ύψος, δηλαδή πραγματοποιήθηκαν 5 εβδομαδιαίες μετρήσεις από τις 18-7-2011 και έπειτα.

### **6.8.3 Μέτρηση φυτικής βιομάζας**

Για τον προσδιορισμό της φυτικής χλωρής και ξηρής βιομάζας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε φυτά των μεσαίων σειρών σποράς που επιλέγονταν τυχαία ανά επανάληψη και δεν συμμετείχαν στις προηγούμενες μετρήσεις. Μετά τη δειγματοληψία για τον προσδιορισμό της χλωρής μάζας τα φυτά του ηλίανθου διαχωρίζονταν στην ταξιανθία (κεφαλή), τα φύλλα και το στέλεχος, ζυγίζονταν χωριστά. Το συνολικό βάρος του φυτού προέκυπτε από το άθροισμα των βαρών των επιμέρους τμημάτων του και στη συνέχεια με την κατάλληλη αναγωγή υπολογιζόταν η παραγωγή χλωρής βιομάζας ανά στρέμμα.

Για τον προσδιορισμό της ξηρής βιομάζας τα μέρη του φυτού ξηραίνονταν σε πυριαντήριο στους 80°C, μέχρι σταθεροποίησης του βάρους τους και έπειτα ακολουθούσαν παρόμοια διαδικασία με την παραπάνω.

### **6.8.4 Μέτρηση παραγωγής σε σπόρο**

Για την μέτρηση της παραγωγής σε σπόρο, συλλέχθηκαν οι κεφαλές του ηλίανθου από μια επιφάνεια 2m<sup>2</sup> για κάθε επανάληψη χωριστά. Έπειτα οι κεφαλές



του ηλίανθου ζυγίστηκαν και υπέστησαν φυσική ξήρανση. Έπειτα από περίπου ένα μήνα ξαναζυγίστηκαν και προσδιορίστηκε η μεταβολή της υγρασίας. Στόχος ήταν να διαπιστωθεί η ποσότητα της υγρασίας που απομακρύνθηκε και να διαπιστωθεί το επίπεδο στο οποίο είχε φτάσει (περίπου στο 14-18%) ώστε να είναι εφικτός ο αλωνισμός τους με την χρήση θεριζοαλωνιστικής μηχανής εκπαιδευτικού τύπου. Στη θεριζοαλωνιστική μηχανή τοποθετήθηκαν τα κατάλληλα κόσκινα και ακολούθησε διαχωρισμός των σπόρων από την κεφαλή του ηλίανθου ανά επανάληψη. Ο σπόρος που συγκεντρώθηκε ζυγίστηκε και υπέστη ξήρανση σε πυριαντήριο, στους 80°C για 24 ώρες έτσι ώστε η τελική υγρασία του σπόρου να φτάσει τους 10-12%. Μετά από την ξήρανση, τα δείγματα ξαναζυγίστηκαν οπότε και προσδιορίστηκε το τελικό βάρος του σπόρου ανά επανάληψη.

### **6.8.5 Απόδοση σε έλαιο**

Ετοιμάστηκαν δείγματα του σπόρου ανά επανάληψη και στάλθηκαν για σύνθλιψη και εξέταση σε διαπιστευμένο χημικό εργαστήριο. Από κάθε επανάληψη στάλθηκε ένα δείγμα σπόρου βάρους 100g για την μέτρηση της περιεκτικότητας σε έλαιο. Στη συνέχεια από το έλαιο που εξήχθη από το κάθε δείγμα προσδιορίστηκε ενεργειακά η απόδοσή του με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη χρήση του σε μηχανές diesel. Η αναλογία Ηλιελαίου – Diesel προέκυψε από τη διεργασία ήταν 1,13/1, δηλαδή από 1,13 λίτρα ηλιελαίου εξήχθη 1 λίτρο diesel. Το ενεργειακό περιεχόμενο ενός λίτρου diesel προσδιορίστηκε στα 44MJ ενέργειας και ενός λίτρου ηλιελαίου στα 33,5 MJ ενέργειας.

### **6.9 Στατιστική Επεξεργασία**

Τα δεδομένα που συλλέχτηκαν αναλύθηκαν ως προς τη διακύμανση της παραλλακτικότητας ANOVA. Για τη σύγκριση των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε η ελάχιστη σημαντική διαφορά (Least Significant Difference, L.S.D.) για επίπεδο σημαντικότητας  $P < 0,05$ . Η κατάταξη των μέσων όρων πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή του πολλαπλού τεστ Duncan. Οι στατιστικές αναλύσεις

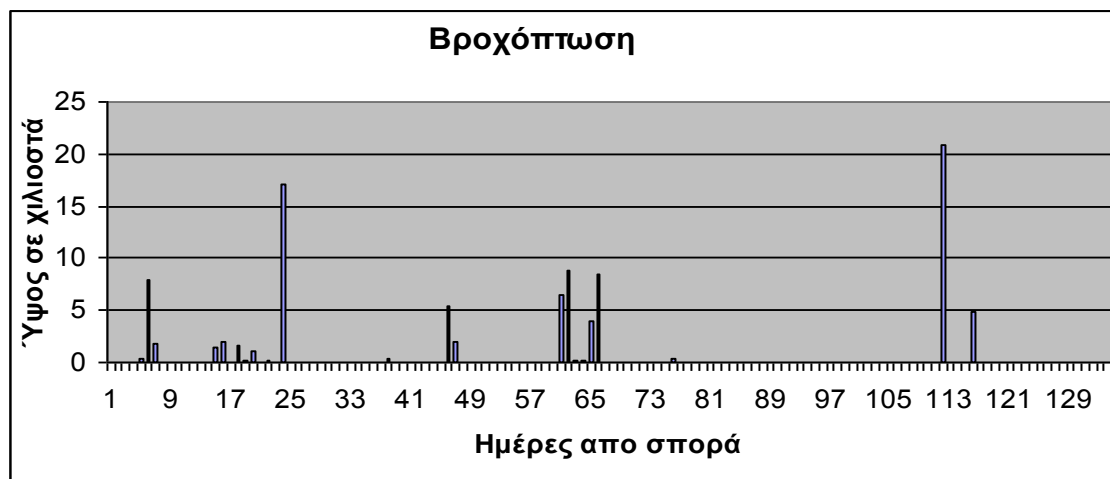
πραγματοποιήθηκαν με το στατιστικό πακέτο SPSS version 18 για χρήση σε περιβάλλον Windows.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>

### Αποτελέσματα

#### 7.1 Κλιματολογικά Δεδομένα

Κατά τη διάρκεια του πειράματος από τη σπορά τον Απρίλιο έως και τον Αύγουστο του 2011 η συνολική βροχόπτωση που δέχθηκε η καλλιέργεια ήταν ίση με 95,4 mm. Κύριο χαρακτηριστικό των βροχοπτώσεων ήταν τόσο η μικρή ποσότητα σε mm ανά γεγονός όσο και η μηδενική βροχόπτωση τον Ιούλιο. Η μεγαλύτερη ποσότητα βροχής (20,8mm) παρατηρήθηκε κατά την ωρίμανση του σπόρου στις 1/8/2011, ενώ η αμέσως χαμηλότερη ποσότητα που μετρήθηκε ήταν στις 5/5/2011 κατά το αρχικό στάδιο της καλλιέργειας, 25 ημέρες μετά το φύτευμα, γεγονός ιδιαίτερα ευεργετικό για την καλλιέργεια. Σε όλα τα υπόλοιπα γεγονότα βροχόπτωσης η ποσότητα κυμάνθηκε από 0,4 ως 8,8 mm.

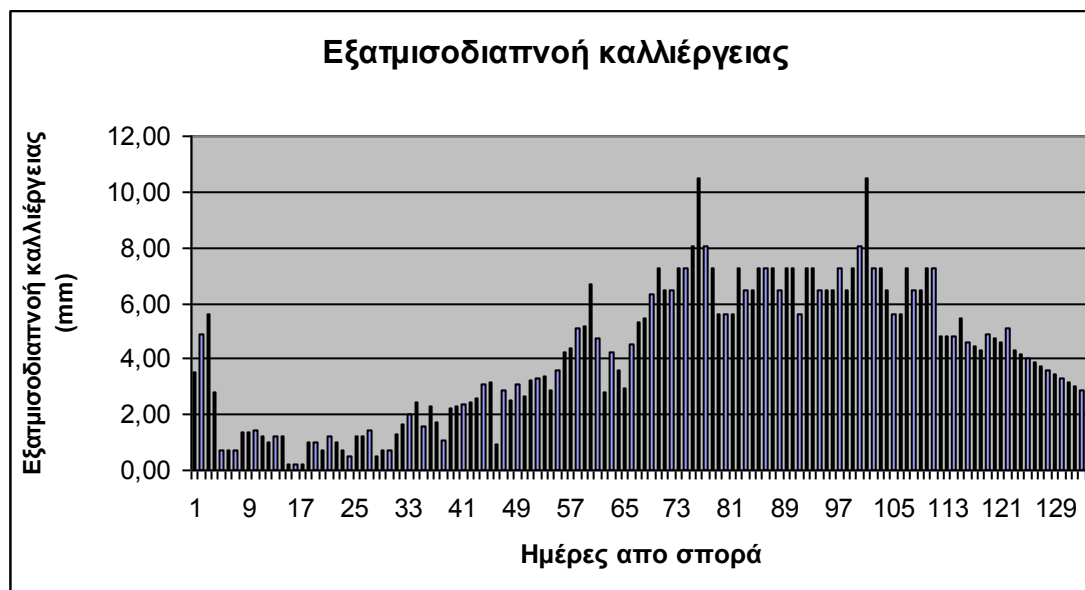


Διάγραμμα 7.1: Βροχόπτωση κατά τη διάρκεια του πειράματος

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι το 2011 ήταν μια χρονιά φτωχή σε βροχόπτωση, γεγονός που αναδεικνύει τη σημαντικότητα της άρδευσης για την παραγωγικότητα της καλλιέργειας στις ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες.

