

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
Ι Δ Ρ Υ Μ Α



ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας,  
Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας,  
(Πρώην ΒΙΟ.ΘΕ.Κ.Α.)

**Πτυχιακή Εργασία**

**Αρδευτικό Δίκτυο ΟΑΚΑ:  
Προβλήματα Λειτουργίας – Λύσεις**



**Μαστιγόπουλος Βασίλης**

Καλαμάτα, 2017

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
Ι Δ Ρ Υ Μ Α



ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας,  
Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας,  
(Πρώην ΒΙΟ.ΘΕ.Κ.Α.)

**Πτυχιακή Εργασία**

**Αρδευτικό Δίκτυο ΟΑΚΑ:  
Προβλήματα Λειτουργίας – Λύσεις**

Φοιτητής: **Μαστιγόπουλος Βασίλης**

ΑΜ: 2005079

Υπεύθυνος Καθηγητής: Μουρούτογλου Χρήστος

Καλαμάτα, 2017

«ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ενυπογράφως ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, για την ολοκλήρωση της οποίας κάθε βοήθεια είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται λεπτομερώς στην εργασία αυτή. Έχω αναφέρει πλήρως και με σαφείς αναφορές, όλες τις πηγές χρήσης δεδομένων, απόψεων, θέσεων και προτάσεων, ιδεών και λεκτικών αναφορών, είτε κατά κυριολεξία είτε βάσει επιστημονικής παράφρασης. Αναλαμβάνω την προσωπική και ατομική ευθύνη ότι σε περίπτωση αποτυχίας στην υλοποίηση των ανωτέρω δηλωθέντων στοιχείων, είμαι υπόλογος έναντι λογοκλοπής, γεγονός που σημαίνει αποτυχία στην Πτυχιακή μου Εργασία και κατά συνέπεια αποτυχία απόκτησης του Τίτλου Σπουδών, πέραν των λοιπών συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων. Δηλώνω, συνεπώς, ότι αυτή η Πτυχιακή Εργασία προετοιμάστηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα προσωπικά και αποκλειστικά και ότι, αναλαμβάνω πλήρως όλες τις συνέπειες του νόμου στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής άλλης πνευματικής ιδιοκτησίας.

Όνομα & Επώνυμο Συγγραφέα (Με Κεφαλαία):

.....

Υπογραφή (Ολογράφως, χωρίς μονογραφή):

.....

Ημερομηνία (Ημέρα – Μήνας – Έτος):

.....

## Περιεχόμενα

<b>A Μέρος</b>	4
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> : Βελτιωμένα Συστήματα Άρδευσης</b>	5
1. Εισαγωγή	5
1	
1. Περιγραφή των κυριότερων Βελτιωμένων Συστημάτων Άρδευσης	6
2	
1. Στάγδην Άρδευση	6
2.1	
1. Άρδευση με Καταιονισμό – Συστήματα Καταιονισμού	8
2.2	
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Σχεδιασμός Συστήματος Άρδευσης Καταιονισμού</b>	1
2. Βασικά Υδραυλικά Μεγέθη	6
1	1
2. Υδραυλικά και Ηλεκτρικά Στοιχεία ενός Συστήματος Άρδευσης Καταιονισμού	6
2	2
2. Προϋποθέσεις για την επιλογή και σχεδίαση ενός συστήματος άρδευσης καταιονισμού	1
3	3
2. Άρδευση Αθλητικών Χώρων με Εκτεταμένους Χλοοτάπητες	1
4	3
2. Άρδευτικές απαιτήσεις αθλητικών γηπέδων	6
4.1	3
2. Χωροθέτηση εκτοξευτήρων σε αθλητικούς χώρους εκτεταμένου χλοοτάπητα	6
4.2	3
	7
<b>B Μέρος</b>	3
	9
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Υπολογισμοί Σχεδιασμού για το Άρδευτικό Δίκτυο του Κεντρικού Σταδίου του ΟΑΚΑ</b>	4
3. Άρδευτικές Απαιτήσεις Χλοοτάπητα	0
1	4
3. Άρδευτικές Απαιτήσεις για Ψυχρόφιλους Χλοοτάπητες	1
1.1	4
3. Άρδευτικές Απαιτήσεις για Θερμόφιλους Χλοοτάπητες	1
1.2	4
3. Άρδευτικές Απαιτήσεις για τον ψυχρόφιλο χλοοτάπητα του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ	4
1.3	6
3. Διάταξη και Χωροθέτηση Εκτοξευτήρων στον Χλοοτάπητα του Κεντρικού Σταδίου του ΟΑΚΑ	4
2	8
3. Περιγραφή Αντλητικού Συστήματος Άρδευσης και Υπολογισμοί Υδραυλικών Απωλειών	5
3	0
3. Γενικά Στοιχεία	5
3.1	0
3. Αντλίες	5
3.2	0
3. Υπολογισμός του Χρόνου Λειτουργίας του Άρδευτικού Συστήματος	5
3.3	1

3.	Υπολογισμοί Υδραυλικών Απωλειών του Αρδευτικού Δικτύου	5
3.4		1
3.	Σχεδιασμός Αντιπληγματικής Προστασίας	5
3.5		5
	<b>Κεφάλαιο 4ο: Προβλήματα Λειτουργίας λόγω Υδραυλικού Πλήγματος του Αρδευτικού Δικτύου του Κεντρικού Σταδίου του ΟΑΚΑ</b>	8
4.	Εισαγωγή	5
1		8
4.	Αιτίες Πρόκλησης Υδραυλικού Πλήγματος	5
2		9
4.	Αντιπληγματική Προστασία	6
3		2
	<b>Κεφάλαιο 5ο: Σύστημα Αυτόματης Άρδευσης Ολοκληρωμένων Θαλαμίσκων Χλοοτάπητα στο Κεντρικό Στάδιο του ΟΑΚΑ – Τεχνική Περιγραφή Υλικών</b>	6
	<b>Κεφάλαιο 6ο: Συμπεράσματα</b>	7
		5
	<b>Βιβλιογραφικές Αναφορές</b>	7
		9

## **Εισαγωγή**

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται η λειτουργία του αρδευτικού δικτύου του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ - Σπύρος Λούης, προκειμένου να εντοπιστούν τυχόν προβλήματα λειτουργίας και να δοθούν προτεινόμενες λύσεις.

Στο Α Μέρος της πτυχιακής εργασίας παρουσιάζεται το βασικό θεωρητικό υπόβαθρο για τα κυριότερα βελτιωμένα συστήματα άρδευσης (ΒΣΑ), τα οποία είναι η στάγδην άρδευση και η άρδευση με καταιονισμό, καθώς και η σύγκρισή τους. Δεδομένου ότι για το κεντρικό στάδιο του ΟΑΚΑ, το αρδευτικό σύστημα που χρησιμοποιείται είναι η άρδευση με καταιονισμό, λαμβάνει χώρα μία πιο λεπτομερή περιγραφή σχετικά με τα μηχανολογικά και ηλεκτρονικά μέρη του εν λόγω αρδευτικού συστήματος. Επίσης γίνεται αναφορά στις προϋποθέσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη σχεδίαση ενός συστήματος άρδευσης καταιονισμού καθώς και στις αρδευτικές απαιτήσεις αθλητικών χώρων με εκτεταμένους χλοοτάπητες.

Στο Β Μέρος της πτυχιακής εργασίας παρουσιάζονται οι υπολογισμοί σχεδιασμού για το αρδευτικό δίκτυο του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ με έμφαση κυρίως στις αρδευτικές απαιτήσεις για τον ψυχρόφιλο χλοοτάπητά του, τη διάταξη και χωροθέτηση των εκτοξευτήρων που χρησιμοποιούνται και στους υπολογισμούς των υδραυλικών απωλειών του εν λόγω αρδευτικού δικτύου προκειμένου να λάβει χώρα ο σχεδιασμός αντιπληγματικής προστασίας.

Τα κυριότερα αποτελέσματα που εξάγονται από τους υπολογισμούς που έλαβαν χώρα για το Σύστημα Αυτόματης Άρδευσης Ολοκληρωμένων Θαλαμίσκων Χλοοτάπητα στο Κεντρικό Στάδιο του ΟΑΚΑ, είναι ότι η χρήση ενός θερμόφιλου χλοοτάπητα θα απαιτούσε μικρότερες αρδευτικές ανάγκες και ότι ενώ δεν απαιτείται ιδιαίτερη αντιπληγματική προστασία των αντλιών παρουσιάζεται οριακά κίνδυνος υδραυλικού πλήγματος κατά τις υδροληψίες.

Αξίζει να αναφερθεί, ότι για την τεχνική περιγραφή των υλικών του Συστήματος Αυτόματης Άρδευσης Ολοκληρωμένων Θαλαμίσκων Χλοοτάπητα στο Κεντρικό Στάδιο του ΟΑΚΑ, πολύτιμη ήταν η βοήθεια του κ. Πεζούλα Κωνσταντίνου, υπεύθυνου συντήρησης του ποδοσφαιρικού γηπέδου του Αθλητικού Κέντρου ΟΑΚΑ – Σπύρος Λούης, ο οποίος έδωσε αυτές τις σημαντικές πληροφορίες κατόπιν προσωπικής συνέντευξης.

# **A Μέρος**

---

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

---

---

### Βελτιωμένα Συστήματα Άρδευσης

#### 1.1 Εισαγωγή

Οι πατροπαράδοτοι τρόποι άρδευσης διαφόρων καλλιεργειών, που αναφέρονται κυρίως στην επιφανειακή άρδευση (με κατάκλιση, με ελεγχόμενη κατάκλιση και με αυλάκια), έχουν σχεδόν εκλείψει και έχουν αντικατασταθεί με τα Βελτιωμένα Συστήματα Άρδευσης (ΒΣΑ). Τα κύρια χαρακτηριστικά των ΒΣΑ είναι η μεγάλη εξοικονόμηση ύδατος, υπό το πρίσμα των απαιτήσεων προστασίας του περιβάλλοντος και η καθιέρωση τους ως πιο αποδοτικά και πιο εύκολα στη χρήση νερού με πολλαπλά οικονομικά οφέλη για το χρήστη. (Νικολάου, 2009).

Τα Βελτιωμένα Συστήματα Άρδευσης αποτελούνται από δίκτυα κλειστών αγωγών διαφόρων διαμέτρων, πάνω στα οποία εφαρμόζονται εξαρτήματα για τον έλεγχο και τη διάθεση του νερού στον υπό άρδευση χώρο. Για τη λειτουργία τους απαιτείται ορισμένη πίεση, η προέλευση της οποίας μπορεί να είναι είτε φυσική (υψομετρική διαφορά), ή τεχνητή (εγκατάσταση αντλητικών συγκροτημάτων) (Νικολάου, 2009).

Σε γενικές γραμμές η κατάταξη αυτών των συστημάτων μπορεί να γίνει σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την πίεση λειτουργίας και την παροχή τους. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα συστήματα που λειτουργούν με χαμηλή-μέση πίεση λειτουργίας (0,5 – 2 atm) και μικρή-μέση παροχή (35 – 250 lt/hr), όπως είναι για παράδειγμα οι σταγόνες και οι εκτοξευτήρες μικρής παροχής (τα σπρίνκλερς). Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα συστήματα που απαιτούν υψηλή πίεση λειτουργίας (3 – 7 atm) και μεγάλη παροχή (20 – 150 m<sup>3</sup>/hr) (τεχνητή βροχή - καταιονισμός), όπως είναι για παράδειγμα οι διαφόρων τύπων εκτοξευτήρες με κινητά μέρη και τα αυτοκινούμενα συστήματα με αντένες (Νικολάου, 2009).



## 1.2 Περιγραφή των κυριότερων Βελτιωμένων Συστημάτων Άρδευσης

### 1.2.1. Στάγδην Άρδευση

Η άρδευση με σταγόνες (στάγδην άρδευση) είναι η μέθοδος κατά την οποία το νερό εφαρμόζεται σε επιλεγμένες θέσεις του υπό άρδευση χώρου, ώστε η διανομή του να γίνεται ατομικά σε κάθε φυτό ώστε αυτό να εφοδιάζεται με την απαραίτητη για την ανάπτυξή του υγρασία, με μικρές σταγόνες οι οποίες βγαίνουν από ειδικές συσκευές που ονομάζονται σταλακτήρες.

Στην άρδευση με σταγόνες στην οποία συμπεριλαμβάνεται και η άρδευση με μικροεκτοξευτήρες το νερό χορηγείται στη ζώνη της κύριας ριζικής δραστηριότητας των φυτών και όχι σε ολόκληρη την έκταση του αγρού, όπως συνήθως συμβαίνει στην άρδευση με την τεχνητή βροχή ή τις επιφανειακές μεθόδους, για το λόγο αυτό και αναφέρεται ως τοπική άρδευση (Πατακιούτας, 2001).



Σχήμα 1.1: Στάγδην Άρδευση

#### **Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της άρδευσης με σταγόνες**

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της άρδευσης με σταγόνες είναι (Νικολάου, 2009 – Θεοχάρης, 2000):

##### *Πλεονεκτήματα*

1. Οικονομία νερού. Οφείλεται στις μικρές απώλειες νερού κατά την εφαρμογή μέσω του δικτύου των κλειστών σωληνώσεων και στον περιορισμένο βρεχόμενο όγκο και στην περιορισμένη βρεχόμενη επιφάνεια του εδάφους.
2. Οικονομία εργατικών. Τα δίκτυα των σωληνώσεων είναι μόνιμα και συνήθως συνδυάζονται με συστήματα αυτοματισμών.
3. Μείωση των ζιζανίων λόγω της περιορισμένης βρεχόμενης επιφάνειας του υπό άρδευση χώρου.
4. Εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών κατά τη διάρκεια της άρδευσης.

5. Δυνατότητα εφαρμογής σε εδάφη μεγάλης διηθητικότητας και μεγάλων κλίσεων, χωρίς προηγούμενη ισοπέδωση.
6. Καλύτερη ομοιομορφία κατά την εφαρμογή του νερού ακόμα και στα όρια του αγροτεμαχίου.
7. Καλύτερος έλεγχος των ποσοτήτων νερού που εφαρμόζουμε, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται συστήματα αυτοματισμών.
8. Αξιοποίηση μικρών παροχών. Σχετίζεται με την οικονομία νερού και τη δυνατότητα αξιοποίησης του δικτύου και κατά τη διάρκεια της νύχτας.
9. Εύκολη και αποτελεσματική λίπανση αφού μέσω του αρδευτικού νερού τα λιπάσματα εφαρμόζονται στις επιθυμητές ποσότητες κατευθείαν στο ριζόστρωμα.
10. Ανεξαρτητοποίηση της άρδευσης από τον άνεμο όταν το νερό εφαρμόζεται μέσω σταλακτήρων.
11. Χαμηλό κόστος λειτουργίας. Τα συστήματα άρδευσης με σταγόνες λειτουργούν συνήθως σε χαμηλές πιέσεις που απαιτούν μικρότερη κατανάλωση ενέργειας από τα συστήματα άρδευσης με τεχνητή βροχή.
12. Έλεγχος / αποφυγή εμφάνισης ή εξάπλωσης ορισμένων ασθενειών και εντόμων επειδή κατά την άρδευση δεν υπάρχει διαβροχή του φυλλώματος των καλλιεργειών.
13. Ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης και απόδοσης των φυτών, επειδή οι αρδεύσεις είναι συχνές και έτσι το εδαφικό νερό στην περιοχή του ριζοστρώματος βρίσκεται κοντά στην υδατοϊκανότητα.
14. Δυνατότητα αξιοποίησης αλατούχων νερών. Οφείλεται στο ότι δεν υπάρχει διαβροχή του φυλλώματος των καλλιεργειών και του ότι οι συχνές αρδεύσεις δημιουργούν συνθήκες υψηλής υδατοπεριεκτικότητας του εδάφους.

#### *Μειονεκτήματα*

1. Υψηλό κόστος αρχικής εγκατάστασης. Οφείλεται στο ότι οι εγκαταστάσεις είναι μόνιμες και απαιτούν συνήθως πολλούς αυτοματισμούς και άλλα εξαρτήματα (π.χ. φίλτρα, βαλβίδες, βάνες).
2. Φραξίματα. Τα φραξίματα των διανεμητών αποτελούν πολύ μεγάλο πρόβλημα κατά τη χρήση τέτοιων συστημάτων και απαιτούν την εγκατάσταση ειδικών συσκευών (π.χ. φίλτρων). Αιτίες των φραξιμάτων μπορεί να είναι φυσικές, χημικές ή και βιολογικές.
3. Μηχανικές ζημιές από απρόσεκτη χρήση μηχανημάτων ή από διάφορα ζώα και πτηνά.
4. Αδυναμία προστασίας από τους παγετούς επειδή το νερό εφαρμόζεται κάτω από την κόμη των δένδρων.

5. Συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος παρατηρείται από τη χρήση αλατούχων νερών στα όρια μεταξύ βρεχόμενου και μη εδάφους και απαιτείται έκπλυση του εδάφους όταν οι βροχοπτώσεις δεν είναι επαρκείς.

6. Υψηλό επίπεδο γνώσεων σχετικά με τη συντήρηση και λειτουργία του δικτύου

### 1.2.2. Άρδευση με Καταιονισμό – Συστήματα Καταιονισμού

#### **Γενικά Στοιχεία**

Η μέθοδος εφαρμογής του νερού σε όλη την επιφάνεια του υπό άρδευση χώρου, υπό την μορφή μικρών σταγόνων, κατά τρόπο που προσομοιάζει τις φυσικές βροχοπτώσεις ονομάζεται άρδευση με καταιονισμό. Η έννοια προκύπτει κατά απομίμηση της βροχής για αυτό και συνηθίζεται να ονομάζεται και τεχνητή βροχή. Η άρδευση με καταιονισμό αποτελεί έναν τρόπο εφαρμογής του νερού στον υπό άρδευση χώρο, τέτοιον που επιδιώκεται η κατά το δυνατό ομοιόμορφη εφαρμογή του νερού, παρέχοντας τη δυνατότητα της ομοιόμορφης και κατακόρυφης διήθησης του εφαρμοζόμενου νερού, υπό ακόρεστες συνθήκες ροής (Παπαζαφειρίου, 2008).