Οι μέσες θερμοκρασίες για την περίοδο Απριλίου - Σεπτεμβρίου όπου διεξήχθη

το πείραμα κυμάνθησαν σε υψηλά σχετικά επίπεδα. Σύμφωνα με τα δεδομένα τους θερμότερους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο ξεπέρασαν τους 25°C. Αναλυτικότερα οι μέσες θερμοκρασίες για τους μήνες Απρίλιο έως και το Σεπτέμβριο ήταν 12,84 °C, 18,12 °C, 23,51 °C, 27,28 °C, 25,32 °C και 22,59 °C αντίστοιχα. Γενικά θα λέγαμε ότι τους καλοκαιρινούς μήνες η μέση θερμοκρασία ήταν υψηλή, γεγονός που ισχύει και για το Σεπτέμβριο.



**Διάγραμμα 7.2:** Βροχόπτωση κατά τη διάρκεια του πειράματος

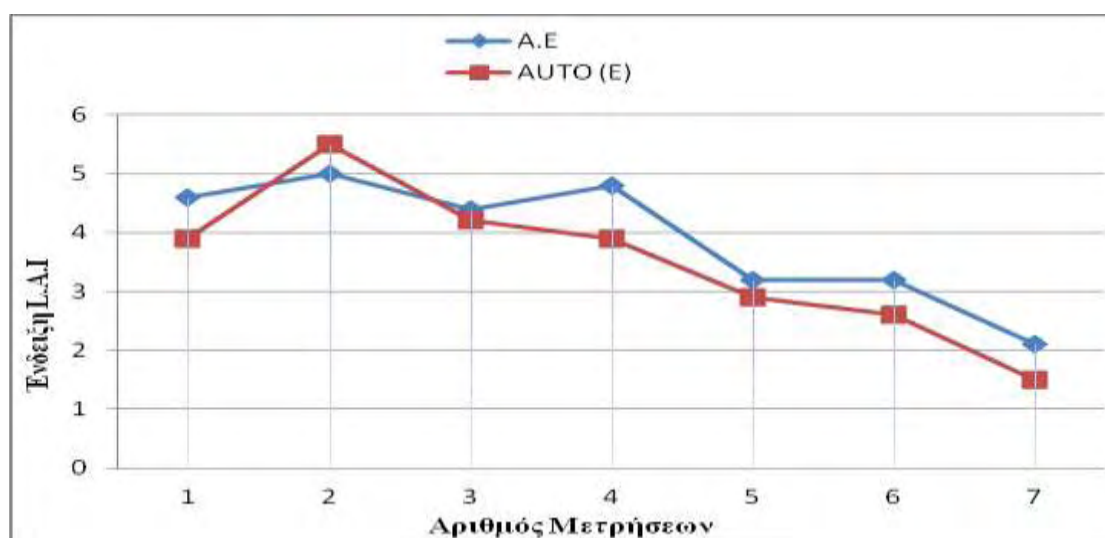
Η εξαμυσοδιαπνοή της καλλιέργειας του ηλιάνθου υπήρξε έντονη (διάγραμμα 7.2) κατά τον Ιούλιο και τον Αύγουστο αν ληφθεί υπόψη ότι την περίοδο αυτή οι μέσες θερμοκρασίες ήταν οι υψηλότερες. Η μέγιστη τιμή εξαμυσοδιαπνοή της καλλιέργειας 10,47 mm παρατηρήθηκε κατά τις 26-6-2011 και στις 21-7-2011, ημέρες όπου η σχετική υγρασία του αέρα κυμαινόταν περίπου στο 30- 35%, η θερμοκρασία την ημέρα ξεπέρασε το μέσο όρο του μήνα, ενώ και τη νύχτα ήταν υψηλή και η ένταση του ανέμου ήταν σχετικά μεγάλη.

## 7.2 Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας αποτελεί μέτρο σύγκρισης για τον ρυθμό απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και κατ' επέκταση του ρυθμού παραγωγής

βιομάζας της καλλιέργειας. Πραγματοποιήθηκαν 7 εβδομαδιαίες μετρήσεις από τις 29/6/2011, στάδιο στο οποίο τα φυτά είχαν ολοκληρώσει τη βλαστική τους ανάπτυξη.

Από το σχήμα 7.1 φαίνεται ότι κατά την πρώτη μέτρηση η φυλλική επιφάνεια στην μεταχείριση Α.Ε είναι μεγαλύτερη από αυτή της AUTO (Ε), στη συνέχεια μειώνεται σε σχέση και στην τρίτη μέτρηση έχουν σχεδόν ίδιες τιμές. Από την 3<sup>η</sup> και την έβδομη η Α.Ε δίνει υψηλότερες τιμές ενδείξεων. Δεδομένου ότι έως την 3<sup>η</sup> μέτρηση στις 15-7-2011, έχει πραγματοποιηθεί ο κύριος όγκος των αρδεύσεων (10 από τις 15 αρδεύσεις) αυτό ίσως σημαίνει ότι η Α.Ε αξιοποίησε καλύτερα το νερό της άρδευσης.



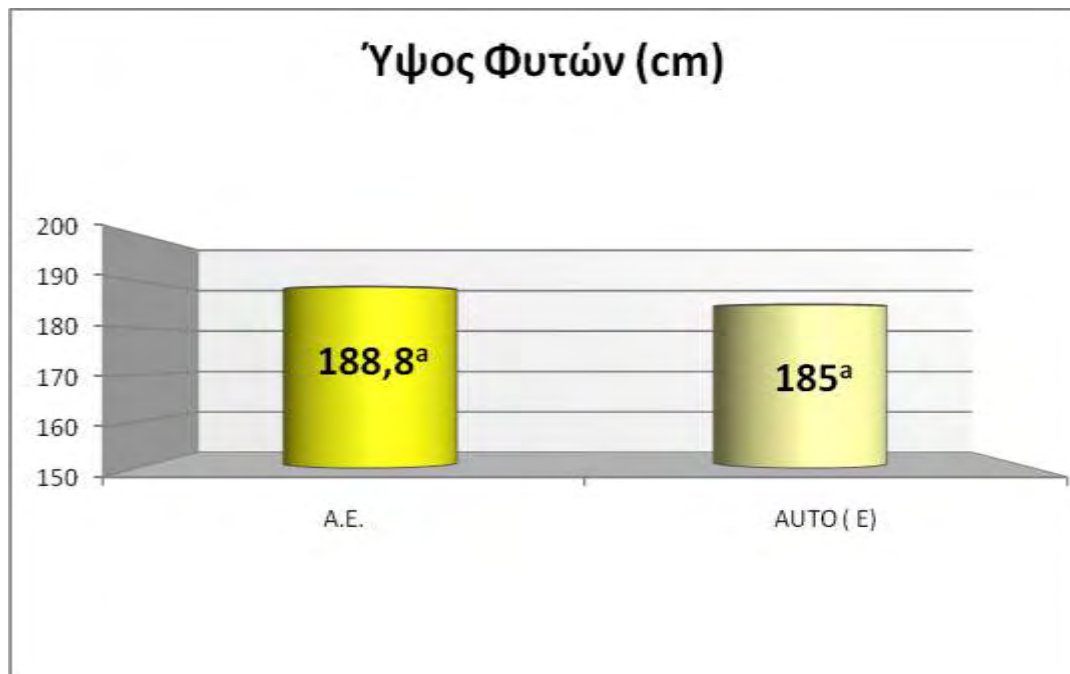
**Διάγραμμα 7.3:** Η πορεία του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας στις δύο μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια του πειράματος.

### 7.3 Ύψος Φυτών και διάμετρος δίσκων

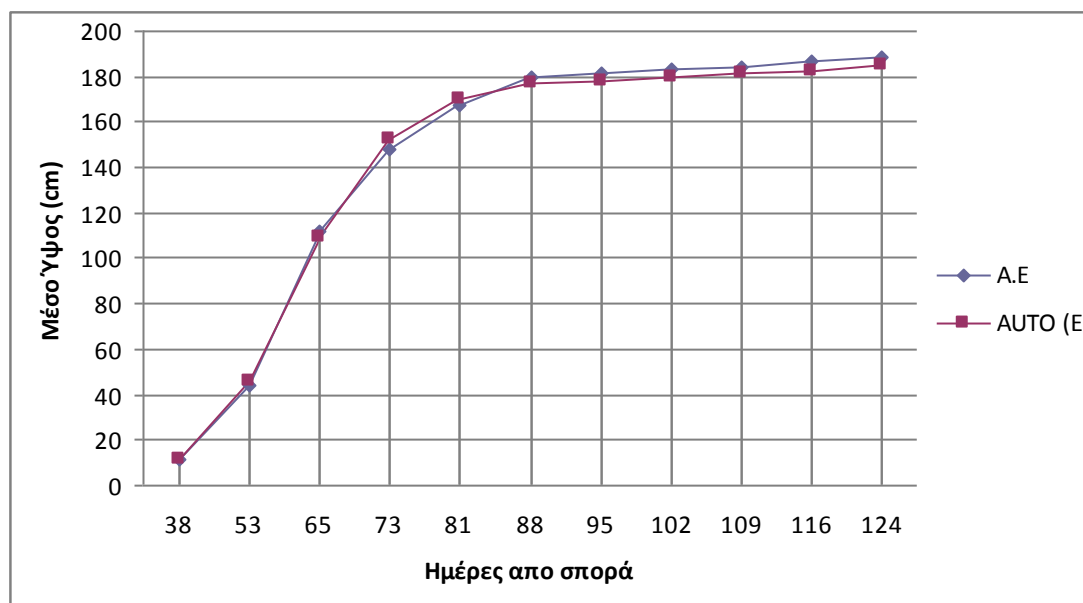
Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 11 μετρήσεις του ύψους των φυτών και της διαμέτρου των δίσκων, οι οποίες ξεκίνησαν στις 19-5-2011 και ολοκληρώθηκαν στις 19-8-2011.

Παρατηρείται ότι και στις δύο μεταχειρίσεις το μέσο ύψος λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του κατά την τελευταία (19/08) μέτρηση. Η τιμή για την Α.Ε είναι 188,75 cm ενώ η αντίστοιχη για την AUTO (Ε) είναι 184,95 cm (σχήμα 7.1). Από το σχήμα 7.2 φαίνεται ότι η μεταβολή του ύψους και των δύο μεταχειρίσεων είναι παρόμοια, με αυτή του απλού εξατμισίμετρου να υπερτερεί ελαφρώς. Η μορφή της καμπύλης

δείχνει πως η μεγάλη αύξηση στο ύψος των φυτών επήλθε από την πρώτη δειγματοληψία και μέχρι 80-90 ημέρες από την σπορά. Από εκεί και μετά η αύξηση είναι μικρή.



**Διάγραμμα 7.4:** Σύγκριση του μέσου όρου του ύψους των φυτών



**Διάγραμμα 7.5:** Διάγραμμα εξέλιξης μέσου ύψους των φυτών ανά μεταχείριση

Η εξέλιξη του μέσου ύψους και η τυπική απόκλιση σε σχέση με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε ημέρες από τη σπορά παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

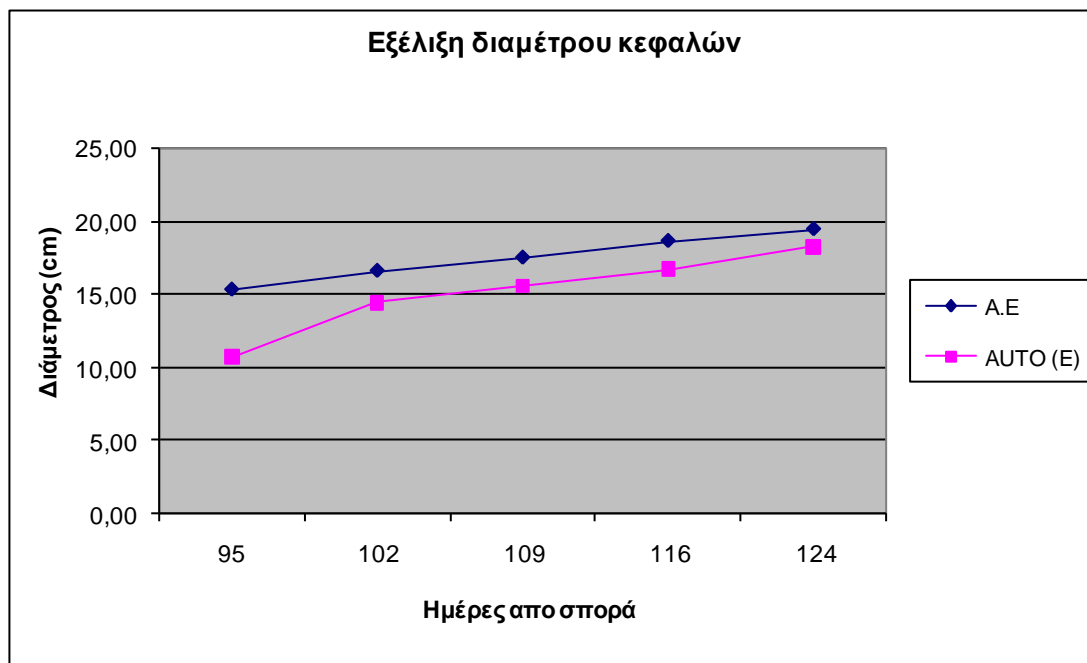
**Πίνακας 7.1:** Εξέλιξη ύψους και τυπική απόκλιση για τις μεταχειρίσεις ανά μέτρηση

Ημέρες από σπορά	Α.Ε		AUTO (E)	
	Εξέλιξη Μέσου Ύψους	Τυπική απόκλιση	Εξέλιξη Μέσου Ύψους	Τυπική απόκλιση
38	11,30	2,61	11,78	1,61
53	44,23	4,52	46,07	4,12
65	111,93	15,45	109,34	12,03
73	148,22	8,67	152,74	7,60
81	167,79	7,77	169,97	4,21
88	179,44	13,11	176,68	4,75
95	181,89	10,99	178,41	4,56
102	183,33	10,48	179,53	3,99
109	184,09	10,41	181,37	3,52
116	186,63	10,37	182,20	3,39
124	188,76	10,39	184,93	3,04

Σχετικά με τη διάμετρο των δίσκων δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές στις 5 μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε ίδιες ημερομηνίες με αυτές του ύψους. Η μέση διάμετρος των κεφαλών της καλλιέργειας ανά μεταχείριση και η εξέλιξή της κατά την πορεία του πειράματος, καθώς και οι τυπικές αποκλίσεις φαίνονται στη συνέχεια.



**Διάγραμμα 7.6:** Μέση διάμετρος των κεφαλών της καλλιέργειας ανά μεταχείριση



**Διάγραμμα 7.7:** Εξέλιξη μέσης διαμέτρου των κεφαλών των φυτών ανά μεταχείριση

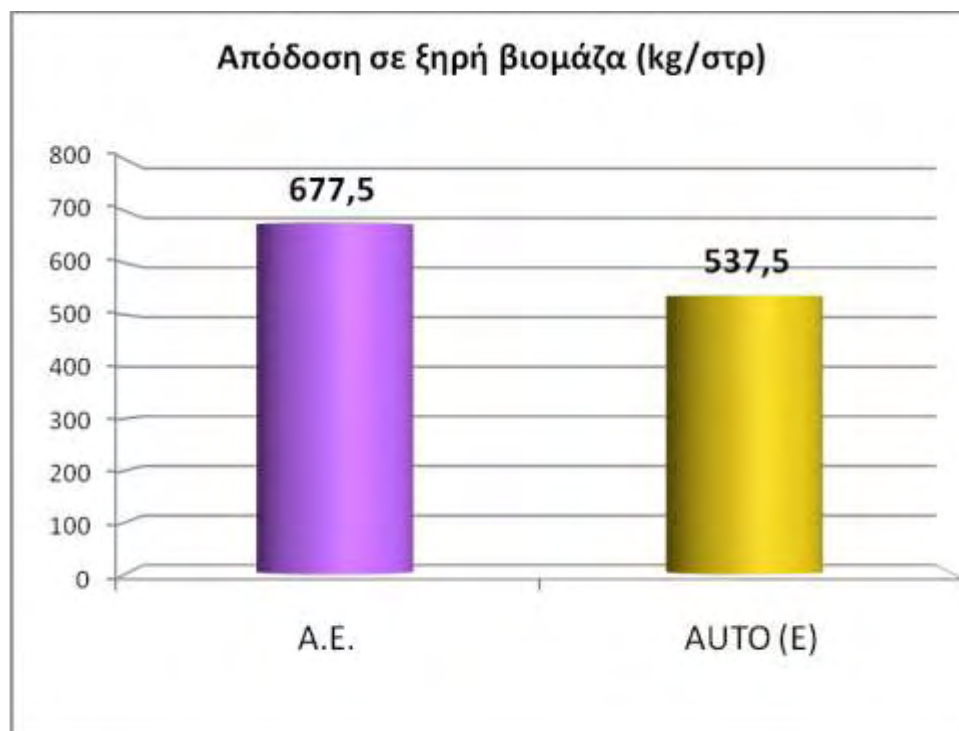


**Πίνακας 7.2:** Εξέλιξη διαμέτρου κεφαλών και τυπική απόκλιση για τις μεταχειρίσεις ανά μέτρηση

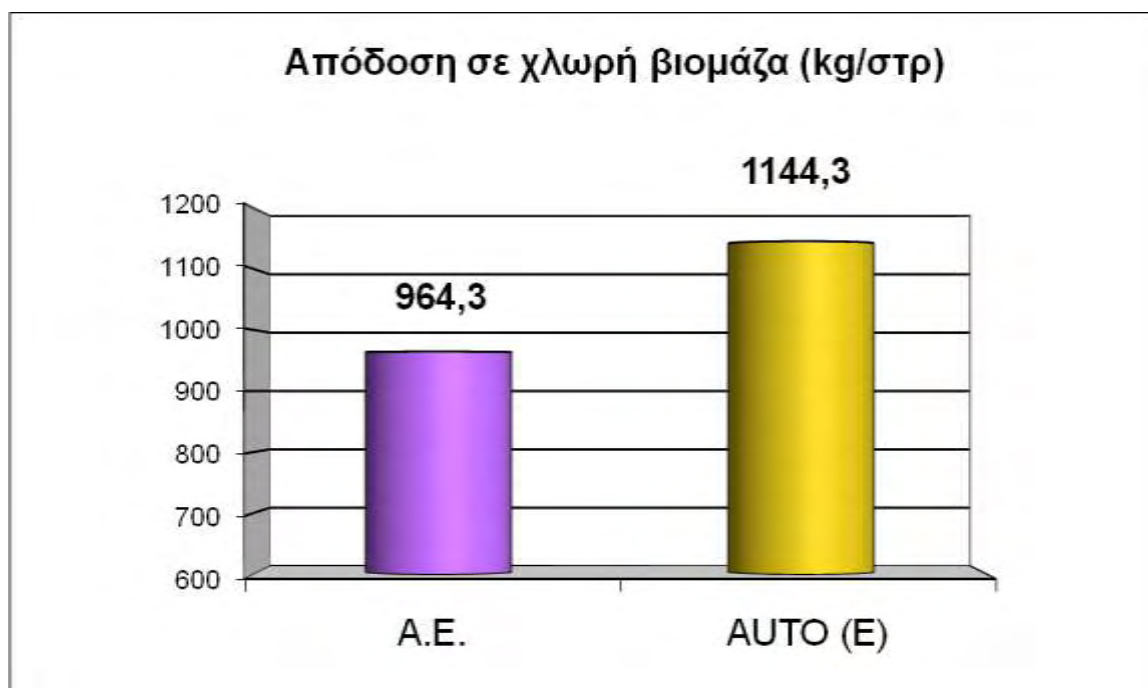
	Α.Ε		AUTO (E)	
Ημέρες από σπορά	Εξέλιξη μέσης Διαμέτρου Κεφαλών (cm)	Τυπική απόκλιση	Εξέλιξη μέσης Διαμέτρου Κεφαλών (cm)	Τυπική απόκλιση
95	15,32	10,71	0,98	1,44
102	16,60	14,44	1,27	2,07
109	17,50	15,58	1,23	2,09
116	18,64	16,70	1,76	1,72
124	19,44	18,27	2,33	2,57