**Σχήμα 1.2:** Άρδευση με καταιονισμό.

Το αρδευτικό σύστημα του καταιονισμού αποτελείται από τρία κυρίως μέρη: τον εκτοξευτήρα, τους σωλήνες του δικτύου και το αντλητικό σύστημα. Ανάλογα με το διαθέσιμο κεφάλαιο και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, μπορεί να επιλεγούν διάφοροι τύποι εκτοξευτήρων (χαμηλής, μέσης ή υψηλής πίεσης) και διατάξεις αυτών στον χώρο (π.χ. τριγωνική, ορθογωνική κ.α.). Ακόμα υπάρχουν διάφοροι τύποι σωληνώσεων όπως μόνιμοι, κινητοί και ταχυσυνδέσμων αλλά και αντλητικών συγκροτημάτων (Νικολάου, 2009).

Η άρδευση με καταιονισμό, παρότι θεωρείται σήμερα μία σύγχρονη μέθοδος άρδευσης, είναι γνωστή από παλαιότερα χρόνια. Τα παλαιότερα συγκροτήματα άρδευσης με καταιονισμό

αποτελούνταν, στην πλειοψηφία τους, από μόνιμες σωληνώσεις σιδήρου ή χυτοσιδήρου και γενικά από βαριά υλικά, τα οποία καθιστούσαν ασύμφορη την επέκταση της μεθόδου για την άρδευση των συνήθων καλλιεργειών. Η κατά τα τελευταία χρόνια ανάπτυξη των περιστροφικών εκτοξευτήρων και των ελαφρών πλαστικών σωλήνων, συνετέλεσε στη χρησιμοποίηση της μεθόδου σε μεγάλη κλίμακα (Νικολάου, 2009).

### ***Συστήματα Άρδευσης με Καταιονισμό***

Τα συστήματα άρδευσης με καταιονισμό, ανάλογα με το αν οι γραμμές και το σύστημα άρδευσης παραμένουν στον υπό άρδευση χώρο, μπορούν να διακριθούν σε μόνιμα, ημιμόνιμα και κινητά/αυτοκινούμενα (Νικολάου, 2009).

#### ***Μόνιμα συστήματα άρδευσης***

Στα μόνιμα συστήματα άρδευσης, όλες οι γραμμές του δικτύου άρδευσης τοποθετούνται υπόγεια και μετά την τοποθέτησή τους δεν μετακινούνται. Η θέση που τοποθετούνται οι εκτοξευτήρες είναι επίσης σταθερή. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται για την άρδευση εδαφοκαλυπτικών φυτειών μεγάλης αξίας, όπως είναι ο χορτοτάπητας. Το κόστος εγκατάστασης των συστημάτων αυτών είναι σχετικά υψηλό αλλά αποσβένεται γρήγορα λόγω μειωμένων εργατικών, καθώς δεν είναι απαραίτητη η μεταφορά των σωληνώσεων (Νικολάου, 2009).

#### ***Ημιμόνιμα συστήματα άρδευσης***

Στα ημιμόνιμα συστήματα άρδευσης, το δίκτυο μεταφοράς του νερού είναι μόνιμο και συνήθως τοποθετείται υπόγεια. Οι γραμμές άρδευσης (*δίκτυο εφαρμογής*) στην περίπτωση αυτή μπορεί να είναι επιφανειακές ή να τοποθετηθούν υπόγεια. Χρησιμοποιούνται συνήθως για την άρδευση εδαφοκαλυπτικών καλλιεργειών (π.χ. τριφύλλι). Στις γραμμές αυτές, οι εκτοξευτήρες τοποθετούνται πάνω σε ορθοστάτες οι οποίοι εύκολα μπορούν να μετακινηθούν (απομακρυνθούν) για να γίνουν οι απαιτούμενες καλλιεργητικές φροντίδες (Νικολάου, 2009).

#### ***Κινητά/αυτοκινούμενα συστήματα άρδευσης***

Τα κινητά συστήματα άρδευσης χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες όπου είναι δυνατό να χρειαστούν συμπληρωματική άρδευση για ικανοποιητική παραγωγή σε περιπτώσεις που η βροχόπτωση είναι ιδιαίτερα χαμηλή, ή σε περιπτώσεις όπου θα ήταν οικονομικά ασύμφορη η εγκατάσταση ενός εκ των ανωτέρω συστημάτων. Μετά την άρδευση, τα συστήματα αυτά μπορούν να μεταφερθούν και να χρησιμοποιηθούν για την άρδευση άλλου τεμαχίου. Το ενεργειακό κόστος που απαιτείται για τη μετακίνηση και λειτουργία τους είναι αρκετά υψηλό (αυξημένες απαιτήσεις σε

εργατώρες). Ένα τέτοιο σύστημα είναι το αυτοκινούμενο σύστημα με εκτοξευτήρες. Αποτελείται από ένα εκτοξευτήρα (κανόνι) υψηλής παροχής και πίεσης λειτουργίας το οποίο βρίσκεται τοποθετημένο πάνω σε κινητή βάση. Η τροφοδοσία του εκτοξευτήρα γίνεται μέσω ενός εύκαμπτου αγωγού, ο οποίος στο άλλο του άκρο είναι συνδεδεμένος με ένα τύμπανο πάνω στο οποίο και τυλίγεται με τη χρήση τουρμπίνας. Παραλλαγή του συστήματος αποτελεί η χρήση αντένας (πολυμπέκ) μήκους 30-50 μέτρων αναρτημένη περίπου 2 μέτρα πάνω από το έδαφος. Η αρχή λειτουργίας της είναι η ίδια με πιο πάνω (Νικολάου, 2009).

### ***Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Άρδευσης με Καταιονισμό Πλεονεκτήματα***

Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου άρδευσης με καταιονισμό είναι τα εξής (Θεοχάρης, 2000):

1. Δυνατότητα εφαρμογής των αρδεύσεων σε εδάφη που δεν προσφέρονται για επιφανειακή άρδευση. Είναι δυνατή η εφαρμογή της άρδευσης σε ορισμένα εδάφη τα οποία λόγω της μηχανικής σύστασης τους ή της τοπογραφικής διαμόρφωσης της επιφάνειάς τους, δεν είναι δυνατό να αρδευτούν με μεθόδους επιφανειακής άρδευσης. (εδάφη που έχουν κλίση μεγαλύτερη του 4-5%, πολύ ελαφρά εδάφη με βασική διηθητικότητα μεγαλύτερη των 75 mm την ώρα και γενικά εδάφη όπου τα μήκη διαδρομής του νερού που επιτυγχάνονται είναι κάτω των 100 m).

2. Έργο άμεσης απόδοσης. Αξιοποιείται αμέσως η επένδυση χρημάτων και είναι δυνατή η άμεση και αποτελεσματική πρόληψη μέτρων για καταστάσεις άμεσης ανάγκης. Τα δίκτυα καταιονισμού κατασκευάζονται ταχύτατα επειδή τα υλικά κατασκευής τους διαθέτονται προκατασκευασμένα από τις βιομηχανίες.

3. Οικονομία αρδευτικού νερού. Στην άρδευση με καταιονισμό οι απώλειες νερού οφείλονται κυρίως στην εξάτμιση και υπολογίζονται σε 10 -15% του νερού εφαρμογής ενώ παράλληλα δεν υπάρχουν μη γενικές απώλειες λόγω εξάτμισης κατά την μεταφορά και διανομή του νερού (μεταφορά του νερού με κλειστούς αγωγούς υπό πίεση). Αντίστοιχα οι απώλειες των μεθόδων επιφανειακής άρδευσης από εξάτμιση, βαθιά διήθηση ή επιφανειακή απορροή, κάτω από συνθήκες συνθήκες εδάφους κυμαίνονται σε 30 - 50%, ενώ είναι επίσης θεαματικές οι απώλειες λόγω εξάτμισης κατά τη μεταφορά του νερού. Ο καταιονισμός έχει, επομένως, βαθμό αποδόσεως άρδευσης 85-90% ενώ οι επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης έχουν βαθμό αποδόσεως 50-70%. Με τον καταιονισμό λοιπόν, είναι δυνατή η άρδευση μεγαλύτερης έκτασης με την ίδια ποσότητα νερού.

4. Δεν καταστρέφεται ο υπό άρδευση χώρος. Ενώ στα δίκτυα επιφανειακής άρδευσης, ποσοστό 12 ή 14% της συνολικής έκτασης καταλαμβάνεται από τα έργα, στα δίκτυα καταιονισμού

δεν απαιτείται εκσκαφή διωρύγων, αλλά προσωρινή εκσκαφή για την τοποθέτηση των υπογείων αγωγών, η οποία αποκαθίσταται αμέσως μετά την δοκιμαστική λειτουργία του αγωγού.

5. Δεν απαιτείται συστηματοποίηση των γαιών. Σε όλες τις μεθόδους επιφανειακής άρδευσης, η επιτυχία της άρδευσης εξαρτάται κατά 90% από την επιμελημένη ισοπέδωση των αρδευόμενων γαιών. Στον καταιονισμό δεν απαιτείται λεπτομερής ισοπέδωση των γαιών η οποία αφενός μεν είναι δαπανηρή, αφ' ετέρου δε απαιτεί πολύ χρόνο, ιδίως όταν πρόκειται να εφαρμοστεί σε αρδευτικά δίκτυα μεγάλων εκτάσεων, όπως είναι τα δίκτυα συλλογικής άρδευσης.

6. Αξιοποίηση μικρών και διεσπαρμένων παροχών. Μικρές παροχές νερού είναι πρακτικά αχρησιμοποίητες λόγω των απωλειών κατά τη διαδρομή του νερού στα δίκτυα επιφανειακής άρδευσης. Με τον καταιονισμό, επειδή το νερό διοχετεύεται με κλειστούς αγωγούς, οι απώλειες μεταφοράς μηδενίζονται.

7. Χορήγηση του νερού υπό φυσική μορφή. Το αρδευτικό νερό ξεπλένει τα φύλλα των φυτών από τη σκόνη, τα επιβλαβή έντομα, και τα δηλητηριώδη αμμωνιακά άλατα της αποσύνθεσης.

8. Δεν καταστρέφεται η δομή του υπό άρδευση χώρου. Από την αναπόφευκτη υπεράρδευση, κατά τις επιφανειακές μεθόδους, καταστρέφεται η δομή του εδάφους. Μετά το τέλος της άρδευσης σχηματίζεται επιφανειακή "κρούστα" στον αρδευόμενο χώρο, η οποία εμποδίζει την είσοδο του αέρα για την αναπνοή των ριζών και την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Έτσι μετά από κάθε επιφανειακή άρδευση χρειάζεται σκάλισμα. Με τον καταιονισμό, και μάλιστα με τη χρησιμοποίηση εκτοξευτήρων μικρής ταχύτητας εφαρμογής νερού, η άρδευση ρυθμίζεται ανάλογα με την διηθητικότητα του αρδευόμενου χώρου και αποφεύγονται οι παραπάνω δυσμενείς συνέπειες.

9. Αποφεύγονται εστίες ζιζανίων. Με τον καταιονισμό και επειδή υπάρχει δυνατότητα άρδευσης και των νεαρών φυτών, επιταχύνεται η ανάπτυξη τους με συνέπεια την ταχεία κάλυψη της επιφανείας του αρδευόμενου χώρου από τα καλλιεργούμενα φυτά τα οποία σκιάζουν το έδαφος και εμποδίζουν την ανάπτυξη των ζιζανίων τα οποία πλην των άλλων απομυζούν τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους και χρησιμεύουν σαν μεσάζοντες εκκόλαψης επιβλαβών εντόμων.

10. Ελάττωση των εργατικών άρδευσης. Στα σύγχρονα δίκτυα καταιονισμού, η παρακολούθηση της άρδευσης είναι περιττή, και μάλιστα, όταν το σύστημα είναι μόνιμο, η εργατική δαπάνη τείνει να μηδενιστεί.

11. Ελάττωση των καλλιεργητικών δαπανών. Με τον καταιονισμό μπορεί να συνδυαστεί η λίπανση και η φυτοπροστασία, επιτυγχάνοντας ελάττωση του κόστους των καλλιεργητικών δαπανών.

12. Προστασία από τον παγετό.

13. Καλύτερη διανομή του νερού με ελεύθερη ζήτηση. Η διανομή του νερού μπορεί να γίνει με ελεύθερη ζήτηση κυρίως με τον καταιονισμό, καθόσον κατά τις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης αφ' ενός μεν απαιτούνται πολύ μεγαλύτερες παροχές από τις κανονικές, με συνέπεια τις πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις έργου, αφ' ετέρου δε ο έλεγχος του νερού είναι δυσχερέστατος.

14. Ευκολία χρήσεως του δικτύου. Ο τρόπος χρήσης του συγκροτήματος καταιονισμού γίνεται εύκολα κατανοητός, σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.

### **Μειονεκτήματα**

1. Μεγάλη δαπάνη για την αρχική εγκατάσταση. Το κόστος κατασκευής του δικτύου μεταφοράς του νερού καθώς επίσης και το κόστος των διαφόρων εξαρτημάτων του δικτύου εφαρμογής των δικτύων καταιονισμού είναι υψηλό συγκρινόμενο με τις δαπάνες κατασκευής δικτύων επιφανειακής άρδευσης. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η μαζική παραγωγή εξαρτημάτων καταιονισμού, που γίνεται σήμερα, έχει αποτέλεσμα την πτώση των τιμών τους.

2. Αυξημένα έξοδα λειτουργίας. Κατά την κατασκευή δικτύων επιφανειακής άρδευσης γίνεται εκμετάλλευση της φυσικής τοπογραφίας του εδάφους και η ροή του νερού επιτυγχάνεται με τη βαρύτητα χωρίς να απαιτείται άντληση. Στον καταιονισμό, με εξαίρεση μεμονωμένες περιπτώσεις όπου η πηγή υδροδότησης βρίσκεται αρκετά υψηλά, ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη πίεση λειτουργίας του συστήματος, σε όλες τις άλλες περιπτώσεις απαιτείται δαπάνη λειτουργίας αντλητικού συγκροτήματος για την εξασφάλιση της υπόψη πίεσης.

3. Ανομοιόμορφη κατανομή της βροχής λόγω του ανέμου. Ο άνεμος συμπαρασύρει τα σταγονίδια της βροχής κατά την πνοή του και προκαλεί ανομοιόμορφη άρδευση του χώρου.

4. Μηχανικές βλάβες συσκευών ή εξαρτημάτων δικτύου. Στα δίκτυα καταιονισμού είναι αναγκαία η τοποθέτηση διαφόρων συσκευών και εξαρτημάτων για την σωστή λειτουργία τους, όπως αντλιών, δικλείδων, αεροεξαγωγών, ρυθμιστών πίεσεως και παροχής, βαλβίδων (αντιπληγματικών ή αντεπιστροφής), φίλτρων, εκτοξευτήρων. Η μη κανονική λειτουργία των παραπάνω, επιδρά δυσμενώς στην κανονική λειτουργία του δικτύου, ή και αναστέλλει την άρδευση.

5. Ποιότητα αρδευτικού νερού. Στην άρδευση με καταιονισμό είναι αδύνατη η χρήση νερού υψηλής αλατότητας γιατί προκαλούνται εγκαύματα στα φύλλα των φυτών. Επίσης η χρήση νερού με μεγάλη ποσότητα φερτών υλών προκαλεί αποφράξεις των φίλτρων καθώς επίσης και γρήγορη φθορά των εκτοξευτήρων.

Κάθε μία μέθοδος άρδευσης, όταν εξετάζεται συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους, παρουσιάζει πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα. Ίσως τα πλεονεκτήματα να είναι αριθμητικά περισσότερα από τα μειονεκτήματα, σημασία όμως έχει η βαρύτητα του καθενός από αυτά στις εκάστοτε εδαφολογικές,

κλιματολογικές και γενικά οικολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής, αλλά και στις οικονομικές δυνατότητες του χρήστη. Μπορεί ένα και μόνο πλεονέκτημα του καταιονισμού να είναι αποφασιστικό σε ορισμένες περιοχές, οπότε η άρδευση με αυτό το τρόπο να αποτελεί κατάσταση ανάγκης και απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή του αρδευτικού νερού. Σε άλλες περιπτώσεις, προκειμένου να επιλεγεί το ένα ή το άλλο σύστημα άρδευσης, θα πρέπει να σταθμιστούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του κάθε συστήματος σε σχέση με το αντίστοιχο αναμενόμενο οικονομικό αποτέλεσμα από το έργο (Θεοχάρης., 2000).

**Πίνακας 1.1:** Σύγκριση συστημάτων άρδευσης (Πηγή: [www.gaiapedia.gr](http://www.gaiapedia.gr))

	Συστήματα καταιονισμού			Στάγδην άρδευση
	Διακεκομμένης κίνησης	Συνεχούς κίνησης	Σταθερά και μόνιμα	Σταλακτιήρες
Διηθητικότητα	Όλες	Μέτρια έως υψηλή	Όλες	Όλες
Τοπογραφία	Οριζόντια έως ισοπεδωμένη	Οριζόντια έως ισοπεδωμένη	Οριζόντια έως ισοπεδωμένη	Όλες
Καλλιέργειες	Εν γένει κοντύτερες καλλιέργειες	Όλες εκτός από αμπέλια και δενδρώδεις καλλιέργειες	Όλες	Απαιτούμενες υψηλής τιμής
Παροχή νερού	Μικρά υδατορεύματα σχεδόν συνεχή	Μικρά υδατορεύματα σχεδόν συνεχή	Μικρά υδατορεύματα	Μικρά υδατορεύματα σχεδόν συνεχή και καθαρά
Ποιότητα νερού	Αλατούχο νερό μπορεί να βλάψει τα φυτά	Αλατούχο νερό μπορεί να βλάψει τα φυτά	Αλατούχο νερό μπορεί να βλάψει τα φυτά	Όλες
Βαθμός απόδοσης	Μέσος 70-80%	Μέσος 70-80%	Μέσος 70-80%	Μέσος 80-90%
Απαιτήσεις εργασίας	Μέτριες με καλή εκπαίδευση	Χαμηλές με λίγη εκπαίδευση	Χαμηλές έως υψηλές, εποχιακά μικρή εκπαίδευση.	Χαμηλές έως υψηλές και απαιτείται κάποια εκπαίδευση
Απαιτήσεις κεφαλαίου	Μέτριες	Μέτριες	Υψηλές	Υψηλές
Απαιτήσεις ενέργειας	Μέτριες έως υψηλές	Μέτριες έως υψηλές	Μέτριες	Υψηλές
Διαχειριστική ικανότητα	Μέτρια έως υψηλή	Μέτρια έως υψηλή	Μέτρια	Υψηλή
Λειτουργίες μηχανημάτων	Μέτριου μήκους αγροτεμάχια, μικρή εμπλοκή	Μερική εμπλοκή, κυκλικά αγροτεμάχια	Μερική εμπλοκή	Μπορεί να έχουμε μερική εμπλοκή
Διάρκεια χρήσης	Μικρή έως μέτρια	Μικρή έως μέτρια	Μακροχρόνια	Μακροχρόνια αλλά άγνωστη ανθεκτικότητα
Καιρός	Φτωχά σε ανεμώδεις συνθήκες	Καλύτερα σε ανεμώδεις συνθήκες από ότι	Οι ανεμώδεις συνθήκες	Όλες



		άλλοι εκτοξευτήρες	μειώνουν την απόδοση, καλά για δροσισμό	
Εφαρμογή χημικών	Καλή	Καλή	Καλή	Πολύ καλή

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των Βελτιωμένων Συστημάτων Άρδευσης είναι ότι εύκολα επιδέχονται αυτοματισμό. Στο παρελθόν, το πρώτο αυτόματο σύστημα που χρησιμοποιήθηκε ήταν οι αυτόματες ογκομετρικές (υδραυλικές) βαλβίδες. Οι βαλβίδες αυτές έκλειναν αυτόματα και σταματούσε η άρδευση όταν περνούσε προκαθορισμένος όγκος νερού. Για τη διαδοχική άρδευση περισσότερων σημείων, οι ογκομετρικές βαλβίδες ενώνονταν μεταξύ τους με σύστημα από σωληνάρια πολύ μικρής διαμέτρου τα οποία μετέδιδαν τα υδραυλικά σήματα (Νικολάου, 2009).