#### 7.4 Χλωρή και ξηρή βιομάζα

Για τον προσδιορισμό του βάρους της βιομάζας πραγματοποιήθηκαν 4 μετρήσεις τα αποτελέσματα των οποίων φαίνονται παρακάτω. Στην συνολική απόδοση σε ξηρή βιομάζα υπερτερεί η Α.Ε, ενώ σε χλωρή βιομάζα υπερτερεί η AUTO(E). Η υπεροχή της AUTO (E) στην απόδοση σε χλωρή βιομάζα, **ίσως οφείλεται στην τυχαιότητα του δείγματος.**



**Διάγραμμα 7.8:** Απόδοση μεταχειρίσεων σε ξηρή βιομάζα ανά μεταχείριση



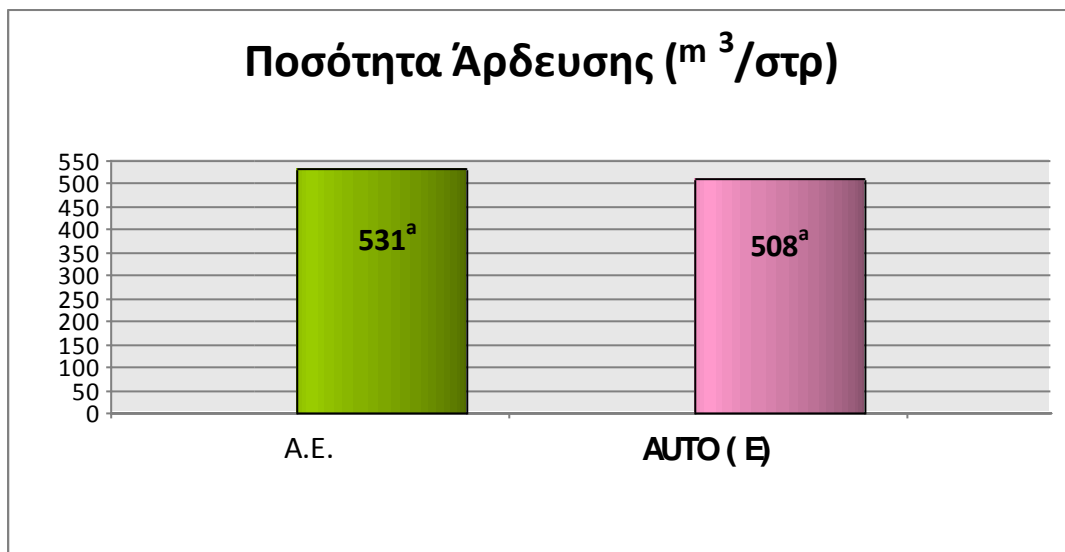
**Διάγραμμα 7.9:** Απόδοση μεταχειρίσεων σε χλωρή βιομάζα ανά μεταχείριση

## 7.5 Άρδευση και παραγωγικότητα

Η άρδευση της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε όπως προαναφέρθηκε με 2 τρόπους. Στην μεταχείριση A.E η άρδευση πραγματοποιήθηκε εμπειρικά, ακολουθώντας την παραδοσιακή τακτική άρδευσης κάθε τρεις περίπου ημέρες την περίοδο όπου οι ανάγκες του φυτού είναι μέγιστες, με τη χρήση του προγραμματιστή Miracle. Η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιούνταν υπολογιζόταν από τα χιλιοστά εξάτμισης του εξατμισμέτρου επί τον συντελεστή Κran. Στην μεταχείριση AUTO (E) η άρδευση γινόταν κατόπιν συλλογής των στοιχείων από το data logger και ανάλυσής τους σε υπολογιστικό φύλλο excel. Όταν τα χιλιοστά των καθαρών αναγκών της καλλιέργειας αθροίζονταν στα 30 τότε δινόταν η εντολή για άρδευση.

Συγκρίνοντας τις ποσότητες νερού που δόθηκαν σε κάθε μεταχείριση φαίνεται ότι στην A.E χρησιμοποιήθηκε μεγαλύτερη ποσότητα νερού (531 mm/στρ) ενώ στην AUTO (E) χρησιμοποιήθηκαν 508 mm νερού/στρ (σχήμα 7.8) και μεταξύ τους δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά. Κάνοντας την κατάλληλη αναγωγή στην

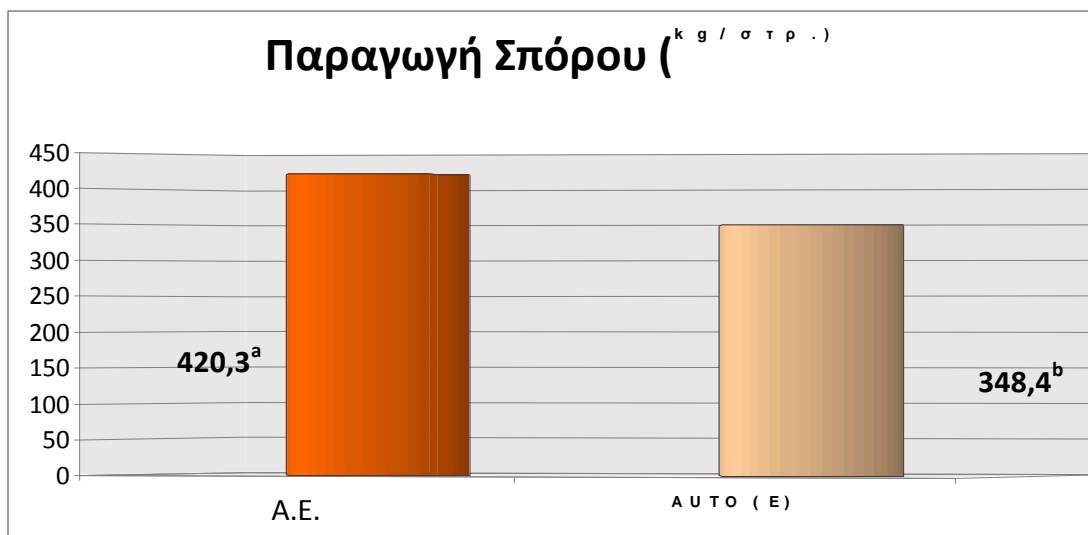
Α.Ε χρησιμοποιήθηκαν 127,4 mm νερού ενώ στην AUTO (Ε) 121,9 mm νερού.



**Διάγραμμα 7.10:** Ποσότητα άρδευσης σε m<sup>3</sup>/στρ ανά μεταχείριση

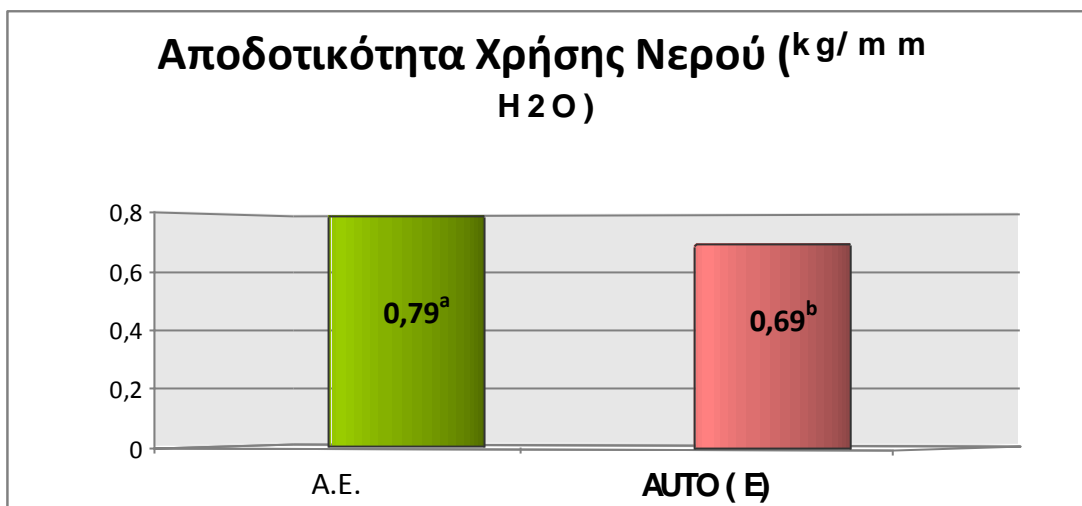
Η μέση παραγωγή σε σπόρο που φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (7.9) με την κατάλληλη αναγωγή διαμορφώνεται σε 100,9 κιλά για τη μεταχείριση Α.Ε και σε 83,4 κιλά για την AUTO (Ε). Γενικά θα λέγαμε ότι είναι μια αρκετά καλή παραγωγικότητα για μια καλλιέργεια στην οποία δεν εφαρμόστηκε λίπανση. Ωστόσο, με την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά. Αυτό πιθανώς μπορεί να εξηγηθεί ως εξής.

Η μεταχείριση Α.Ε. παρουσιάζει μια τάση υπεροχής καθώς εφαρμόστηκε ελαφρώς μεγαλύτερη ποσότητα νερού απ' ότι στην AUTO( Ε) (μεγαλύτερη ακρίβεια). Ειδικότερα, στον προγραμματιστή Miracle, παρουσιάζεται ασυμφωνία μεταξύ της τρέχουσας ώρας και ωριαίας διάρκειας άρδευσης, δηλαδή η άρδευση δεν σταματάει ακριβώς την ώρα που προγραμματίστηκε, άλλα μερικά λεπτά αργότερα. Αυτό σημαίνει ότι η Α.Ε δέχθηκε συνολικά μεγαλύτερη ποσότητα νερού την οποία ενδεχομένως η καλλιέργεια αξιοποίησε.



**Διάγραμμα 7.11:** Παραγωγή σπόρου σε kg/στρ ανά μεταχείριση

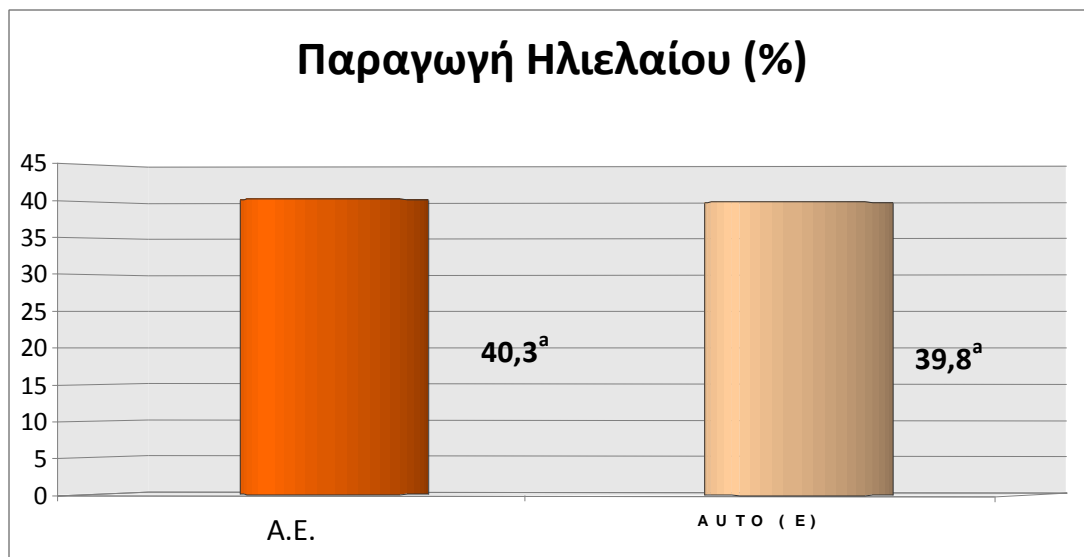
Η στατιστικά σημαντική διαφορά στην απόδοση, επηρεάζει και την αποδοτικότητα χρήσης του νερού, όπου η συνολική παραγωγή ανά στρέμμα διαιρείται με το ολικό νερό που δέχθηκε η καλλιέργεια (καταιονισμός, βροχόπτωση και άρδευση). Η Α.Ε υπερτερεί και αυτή τη φορά έναντι στις AUTO (E) (διάγραμμα 7.10).



**Διάγραμμα 7.12 :** Αποδοτικότητα χρήσης νερού σε kg/mm ανά μεταχείριση

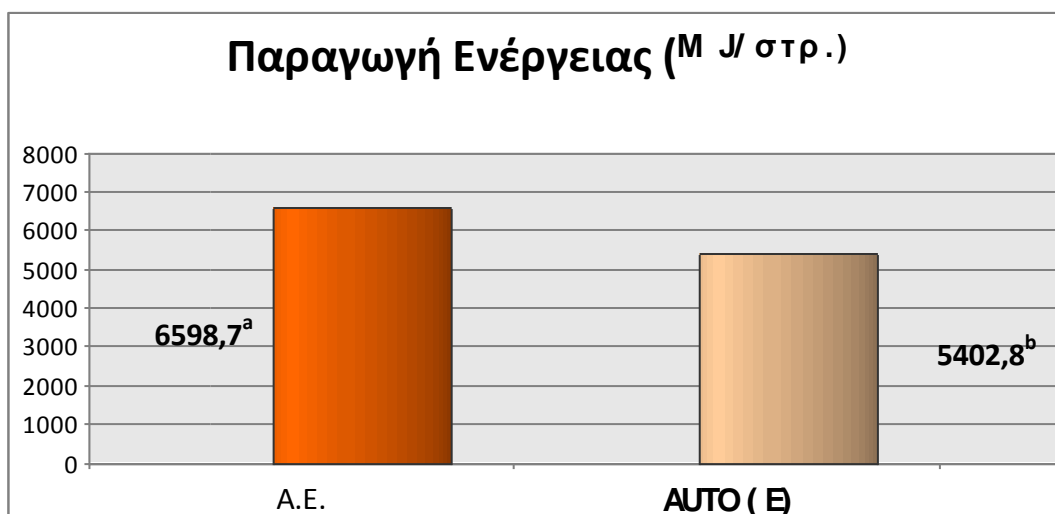
## 7.6 Ελαιοπεριεκτικότητα και ενεργειακό περιεχόμενο

Η ελαιοπεριεκτικότητα των σπόρων για κάθε εκμετάλλευση προσδιορίστηκε στο 40,3% για την Α.Ε και στο 39,8 % για την ΑΥΤΟ (Ε).



**Διάγραμμα 7.13:** Ποσοστιαία (%) περιεκτικότητα των σπόρων κάθε μεταχείρισης σε έλαιο

Παρότι δεν παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική διαφορά στην % περιεκτικότητα των σπόρων σε έλαιο, δεν συμβαίνει το ίδιο και με την ενεργειακή απόδοσή του (διάγραμμα 7.12). Στον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του ελαίου υπεισέρχεται και η μέση παραγωγή σε σπόρο. Η στατιστικά σημαντική διαφορά στην που εμφανίζεται στη δεύτερη, επηρεάζει και την σημαντικότητα της πρώτης.



**Διάγραμμα 7.14 :** Ενεργειακό περιεχόμενο ηλιελαίου ανα εκμετάλλευση

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup>

### Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την σύγκριση της αποδοτικότητας σε σπόρο, σε ποσοστό ελαίου και σε ενεργειακή απόδοση του ελαίου μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων είναι ποικίλα και παραθέτονται παρακάτω.

Η απόδοση σε σπόρο ήταν ικανοποιητική παρότι δεν εφαρμόστηκε λίπανση, γεγονός που αποδεικνύει εν μέρει την καλή προσαρμοστικότητα του ηλίανθου στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής που καλλιεργήθηκε και κατ' επέκταση σε περιοχές με παρόμοια κλιματικά και εδαφολογικά δεδομένα. Η μέση παραγωγή και για τις δύο μεταχειρίσεις ξεπέρασε το μέσο όρο που παρουσιάζει το Υ.ΠΕ.ΚΑ στην επίσημη ιστοσελίδα του (πίνακας 1.3). Η απόδοση σε έλαιο κυμάνθηκε στο 40% περίπου και για τις δύο μεταχειρίσεις, γεγονός που σημαίνει απόδοση σε κιλά ελαίου ανά στρέμμα, επίσης μεγαλύτερη από τον μέσο όρο των στοιχείων που παρουσιάζονται από το Υ.ΠΕ.ΚΑ.

Το γεγονός ότι η παραγωγή σε σπόρο παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, μπορεί να οφείλεται στην χρονοκαθυστέρηση που εφαρμόζει ο προγραμματιστής Miracle κατά την άρδευση. Το πρόγραμμα ασφαλείας που διαθέτει δεν διακόπτει την άρδευση μόλις συμπληρωθεί ο χρόνος που προγραμματίστηκε αμέσως, άλλα λίγα λεπτά αργότερα. Αυτό εξηγεί και την μεγαλύτερη ποσότητα νερού που δέχθηκε η μεταχείριση Α.Ε και στο σύνολο των αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν ίσως να έχει σημαντική επίδραση στην καλλιέργεια και στην παραγωγικότητά της. Αυτό ενισχύεται και από το γεγονός ότι η μεταχείριση Α.Ε σε όλες τις μετρήσεις, πλην της χλωρής βιομάζας υπερέχει της AUTO (Ε).

Η στατιστικά σημαντική διαφορά που εμφανίζεται στο ενεργειακό περιεχόμενο του ελαίου, «προέρχεται» από την σημαντικότητα που εμφανίζεται στην παραγωγή σε σπόρο, η οποία υπεισέρχεται στον υπολογισμό της ενέργειας που παράγεται από το έλαιο.

Γενικότερα θα λέγαμε ότι η άρδευση που πραγματοποιήθηκε με τον

υπολογισμό των αναγκών βάση μετρήσεων του απλού εξατμισόμετρου, απέδωσε καλύτερα σε όλες τις μετρήσεις πλην της παραγωγής χλωρής βιομάζας γεγονός που ίσως οφείλεται στην τυχαιότητα του δείγματος. Η καλλιέργεια φαίνεται να ανταποκρίνεται θετικά στην επιπλέον ποσότητα αρδευτικού νερού.

Ωστόσο, η επίδραση της άρδευσης με εφαρμογή νερού σε συγκεκριμένα κρίσιμα στάδια της καλλιέργειας, στην αποδοτικότητα σε σπόρο, έλαιο και ενεργειακό περιεχόμενο δεν διερευνήθηκε στην παρούσα εργασία. Η διερεύνηση του θέματος αυτού στο μέλλον, ίσως μπορέσει να αποδώσει καλύτερα την ανταπόκριση της καλλιέργειας στην άρδευση για τις ελληνικές εδαφοκλιματικές συνθήκες.