Σήμερα, με την εξέλιξη της τεχνολογίας, η εφαρμογή αυτοματισμού στις αρδεύσεις είναι εφικτή ακόμα και όταν υπάρχει απουσία ηλεκτρικού ρεύματος. Στην Ελλάδα, ως επί το πλείστον, χρησιμοποιούνται οι ηλεκτρικές βαλβίδες (διαφραγματικές), που λειτουργούν με ρεύμα χαμηλής τάσης, και στις οποίες οι εντολές μεταφέρονται ως ηλεκτρικό σήμα, μέσω των προγραμματιστών άρδευσης (Νικολάου, 2009).

Η εγκατάσταση και λειτουργία των Βελτιωμένων Συστημάτων Άρδευσης είναι μια διαδικασία που ξεκινά με την ορθή εκτίμηση και αξιολόγηση των δεδομένων που, μεταξύ άλλων, περιλαμβάνουν το είδος και τα χαρακτηριστικά του υπό άρδευση χώρου, την ποιότητα και την ποσότητα του διαθέσιμου νερού, καθώς και τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής. Η σωστή επιλογή, καθώς και ο σωστός σχεδιασμός και εκπόνηση της μελέτης του συστήματος είναι ίσως το πιο βασικό στοιχείο για τη σωστή εγκατάσταση και λειτουργία ενός Συστήματος Άρδευσης. Με αυτό το θεματικό άξονα ασχολείται το Δεύτερο Κεφάλαιο του Α Μέρους της παρούσας.

---

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

---

---

### Σχεδιασμός Συστήματος Άρδευσης Καταιονισμού

#### 2.1 Βασικά Υδραυλικά Μεγέθη

Τα βασικά υδραυλικά μεγέθη που έχουν σημαντικό ρόλο στα αυτόματα συστήματα άρδευσης καταιονισμού είναι η πίεση, η ταχύτητα ροής, η παροχή, οι υδραυλικές γραμμικές απώλειες, το υδραυλικό πλήγμα και η ένταση βροχόπτωσης.

##### Πίεση

Είναι το σημαντικότερο υδραυλικό χαρακτηριστικό σε ένα δίκτυο άρδευσης. Ένα σύστημα άρδευσης επηρεάζεται αρνητικά από την ακατάλληλη πίεση λειτουργίας, η οποία έχει και αρνητική επίδραση στην αποδοτικότητα, στο κόστος κατασκευής και στην συντήρηση του δικτύου. Πίεση είναι το δυναμικό του νερού, μετρούμενο σε bars ή atm. Οι πιέσεις που πρέπει να μετρηθούν είναι η στατική και η δυναμική. Στατική πίεση είναι η πίεση που μετράται σε κλειστό δίκτυο όταν δεν υπάρχει ροή νερού. Η μέτρηση αυτή είναι απαραίτητη ώστε ο μελετητής να γνωρίζει την διαθέσιμη πίεση όταν εγκαθιστά το δίκτυο και να επιλέξει και τα κατάλληλα υλικά για να είναι μέσα στα όρια λειτουργίας αυτών. Η δυναμική πίεση είναι η πίεση που έχει το δίκτυο όταν βρίσκεται σε λειτουργία και υπάρχει ροή νερού. Είναι το ίδιο απαραίτητη η γνώση της ώστε να ανταποκρίνεται στα όρια λειτουργίας των εξαρτημάτων (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000).

##### Ταχύτητα Ροής

Ταχύτητα ροής  $u$  είναι η ταχύτητα με την οποία κινείται το νερό εντός του αγωγού και μετράται σε m/sec. Ο υπολογισμός της ταχύτητας ροής είναι σημαντικός γιατί δύναται να δημιουργηθούν πολλά προβλήματα στο δίκτυο. Μικρές ταχύτητες ροής νερού μπορούν να δημιουργήσουν κατακάλυψη αιωρημάτων και φραξίματα, ενώ μεγάλες ταχύτητες ροής νερού μπορούν να δημιουργήσουν πρόωρες φθορές στα διάφορα στοιχεία του δικτύου λόγω διάβρωσης / καταπόνησης των υλικών τους (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000).

## Παροχή

Παροχή  $Q$  ονομάζεται ο όγκος του νερού που διέρχεται από μία κάθετη προς τον άξονα ροής επιφάνεια  $A$  (διατομή) ανά μονάδα χρόνου. Μετράται σε λίτρα ανά ώρα ή λεπτά (lt/hr ή lt/min) ή σε κυβικά μέτρα ανά ώρα ( $m^3/hr$ ). Η σχέση βάσει της οποίας υπολογίζεται η παροχή είναι (Παπαϊωάννου, 2002):

$$Q = u \cdot A$$

όπου

$u$ : η ταχύτητα ροής του νερού

$A$ : η διατομή του αγωγού

Σε περίπτωση που αγωγός είναι κυλινδρικής διατομής με διάμετρο  $D$ , τότε η παροχή ύδατος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Q = u \cdot A \Rightarrow Q = u \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Ο υπολογισμός της παροχής είναι σημαντικός, τόσο για την επιλογή του μεγέθους και των διαστάσεων των διαφόρων εξαρτημάτων του δικτύου (αγωγοί, αντλίες, βάνες, βαλβίδες), όσο και για τον υπολογισμό των υδραυλικών απωλειών.

## Υδραυλικές Γραμμικές Απώλειες

Οι υδραυλικές γραμμικές απώλειες  $H_L$  σε  $m$ , για έναν αγωγό μήκους  $L$ , έχουν περιγραφεί από τους Darcy -Weisbach, με τον τύπο:

$$H_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{u^2}{2g}$$

όπου

$L$ : το μήκος του αγωγού σε  $m$

$D$ : η διάμετρος του αγωγού σε  $m$

$g$ : η επιτάχυνση της βαρύτητας =  $9,81 \text{ m}^2/\text{sec}$

$u$ : η ταχύτητα του νερού εντός του αγωγού σε  $m/\text{sec}$

$f$ : ο συντελεστής τριβής

Επιλύοντας τη σχέση που υπολογίζει την παροχή του νερού  $Q$  ως προς την ταχύτητα  $u$  και αντικαθιστώντας το αποτέλεσμα αυτό, στον ανωτέρω τύπο για τις υδραυλικές γραμμικές απώλειες, παράγεται μία σχέση υπολογισμού των υδραυλικών γραμμικών απωλειών συναρτήσει της παροχής  $Q$  του νερού (Παπαϊωάννου, 2002).

$$Q = u \cdot A \Rightarrow Q = u \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \Rightarrow u = \frac{4Q}{\pi \cdot D^2} \rightarrow u^2 = \frac{16Q^2}{\pi^2 \cdot D^4}$$

$$H_L = \frac{8 \cdot f \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5} \text{ (Darcy - Weisbach)}$$

Για την επιλογή της εξίσωσης υπολογισμού του συντελεστή τριβής  $f$ , ως κριτήριο χρησιμοποιείται ο αριθμός Reynolds,  $Re = \frac{uD}{\nu} = \frac{\rho u D}{\mu}$ , όπου,  $u$ : η ταχύτητα του νερού εντός του αγωγού σε m/sec,  $D$ : η διάμετρος του αγωγού σε m,  $\mu$ : το δυναμικό ιξώδες του ρευστού σε Nm/sec<sup>2</sup>,  $\nu$ : το κινηματικό ιξώδες σε m<sup>2</sup>/sec και  $\rho$ : η πυκνότητα του ρευστού σε kg/m<sup>3</sup> (Παπαϊωάννου, 2002).

**Πίνακας 2.1:** Εξισώσεις υπολογισμού του συντελεστή τριβής  $f$  αγωγών κυκλικής διατομής για στρωτή και τυρβώδη ροή (Παπαϊωάννου, 2002).

Εξίσωση	Όρια Ισχύος	Παρατηρήσεις
$f = \frac{64}{Re}$	$Re \leq 2000$	Στρωτή ροή Για κάθε σωλήνα
$f = \frac{0,3164}{Re^{1/4}}$	$4000 < Re < 10^5$	Τυρβώδης Ροή Λείοι σωλήνες
$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log(Re \sqrt{f}) - 0,8$	$Re > 10^5$	Τυρβώδης Ροή Λείοι σωλήνες
$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log\left(\frac{D}{e}\right) + 1,14$	$\frac{D/e}{Re \sqrt{f}} > 0,005$	Τυρβώδης Ροή Τραχείς σωλήνες
$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left(\frac{e/D}{3,7} + \frac{2,5}{Re \sqrt{f}}\right)$	$Re > 4000$	Τυρβώδης Ροή Τραχείς σωλήνες

$e$ : η απόλυτη τραχύτητα του αγωγού σε μονάδες μήκους

Για τις γραμμικές απώλειες αγωγών στους οποίους είναι τοποθετημένοι οι εκτοξευτήρες θα ληφθεί υπόψη ο συντελεστής Christiansen  $F$ , οποίος χρησιμοποιείται στην ροή από σπές αγωγών υπό πίεση (Παπαϊωάννου, 2002):

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}$$

όπου

$m$  = συντελεστής εξαρτώμενος από την τραχύτητα με τιμές 1,85 ως 2

$N$  = αριθμός των οπών

### Υδραυλικό Πλήγμα

Υδραυλικό πλήγμα ονομάζεται το φαινόμενο που παρατηρείται με την απότομη διακοπή της ροής του νερού μέσα στον αγωγό. Με την απότομη διακοπή της παροχής, η κινητική ενέργεια που έχει το νερό λόγω της κίνησής του, μετατρέπεται σε θλιπτική ενέργεια και αυξάνει απότομα η πίεση στον αγωγό. Για την αντιμετώπιση των υδραυλικών πληγμάτων που προκαλούνται από τον χειρισμό των βαλβίδων ελέγχου άρδευσης είναι απαραίτητη η γνώση της υπερπίεσης που προκαλείται στο δίκτυο άρδευσης. Για τον υπολογισμό της μέγιστης υπερπίεσης που μπορεί να προκληθεί στον αγωγό κατά τον χειρισμό των βαλβίδων ή κρουστών ακολουθείται η αναλυτική μέθοδος με χειρισμό της δικλείδας σε απόσταση  $L$  του αγωγού, με αγωγό που έχει σταθερά χαρακτηριστικά σε όλο το μήκος του και υδροδοτείται από αντλιοστάσιο σταθερής παροχής. Η μέγιστη υπερπίεση  $\Delta P$  εξαρτάται από το χρόνο  $T_\chi$  χειρισμού της δικλείδας, σε σχέση με τον χρόνο  $T_\mu$ , που απαιτείται για τη μετάβαση του κύματος υπερπίεσης στην αρχή του αγωγού και επιστροφή στη θέση της δικλείδας, που είναι (Τερζίδης, 1994):

$$T_\mu = \frac{2L}{\alpha} \text{ (sec)}$$

όπου:

$L$ : η απόσταση από το σημείο ελέγχου (m)

$\alpha$ : η ταχύτητα μετάδοσης του κύματος (m/sec)

Αν  $T_\chi < T_\mu$ , τότε η μέγιστη υπερπίεση προκύπτει από τον τύπο του Joukowsky:

$$\Delta P = \frac{\alpha \cdot \Delta V}{g} \text{ (m}\Sigma\text{Y)}$$

όπου:

$\Delta V$ : η μεταβολή (περιορισμός) της ταχύτητας του νερού (m/sec)

$g$ : η επιτάχυνση της βαρύτητας (m/sec<sup>2</sup>)

Σε αυτήν την περίπτωση η υπερπίεση  $\Delta P$  εξαρτάται από το υλικό, το πάχος, την διάμετρο του αγωγού και τις λοιπές παραμέτρους που καθορίζουν την ταχύτητα μετάδοσης του κύματος (Τερζίδης, 1994).

Αν  $T\chi > T_m$ , τότε η μέγιστη υπερπίεση προκύπτει από τον τύπο Micheaud – Marchetti (η οποία προϋποθέτει γραμμική μεταβολή της ταχύτητας) (Τερζίδης, 1994).

$$\Delta P = \frac{2L}{g} \cdot \frac{\Delta V}{T\chi} \quad (\text{mY}\Sigma)$$

Στην περίπτωση αυτή η υπερπίεση εξαρτάται από τον υλικό και τα χαρακτηριστικά του αγωγού η ταχύτητα μετάδοσης του κύματος  $\alpha$  υπολογίζεται από τον τύπο (Τερζίδης, 1994):

$$\alpha = \sqrt{\frac{g}{\gamma \cdot \frac{1}{E_{\nu\delta}} + \frac{1}{E_{\sigma\omega\lambda}} \cdot \frac{D}{S}} \cdot c}$$

$g$ : η επιτάχυνση της βαρύτητας ( $\text{m/sec}^2$ )

$E_{\nu\delta}$ : μέτρο ελαστικότητας του νερού ( $\text{kg/m}^2$ )

$E_{\sigma\omega\lambda}$ : μέτρο ελαστικότητας του σωλήνα ( $\text{kg/m}^2$ )

$\gamma$ : ειδικό του νερού ( $\text{kg/m}^3$ )

$S$ : πάχος τοιχώματος (m)

$D$ : εσωτερική διάμετρος του σωλήνα (m)

$c$ : συντελεστής που εξαρτάται από το λόγο του Poisson και τις οριακές συνθήκες παραμόρφωσης του σωλήνα

### Ένταση Διαβροχής

Η ένταση διαβροχής δείχνει το πόσο γρήγορα εφαρμόζεται το νερό στο έδαφος και μετράται σε mm/hr. Ο σωστός υπολογισμός της έντασης διαβροχής βοηθά στην αποφυγή καταστάσεων όπως:

- *Υπερκατανάλωση νερού.* Αν δεν υπολογιστεί η ένταση νερού και είναι μεγάλη, τότε το σύστημα θα παρέχει περίσσεια νερού. Άρα πρέπει να υπολογιστεί ώστε να προγραμματίζεται σωστά η συχνότητα και το ποσό της άρδευσης.

- *Υπερβολική απορροή.* Με τον υπολογισμό της έντασης διαβροχής αποφεύγεται η απορροή σε ορισμένα είδη εδάφους με μικρή διηθητικότητα όπως τα πηλώδη.

Υπολογίζοντας λοιπόν την ένταση διαβροχής υπολογίζεται με ακρίβεια ο χρόνος και η συχνότητα άρδευσης αποκλείοντας φαινόμενα επιφανειακής απορροής υπερβολικής διήθησης. Η ρύθμιση της έντασης διαβροχής γίνεται με την σωστή επιλογή ακροφυσίων και εκτοξευτήρων. Η επιλογή είναι εύκολη και γίνεται από τους πίνακες με τα χαρακτηριστικά λειτουργίας, που συνοδεύουν τους εκτοξευτήρες, σε συνδυασμό με την πίεση λειτουργίας του δικτύου (Τερζίδης, 1994).

## 2.2 Υδραυλικά και Ηλεκτρικά Στοιχεία ενός Συστήματος Άρδευσης Καταιονισμού

### Υδραυλικά Στοιχεία

Από το σημείο υδροληψίας μέχρι το σημείο που καταλήγει το νερό.

- **Αντλία.** Η αντλία είναι ένα κομμάτι του δικτύου που είναι απαραίτητο σε περίπτωση που το νερό δεν προέρχεται από το δίκτυο ύδρευσης. Η αντλία χρησιμοποιεί την ενέργεια που προέρχεται από τον κινητήρα για να μετακινήσει μια ορισμένη ποσότητα νερού (παροχή) σε κάποιο ύψος (ανυψωτική δύναμη ή μανομετρικό ύψος). Η ενέργεια που παρέχεται στο νερό από τον κινητήρα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να καθιστά δυνατή την κίνηση του, στο εσωτερικό των σωληνώσεων, ξεπερνώντας κάποιες σημαντικές διαφορές πίεσης που οφείλονται σε υψομετρικές διαφορές και να φτάνει στους εκτοξευτήρες σε επαρκή ποσότητα και κατάλληλη πίεση. Τα τεχνικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν μια αντλία είναι η *παροχή*, το *μανομετρικό ύψος* και ο *βαθμός απόδοσης*. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αντλιών που μπορεί να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με τη χρήση τους, όπως οι φυγοκεντρικές αντλίες με οριζόντιο ή κάθετο άξονα, ηλεκτροκίνητες ή μηχανές εσωτερικής καύσης (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010 – Παπαζαφειρίου, 1998).

- **Φίλτρα.** Σκοπός των φίλτρων είναι η απομάκρυνση από το νερό ξένων σωματιδίων όπως άμμου, αργίλου, ιζημάτων και άλλων αιωρούμενων σωματιδίων που μπορούν να προκαλέσουν ζημιά και φραξίματα στα εξαρτήματα του δικτύου. Υπάρχουν διάφοροι τύποι φίλτρων όπως με δικτυωτό πλέγμα, με δίσκους και ειδικές συσκευές αποχωρισμού άμμου, φίλτρα άμμου, αντίστροφης ώσμωσης κ.α. (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010 – Παπαζαφειρίου, 1998).

- **Αγωγοί.** Οι κύριοι αγωγοί (αγωγοί μεταφοράς) είναι οι μεγαλύτεροι σε διάμετρο αγωγοί που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο και χρησιμεύουν για τη μεταφορά του νερού από το σημείο υδροληψίας στον υπό άρδευση χώρο. Σε αυτούς εφαρμόζονται και οι δευτερεύοντες αγωγοί. Είναι κατασκευασμένοι από άκαμπτο PVC (πολυβινιλοχλωρίδιο) ή PE (πολυαιθυλένιο) υψηλής πυκνότητας και είναι συνήθως υπόγειοι για σκοπούς προστασίας από μηχανικές βλάβες. Οι δευτερεύοντες αγωγοί είναι μικρότερης διαμέτρου από τους κύριους και είναι επίσης κατασκευασμένοι από άκαμπτο PVC ή PE χαμηλής πυκνότητας. Ενώνονται με τους κύριους αγωγούς και τροφοδοτούνται από αυτούς με νερό. Οι σωλήνες του τριτεύοντος δικτύου ή αγωγοί εφαρμογής είναι από εύκαμπτο μαύρο πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας, και πάνω σε αυτούς

εφαρμόζεται στο σύστημα άρδευσης με τους εκτοξευτήρες (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010 – Παπαζαφειρίου, 1998).

- **Κεφαλή.** Η κεφαλή βρίσκεται αμέσως μετά το αντλητικό σύστημα. Απαρτίζεται από βάνες, φίλτρα, διακόπτες μανόμετρα και υδρόμετρα, μειωτές πίεσης, και άλλα εξαρτήματα. Το νερό μετά το σύστημα άντλησης και αφού έχει αποκτήσει κάποια πίεση περνά στη κεφαλή συναντά μία γενική βάνα, ο ρόλος της οποίας είναι ο έλεγχος όλων των απαραίτητων στοιχείων για την αδιάλειπτη λειτουργία του συστήματος. Αμέσως μετά το νερό περνά από το φίλτρο ή κάποιο κωνικό υδροκυλώνα ώστε να απαλλαχθεί από άμμο και άλλα ανεπιθύμητα αντικείμενα. Στον υδροκυλώνα η αρχή λειτουργίας για το φιλτράρισμα του νερού στηρίζεται στη φυγοκέντριση και τη βαρύτητα. Αφού το νερό έχει απαλλαχθεί από τα ανεπιθύμητα σωματίδια περνάει από έναν μειωτή πίεσης στον οποίο γίνεται η επιλογή της επιθυμητής πίεσης σε συνδυασμό με έναν πρεσοστάτη. Ο πρεσοστάτης είναι ένα όργανο που ελέγχει ανά πάσα στιγμή την πίεση μέσα στο δίκτυο. Ακολουθεί το υδρόμετρο, το οποίο μετρά τον όγκο του νερού που περνά συνεπώς και τον όγκο του νερού που έχει δοθεί στον υπό άρδευση χώρο. Εν συνεχεία υπάρχει ένα μανόμετρο που μετρά την πίεση του νερού και μία βαλβίδα αντεπιστροφής, ο σκοπός της βαλβίδας είναι να εμποδίσει το νερό να κινηθεί με αντίθετη φορά προστατεύοντας από υδραυλικό πλήγμα. Στο σημείο αυτό μπορεί να κατασκευαστεί μία διακλάδωση, ανάλογα με το δρόμο, που θα επιλέγεται να ακολουθήσει το νερό ώστε να γίνεται είτε απλή άρδευση, είτε υδρολίπανση. Στη διαδρομή της απλής άρδευσης στην αρχή υπάρχει ένας εγχυτής Venturi ώστε να περάσει η ελάχιστη απαιτούμενη παροχή από αυτόν και στη συνέχεια μία μικρή βαλβίδα αντεπιστροφής. Μετά από αυτή τη βαλβίδα τοποθετείται ένα φίλτρο σήτας το οποίο θα καθαρίζει πλήρως το νερό. Στην έξοδο του φίλτρου τοποθετείται ένα ακόμα μανόμετρο και ύστερα ακολουθεί ο κύριος αγωγός άρδευσης. Στη διαδρομή της υδρολίπανσης τώρα στην αρχή υπάρχει μία μικρή βάνα και αμέσως μετά τοποθετείται ο υδρολιπαντήρας με ταχυδέσμους. Μετά τον υδρολιπαντήρα υπάρχει ακόμα μία μικρή βάνα. Ύστερα αυτή η διαδρομή ενώνεται με τη διαδρομή της απλής λίπανσης στο σημείο ακριβώς πριν το φίλτρο σήτας (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010). Στην κεφαλή του δικτύου μπορεί να υπάρχουν και οι εξής διατάξεις (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010 – Παπαζαφειρίου, 1998):

- **Ανιχνευτής Πλήγματος:** είναι διάταξη που ανιχνεύει την πίεση του δικτύου ή την τάση του ρεύματος και ανοίγει ακαριαία για να εκτονώσει επερχόμενο πλήγμα.
- **Αντιπληγματική Βαλβίδα:** είναι η διάταξη η οποία ανιχνεύει την πίεση του δικτύου και ανοίγει ακαριαία σε περίπτωση υπερβάσεως για να εκτονώσει πλήγμα το οποίο έχει είδη εμφανιστεί.



- Βαλβίδα που κλείνει σε περίπτωση διαρροής είναι διάταξη η οποία ανιχνεύει την διερχόμενη παροχή μέσω δικτύου και σε περίπτωση υπέρβασης ανώτερου ορίου (θραύση αγωγού) κλείνει αυτόματα.
- Βαλβίδα Εξαερισμού: είναι αυτόματη βαλβίδα που αφαιρεί τον αέρα από το κλειστό δίκτυο ώστε να λειτουργεί ομαλά παντού και είναι απαραίτητη στην υπεδάφια άρδευση με εκτοξευτήρες.
- **Εκτοξευτήρες.** Οι εκτοξευτήρες είναι το ειδικό τεμάχιο το οποίο συνδέεται στον αγωγό εφαρμογής και αρδεύει συγκεκριμένη επιφάνεια με καταιονισμό. Οι εκτοξευτήρες μπορεί να είναι είτε υπόγεια τύπου pop up είτε μόνιμα τοποθετημένοι επιφανειακά. Οι υπόγειοι ανασηκώνονται μόνο κατά την διάρκεια της άρδευσης, με την πίεση του νερού και χρησιμοποιούνται για την άρδευση χλοοτάπητα ή χαμηλών θάμνων. Οι επιφανειακοί εκτοξευτήρες προσαρμόζονται πάνω σε ειδικό εξάρτημα, τον ορθοστάτη και χρησιμοποιούνται στην άρδευση ψηλών θάμνων και δένδρων. Το ύψος εκτόξευσης ξεκινά από τα 5 cm από το έδαφος και φτάνει τα 40 cm (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010 – Παπαζαφειρίου, 1998).

Οι εκτοξευτήρες ανάλογα με το μηχανισμό περιστροφής διακρίνονται σε:

- Κρουστικού τύπου (pop up). Είναι πλήρως ρυθμιζόμενοι. Επιτρέπουν την ρύθμιση της παροχής του νερού με την αλλαγή του ακροφυσίου, την ρύθμιση της γωνίας περιστροφής και της απόστασης εκτόξευσης. Βασικό πλεονέκτημα είναι η πολύ καλή αρδευτική τους ικανότητα, η αποφυγή βλαβών και η εύκολη επισκευή τους. Μεγάλο μειονέκτημα είναι ο θόρυβος κατά την λειτουργία τους (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010 – Παπαζαφειρίου, 1998).
- Γραναζωτού τύπου. Τα πλεονεκτήματα αυτού του τύπου εκτοξευτήρων είναι ότι είναι αθόρυβοι κατά την λειτουργία τους, δουλεύουν σε χαμηλές πιέσεις, έχουν πλήθος ακροφυσίων, είναι αξιόπιστοι και έχουν εύκολη ρύθμιση της ακτίνας και της γωνίας εκτόξευσης καθώς και της γωνίας περιστροφής. Μειονέκτημά τους είναι η ακριβή τιμή και η μη επισκευή τους σε περίπτωση βλάβης (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010 – Παπαζαφειρίου, 1998).



**Σχήμα 2.1:** Εκτοξευτήρες γραναζωτού τύπου PGP HUNTER.

- Στατικού τύπου. Είναι εκτοξευτήρες οι οποίοι δεν περιστρέφονται και μπορούν να δεχτούν ακροφύσια που έχουν προκαθορισμένη γωνία διαβροχής ή στα οποία μπορεί να ρυθμιστεί η γωνία (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010) .



**Σχήμα 2.2:** Εκτοξευτήρες στατικού τύπου.

Οι εκτοξευτήρες ανάλογα με τη γωνία διαβροχής διακρίνονται σε (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010 – Παπαζαφειρίου, 1998) :

- Μικρών αποστάσεων από 2m έως 5m. Εδώ χρησιμοποιούνται εκτοξευτές σταθερού τύπου (sprair) οι οποίοι έχουν ως πλεονέκτημα ότι δύσκολα επηρεάζονται από τον αέρα και έχουν τέλεια αλληλοκάλυψη με σωστή τοποθέτηση. Μειονέκτημα είναι η μεγάλη κατανάλωση νερού ανά μονάδα εκτοξευτήρα με αποτέλεσμα να απαιτούνται περισσότερες ηλεκτροβάνες, με μεγαλύτερο προγραμματιστή άρα περισσότερα εξαρτήματα, εργασία συνεπώς και κόστος.



**Σχήμα 2.3:** Στατικοί εκτοξευτήρες pop up μικρών αποστάσεων.

➤ Μεσαίων αποστάσεων από 4,3 m έως 7,5 m. Παρουσιάστηκαν στην αγορά το 1994 από την HUNTER-USA με POP UP γρναζωτού μηχανισμού, ανύψωση του εκτοξευτήρα 10 cm και σαν καινοτομία παρέχει την δυνατότητα να γίνονται όλες οι ρυθμίσεις (ακτίνας- παροχής νερού) από το ακροφύσιο. Κάθε pop up δίδεται με επιλογή 20 διαφορετικών ακροφυσίων. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα λειτουργίας τους με πολύ μικρή παροχή νερού που έχει ως συνέπεια το χαμηλό κόστος της εγκατάστασης.



**Σχήμα 2.4:** Περιστροφικοί γρναζωτοί εκτοξευτήρες μεσαίων αποστάσεων.

➤ Μεγάλων αποστάσεων από 6 m έως 13 m. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι εκτοξευτές όπως είναι οι κρουστικοί, και γρναζωτού τύπου. Οι γρναζωτού τύπου οι οποίο ενδιαφέρουν περισσότερο είναι κατασκευασμένοι από σκληρό πλαστικό η ανοξείδωτο χάλυβα και σκληρό πλαστικό (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010 – Παπαζαφειρίου, 1998 ).



**Σχήμα 2.5:** Περιστροφικοί γρναζωτοί εκτοξευτήρες μεγάλων αποστάσεων.

➤ Περιστροφικοί γρاناζωτοί εκτοξευτήρες μεγάλων αποστάσεων (αθλητικών εγκαταστάσεων) από 16 m έως 31 m. Για την κάλυψη αθλητικών εγκαταστάσεων (γήπεδα ποδοσφαίρου, γκολφ , μεγάλων πάρκων κ.τ.λ.) χρησιμοποιούνται εκτοξευτήρες υψηλής ποιότητα και τεχνολογίας. Οι εκτοξευτήρες που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι γρاناζωτού μηχανισμού και κάθε εκτοξευτής έχει ενσωματωμένη ηλεκτρική ή υδραυλική βάνα. Κατασκευάζονται από σκληρό πλαστικό ή πλαστικό με ανοξείδωτο χάλυβα και στα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στον εσωτερικό χώρο των γηπέδων, η κεφαλή τους έχει ειδική κατασκευή από καουτσούκ όπου μπορεί να τοποθετηθεί χλοοτάπητας (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010) .



**Σχήμα 2.6:** Περιστροφικοί γρاناζωτοί εκτοξευτήρες μεγάλων αποστάσεων (αθλητικών εγκαταστάσεων).

- **Ακροφύσια κεφαλές εκτοξευτών.** Τα ακροφύσια είναι ειδικά εξαρτήματα τα οποία τοποθετούνται στην άκρη του εκτοξευτήρα από τα οποία εξέρχεται το νερό. Στα pop up μικρών αποστάσεων η ρύθμιση για τη γωνία κάλυψης εξαρτάται από το ακροφύσιο που θα τοποθετηθεί π.χ. 90 , 180 ,270, 360 μοιρών. Υπάρχουν επίσης ακροφύσια 3,4,5, κ.λπ. μέτρων. Στα pop up που έχουν μηχανισμό για τον καθορισμό της γωνίας κάλυψης, τα ακροφύσια καθορίζουν βασικά την παροχή και δευτερευόντως την ακτίνα εκτόξευσης (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010) .



**Σχήμα 2.7:** Ακροφύσια γранаζωτών εκτοξευτήρων.



**Σχήμα 2.8:** Ακροφύσια στατικών εκτοξευτήρων.

### Ηλεκτρικά Στοιχεία

- **Προγραμματιστής.** Ο προγραμματιστής άρδευσης είναι ουσιαστικά το κέντρο ελέγχου της αυτόματης άρδευσης. Σήμερα οι προγραμματιστές άρδευσης έχουν εξελιχθεί πάρα πολύ, καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται με ταχύτατους ρυθμούς. Έτσι είναι πολύ δύσκολο να παρακολουθήσει κάποιος όλους τους διαθέσιμους. Με την χρήση των οπτικών ινών και των micro-chip οι δυνατότητές τους είναι πλέον τεράστιες. Οι απαραίτητες πλέον δυνατότητες που πρέπει να έχει ένας προγραμματιστής είναι (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010):

- η ποσοστιαία μεταβολή της διάρκειας άρδευσης έτσι ώστε να μπορεί να έχει ο χρήστης πάντα το μέγιστο της απόδοσης του συστήματος του με την μεγαλύτερη οικονομία σε χρόνο και νερό,
- η δυνατότητα εφαρμογής περισσότερων από ένα προγραμμάτων,
- η δυνατότητα αποθήκευσης στατιστικών στοιχείων,
- η δυνατότητα ανίχνευσης προβλημάτων,
- η δυνατότητα διατήρησης του προγράμματος μετά από διακοπή ρεύματος,
- ο αριθμός των εκκινήσεων του προγράμματος ανά ημέρα,
- ο μεγάλος αριθμός στάσεων,
- η δυνατότητα εκκίνησης αντλίας και ηλεκτροβανών,

➤ η δυνατότητα σύνδεσης με διάφορους αισθητήρες, όπως αισθητήρες βροχόπτωσης, υγρασίας, ανέμου κ.α..

- **Κεντρικό σύστημα ελέγχου αρδευτικού δικτύου.** Το σύστημα αυτό είναι μια κεντρική μονάδα που ελέγχει την άρδευση σε όλα τα αρδευτικά δίκτυα μιας περιοχής (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010).

- **Μονοκαλωδιακό σύστημα με αποκωδικοποιητή.** Το σύστημα αυτό αποτελείται από έναν προγραμματιστή, ένα καλώδιο δίκλωνο και από αποκωδικοποιητές. Από των προγραμματιστή ξεκινάει ένα διπλό καλώδιο το οποίο μπορεί να δεχτεί έως 99 στάσεις. Έτσι λοιπόν ανάλογα με τις ανάγκες μπορούν να τοποθετηθούν αποκωδικοποιητές 1, 2, 3, 4 ή 6 στάσεων. Με το σύστημα αυτό γίνεται αντιληπτό πως υπάρχει μεγάλη οικονομία σε καλώδια και πως απλουστεύεται πολύ το σχέδιο άρδευσης. Επίσης με έναν προγραμματιστή μπορεί να καλυφθεί κατά πολύ μεγαλύτερο μέρος αρδευόμενης περιοχής σε σχέση με τους συμβατικούς (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010) .

- **Ηλεκτροβάννα.** Η ηλεκτροβάννα είναι ένα κομβικό κομμάτι στην αυτόματη άρδευση. Ουσιαστικά είναι μία βάννα ή κρουνός που έχει ως ρόλο να επιτρέπει ή όχι την ροή του νερού μέσα στον αγωγό και η λειτουργία του είναι αυτόματη. Ανάλογα με τον τρόπο ενεργοποίησης και λειτουργίας, υπάρχουν δύο κατηγορίες ηλεκτροβανών, οι υδραυλικές και οι ηλεκτρικές. Όταν η εντολή μεταφέρεται από τον προγραμματιστή στην βάννα μέσω ενός μικροσωληνίσκου με νερό ασκώντας υδραυλική πίεση γίνεται αναφορά στην αυτόματη λειτουργία της υδραυλικής βάννας (hydraulic system). Στις ηλεκτρικές βάννες η εντολή από τον προγραμματιστή μεταφέρεται με ηλεκτρικό σήμα χαμηλής τάσης 24V (electric system). Οι ηλεκτροβάννες αποτελούνται από τα εξής τμήματα (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010) :

- Τον κορμό ή κέλυφος.

- Το διάφραγμα, δηλαδή μια μεμβράνη οποία εμποδίζει τη διόδο του νερού μέσα από την βάννα.

Στην πάνω πλευρά του διαφράγματος υπάρχει ένα ελατήριο που ενεργοποιεί βοηθητικά την φάση του κλεισίματος της βάννας.

- Το πηνίο, το οποίο όταν δέχεται την επίδραση του ηλεκτρικού σήματος, δρα ως μαγνήτης με αποτέλεσμα ο πυρήνας που βρίσκεται μέσα στο πηνίο να ανασηκώνεται αφήνοντας ένα μικρό άνοιγμα, μια μικρή διόδο στο καπάκι της ηλεκτροβάννας. Μέσα από αυτή τη διόδο γίνεται δυνατή η ροή του νερού. Αν το ηλεκτρικό σήμα το οποίο μεταφέρεται από τον προγραμματιστή μέσω καλωδίου, σταματήσει, τότε το πηνίο απομαγνητίζεται και ο πυρήνας επιστρέφει στην αρχική θέση του με αποτέλεσμα να σταματάει η διέλευση του νερού.