## Βιβλιογραφία

### Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Αλεξίου, Ι., Κωτσόπουλος, Σ. Ι., Καλφούντζος, Δ. και Βύρλας, Π., 2000. Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής μέσω συναρτήσεων διαθεσιμότητας της εδαφικής υγρασίας. Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου ΕΥΕ, Αθήνα, 493 – 500.
2. Αγγελάκης, Ν.Α., Κοτσελίδου Ν.Ο., 1996. Η διαχείριση των Υδατικών πόρων της Ελλάδας και ο ρόλος των ΔΕΥΑ. Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου ΤΕΕ Κεντρικής Ελλάδας. 13-16 Νοεμβρίου 1996. Λάρισα. σελ 79-89
3. Αγρότυπος, 2011. Εβδομαδιαία Ηλεκτρονική Εφημερίδα Αγροτικής Ενημέρωσης, τεύχος 94, 5 Αυγούστου 2011.
4. Ασημακόπουλος, Δ., 2002. Η πλήρης ανάκτηση κόστους νερού στην Οδηγία 2000/60. Πρακτικά της Ημερίδας «2000/60 Οδηγία – Πλαίσιο για τα Νερά – Εναρμόνιση με την ελληνική πραγματικότητα». Ε.Μ.Π. Αθήνα.
5. Αυγουλάς, Χ., 2008. Σημειώσεις για τα Ελαιούχα και Κλωστικά Φυτά. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής. σελ. 19.
6. Αυγουλάς, Χ.Ε., Ποδηματάς, Κ., Παπαστυλιανού, Π., 2000, *Φυτά μεγάλης καλλιέργειας*. Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων. Αθήνα. σσ. 486.
7. Βάλβης, Ι. Αναστάσιος, 2008. Περιβαλλοντική ασφάλεια και το ζήτημα της διαχείρισης του διασυνοριακού ποταμού Νέστου, Γ΄ Πανελλήνιο Συνέδριο Διεθνούς Πολιτικής Οικονομίας, 16-18 Μαΐου, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.
8. Γαλανοπούλου-Σενδούκα Σ., 2003, «Βιομηχανικά φυτά: Βαμβάκι και υπόλοιπα Κλωστικά, Ελαιοδοτικά, Ζαχαρότευτλα, Καπνός», 2003, Εκδόσεις Σταμούλη, 412 σελ.
9. Γεωργίου, Π., Παπαμιχαήλ, Δ. και Παπαζαφειρίου, Ζ., 2000. Συγκριτική αξιολόγηση των μεθόδων Penman και Penman-Monteith με τη βοήθεια εκτιμήσεων εξατμισοδιαπνοής αναφοράς στην Ελλάδα. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας– Κλιματολογίας – Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη, 395-402.
10. Γεωργόπουλος, Κ., 2009. Κοστολόγηση και τιμολόγηση του νερού στην Ελλάδα. Μεταπτυχιακή διατριβή. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Διεπιστημονικό, διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων». Αθήνα.
11. Γκούμας, Κ., 2006. Οι αρδεύσεις στη Θεσσαλική Πεδιάδα: Επιπτώσεις στα υπόγεια και επιφανειακά νερά. Πρακτικά ημερίδας «Υδατικοί Πόροι και Γεωργία». Ελληνική Υδροτεχνική Ένωση. Θεσσαλονίκη. σ. 43.
12. Δαναλάτος Ν., Αρχοντούλης Σ., 2008. Οδηγός καλλιεργητικών φροντίδων Αγριοαγκινάρας, Ηλίανθου, Σόργου. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών, σελ 31-34
13. Κίττας, Κ., Γέμτος, Θ., Φουντάς, Σ., Μπαρτζάνας, Θ., 2007. Βιοκαύσιμα και Ενεργειακές Καλλιέργειες. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας–Η θέση τους στο



- νέο ενεργειακό τοπίο της χώρας και στην περιοχή της Θεσσαλίας. ΤΕΕ-ΚΔΘ, Λάρισα, 29 Νοεμ.-1 Δεκεμ., 2007, σελ 4.
14. Κούκη, Αθηνά, 2004. Προστασία και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων στην Ελλάδα και η Ισχύουσα Νομοθεσία, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη, σελ. 29.
  15. Κωνσταντινίδης, Κ., 1985. Άρδευση και συστήματα αρδεύσεων. Εκδοτικός οίκος Σάκκουλα. Θεσσαλονίκη.
  16. Μήτσιος, Ι., Τούλιος, Μ., Χαρούλης, Α., Γάτσιος, Φ. και Φλωράς, Σ., 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Εκδόσεις Ζυμεί. Αθήνα.
  17. Μορόπουλος Ν., (2005). Αυτοματισμός, Τηλεμετρία και Πληροφορική. Νέες τεχνολογίες στη γεωργική παραγωγή και την αγροτική ανάπτυξη, ΤΕΕ, 13-15 Μαΐου, 2005.
  18. Ξανθόπουλος, Φ.Π., 1992. Οι δυνατότητες του Ηλίανθου σε ξηροθερμικές συνθήκες, Γεωτεχνική Ενημέρωση, τεύχος 32, σσ. 31-35.
  19. Ξανθόπουλος, Φ. Π., 1993. *Ο Ηλίανθος*, Ινστιτούτο Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Θεσσαλονίκη, σελ. 261.
  20. Παπαζαφειρίου, Γ.Ζ., 1984. Αρχές και Πρακτική των Αρδεύσεων. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, σελ. 154.
  21. Παπαζαφειρίου, Γ.Ζ., 1999. Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, σελ. 347.
  22. Παπαμιχαήλ, Δ., 2006. Βέλτιστη διαχείριση υδατικών πόρων στη γεωργία. Πρακτικά ημερίδας με θέμα «Διαχείριση υδατικών πόρων». 21<sup>η</sup> Agrotica. Θεσσαλονίκη.
  23. Ράπτη, Χ., Ευαγγελίδης, Χ., Αραμπατζής, Γ., 2009. Συγκριτική αξιολόγηση μεθόδων υπολογισμού εξατμισοδιαπνοής αναφοράς. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος, Θεσσαλονίκη, 8-10 Οκτωβρίου, σελ 91-95.
  24. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Πανώρας, Α., Μαυρουδής, Ι. και Πογιαρίδης, Θ., 1996. Χάρτες κατανομής μέσης ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και βροχόπτωσης στους νομούς Καρδίτσας και Τρικάλων. Πρακτικά διεθνούς Επιστημονικού Συνεδρίου με θέμα Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Λάρισα 13-16 Νοεμβρίου, 1: 232-243.
  25. Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη, Τέντας, Ι., Κολιού, Α., Μ., Καλφούντζος, Δ. και Παπανίκος, Ν., 2003α. Άρδευση πρασίνου με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου της Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ), 29- 31 Μαΐου, Θεσσαλονίκη, σελ. 265- 272.
  26. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Παπαλέξης, Δ., Δαναλάτος, Ν., Βουλτσάνης, Π., και Νάκος, Ν., 2003β. Επίδραση επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγή της ενεργειακής καλλιέργειας του Ινώδους Σόργου στην Κεντρική Ελλάδα. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), 2-5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σελ. 183-190.
  27. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., 2004. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Άρδεύσεων. Βόλος, 2004.
  28. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., Παπανικολάου, Χ., 2010. Εξοικονόμηση νερού με σύγχρονα συστήματα άρδευσης. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Αναπτυξιακού Συνεδρίου Νομού Καρδίτσας, 19-21 Φεβρουαρίου, Καρδίτσα, σσ. 183-196.

29. Γερζίδης Γ., Παπαζαφειρίου Ζ, 1997, Γεωργική Υδραυλική, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ 172-174.
30. Τσακίρης, Γ., 2004. Ανάγκες σε αρδευτικό Νερό. Σημειώσεις για το μάθημα «Διαχείριση Υδατικών Πόρων». Διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
31. Τσιάκαλου, Χ., 2008. Η διαφοροποίηση του αγροτικού τομέα στο νομό Λάρισας την τελευταία 30ετία: η περίπτωση του αρδευτικού ύδατος στην πεδινή ζώνη του νομού. Πτυχιακή εργασία. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας. Αθήνα. σελ 44.
32. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε, 2007. Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη 2007-2013. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας, και Δημοσίων Έργων. Αθήνα.
33. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε, 2008. Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας, και Δημοσίων Έργων. Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων. Αθήνα.
34. Χατζουλάκης Κ., Μπερτάκη Μ., 2009. Ορθολογική Διαχείριση του νερού άρδευσης: Αναγκαιότητα για αειφόρο Αγροτική ανάπτυξη. Πρακτικά 23ου Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. Ινστιτούτο Ελιάς και Υποτροπικών Φυτών. Χανιά 2009. Τόμος 13. Τεύχος Α.σελ 20.