➤ Η βαλβίδα εξαέρωσης και χειροκίνητης λειτουργίας. Είναι το σύστημα που επιτρέπει την χειροκίνητη λειτουργία της βάνας. Θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην βαλβίδα αυτή γιατί αν δεν είναι καλά κλεισμένη η ηλεκτροβάνα δεν λειτουργεί αυτόματα.



**Σχήμα 2.9:** Ηλεκτροβάνα

Όσον αφορά στην επιλογή της ηλεκτροβάνας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010):

- ✓ Η αξιοπιστία. Το μέτρο αξιοπιστίας μίας ηλεκτροβάνας έγκειται στο αν ανοίγει και κλείνει με ασφάλεια τη στιγμή που θα ζητηθεί. Για να είναι δυνατό αυτό οι ηλεκτροβάνες και ειδικά το διάφραγμα πρέπει να αποτελούνται από υλικά καλής ποιότητας.
- ✓ Αντιπληγματική προστασία. Για να αποφευχθεί το υδραυλικό πλήγμα θα πρέπει οι ηλεκτροβάνες να έχουν ομαλό και αργό άνοιγμα και κλείσιμο.
- ✓ Εύκολη συντήρηση. Πρέπει να αποτελείται όσο το δυνατόν από λιγότερα τμήματα χωρίς πολλές βίδες για την εύκολη συντήρηση και επισκευή.
- ✓ Σωστή επιλογή μεγέθους. Η επιλογή του σωστού μεγέθους της ηλεκτροβάνας γίνεται μέσα από ειδικούς πίνακες εφόσον είναι γνωστή η επιθυμητή παροχή του δικτύου και οι απώλειες τριβών μέσα στην ηλεκτροβάνα. Σε περίπτωση που η παροχή του δικτύου είναι μεγαλύτερη από αυτή που απαιτούν οι εκτοξευτήρες, οι ηλεκτροβάνες πρέπει να έχουν σύστημα ελέγχου ροής (flow control), ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση της απαιτούμενης παροχής. Αν υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην πίεση μεταξύ των διαφόρων

τμημάτων του δικτύου, είναι καλό να χρησιμοποιούνται ηλεκτροβάνες που να έχουν τη δυνατότητα ρύθμισης πίεσης (pressure regulator), έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή ομοιομορφία στην πίεση των διαφόρων τμημάτων.

- **Καλώδια.** Η μεταφορά του ηλεκτρικού σήματος από τον προγραμματιστή στις ηλεκτροβάνες γίνεται μέσω των καλωδίων. Τα καλώδια είναι ειδικών προδιαγραφών (π.χ. Paige USA, NYU κ.λπ.) και έχουν τη δυνατότητα να τοποθετηθούν απευθείας στο έδαφος χωρίς κάποια πρόσθετη προστασία. Τα καλώδια πρέπει να τοποθετούνται κάτω από τους σωλήνες για να προστατεύονται από τυχόν φθορές και να ανιχνεύονται εύκολα σε περίπτωση βλάβης. Για να αποφευχθεί η πιθανότητα βραχυκυκλώματος θα πρέπει η σύνδεση των καλωδίων με την ηλεκτροβάνη να είναι όσο το δυνατό στεγανή (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010) .

- **Αυτόματος ηλεκτρομαγνητικός διακόπτης (Ρελέ).** Πρόκειται για μία ηλεκτρομαγνητική διάταξη η οποία ενεργοποιείται από κάποια εντολή και την οποία μετατρέπει σε μία άλλη. Χρησιμοποιείται συνήθως για την εκκίνηση της αντλίας μέσω εντολής που παίρνει από τον προγραμματιστή. Η εντολή δίνεται με χαμηλής έντασης ηλεκτρικό σήμα (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000 – Χιωτάκης, 2010).

## **2.3 Προϋποθέσεις για την επιλογή και σχεδίαση ενός συστήματος άρδευσης καταιονισμού**

Ο σωστός σχεδιασμός του δικτύου άρδευσης απαιτεί τη συγκέντρωση και μελέτη κάποιων συγκεκριμένων πληροφοριών για παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Οι παράγοντες αυτοί έχουν πολλές φορές κάποια αλληλένδετα στοιχεία μεταξύ τους. Τα σημαντικότερα στοιχεία που πρέπει να μελετηθούν βάση των οποίων καθορίζονται και επηρεάζονται οι παράμετροι για τη σχεδίαση ενός αρδευτικού συστήματος είναι ο υπό άρδευση χώρος που για την παρούσα πτυχιακή εργασία είναι ένας χλοοτάπητας, οι κλιματολογικές συνθήκες και η ποιότητα και ποσότητα του νερού.

### **Χαρακτηριστικά Χλοοτάπητα**

Οι υδατικές ανάγκες ενός χλοοτάπητα σε συνδυασμό με τις κλιματολογικές συνθήκες των διαφορετικών εποχών του έτους εξαρτώνται από το είδος του χλοοτάπητα. Οι χλοοτάπητες χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες τους θερμοφίλους και τους ψυχρόφιλους (Κανταρτζής, 2002).

Οι θερμοφιλοί χλοοτάπητες είναι οι χλοοτάπητες που αγαπούν το θερμό κλίμα και έχουν έντονη ανάπτυξη από τα μέσα της άνοιξης έως τα μέσα του φθινοπώρου. Το χειμώνα πέφτουν σε λήθαργο, κιτρινίζουν και ξαναβλασταίνουν πάλι την άνοιξη. Αναπτύσσονται πολύ καλά σε κλίματα με ζεστό καιρό, ήπιους χειμώνες χωρίς παγετούς. Οι θερμοκρασίες που ευδοκιμούν είναι από 26 °C έως 36 °C.



Αναπτύσσουν βαθύτερο ριζικό σύστημα και παρουσιάζουν αντοχή στην ξηρασία, στην υψηλή θερμοκρασία, την φθορά και την καταπόνηση (Κανταρτζής, 2002).

Οι ψυχρόφιλοι χλοοτάπητες είναι οι χλοοτάπητες που αγαπούν πιο ψυχρά κλίματα και έχουν έντονη ανάπτυξη από τα τέλη του χειμώνα μέχρι τα μέσα του καλοκαιριού. Το διάστημα αυτό μέχρι τα τέλη του καλοκαιριού κάνουν μια παύση στην ανάπτυξή τους και το φθινόπωρο έχουν μια δεύτερη περίοδο έντονης ανάπτυξης, που διαρκεί μέχρι τις αρχές του χειμώνα. Η άριστη θερμοκρασία που ευδοκιμούν είναι από 15,6 °C μέχρι 23,9 °C. Το χειμώνα αναπτύσσονται ελάχιστα αλλά δεν κιτρινίζουν. Το χειμώνα επιζούν από τους παγετούς και το χιόνι, και το καλοκαίρι αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες αρκεί να αρδεύονται καλά. Συνεπώς έχουν περισσότερες αρδευτικές ανάγκες από τις θερμόφιλες ποικιλίες (Κανταρτζής, 2002).

### **Κλιματολογικές Συνθήκες**

Οι κλιματικοί παράγοντες όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου δύνανται να καθορίσουν και την επιλογή του αρδευτικού συστήματος. Οι συγκεκριμένοι κλιματικοί παράγοντες επιδρούν στην εξατμισοδιαπνοή. Εξατμισοδιαπνοή είναι ο βαθμός με τον οποίο το νερό απομακρύνεται από την βλάστηση, μέσω της διαπνοής και από το έδαφος μέσω της εξάτμισης. Συνεπώς η τιμή της εξατμισοδιαπνοής είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της ποσότητας του νερού άρδευσης αλλά και της συχνότητας άρδευσης ώστε να αντισταθμιστούν οι απώλειες (Θεοχάρης, 2000).

Γίνεται αντιληπτό ότι αν η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του υπό άρδευση χώρου είναι μεγάλη (>4-5 m/sec) η εφαρμογή του συστήματος καταιονισμού δεν θα μπορούσε να καλύψει σε ικανοποιητικό βαθμό την εξασφάλιση ομοιόμορφης άρδευσης ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν αυξημένες απώλειες νερού λόγω μεταφοράς των σταγόνων της βροχής εκτός της αρδευόμενης έκτασης. Επιπλέον στις περιοχές που πνέουν διαρκώς ισχυροί άνεμοι, θα πρέπει να συνυπολογιστεί η αυξημένη διαπνοή των φυτών και εξάτμιση από το έδαφος και η πιθανή αδυναμία επιλογής κάποιων τύπων εκτοξευτήρων. Επίσης, η επικράτηση γενικά υψηλών θερμοκρασιών κάνει προβληματική την εφαρμογή του καταιονισμού, γιατί μεγάλες ποσότητες νερού θα χάνονται λόγω της έντονης εξάτμισης του νερού, επομένως δε θα συνίσταται η λειτουργία του δικτύου τις μεσημβρινές ώρες. Από την άλλη, αν η περιοχή του υπό άρδευση χώρου πλήττεται από παγετούς, ο καταιονισμός αποτελεί ένα μέσο αντιπαγετικής προστασίας (Θεοχάρης, 2000).

### **Ποσότητα και Ποιότητα Νερού**

Τόσο η διαθέσιμη ποσότητα όσο και η ποιότητα δύνανται να επηρεάσουν την επιλογή του συστήματος άρδευσης. Σε περίπτωση που η διαθέσιμη ποσότητα νερού είναι περιορισμένη (πηγές μικρής παροχής), το σύστημα καταιονισμού είναι το καλύτερο, γιατί επιτρέπει την καλύτερη εφαρμογή του νερού στον υπό άρδευση χώρο (Θεοχάρης, 2000). Επιπλέον, όταν η διαθέσιμη ποσότητα νερού είναι πολύ μικρή (1-10 L/hg/σταλακτήρα για άρδευση με σταγόνες), τότε ενδείκνυται η άρδευση με σταγόνες. Εκτός από τη διαθέσιμη ποσότητα, σημαντικό ρόλο στην επιλογή του κατάλληλου συστήματος άρδευσης παίζει και η ποιότητά του. Όταν το νερό είναι κρύο και οι καλλιέργειες παρουσιάζουν σχετική ευπάθεια σε αυτό, ή όταν το νερό περιέχει άλατα και προκαλεί εγκαύματα στο φύλλωμα των καλλιεργειών, τότε πρέπει να αποφεύγεται το σύστημα καταιονισμού. Εφόσον υπάρχει η δυνατότητα, συνιστάται η προθέρμανση του νερού σε υπαίθριες δεξαμενές, για να αποκτήσει κατάλληλη θερμοκρασία, η οποία κυμαίνεται γύρω στους 25 °C. Ως προς την επιλογή του συστήματος άρδευσης με αλατούχο νερό, ο καταιονισμός θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε περίπτωση που το φύλλωμα των καλλιεργειών είναι ανθεκτικό στα άλατα. Επίσης τα αλατούχα νερά, προκαλούν σοβαρά προβλήματα εμφράξεων στους σταλακτήρες του συστήματος άρδευσης με σταγόνες λόγω καθίζησης των διαλυμένων αλάτων στην έξοδο του νερού. Το πρόβλημα αυτό είναι μικρότερο στα ακροφύσια των εκτοξευτήρων του συστήματος καταιονισμού (Θεοχάρης, 2000).

### **Σχεδιασμός Δικτύου Άρδευσης**

Αφού ληφθούν υπόψη όλα τα στοιχεία που έχουν συγκεντρωθεί για το μικροκλίμα τις περιοχής και τα χαρακτηριστικά του υπό άρδευση χώρου, ακολουθεί η επιλογή των διαφόρων τύπων εκτοξευτήρων και καθώς και των τομέων (στάσεων) του συγκεκριμένου δικτύου και της τοποθέτησής τους. Η τοποθέτηση δεν είναι τυχαία αλλά γίνεται πάντα σύμφωνα με ορισμένες αρχές οι οποίες λαμβάνονται υπόψη στις εργοστασιακές προδιαγραφές του κάθε προϊόντος (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000).

Οι εκτοξευτήρες τύπου pop up πρέπει να τοποθετούνται με τρόπο ώστε να εξασφαλίζονται οι ιδανικές αλληλοκαλύψεις των πεδίων εκτόξευσης τους, να μειώνονται στο ελάχιστο οι απώλειες σε νερό κατά την άρδευση και να επιτρέπεται η χρησιμοποίησή των προγραμμάτων άρδευσης, ανάλογα με τις υδατικές απαιτήσεις. Οι διατάξεις τοποθέτησης των εκτοξευτήρων είναι (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000, - Τερζίδης, 1994):

- τριγωνική
- τετραγωνική
- μονής σειράς

Όσον αφορά την ισαποχή των εκτοξευτήρων, αυτή εξαρτάται τόσο από την διάταξη αυτών, όσο και από το μέγεθός της ταχύτητας του επικρατούντος ανέμου. Πιο συγκεκριμένα στην τετραγωνική διάταξη η οποία είναι και η πιο συχνή και στην διάταξη μονής σειράς, για ταχύτητες ανέμου 0-6 km/h η

ισαποχή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 50% της διαβρεχόμενης διαμέτρου, ενώ για ταχύτητες μεγαλύτερες των 6 km/h η ισαποχή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 45% της διαβρεχόμενης διαμέτρου. Στην τριγωνική διάταξη η ισαποχή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 55% και 50% της διαβρεχόμενης διαμέτρου για τις αντίστοιχες ταχύτητες. Κατά τον σχεδιασμό των αρδευτικών τομέων, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες παράμετροι (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000, - Τερζίδης, 1994):

- Η άρδευση θάμνων και δένδρων πραγματοποιείται από διαφορετικό τομέα (στάση) από εκείνο των χλοοταπήτων λόγω των διαφορετικών απαιτήσεων σε νερό τόσο ανάλογα με την εποχή όσο και ανάλογα με την ηλικία.
- Δεν επιτρέπεται η λειτουργία στον ίδιο τομέα εκτοξευτήρων που καλύπτουν κεκλιμένα και επίπεδα τμήματα του κήπου ή σκιαζόμενες και μη επιφάνειες.
- Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση εκτοξευτήρων διαφορετικού τύπου, μικρών και μεγάλων αποστάσεων, στον ίδιο τομέα.
- Δεν επιτρέπεται η χρησιμοποίηση διαφορετικών ειδών ή μεγεθών ακροφυσίων στο συγκεκριμένο είδος εκτοξευτή στον ίδιο τομέα εκτός αν αυτό κρίνεται απαραίτητο για την επίτευξη ομοιομορφίας στην ένταση διαβροχής του τομέα.

Όσον αφορά το σχεδιασμό του υδραυλικού δικτύου επικρατούν δύο προσεγγίσεις:

Στην πρώτη η οποία είναι και η αρτιότερη τεχνικά, η τροφοδοσία των αρδευτικών τομέων με νερό γίνεται μέσω ενός κεντρικού αγωγού (πρωτεύοντος), κατά μήκος του οποίου τοποθετούνται ηλεκτροβάνες οι οποίες με την σειρά τους τροφοδοτούν τους δευτερεύοντες αγωγούς των αρδευτικών τομέων. Στην κεφαλή του πρωτεύοντος αγωγού τοποθετείται μία κεντρική ηλεκτροβάνα (master valve) ώστε το δίκτυο να μην βρίσκεται υπό πίεση ο πρωτεύων αγωγός όταν το δίκτυο δεν λειτουργεί.

Στην δεύτερη το υδραυλικό δίκτυο μπορεί να τροφοδοτεί κάθε αρδευτικό τομέα ξεχωριστά, από μία ή περισσότερες υδροληψίες. Η σχεδίαση αυτή προβλέπει την κατασκευή ειδικής υδραυλικής εγκατάστασης (collector). Η συγκεκριμένη σχεδίαση θα πρέπει να πραγματοποιείται μόνο όταν είναι αδύνατη η εγκατάσταση πρωτεύοντος αγωγού, λόγω ειδικών τεχνικών κωλυμάτων. Πρέπει να αναφερθεί ότι η σχεδίαση με πρωτεύοντα αγωγό έχει πολύ μικρότερες απώλειες πίεσης αλλά απαιτούνται περισσότερα μέτρα καλωδίων στην ηλεκτρική εγκατάσταση. Στην δεύτερη περίπτωση αντίθετα, απαιτούνται λιγότερα μέτρα καλωδίων αλλά περισσότερα μέτρα αγωγών άρδευσης (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000, - Τερζίδης, 1994).

Η επιλογή του μεγέθους των αγωγών τόσο του πρωτεύοντος δικτύου όσο και των δευτερευόντων αγωγών πρέπει να ακολουθούν τους ακόλουθους γενικούς κανόνες (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000, - Τερζίδης, 1994):

- Ελαχιστοποίηση των γραμμικών απωλειών πίεσης.

- Ελαχιστοποίηση των τοπικών απωλειών πίεσης. Οι τοπικές απώλειες πίεσης θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη, γιατί όπως έχει παρατηρηθεί είναι δυσανάλογες μεγάλες σε πολύπλοκα δίκτυα.
- Η διαφορά πίεσης μεταξύ της κεφαλής του δικτύου και του τέλους του αρδευτικού αγωγού δεν πρέπει να ξεπερνά το 20%.
- Η μέση ταχύτητα ροής του νερού δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1,5 m/sec (για αποφυγή υδραυλικού πλήγματος και εσωτερικής διάβρωσης των αγωγών).
- Σωστή επιλογή των αγωγών στις υπολογιζόμενες πιέσεις λειτουργίας του δικτύου.
- Ελαχιστοποίηση του κόστους.

Αξίζει να αναφερθεί πως για να καταρτιστεί σωστά ένα αρδευτικό δίκτυο θα πρέπει να είναι γνωστός ο τρόπος που θα κατανέμεται η υγρασία στο έδαφος. Για τον υπολογισμό αυτόν ένας απλός τρόπος είναι χρησιμοποιώντας την βασική διηθητικότητα. Έχει βρεθεί λοιπόν ότι η επιφάνεια και η διάμετρος διαβροχής είναι ευθέως ανάλογα με την παροχή και αντιστρόφως ανάλογα με την βασική διηθητικότητα (Τερζίδης, 1994).

Τέλος όσον αφορά στην ηλεκτρική εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής (Τερζίδης, 1994):

- Η επιλογή των ηλεκτρικών αγωγών θα πρέπει να γίνει βάση των απωλειών της έντασης ηλεκτρικού ρεύματος. Οι ηλεκτρικοί αγωγοί (καλώδια) πρέπει να έχουν προδιαγραφές για άμεση τοποθέτηση στο έδαφος, να είναι δηλαδή αδιάβροχοι π.χ. ΝΥΥ.
- Η επιλογή των ηλεκτροβανών εξαρτάται:
  - Από την ποσότητα του νερού σε m<sup>3</sup>/hr που παρέχεται στο δίκτυο (3/4'', 1'', 1,5'', 2'' κ.λπ.),
  - Από το είδος της άρδευσης (ρορ up ή σταλακτήρες κ.λπ.) που αρδεύει ο συγκεκριμένος τομέας.
  - Από την πίεση του δικτύου, μπορεί να απαιτούνται αντιπληγματικές ηλεκτροβάνες.
- Η επιλογή των φρεατίων μέσα στα οποία τοποθετούνται οι ηλεκτροβάνες εξαρτάται κυρίως από το σύστημα άρδευσης (πρωτεύων αγωγός ή collector). Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούνται συνήθως στρογγυλά φρεάτια μίας ή δύο ηλεκτροβανών ενώ στην δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιούνται μεγάλα παραλληλόγραμμα φρεάτια όπου τοποθετείται ο collector με τις ηλεκτροβάνες.

## 2.4 Άρδευση Αθλητικών Χώρων με Εκτεταμένους Χλοοτάπητες

### 2.4.1. Άρδευτικές απαιτήσεις αθλητικών γηπέδων

Η άρδευση ενός αθλητικού γηπέδου, δηλαδή μίας μεγάλης ανοικτής έκτασης με χλοοτάπητα, απαιτεί τη χρήση εκτοξευτήρων, οι οποίοι εκτοξεύουν νερό σε μεγάλες αποστάσεις (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000).

- Οι εκτοξευτήρες που χρησιμοποιούνται σε αθλητικά γήπεδα πρέπει να έχουν ακτίνα διαβροχής τουλάχιστον 15 m.
- Οι εκτοξευτήρες με μεγάλη ακτίνα διαβροχής απαιτούν μεγάλες παροχές.
- Η χρήση πολλών εκτοξευτήρων μεγάλης παροχής στο ίδιο κύκλωμα (ζώνη) απαιτεί σωληνώσεις μεγάλων διατομών.
- Οι εκτοξευτήρες των αθλητικών γηπέδων δεν θα πρέπει να εμποδίζουν τις αθλητικές δραστηριότητες. Οι καλύτεροι εκτοξευτήρες αθλητικών χώρων υποχωρούν μέχρι και 15 mm κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Με αυτόν τον τρόπο, οι εκτοξευτήρες όχι μόνο είναι αόρατοι αλλά και δεν προκαλούν ατυχήματα στους αθλητές. Στο εμπόριο υπάρχουν τέτοιου τύπου εκτοξευτήρες, που στο άνω τμήμα τους μπορούν να δεχτούν τμήμα χλοοτάπητα.



Σχήμα 2.10: Εκτοξευτήρες Αθλητικών χώρων.

### 2.4.2. Χωροθέτηση εκτοξευτήρων σε αθλητικούς χώρους εκτεταμένου χλοοτάπητα

Οι τεχνικές χωροθέτησης μεγάλων εκτοξευτήρων για την άρδευση αθλητικών χώρων εκτεταμένου χλοοτάπητα είναι δύο (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000):

- Το σύστημα διαχωρισμού των εκτοξευτήρων σε ζώνες. Το σύστημα διαχωρισμού σε ζώνες είναι μία μέθοδος κατά την οποία συνδέονται ομάδες εκτοξευτήρων με ηλεκτροβάνες. Το

σύστημα αυτό είναι κατάλληλο για τις περιπτώσεις, όπου υπάρχουν διαφορετικές περιοχές άρδευσης, οι οποίες πρέπει να ελέγχονται από διαφορετικά κυκλώματα (ζώνες).

➤ Το σύστημα χρήσης εκτοξευτήρων ενσωματωμένης ηλεκτροβάνας. Το σύστημα ενσωματωμένης ηλεκτροβάνας κάνει χρήση εκτοξευτήρων οι οποίοι έχουν, στη μία πλευρά τους (βάση) ή στο εύκαμπτο σύνδεσμο της υδροληψίας, τοποθετημένη μία ηλεκτροβάνα. Η ηλεκτροβάνα του εκτοξευτήρα λειτουργεί όπως ακριβώς και οι ηλεκτροβάνες των κυκλωμάτων. Όταν η ηλεκτροβάνα λαμβάνει εντολή από τον προγραμματιστή, ανοίγει και επιτρέπει στο νερό να διέλθει από τον εκτοξευτήρα.

Σε αρδευτικά συστήματα μεγάλης κλίμακας, το σύστημα ενσωματωμένης ηλεκτροβάνας υπερέχει έναντι του συστήματος διαχωρισμού σε ζώνες. Τα πλεονεκτήματα του συστήματος ενσωματωμένης ηλεκτροβάνας είναι τα εξής (Μπαμπίλης και άλλοι, 2000):

1. Το σύστημα ενσωματωμένης ηλεκτροβάνας απαιτεί σωληνώσεις μικρότερων διατομών από ότι το σύστημα διαχωρισμού σε ζώνες.
2. Όλες οι γραμμές τοποθετούνται στο ίδιο βάθος καθώς δεν υπάρχουν κύριες και δευτερεύουσες διατομές.
3. Δεν χρειάζονται φρεάτια ηλεκτροβανών στο γήπεδο, αφού είναι δυνατή η πρόσβαση για συντήρηση σε όλες τις ηλεκτροβάνες, από την κορυφή του εκτοξευτήρα.
4. Χρησιμοποιούνται σωληνώσεις μικρών διατομών, επομένως οι διατομές των σωληνώσεων και των εξαρτημάτων επαναλαμβάνονται, μειώνοντας έτσι το κόστος του συστήματος.
5. Δεν λαμβάνει χώρα αποστράγγιση στα χαμηλά σημεία, καθώς κάθε εκτοξευτήρας έχει τη δικιά του ηλεκτροβάνα.
6. Οι σωλήνες είναι γεμάτοι με νερό και έχουν συνέχεια πίεση, επομένως δεν λαμβάνει χώρα απότομη αύξηση της πίεσης.
7. Οποιοσδήποτε εκτοξευτήρας του συστήματος μπορεί να συνδεθεί με κάποιον άλλον για παράλληλη λειτουργία. Για παράδειγμα, οι εκτοξευτήρες στο κέντρο ενός ποδοσφαιρικού γηπέδου, οι οποίοι πρέπει να λειτουργήσουν περισσότερο από αυτούς που βρίσκονται στα άκρα του, επειδή το κέντρο χρησιμοποιείται περισσότερο και χρειάζεται περισσότερο νερό, θα μπορούσαν να λειτουργήσουν μαζί.

## **B Μέρος**

---

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

---

---

### Υπολογισμοί Σχεδιασμού για το Αρδευτικό Δίκτυο του Κεντρικού Σταδίου του ΟΑΚΑ

#### 3.1 Αρδευτικές Απαιτήσεις Χλοοτάπητα

##### 3.1.1 Αρδευτικές Απαιτήσεις για Ψυχρόφιλους Χλοοτάπητες

Όπως παρουσιάστηκε στο Α Μέρος της παρούσας πτυχιακής εργασίας οι κλιματικοί παράγοντες όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία η ταχύτητα του ανέμου και η βροχόπτωση είναι καθοριστικής σημασίας για τις απαιτήσεις σε άρδευση του χλοοτάπητα καθώς για τον σχεδιασμό του επιλεγόμενου αρδευτικού συστήματος. Ως εκ τούτου μια διεξοδική προσέγγιση για την εκτίμηση του κλίματος της περιοχής της Αθήνας, όπου έχει τοποθετηθεί ο υπό εξέταση χλοοτάπητας, κρίνεται αναγκαία. Στον Πίνακα 3.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα κλιματολογικά δεδομένα (μέση ελάχιστη και μέση μέγιστη θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα ανέμου, ηλιοφάνεια, ακτινοβολία, βροχόπτωση) για την περιοχή της Αθήνας, για τους 12 μήνες ενός ημερολογιακού έτους. Τα κλιματικά δεδομένα του Πίνακα 3.1 έχουν αντληθεί από την ιστοσελίδα [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr).

Με βάση αυτά τα κλιματικά δεδομένα, το κλίμα της Αθήνας θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως έντονα θερμό μεσογειακό με έντονη θερινή ξηρή περίοδο και σχετικά ήπιο και ημίξηρο χειμώνα. Οι βροχοπτώσεις είναι λίγες και όχι ομοιόμορφα κατανομημένες κατά τη διάρκεια του έτους, ενώ ελάχιστες χιονοπτώσεις εμφανίζονται κατά την περίοδο του χειμώνα



**Πίνακας 3.1:** Κλιματικά Δεδομένα για τους 12 μήνες ενός ημερολογιακού έτους για την Αθήνα  
(Πηγή: [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr)).

Μήνες	Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία (°C)	Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Ηλιοφάνεια (ώρες)	Ακτινοβολία (MJ/m <sup>2</sup> /d)	Βροχόπτωση P (mm)
Ιανουάριος	6,5	12,9	72	2,1	4,5	8,65	45
Φεβρουάριος	6,9	13,6	71	2,1	5,1	10,73	48
Μάρτιος	8,4	16	68	2	6	14,74	43
Απρίλιος	11,6	20,3	61	1,8	8	19,56	28
Μάιος	15,4	25,3	58	1,6	9,8	24,4	17
Ιούνιος	20,1	29,8	52	1,8	11,4	27,05	10
Ιούλιος	22,5	32,6	48	2,1	12,1	27,27	4
Αύγουστος	22,3	32,3	49	2,2	11,5	24,89	5
Σεπτέμβριος	19,2	28,9	56	1,9	9,4	19,51	12
Οκτώβριος	14,9	23,1	66	2	7	13,68	48
Νοέμβριος	11,4	18,6	73	1,8	5,5	10,25	51
Δεκέμβριος	8,3	14,7	73	2	4,4	7,67	67
Έτος	13,96	22,34	62,25	1,95	7,89	17,37	378

Οι συγκεκριμένοι κλιματικοί παράγοντες επιδρούν στην εξατμισοδιαπνοή. Όπως έχει παρουσιαστεί και στο Α Μέρος της παρούσας πτυχιακής εργασίας, η εξατμισοδιαπνοή είναι ο βαθμός με τον οποίο το νερό απομακρύνεται από την βλάστηση, μέσω της διαπνοής και από το έδαφος μέσω της εξάτμισης. Συνεπώς η τιμή της εξατμισοδιαπνοής είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της ποσότητας του νερού άρδευσης αλλά και της συχνότητας άρδευσης. Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται οι τιμές της Εξατμισοδιαπνοής Αναφοράς  $ET_0$  και της Πραγματικής Εξατμισοδιαπνοής  $ET_c$  για τους 12 μήνες ενός ημερολογιακού έτους.

**Πίνακας 3.2:** Οι τιμές της Εξατμισοδιαπνοής Αναφοράς  $ET_0$  και της Πραγματικής Εξατμισοδιαπνοής  $ET_c$  για τους 12 μήνες ενός ημερολογιακού έτους.

Μήνες	$ET_0$ (mm/d)	$ET_0$ (mm)	$ET_c$ (mm)
Ιανουάριος	1,1	34,1	32,395
Φεβρουάριος	1,5	42	39,9
Μάρτιος	2,3	71,3	67,735
Απρίλιος	3,4	102	96,9
Μάιος	4,4	136,4	129,58
Ιούνιος	5,8	174	165,3
Ιούλιος	7,1	220,1	209,095
Αύγουστος	6,3	195,3	185,535
Σεπτέμβριος	4,4	132	125,4
Οκτώβριος	2,7	83,7	79,515
Νοέμβριος	1,4	42	39,9
Δεκέμβριος	1	31	29,45

Ο υπολογισμός της Εξατμισοδιαπνοής Αναφοράς έγινε με τη μέθοδο Penman – Monteith, με τη βοήθεια των προγραμμάτων FAO – CROPWAT – CLIMWAT που παρέχονται στην ιστοσελίδα [www.fao.org](http://www.fao.org) και βασίζονται στον τύπο:

$$ET_0 = \frac{0,408 \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_{air} \cdot (P_s - P_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_{air})}$$

όπου

$R_n$ : Η πυκνότητα ροής καθαρής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του υπό άρδευση χώρου (MJ/m<sup>2</sup>/d)

$G$ : Η πυκνότητα της ροής θερμότητας στο έδαφος (MJ/m<sup>2</sup>/d)

$T$ : Η μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στα 2 m ύψος (°C)

$u_{air}$ : Η ταχύτητα του ανέμου σε 2 m ύψος (m/s)

$P_s$ : Η μερική πίεση κορεσμένων υδρατμών (kPa)

$P_a$ : Η πραγματική πίεση υδρατμών (kPa)

$\Delta$ : Η κλίση καμπύλης πίεσης υδρατμών (kPa/°C)

$\gamma$ : Ψυχομετρική σταθερά (kPa/°C)

Η Εξατμισοδιαπνοή Καλλιέργειας  $ET_c$  υπολογίζεται από τον τύπο:

$$ET_c = k_c \cdot ET_0$$

όπου  $k_c$  φυτικός συντελεστής που για ψυχρόφιλο χλοοτάπητα έχει τιμή 0,95 (FAO, 1992).

Έχοντας υπολογίσει την Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή  $ET_c$  ακολουθεί ο υπολογισμός της ωφέλιμης βροχόπτωσης  $P_{eff}$ . Η ωφέλιμη βροχόπτωση  $P_{eff}$  υπολογίζεται ως εξής (USDA S.C, 1989):

$$P_{eff} = \frac{P \cdot (125 - 0,2 \cdot P)}{125}, \text{ για } P < 250 \text{ mm}$$

$$P_{eff} = 125 + 0,1 \cdot P, \text{ για } P > 250 \text{ mm}$$

όπου  $P$  η βροχόπτωση σε mm.

Με βάση τους υπολογισμούς της Πραγματικής Εξατμισοδιαπνοής  $ET_c$  και της ωφέλιμης βροχόπτωσης  $P_{eff}$  μπορούν να υπολογιστούν οι αρδευτικές ανάγκες σε mm/month και αντιστοίχως σε mm/d για ψυχρόφιλο χλοοτάπητα στην περιοχή της Αθήνας. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3.

**Πίνακας 3.3:** Οι αρδευτικές απαιτήσεις σε mm/month και σε mm/d για ψυχρόφιλο χλοοτάπητα στην περιοχή της Αθήνας με βάση την Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή  $ET_c$  και της ωφέλιμη βροχόπτωσης  $P_{eff}$ .

Μήνες	$ET_c$ (mm)	P (mm)	$P_{eff}$ (mm)	Αρδευτικές Απαιτήσεις ανά μήνα $ ET_c - P_{eff} $ (mm)	Αρδευτικές Απαιτήσεις (mm/d)
Ιανουάριος	32,395	45	41,76	9,36	<b>0,30</b>
Φεβρουάριος	39,9	48	44,32	4,41	<b>0,16</b>
Μάρτιος	67,735	43	40,04	27,69	<b>0,89</b>
Απρίλιος	96,9	28	26,75	70,15	<b>2,34</b>
Μάιος	129,58	17	16,54	113,04	<b>3,65</b>
Ιούνιος	165,3	10	9,84	155,46	<b>5,18</b>
Ιούλιος	209,095	4	3,97	205,12	<b>6,62</b>
Αύγουστος	185,535	5	4,96	180,58	<b>5,83</b>
Σεπτέμβριος	125,4	12	11,77	113,63	<b>3,79</b>
Οκτώβριος	79,515	48	44,31	35,20	<b>1,14</b>
Νοέμβριος	39,9	51	46,84	6,94	<b>0,23</b>
Δεκέμβριος	29,45	67	59,82	30,37	<b>0,98</b>

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 3.3, παρατηρείται ότι κατά την περίοδο από Απρίλιο ως Οκτώβριο παρουσιάζονται πιο έντονες αρδευτικές ανάγκες για έναν ψυχρόφιλο χλοοτάπητα στην περιοχή της Αθήνας, με εύρος από 1,14 mm/d ως 6,62 mm/d.

### 3.1.2 Αρδευτικές Απαιτήσεις για Θερμόφιλους Χλοοτάπητες

Για τον υπολογισμό των υδατικών απαιτήσεων ημερήσιας ανάγκης σε νερό για θερμόφιλο χλοοτάπητα στην περιοχή της Αθήνας, θα ακολουθηθεί η ίδια διαδικασία με αυτήν για τον ψυχρόφιλο χλοοτάπητα, με τη διαφορά ότι ο φυτικός συντελεστής  $k_c$  για θερμόφιλο χλοοτάπητα έχει τιμή 0,85 (FAO, 1992).

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 3.4, παρατηρείται ότι η περίοδος από Απρίλιο ως Σεπτέμβριο παρουσιάζουν πιο έντονες αρδευτικές ανάγκες για έναν θερμόφιλο χλοοτάπητα στην περιοχή της Αθήνας, με εύρος από 2 mm/d ως 5,91 mm/d.