### **Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία**

1. Allen, R., Pereira, L., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome, 300 pp.
2. Barros, J.F.C., De Carvalho, M., Basch, G., 2003. Response of sunflower to sowing date and plant density under Mediterranean conditions. European J. Agronomy (Article in Press), xxx, 1-10.
3. BBCH Monograph, 2001, *Growth stages of mono-and dicotyledonous plants*, Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Berlin.
4. Cáceres, R., Casadesús, J., Marfà, O., 2007. Adaptation of an Automatic Irrigation-control Tray System for Outdoor Nurseries. Biosystems Engineering, Volume 96, Issue 3, p. 419–425
5. De la Vega, A.J., Hall, A.J., 2002a, Effects of planting date, genotype and their interactions on sunflower yield. I. Determinants of oil-corrected grain yield. Crop Sci. 42, 1191-1201.
6. De la Vega, A.J., Hall, A.J., 2002b, Effects of planting date, genotype, and their interactions on sunflower yield. II. Components of oil yield. Crop Sci. 42, 1202-1210.
7. Dursun, M., Ozden, S., 2011. A wireless application of drip irrigation automation supported by soil moisture sensors. Scientific Research and

- Essays, Vol. 6(7), pp. 1573-1582
8. FAO, 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Papers 56*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
  9. Ferreira, A.M., Abreu, F.G., 2001. Description of development, light interception and growth of sunflower at two sowing dates and two densities, *Mathematics and Computers in Simulation J.*, 56, 369-384.
  10. Flagella, Z., Rottuno, T., Tarantino, E., Di Caterina, R., De Caro, A. 2002. Changes in seed yield and oil fatty composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and water regime. *Eur. J. Agron. Issue 17*. pp. 221-230.
  11. Göksoy, T.A., Demir, O.A., Turan, M.Z., Dağüstü, N., 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages, *Field Crops Research*, Volume 87, Issues 2–3, pages 167–178.
  12. Hamdy, A. 1991. Saline Irrigation Practises: Irrigation Methods. In VII World Congress on water Resources, May13-18, 1991, Rabat, Marocco.
  13. Han, Luoheng. 2009. Applying Geographic Information Techniques to Study Water Resources for the Next 20 Years. Universities Council on Water Resources, *Journal of Contemporary Water Research & Education*, August 2009. Issue 142. pages 25-27.
  14. Jasso de Rodriguez, D., B.S. Phillips, R. Rodriguez-García, and J.L. Angulo-Sánchez. 2002. Grain yield and fatty acid composition of sunflower seed for cultivars developed under dry land conditions. p. 139–142. In: J. Janick and A. Whipkey (eds.), *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA
  15. Jones, Hamlyn. G., 2004. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany*, vol. 55, issue 407, p. 2427-2436.
  16. Monti A., Venturi G. (2003). Comparison of the energy performance of fibre sorghum, sweet sorghum and wheat monocultures in northern Italy. *European Journal of Agronomy*, 19: 35-43.
  17. Noble A., P.S. Hema., E.K. Saritha., Shinoj Subramannian., (1999). Irrigation automation based on soil electrical conductivity and leaf temperature. *Agricultural Water Management*, vol. 45, p. 145-157
  18. Nemali K., Iersel, M., 2006. An automated system for controlling drought and irrigation in potted plants. *Scientia Horticulturae*, 110, 292-297
  19. Putnam, D.H., Oplinger, E.S., Hicks, D.R., Durgan, B.R., Noetzel, D.M., Meronuck, R.A., Doll, J.D., and Schulte, E.E., 1990. Sunflower, *Alternative Field Crops Manual*, joint project between the University of Wisconsin Cooperative Extension Service, the University of Minnesota Extension Service and the Center for Alternative Plant and Animal Products
  20. Osorio, J., J. Fernandez-Martínez, M. Mancha, and R. Garcés. 1995. Mutant sunflower with high concentration of saturated fatty acids in the oil. *Crop Sci.* 35:739–742.
  21. Pereira, L.S., 2003. Performance issues and challenges for improving water use and productivity (Keynote). In: T. Hata and A H Abdelhadi (Session Organizers) *Participatory Management of Irrigation Systems, Water Utilization Techniques and Hydrology* (Proc. Int. Workshop, The 3<sup>rd</sup> World Water Forum, Kyoto), Water Environment Lab., Kobe University, pp. 1-17.
  22. Pereyra-Irujo A. Gustavo, N.G. Izquierdo, M Covi, S. M. Nolasco, F. Quiroz,

- L.A. N. Aguirrezábal, 2009. Variability in sunflower oil quality for biodiesel production: A simulation study. *Biomass and Bioenergy*, Vol 33, pp 459-468
23. Phene, C.J., 1989. Techniques for computerized irrigation management. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 3, issue 3, p. 189-208.
24. Roman V. G., Hall O. D., Gosse G., Roman A. M., Ion V., Alexe G., 1998. Researches on Sweet -Sorghum Productivity in the South Romanian Plain. *Agricultural Information Technology in Asia and Oceania, The Asian Federation for Information Technology in Agriculture*, pp. 183-188.
25. Unger, W. Paul., 1982. Time and Frequency of Irrigation Effects on Sunflower Production and Water Use, *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 46 No. 5, p. 1072-1076.
26. Vellidis G., Tucker M., Perry C., Kvien C., Bednarz C., (2008). A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 61, Issue 1, p. 44-50
27. Wolf, T. Aaron, 2009. A Long Term View of Water and International Security. *Universities Council on Water Resources. Journal of Contemporary Water Research & Education*. August 2009. Issue 142. pages 67-75.

### Πηγές Διαδικτύου

1. Aquastat database, 2010. Συλλογή Δεδομένων. Πρωτογενή δεδομένα διαθέσιμα στο [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/dbase/AquastatWorldDataEng\\_20101129.pdf](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/dbase/AquastatWorldDataEng_20101129.pdf) (τελευταία πρόσβαση 22-2-2013).
2. Γερασίμου, Α., 2011. Επενδύσεις στην Ενέργεια και Αειφόρος Ανάπτυξη. «Η Ελληνική αγορά Βιομάζας: Τάσεις και εξελίξεις». 1ο στρατηγικό συνέδριο για τον κλάδο της Ενέργειας. Αθήνα. 31 Οκτωβρίου 2011. Διαθέσιμο στο [http://www.eurocharity.gr/files/antonis\\_gerasimou\\_investing\\_in\\_energy\\_and\\_sustainable\\_development.pdf](http://www.eurocharity.gr/files/antonis_gerasimou_investing_in_energy_and_sustainable_development.pdf) (τελευταία πρόσβαση 12-1-2013)
3. Delta-T Devices Ltd. 2007. Flood and Drain Irrigation Control with a GPI Logger version 1.0. pp. 2-22. <http://www.delta-co.uk> (τελευταία πρόσβαση 2-2-2013)
4. E.E.A - European Environmental Agency, 2008. Energy and environment report 2008, Copenhagen. Διαθέσιμο στο [http://www.eea.europa.eu/publications/eea\\_report\\_2008\\_6](http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_6) (τελευταία πρόσβαση 2-2-2013).
5. European Commission, 2011a. Background on Energy in Europe, Information prepared for the European Council, Brussels, 4-2-2011. Διαθέσιμο στο [http://ec.europa.eu/energy/strategies/2011/doc/20110204\\_energy\\_background\\_presentation.ppt](http://ec.europa.eu/energy/strategies/2011/doc/20110204_energy_background_presentation.ppt) (τελευταία πρόσβαση 2-2-2013).
6. European Commission, 2011β. Renewable Energy: Progressing towards the 2020 target. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council Brussels, 31.1.2011. Διαθέσιμο στο <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0031:FIN:EN:HTML> (τελευταία πρόσβαση 2-2-2013).
7. Food and Agriculture Organisation- FAO, 2008. Estimated World Water Use Graph Διαθέσιμο στο [http://www.fao.org/nr/water/infores\\_maps.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_maps.html) (τελευταία πρόσβαση 2-2-2013).

8. Food and Agriculture Organisation- FAO, 2011. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture, Managing Systems at Risk. Summary Report, Rome. Στο [http://www.fao.org/nr/water/docs/SOLAW\\_EX\\_SUMM\\_WEB\\_EN.pdf](http://www.fao.org/nr/water/docs/SOLAW_EX_SUMM_WEB_EN.pdf) (τελευταία πρόσβαση 22-2-2013).
9. IEA (International Energy Agency), 2011, Technology Roadmap - Biofuels for Transport, OECD/IEA, Paris. Διαθέσιμο στο [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Biofuels\\_Roadmap\\_WEB.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Biofuels_Roadmap_WEB.pdf) (τελευταία πρόσβαση 2-2-2013).
10. ΚΑΠΕ, 2009, Ετήσια έκθεση. Διαθέσιμο στο [http://www.cres.gr/kape/CRES\\_annual\\_report\\_2009.pdf](http://www.cres.gr/kape/CRES_annual_report_2009.pdf) (τελευταία πρόσβαση 2-2-2013).
11. Κ.Α.Π.Ε, 2005, Biomass guide. Διαθέσιμο στο [http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf) (τελευταία πρόσβαση 12-1-2013).
12. Ξένος Γ., 2011, Στα 730.000 στρέμματα το 2010 τα ενεργειακά φυτά, *Agronews*, ανάρτηση 12/12/2011. Διαθέσιμο στο <http://www.agronews.gr/green-report/energeiakas-kalliergies/arthro/74733/sta-730000-stremmata-to-2010-ta-energeiaka-futa/> (τελευταία πρόσβαση 2-2-2013).
13. Ρούστας Γ., 2011, Ένας νέος ήλιος ανατέλλει στη γεωργία του νομού, Στροφή στον ηλιάνθο από «ψαγμένους» παραγωγούς, εφημερίδα Ελευθερία, Παρασκευή 15-7-2011, σελίδα 15. Διαθέσιμο στο <http://www.eleftheria.gr/index.asp?cat=7&aid=30549> (τελευταία πρόσβαση 22-2-2013)
14. Υ.Π.Ε.Κ.Α, 2009, 5η Εθνική Έκθεση για το επίπεδο διεύθυνσης της ανανεώσιμης ενέργειας το έτος 2010. Διαθέσιμο στο <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=ysYxrE3Ia94%3d&tabid=285> (τελευταία πρόσβαση 2-2-2013).
15. Υ.Π.Ε.Κ.Α, 2010α, Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Διαθέσιμο στο <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=285&language=el-GR> (τελευταία πρόσβαση 2-2-2013).
16. Υ.Π.Ε.Κ.Α, 2010β, 6η Εθνική Έκθεση (έτους 2009) σχετικά με την προώθηση της χρήσης των βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για μεταφορές στην Ελλάδα την περίοδο 2005-2010. Διαθέσιμο στο <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=292&language=el-GR> (τελευταία πρόσβαση 2-2-2013).
17. Υ.Π.Ε.Κ.Α, 2012α. Απευθείας πρόσβαση στην ιστοσελίδα. <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=292&language=el-GR> (τελευταία πρόσβαση 2-2-2013).
18. Υ.Π.Ε.Κ.Α, 2012β. Απευθείας πρόσβαση στην ιστοσελίδα. <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=292&language=el-GR> (τελευταία πρόσβαση 2-2-2013)