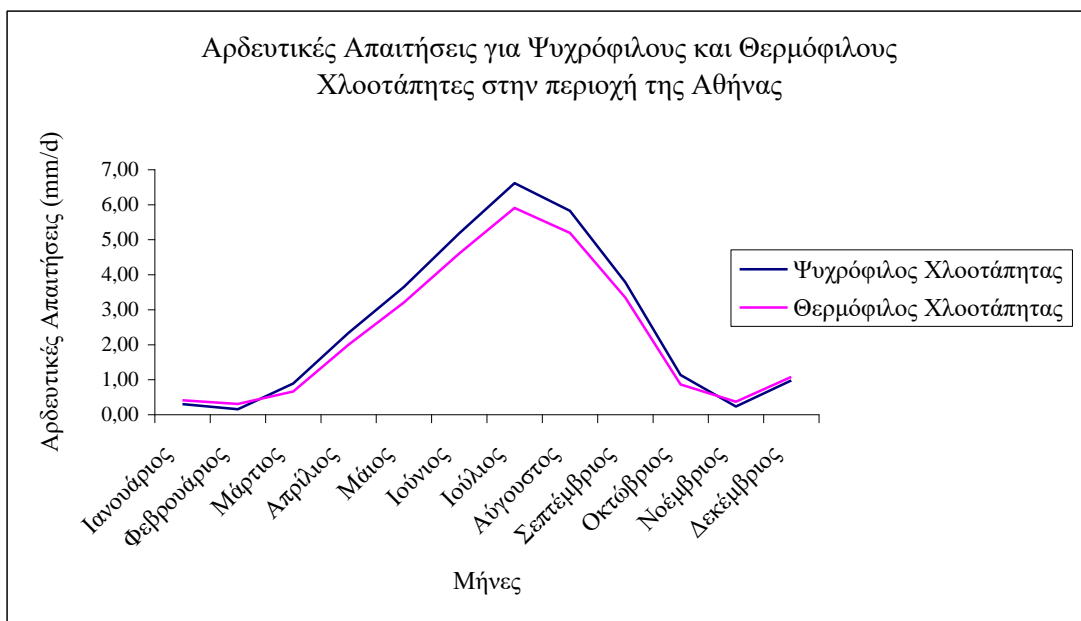
Συγκρίνοντας τις αρδευτικές ανάγκες για έναν ψυχρόφιλο και έναν θερμόφιλο χλοοτάπητα στην περιοχή της Αθήνας, παρατηρούνται τα εξής:

- Οι μήνες αιχμής για τις αρδευτικές ανάγκες για τα δύο είδη χλοοτάπητα είναι κοινοί.
- Οι αρδευτικές ανάγκες στους μήνες αιχμής, σε mm/d, είναι κατά ένα μέσο ποσοστό 12%, μικρότερες για έναν θερμόφιλο χλοοτάπητα από ότι για έναν ψυχρόφιλο χλοοτάπητα.

**Πίνακας 3.4:** Οι αρδευτικές απαιτήσεις σε mm/month και σε mm/d για θερμόφιλο χλοοτάπητα στην περιοχή της Αθήνας με βάση την Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή  $ET_c$  και της ωφέλιμης βροχόπτωσης  $P_{eff}$ .

Μήνες	$ET_c$ (mm)	P (mm)	$P_{eff}$ (mm)	Αρδευτικές Απαιτήσεις ανά μήνα $ ET_c - P_{eff} $ (mm)	Αρδευτικές Απαιτήσεις (mm/d)
Ιανουάριος	28,985	45	41,76	12,78	<b>0,41</b>
Φεβρουάριος	35,7	48	44,32	8,61	<b>0,31</b>
Μάρτιος	60,605	43	40,04	20,56	<b>0,66</b>
Απρίλιος	86,7	28	26,75	59,95	<b>2,00</b>
Μάιος	115,94	17	16,54	99,40	<b>3,21</b>
Ιούνιος	147,9	10	9,84	138,06	<b>4,60</b>
Ιούλιος	187,085	4	3,97	183,11	<b>5,91</b>
Αύγουστος	166,005	5	4,96	161,05	<b>5,20</b>
Σεπτέμβριος	112,2	12	11,77	100,43	<b>3,35</b>
Οκτώβριος	71,145	48	44,31	26,83	<b>0,87</b>
Νοέμβριος	35,7	51	46,84	11,14	<b>0,37</b>
Δεκέμβριος	26,35	67	59,82	33,47	<b>1,08</b>

Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζεται η σύγκριση των αρδευτικών αναγκών ενός ψυχρόφιλου και ενός θερμόφιλου χλοοτάπητα, στην περιοχή της Αθήνας, για τους 12 μήνες ενός ημερολογιακού έτους.



**Σχήμα 3.1:** Σύγκριση των αρδευτικών αναγκών ενός ψυχρόφιλου και ενός θερμόφιλου χλοοτάπητα, στην περιοχή της Αθήνας, για τους 12 μήνες ενός ημερολογιακού έτους.

### 3.1.3 Αρδευτικές Απαιτήσεις για τον ψυχρόφιλο χλοοτάπητα του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ

Ο υπό άρδευση χώρος του αγωνιστικού χλοοτάπητα έχει επιφάνεια:

$$A = 110\text{m} \times 73\text{m} = 8030 \text{ m}^2$$

Επομένως μπορούν να υπολογιστούν οι αρδευτικές ανάγκες (Πίνακας 3.5) του ψυχρόφιλου χλοοτάπητα του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ, οι οποίες παρουσιάζονται Σχήμα 3.2, για τους 12 μήνες ενός ημερολογιακού έτους. Παρατηρείται ότι οι μήνες αιχμής των αρδευτικών αναγκών του εν λόγω χλοοτάπητα είναι από Απρίλιο μέχρι Σεπτέμβριο.

**Πίνακας 3.5:** Οι αρδευτικές απαιτήσεις του χλοοτάπητα του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ.

Μήνες	Αρδευτικές Απαιτήσεις (mm/d)	Αρδευτικές Απαιτήσεις της επιφάνειας του χλοοτάπητα του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ (m <sup>3</sup> /d)
Ιανουάριος	0,30	2,43
Φεβρουάριος	0,16	1,27
Μάρτιος	0,89	7,17
Απρίλιος	2,34	18,78
Μάιος	3,65	29,28
Ιούνιος	5,18	41,61
Ιούλιος	6,62	53,13
Αύγουστος	5,83	46,77
Σεπτέμβριος	3,79	30,42
Οκτώβριος	1,14	9,12
Νοέμβριος	0,23	1,86
Δεκέμβριος	0,98	7,87



**Σχήμα 3.2:** Οι αρδευτικές απαιτήσεις της επιφάνειας του ψυχρόφιλου χλοοτάπητα του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ.

### 3.2 Διάταξη και Χωροθέτηση Εκτοξευτήρων στον Χλοοτάπητα του Κεντρικού Σταδίου του ΟΑΚΑ

Η άρδευση του χλοοτάπητα του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ γίνεται με αυτόματα συστήματα στα οποία χρησιμοποιούνται υπόγειοι αυτοανυψούμενοι περιστροφικοί εκτοξευτήρες τύπου pop-up. Για την διάταξη των εκτοξευτήρων και την εφαρμογή των συνηθισμένων κανόνων χωροθέτησης πρέπει να ληφθούν υπόψη οι εξής παράγοντες:

- το μέγεθος και το σχήμα του υπό άρδευση χώρου,
- η επίδραση του ανέμου στην κάλυψη των εκτοξευτήρων και
- το γεγονός ότι όλος ο χώρος στο αθλητικό γήπεδο δεν έχει τις ίδιες απαιτήσεις σε νερό, αφού οι περιοχές που χρησιμοποιούνται περισσότερο, όπως το κέντρο του γηπέδου, χρειάζονται περισσότερο νερό από ότι τα άκρα του.

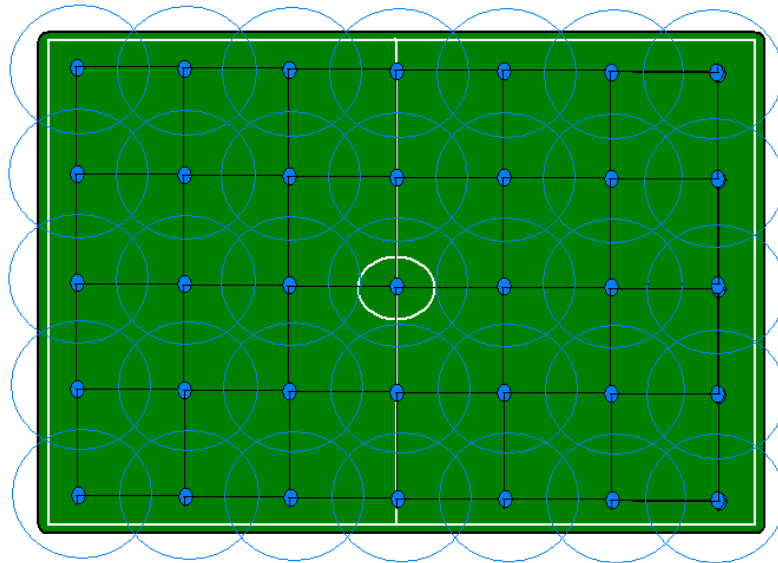
Αρχικά πρέπει να γίνει η επιλογή των ζωνών (στάσεων) του αρδευτικού συστήματος. Η χρήση πολλών μικρών στάσεων, αντί λίγων μεγάλων στάσεων, έχει καθιερωθεί πλέον στην σχεδίαση αρδευτικών συστημάτων (Richard. B. Choate, 1987, Edward Pira, E., 1992). Οι μικρές και πολλές στάσεις προσφέρουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Καλύτερο έλεγχο αντιστάθμισης των επιδράσεων του αέρα, κατά την άρδευση σημαντικών περιοχών, όπως είναι το κέντρο του γηπέδου, αφού θα εφαρμοστούν μικρότερες διαμέτροι κάλυψης.
- Δυνατότητα μεταβολής του ρυθμού απόδοσης νερού σε μικρές γειτονικές περιοχές διαφορετικού βαθμού χρήσης.
- Καλύτερη ομοιομορφία κάλυψης.
- Καλύτερος έλεγχος της ταχύτητας εφαρμογής νερού.
- Μικρότερες παροχές και μικρότερες πιέσεις οι οποίες απαιτούν χρήση μικρότερων μεγεθών σωλήνων και αυτοματισμών.
- Δυνατότητα χρήσης σωληνώσεων και ηλεκτροβανών μικρότερων διατομών.

Το επόμενο βήμα είναι η επιλογή του αριθμού και του τρόπου χωροθέτησης των εκτοξευτήρων. Οι επικαλύψεις των τομέων διαβροχής των εκτοξευτήρων στο κέντρο του γηπέδου θα πρέπει να καλύπτουν μια σειρά απαιτήσεων: Το πλάτος της κάλυψης εξαρτάται από τη διάταξη των εκτοξευτήρων (την μεταξύ τους απόσταση και τον αριθμό των σειρών), τη διάμετρο κάλυψης των εκτοξευτήρων, και την επίδραση του ανέμου. Η επιλογή του αριθμού των εκτοξευτήρων σε κάθε σειρά θα πρέπει να γίνεται με κριτήριο την κάλυψη της υπό άρδευση επιφάνειας. Οι εκτοξευτήρες σε κάθε σειρά θα πρέπει να τοποθετούνται σε αποστάσεις οι οποίες είναι ίσες με το 50% περίπου της διαμέτρου κάλυψης τους. Όταν οι άνεμοι υπερβαίνουν τη μέτρια ένταση, οι αποστάσεις συχνά μειώνονται στο 45% ή ακόμα και



στο 40% της διαμέτρου κάλυψης. Για τις απαιτήσεις της συνολικής κάλυψης της αρδευόμενης επιφάνειας, όσο και για την ομοιόμορφη διαβροχή της προτείνεται η διατήρηση ίσων αποστάσεων (ισαποχή) μεταξύ των εκτοξευτήρων.



**Σχήμα 3.3:** Χωροθέτηση Εκτοξευτήρων στο κεντρικό στάδιο του ΟΑΚΑ

Ο υπό άρδευση χώρος του αγωνιστικού χλοοτάπητα έχει επιφάνεια:  $A = 110\text{m} \times 73\text{m} = 8030 \text{ m}^2$ . Σύμφωνα με τα παραπάνω για την άρδευση του χλοοτάπητα του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτοανυψούμενοι εκτοξευτήρες που ο καθένας θα έχει **μέγιστη ακτίνα 24,7 m**. Οι εκτοξευτήρες θα τοποθετηθούν σε τετραγωνική διάταξη και δεδομένου ότι ο εν λόγω αθλητικός χώρος βρίσκεται στα βόρεια προάστια της Αθήνας και η πιθανότητα οι άνεμοι σε αυτή την περιοχή να υπερβαίνουν τη μέση ένταση, η ισαποχή μεταξύ των εκτοξευτήρων προτείνεται στο **37% της διαμέτρου διαβροχής τους**. Καταλήγοντας ο υπό άρδευση χώρος του αγωνιστικού χλοοτάπητα θα καλυφθεί από **35 εκτοξευτήρες** σε ισαποστάσεις **18,28 m x 18,28 m**, οι οποίοι θα διαχωρίζονται σε **5 στάσεις των 7 εκτοξευτήρων**.

### **3.3 Περιγραφή Αντλητικού Συστήματος Άρδευσης και Υπολογισμοί Υδραυλικών Απωλειών**

#### **3.3.1 Γενικά Στοιχεία**

Το νερό άρδευσης προέρχεται από δεξαμενή χωρητικότητας **2300 m<sup>3</sup>** που βρίσκεται κάτωθεν του αγωνιστικού χώρου. Η τροφοδοσία με νερό άρδευσης θα γίνεται από τη δεξαμενή μέσω αντλητικού συγκροτήματος. Η δεξαμενή θα πληρώνεται με το νερό δύο γεωτρήσεων και με νερό της ΕΥΔΑΠ.

### 3.3.2 Αντλίες

Όταν οι ανάγκες μίας υδραντλητικής εγκατάστασης δεν μπορούν να καλυφθούν από μία μόνο αντλία, τότε χρησιμοποιούνται δύο ή περισσότερες αντλίες συνδεδεμένες σε σειρά ή παράλληλα. Η σύνδεση των αντλιών σε σειρά χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που απαιτείται μεγάλο μανομετρικό ύψος, όπως λόγω χάρη στη μεταφορά νερού σε δεξαμενές με μεγάλη υψομετρική διαφορά. Η παράλληλη σύνδεση αντλιών χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που απαιτείται μεγάλη παροχή. Επίσης η λειτουργία δύο ή περισσότερων αντλιών σε παράλληλη διάταξη ικανοποιεί μεγαλύτερο εύρος απαιτήσεων αναφορικά με την παροχή κατά τον πλέον οικονομικό τρόπο, ιδιαίτερα όταν οι απαιτήσεις της εγκατάστασης δεν είναι σταθερές με το χρόνο ή παρουσιάζουν μεταβαλλόμενο εύρος αναφορικά με την απαιτούμενη παροχή.

Στην παράλληλη σύνδεση δύο αντλιών ισχύει ότι κάθε μανομετρικό  $H = H_1 = H_2$ , η ολική παροχή είναι το άθροισμα των παροχών  $Q = Q_1 + Q_2$ , των δύο αντλιών που αντιστοιχούν στο θεωρούμενο μανομετρικό (Nektarios, 2007 – Νεκτάριος, 2005).

Με βάση την προηγούμενη ανάλυση, στην περίπτωση άρδευσης του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ, στο οποίο απαιτείται μεγάλη παροχή, η τροφοδοσία του συστήματος άρδευσης θα επιτυγχάνεται με τη χρήση 3 αντλιών οι οποίες θα τοποθετηθούν **παράλληλα**, θα έχουν **παροχή 16 m<sup>3</sup>/h και πίεση 8 atm** η κάθε μία και θα διαθέτουν αυτοματισμό εναλλαγής προκειμένου να έχουν ομοιόμορφη φθορά. Με το σύστημα αυτό 2 αντλίες θα απαιτούνται για την άρδευση του χλοοτάπητα, ενώ η τρίτη θα εξασφαλίζει την απρόσκοπτη και συνεχή λειτουργία του συστήματος άρδευσης σε περίπτωση βλάβης μίας εκ των τριών αντλιών (Nektarios, 2007 – Νεκτάριος, 2005).

### 3.3.3 Υπολογισμός του Χρόνου Λειτουργίας του Αρδευτικού Συστήματος

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς της προηγούμενης παραγράφου κάθε στάση θα έχει παροχή 32 m<sup>3</sup>/h. Επομένως οι 5 στάσεις του αρδευτικού συστήματος θα έχουν παροχή  $5 \cdot 32 = 160 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ . Στον Πίνακα 3.5 παρουσιάστηκαν οι αρδευτικές απαιτήσεις του χλοοτάπητα του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ. Με βάση αυτές τις τιμές και τη συνολική παροχή των 5 στάσεων μπορεί να υπολογιστεί ο χρόνος λειτουργίας του αρδευτικού συστήματος ημερησίως, για τους μήνες αιχμής (Πίνακας 3.6). Παρατηρείται ότι ο χρόνος αυτός κυμαίνεται από 7 ως 20 λεπτά της ώρας ημερησίως.

**Πίνακας 3.6:** Ο χρόνος λειτουργίας του αρδευτικού συστήματος ημερησίως για τον χλοοτάπητα του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ, για του μήνες αιχμής.

Μήνες	Αρδευτικές Απαιτήσεις της επιφάνειας του χλοοτάπητα του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ (m <sup>3</sup> /d)	h/d	min/d
Απρίλιος	18,78	0,12	7,04
Μάιος	29,28	0,18	10,98
Ιούνιος	41,61	0,26	15,60
Ιούλιος	53,13	0,33	19,92
Αύγουστος	46,77	0,29	17,54
Σεπτέμβριος	30,42	0,19	11,41

### 3.3.4 Υπολογισμοί Υδραυλικών Απωλειών του Αρδευτικού Δικτύου

#### Γραμμικές Υδραυλικές Απώλειες Κυρίου Αγωγού

Λαμβάνοντας υπόψη την παροχή  $Q = 32 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0089 \text{ m}^3/\text{s}$  και την μέγιστη ταχύτητα του νερού εντός του κύριου αγωγού  $u_{\max} = 1,5 \text{ m/s}$ , μπορεί να υπολογιστεί η διάμετρος του, σύμφωνα με τη σχέση:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi u_{\max}}} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0089}{\pi \cdot 1,5}} \Rightarrow D = 0,0871 \text{ m}$$

Συνεπώς προτείνεται η χρήση πλαστικού αγωγού από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) κατασκευασμένοι κατά DIN 8074/8075, διατομής Φ90, πίεσης 16 atm.

Από τον υπολογισμό του αριθμού Re, είναι δυνατός ο προσδιορισμός του είδους της ροής και επομένως και του συντελεστή τριβής f, του αγωγού.

$$Re = \frac{\rho u_{\max} D}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,0871}{0,89 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow Re = 1,5 \cdot 10^5 > 4000$$

Πρόκειται για τυρβώδη ροή σε τραχείς σωλήνες, επομένως ο υπολογισμός του συντελεστή τριβής f θα γίνει από τη σχέση

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{e/D}{3,7} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right)$$

που προσεγγιστικά ισούται με  $f = 0,003$ .