### ΕΙΚΟΝΕΣ

<b>Εικόνα 2.1:</b> Χώρες με την υψηλότερη παραγωγή σε σπόρο ηλίανθου το 2009	26
<b>Εικόνα 2.2:</b> Χαρακτηριστικά φαινολογικά στάδια ηλίανθου κατά BBCH	33
<b>Εικόνα 2.3:</b> Ενήλικο σκόρου (Homoeosoma Electellum) σε κεφαλή ηλίανθου	39
<b>Εικόνα 4.1:</b> Άρδευση με κλασικό καταιονισμό και με αυτοκινούμενο σύστημα	67
<b>Εικόνα 4.2:</b> Άρδευση με αυτοκινούμενο σύστημα καταιονισμό	67
<b>Εικόνα 4.3:</b> Υδρολιπαντήρας (1), φίλτρο σίτας (2), υδροκυκλώνας (3)	70
<b>Εικόνα 4.4:</b> Σταλακτήρας (1), σταλακτηφόρος σωλήνας (2)	72
<b>Εικόνα 6.1:</b> Υδρομετρητής στην αρχή κάθε επανάληψης	110
<b>Εικόνα 6.2:</b> Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας προγραμματιστή Miracle DC	113
<b>Εικόνα 6.3:</b> Ο αισθητήρας μέτρησης στάθμης νερού εξατμισήμετρο, το εξατμισήμετρο τύπου A και ο data logger.	116
<b>Εικόνα 6.4:</b> Συσκευή μέτρησης L.A.I	124

### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

<b>Διάγραμμα 1.1:</b> Εκτιμώμενη παγκόσμια αύξηση ενεργειακών αναγκών	9
<b>Διάγραμμα 1.2:</b> Εθνικοί δεσμευτικοί στόχοι και εκτίμηση διείσδυσης ΑΠΕ	13
<b>Διάγραμμα 2.1:</b> Εξέλιξη καλλιεργήσιμης έκτασης ηλίανθου στην Ελλάδα από το 2004 έως το 2009	27
<b>Διάγραμμα 2.2:</b> Τυπικό παράδειγμα δυναμικού παραγωγής και κατανομής της ξηρής ουσίας καλλιέργειας ηλίανθου στο χρόνο.	32
<b>Διάγραμμα 3.1:</b> Άρδευόμενη επιφάνεια ως ποσοστό της συνολικής για διάφορες χώρες της Ευρώπης	53
<b>Διάγραμμα 3.2:</b> Φορείς, όργανα και αρμοδιότητες στα πλαίσια του Νόμου 3199/2003	60
<b>Διάγραμμα 4.1:</b> Απώλειες αρδευτικού νερού από διάφορες αιτιολογίες από την πηγή μέχρι το χωράφι	79
<b>Διάγραμμα 7.1:</b> Βροχόπτωση κατά τη διάρκεια του πειράματος	128
<b>Διάγραμμα 7.2:</b> Βροχόπτωση κατά τη διάρκεια του πειράματος	129
<b>Διάγραμμα 7.3:</b> Η πορεία του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας στις δύο μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια του πειράματος.	130
<b>Διάγραμμα 7.4:</b> Σύγκριση του μέσου όρου του ύψους των φυτών	131
<b>Διάγραμμα 7.5:</b> Διάγραμμα εξέλιξης μέσου ύψους των φυτών ανά μεταχείριση	131
<b>Διάγραμμα 7.6:</b> Μέση διάμετρος των κεφαλών της καλλιέργειας ανά μεταχείριση	132
<b>Διάγραμμα 7.7:</b> Εξέλιξη μέσης διαμέτρου των κεφαλών των φυτών ανά μεταχείριση	133
<b>Διάγραμμα 7.8:</b> Απόδοση μεταχειρίσεων σε ξηρή βιομάζα ανά μεταχείριση	134
<b>Διάγραμμα 7.9:</b> Απόδοση μεταχειρίσεων σε χλωρή βιομάζα ανά μεταχείριση	134
<b>Διάγραμμα 7.10:</b> Ποσότητα άρδευσης σε m <sup>3</sup> /στρ ανά μεταχείριση	135
<b>Διάγραμμα 7.11:</b> Παραγωγή σπόρου σε kg/στρ ανά μεταχείριση	136
<b>Διάγραμμα 7.12 :</b> Αποδοτικότητα χρήσης νερού σε kg/mm ανά μεταχείριση	137
<b>Διάγραμμα 7.13:</b> Ποσοστιαία (%) περιεκτικότητα των σπόρων κάθε μεταχείρισης σε έλαιο	137
<b>Διάγραμμα 7.14 :</b> Ενεργειακό περιεχόμενο ηλιελαίου ανα εκμετάλλευση	138

## ΠΙΝΑΚΕΣ

<b>Πίνακας 1.1:</b> Εγκατεστημένη ισχύς συστημάτων ΑΠΕ σε MW ως το Σεπτέμβριο του 2009	14
<b>Πίνακας 1.2:</b> Οι κυριότερες ενεργειακές καλλιέργειες	18
<b>Πίνακας 1.3:</b> Απόδοση ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή βιοντίζελ	24
<b>Πίνακας 1.4:</b> Παραγωγή βιοντίζελ από εγχώριες πρώτες ύλες – κατανομή 2008	24
<b>Πίνακας 2.1:</b> Φαινολογικά στάδια Ηλίανθου και κλειδιά αναγνώρισης κατά BBCH	32
<b>Πίνακας 3.1:</b> Χαρακτηριστικές διατάξεις της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας για την προστασία των υδάτων	49
<b>Πίνακας 3.2:</b> Καθαρή παγκόσμια μεταβολή στην κύρια χρήση γης (Mha)	50
<b>Πίνακας 3.3:</b> Παγκόσμια κατανομή του διαθέσιμου νερού ανά τομέα χρήσης	52
<b>Πίνακας 4.1 :</b> Ενδεικτικές τιμές αποδοτικότητας διανομής (Ed) και αποδοτικότητας εφαρμογής (Ef) μεθόδων άρδευσης που αναφέρονται σε οργανωμένα αρδευτικά δίκτυα.	70
<b>Πίνακας 4.2:</b> Μέθοδοι μέτρησης εξατμισοδιαπνοής (Τσακίρης, 2004)	83
<b>Πίνακας 6.1:</b> Εδαφολογικά χαρακτηριστικά πειραματικού αγροτεμαχίου (εδαφοτομή P <sub>1</sub> ) (Μήτσιος κ.α, 2000)	102
<b>Πίνακας 6.2:</b> Τιμές παραμέτρων που απαιτούνται για τον προσδιορισμό των αναγκών σε νερό για τον ηλίανθο.	119
<b>Πίνακας 6.3:</b> Δόση, εύρος και διάρκεια άρδευσης που προσδιορίζονται βάση των υδραυλικών ιδιοτήτων του εδάφους.	120
<b>Πίνακας 7.1:</b> Εξέλιξη ύψους και τυπική απόκλιση για τις μεταχειρίσεις ανά μέτρηση	132
<b>Πίνακας 7.2:</b> Εξέλιξη διαμέτρου κεφαλών και τυπική απόκλιση για τις μεταχειρίσεις ανά μέτρηση	133

## ΣΧΗΜΑΤΑ

<b>Σχήμα 1.1:</b> Μετατροπή της Βιομάζας σε Ηλεκτρική Ενέργεια	15
<b>Σχήμα 1.2:</b> Αντίδραση Μετεστεροποίησης Τριγλυκεριδίου	23
<b>Σχήμα 3.1:</b> Επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων μέσω της χρήσης οικονομικών στοιχείων της οδηγίας 2000/60 ΕΚ	48
<b>Σχήμα 4.1:</b> Στάδια ανάπτυξης για διαφορετικούς τύπους καλλιέργειας	85
<b>Σχήμα 4.2:</b> Καμπύλες συντελεστή ετήσιας καλλιέργειας Kc	86
<b>Σχήμα 6.1:</b> Διαστάσεις επανάληψης του πειραματικού τεμαχίου και αποστάσεις γραμμών σποράς και σταλακτηφόρων σωλήνων	107
<b>Σχήμα 6.2:</b> Σχεδιάγραμμα Πειραματικού Αγρού	108

### ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

<b>Γράφημα 3.1:</b> Εξέλιξη των αρδευόμενων εκτάσεων στη Θεσσαλία 1964-2004	55
<b>Γράφημα 3.2:</b> Αρδευόμενες εκτάσεις κατά νομό και πηγή προέλευσης νερού στη Θεσσαλία	55
<b>Γράφημα 4.1:</b> Εκτιμώμενες χρήσεις νερού παγκοσμίως	62
<b>Γράφημα 4.2 :</b> Απώλειες νερού άρδευσης	63

### ΧΑΡΤΕΣ

<b>Χάρτης 3.1:</b> Ανάγκες σε νερό για τη γεωργία (Υ.ΠΕΧΩ.Δ.Ε, 2008)	56
<b>Χάρτης 3.2:</b> Τα υδατικά διαμερίσματα στην Ελλάδα σύμφωνα με το νόμο 1739/1987	59