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα μπορούν να υπολογιστούν οι υδραυλικές απώλειες στον κύριο

αγωγό από τη σχέση Darcy – Weisbach,  $H_L = \frac{8 \cdot f \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5}$  :

	<b>Απώλειες σε bar</b>	<b>Απώλειες σε mΣΥ</b>
1 <sup>η</sup> Στάση	0,15	1,5
2 <sup>η</sup> Στάση	0,26	2,6
3 <sup>η</sup> Στάση	0,28	2,8
4 <sup>η</sup> Στάση	0,39	3,9
5 <sup>η</sup> Στάση	0,41	4,1

$$1 \text{ bar} = 10 \text{ mΣΥ}$$

### **Γραμμικές Απώλειες των αγωγών που είναι τοποθετημένοι οι εκτοξευτήρες**

Για τις γραμμικές απώλειες αγωγών στους οποίους είναι τοποθετημένοι οι εκτοξευτήρες θα ληφθεί υπόψη ο συντελεστής Christiansen F:

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \xrightarrow{\frac{m=1,9}{N=7}} F = 0,345 + 0,071 + 0,003 \Rightarrow F = 0,42 \text{ mΣΥ}$$

### **Τοπικές Απώλειες**

Οι τοπικές απώλειες (απώλειες σε υδραυλικά εξαρτήματα, καμπές και γωνίες του κύριου αγωγού) θα θεωρηθούν ίσες με το 10% των γραμμικών απωλειών.

### **Απώλειες λόγω υψομετρικής διαφοράς**

Οι απώλειες λόγω υψομετρικής διαφοράς από τη δεξαμενή άντλησης στον αγωγό κατάθλιψης είναι  $0,5 \text{ bar} = 5 \text{ mΣΥ}$ .

### **Απώλειες λόγω Ηλεκτροβανών**

Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κατασκευαστών προκύπτει ότι οι απώλειες των ηλεκτροβανών είναι ίσες με  $0,33 \text{ bar} = 3,3 \text{ mΣΥ}$ .

### **Απαιτούμενη Πίεση Λειτουργίας Πιεστικού**

Για να επιτευχθεί η ομαλή και άρτια λειτουργία σε όλους τους γρاناζωτούς εκτοξευτήρες θα πρέπει όπως προκύπτει από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κατασκευαστών, να λειτουργούν στην γραμμή άρδευσης με πίεση τουλάχιστον 6 bar → 60 mΣΥ (η πίεση κατά μήκος του δικτύου να είναι τέτοια ώστε η απόκλιση στην παροχή να μην υπερβαίνει το 10%).

Συνοψίζοντας

<b>1<sup>η</sup> Στάση</b>	<b>Απώλειες σε mΣΥ</b>
Απώλειες Υψομετρικής Διαφοράς	5
Συνολικές Γραμμικές Απώλειες (κύριου αγωγού και αγωγών που είναι τοποθετημένοι οι εκτοξευτήρες)	2,42
Τοπικές απώλειες	0,24
Απώλειες Ηλεκτροβανών	3,3
<b>Συνολικές Απώλειες</b>	<b>10,96</b>
<b>Απαιτούμενη Πίεση Λειτουργίας Πιεστικού</b>	<b>60+10,96=70,96</b>

<b>2<sup>η</sup> Στάση</b>	<b>Απώλειες σε mΣΥ</b>
Απώλειες Υψομετρικής Διαφοράς	5
Συνολικές Γραμμικές Απώλειες (κύριου αγωγού και αγωγών που είναι τοποθετημένοι οι εκτοξευτήρες)	3,02
Τοπικές απώλειες	0,302
Απώλειες Ηλεκτροβανών	3,3
<b>Συνολικές Απώλειες</b>	<b>11,622</b>
<b>Απαιτούμενη Πίεση Λειτουργίας Πιεστικού</b>	<b>60+11,622=71,622</b>

<b>3<sup>η</sup> Στάση</b>	<b>Απώλειες σε mΣΥ</b>
Απώλειες Υψομετρικής Διαφοράς	5

Συνολικές Γραμμικές Απώλειες ( <i>κύριου αγωγού και αγωγών που είναι τοποθετημένοι οι εκτοξευτήρες</i> )	3,22
Τοπικές απώλειες	0,322
Απώλειες Ηλεκτροβανών	3,3
<b>Συνολικές Απώλειες</b>	<b>11,842</b>
<b>Απαιτούμενη Πίεση Λειτουργίας Πιεστικού</b>	<b>60+11,842=71,842</b>
	<b>2</b>

<b>4<sup>η</sup> Στάση</b>	<b>Απώλειες σε mΣΥ</b>
Απώλειες Υψομετρικής Διαφοράς	5
Συνολικές Γραμμικές Απώλειες ( <i>κύριου αγωγού και αγωγών που είναι τοποθετημένοι οι εκτοξευτήρες</i> )	4,32
Τοπικές απώλειες	0,432
Απώλειες Ηλεκτροβανών	3,3
<b>Συνολικές Απώλειες</b>	<b>13,052</b>
<b>Απαιτούμενη Πίεση Λειτουργίας Πιεστικού</b>	<b>60+13,052=73,052</b>
	<b>2</b>

<b>5<sup>η</sup> Στάση</b>	<b>Απώλειες σε mΣΥ</b>
Απώλειες Υψομετρικής Διαφοράς	5
Συνολικές Γραμμικές Απώλειες ( <i>κύριου αγωγού και αγωγών που είναι τοποθετημένοι οι εκτοξευτήρες</i> )	4,52
Τοπικές απώλειες	0,452
Απώλειες Ηλεκτροβανών	3,3
<b>Συνολικές Απώλειες</b>	<b>13,272</b>
<b>Απαιτούμενη Πίεση Λειτουργίας Πιεστικού</b>	<b>60+13,272=73,272</b>
	<b>2</b>

Καταλήγοντας η πίεση του αντλητικού συστήματος θα πρέπει με βάση τους παραπάνω υπολογισμούς να φτάνει περίπου τα **7,3 bar**.

### 3.3.5 Σχεδιασμός Αντιπληγματικής Προστασίας

Ο σχεδιασμός της προστασίας του δικτύου έναντι πλήγματος, βασίζεται στα εξής βήματα (Τεχνική Έκθεση, 2007-2013):

1. Πλήγματα αντλιοστασίου καταθλίψεως
2. Πλήγματα στο αρδευτικό δίκτυο από χειρισμό υδροληψιών

#### 1. Πλήγματα αντλιοστασίου καταθλίψεως

Απότομη διακοπή της λειτουργίας των αντλιών προκαλεί αύξηση της πίεσης στην έξοδο τους η οποία μεταδίδεται στους αγωγούς. Η πίεση αυτή πρέπει να εκτιμηθεί και αν απαιτείται να περιορισθεί. Η μέγιστη πίεση που προκαλείται από την απότομη διακοπή της λειτουργίας των αντλιών δίνεται από τη σχέση:

$$H_{\max} = H_m + \frac{\alpha \cdot \Delta u}{g}$$

όπου

- $H_{\max}$ : Η ολική πίεση κατά τη διάρκεια του πλήγματος
- $H_m$ : Η πίεση στον καταθλιπτικό αγωγό κατά την ώρα λειτουργίας των αντλιών ίση με το απαιτούμενο μανομετρικό ύψος των αντλιών σε παράλληλη σύνδεση και δίνεται από τον τύπο  $H_m = H + h_f$ , όπου  $H$  η γεωδαιτική διαφορά μεταξύ κατώτατης στάθμης αναρρόφησης και ανώτατης στάθμης προώθησης και  $h_f$  οι απώλειες του καταθλιπτικού αγωγού
  - $\alpha$ : Η ταχύτητα μετάδοσης ελαστικών κυμάτων σε σωλήνες πολυαιθυλενίου. Θεωρείται για σωλήνες πολυαιθυλενίου ίση με 350 m/s.
  - $\Delta u$ : Η ταχύτητα στον καταθλιπτικό αγωγό ( $\Delta u=1,5$  m/s).
  - $g$ : Η επιτάχυνση της βαρύτητας (9,81 m/s<sup>2</sup>)

Υπολογίζοντας προκύπτει ότι:

$$H_m = H + h_f \Rightarrow H_m = H + \frac{8 \cdot f \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5} \Rightarrow H_m = 16 + \frac{8 \cdot 0,003 \cdot 0,089^2}{\pi^2 \cdot 9,81 \cdot 0,0871^5} \cdot 10 \Rightarrow$$

$$H_m = 16 + 3,96 \Rightarrow H_m = 19,96 \text{ mΣΥ}$$

$$\frac{\alpha \cdot \Delta u}{g} = \frac{350 \cdot 1,5}{9,81} = 53,5 \text{ mΣΥ}$$

Άρα:

$$H_{\max} = 19,96 + 53,5 = 73,46 \text{ mΣΥ} \approx 73 \text{ mΣΥ}$$

**Συνεπώς δεν απαιτείται ιδιαίτερη αντιπληγματική προστασία των αντλιών.**

## **2. Πλήγματα στο αρδευτικό δίκτυο από χειρισμό υδροληψιών**

Για κάθε υδροληψία και δικλείδα, θεωρείται ότι το κύμα υπερπίεσεως εξελίσσεται στον αγωγό που παρεμβάλλεται μεταξύ της υπό έλεγχο θέσεως και της δεξαμενής άρδευσης όπου και ανακλάται. Το μήκος αυτής της διαδρομής ανάγεται σε μήκος αγωγού διαμέτρου ίσης με αυτήν της υδροληψίας.

Ο χρόνος χειρισμού της δικλείδας  $T_{\chi}$ , λαμβάνεται ίσος με  $T_{\chi} = 5$  s, σύμφωνα με την Εγκύκλιο Δ. 22200/30-7-1977, για αγωγούς με διάμετρο μέχρι 300 mm.

Αν ο αγωγός, στο μήκος που εξετάζεται, δεν έχει ενιαία διάμετρο, τότε το μήκος  $L$ , που χρειάζεται για την εφαρμογή των τύπων, υπολογίζεται με αναγωγή των επί μέρους μηκών σε ισοδύναμα μήκη και άθροισή τους, σύμφωνα με την εξίσωση:

$$L = L_1 + L_2 \cdot \frac{A_1}{A_2} + L_3 \cdot \frac{A_1}{A_3} + \dots$$

όπου

$L_1, L_2, L_3, \dots$  τα επιμέρους μήκη

$A_1, A_2, A_3, \dots$  οι αντίστοιχες διατομές

$L$  το συνολικό μήκος ανηγμένο σε διατομή  $A_1$

Το συνολικό μήκος ανηγμένο σε διατομή  $A_1$ ,  $L$ , δόθηκε από τον υπεύθυνο μηχανολογικών εγκαταστάσεων του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ ίσο με  $L = 375$  m.

Ο χρόνος  $T_{\mu}$  που απαιτείται για την μετάβαση του κύματος υπερπίεσης στην αρχή του αγωγού και επιστροφή στη θέση της δικλείδας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$T_{\mu} = \frac{2L}{\alpha} \Rightarrow T_{\mu} = \frac{2 \cdot 375}{350} \Rightarrow T_{\mu} = 2,14s$$

Άρα  $T_{\chi} > T_{\mu}$  και επομένως για τον υπολογισμό της υπερπίεσης θα χρησιμοποιηθεί ο τύπος Micheaud – Marchetti:

$$\Delta P = \frac{2L}{g} \cdot \frac{\Delta u}{T_{\chi}} \Rightarrow \Delta P = \frac{2 \cdot 375}{9,81} \cdot \frac{1,25}{5} \Rightarrow \Delta P = 19,1m\Sigma Y$$

Κίνδυνος υδραυλικού πλήγματος υπάρχει όταν το άθροισμα της ονομαστικής πίεσης του αντλητικού συστήματος και της υπερπίεσης υπερβαίνει τα 100mΣY (10 atm).



Άρα:

$$P_{ov} + \Delta P = 80 + 19,11 = 99,11 \text{mΣΥ} < 100 \text{mΣΥ}$$

Από τους υπολογισμούς παρουσιάζεται οριακά κίνδυνος υδραυλικού πλήγματος.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

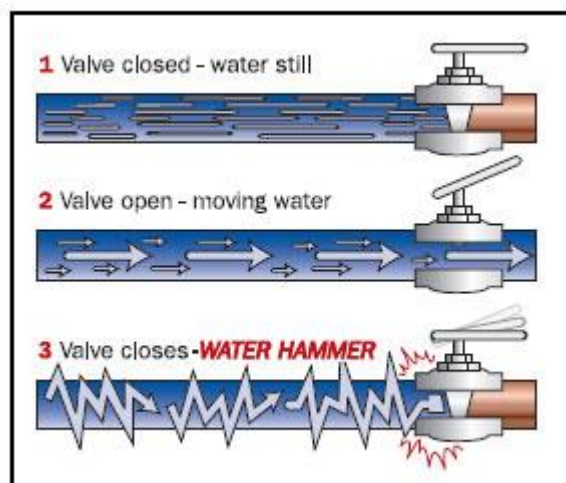
---

### Προβλήματα Λειτουργίας λόγω Υδραυλικού Πλήγματος του Αρδευτικού Δικτύου του Κεντρικού Σταδίου του ΟΑΚΑ

#### 4.1 Εισαγωγή

##### 4.1 Υδραυλικό Πλήγμα

Το υδραυλικό πλήγμα ή αλλιώς πλήγμα κριού (water hammer) αποτελεί ένα μη – μόνιμο υδραυλικό φαινόμενο κατά το οποίο δημιουργούνται σε κλειστούς αγωγούς απότομες μεταβολές της ταχύτητας ή της πίεσης. Μεταβολές τη ταχύτητας μπορούν να παρουσιαστούν σε έναν αγωγό όταν μηδενιστεί απότομα η παροχή, δηλαδή όταν κάποια βάνα του υδραυλικού συστήματος κλείσει απότομα και γρήγορα είτε λόγω βλάβης είτε λόγω κακού χειρισμού. Μεταβολές της πίεσης μπορούν να παρουσιαστούν σε αγωγούς κατάθλιψης, όπου πέφτει απότομα και αρκετά η πίεση στη θέση του αγωγού λόγω διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος οπότε και σταματάει η λειτουργία των αντλιών του υδραυλικού συστήματος.



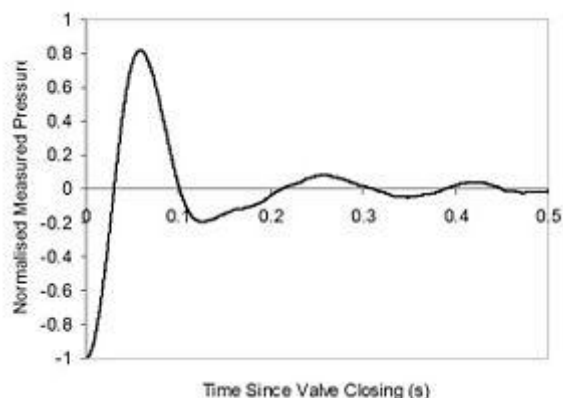
#### Σχήμα 4.1: Σχηματική Απεικόνιση Υδραυλικού Πλήγματος.

Ακριβώς πριν τη δημιουργία υδραυλικού πλήγματος, κατά τη διάρκεια της μόνιμης ροής, αναπτύσσονται ισχυρές εναλλασσόμενες υπερπίεσεις και υποπίεσεις στον αγωγό, γύρω από τις ονομαστική τιμή πίεσης του αγωγού, οι οποίες κινούνται μέσα στον αγωγό με τη μορφή κυμάτων και με την ταχύτητα του ήχου του ρευστού (Μισηρλής, 2011). Οι τιμές της υπερπίεσης ή της υποπίεσης μπορεί να είναι πολλαπλάσιες της ονομαστικής πίεσης, ενώ η ένταση του φαινομένου εξαρτάται από την βαθμό μεταβολής που υπέστη η παροχή ή η πίεση, καθώς και από το πόσο μικρό ήταν το χρονικό διάστημα της μεταβολής αυτής (παροχή ή/και πίεση) που προκάλεσε το υδραυλικό πλήγμα. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, κατά τη διάρκεια του υδραυλικού πλήγματος, ο αγωγός για ένα μικρό χρονικό διάστημα, καταπονείται εναλλασσόμενα σε εφελκυστικές από τα κύματα υπερπίεσεων και σε θλιπτικές από τα κύματα υποπίεσεων τάσεις που αναπτύσσονται κατά τη μη μόνιμη ροή. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, αν ο αγωγός δεν είναι εφοδιασμένος με αντιπληγματικές διατάξεις που μετριάζουν την ένταση του υδραυλικού πλήγματος ή δεν έχει θωρακιστεί με ιδιαίτερη αντοχή σε ορισμένα τμήματά του, υφίσταται καταπόνηση κόπωσης, η οποία επαναλαμβανόμενη για ένα αριθμό επαναλήψεων, μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία ρωγμών επιφανειακά του αγωγού και τελικά στη θραύση (Μισηρλής, 2011). Συνήθως οι αγωγοί στους οποίους δημιουργείται υδραυλικό πλήγμα είναι κύριοι αγωγοί του δικτύου (Παπακώστα, 2009).

#### 4.2 Αιτίες Πρόκλησης Υδραυλικού Πλήγματος

Με δεδομένο ότι το κλείσιμο μίας βάνας γίνεται ακαριαία ( $\Delta t \rightarrow 0$ ), ο βαθμός έντασης του υδραυλικού πλήγματος εξαρτάται από το πόσο στιγμιαία είναι η μεταβολή της ταχύτητας του ρευστού και επομένως η αύξηση της πίεσης. Κριτήριο για τον υπολογισμό της μέγιστης υπερπίεσης που μπορεί να προκληθεί στον αγωγό κατά τον χρόνο χειρισμού των βαλβίδων ή κρουστών  $T_{\chi}$ , είναι ο χρόνος  $T_{\mu}$  ( $T_{\mu}=2L/a$  Κεφάλαιο 2 της παρούσας πτυχιακής), που απαιτείται για τη μετάβαση του κύματος υπερπίεσης στην αρχή του αγωγού και επιστροφή στη θέση της δικλείδας (Παπακώστα, 2009):

- Αν  $T_{\chi} < T_{\mu}$ , τότε το υδραυλικό πλήγμα θα είναι σημαντικό, η δε αύξηση της πίεσης θα είναι της τάξης του  $\rho a \Delta u$ , όπου  $\rho$  η πυκνότητα του ρευστού.  $A$
- Αν  $T_{\chi} > T_{\mu}$ , θα πρέπει να ληφθεί υπόψη, η αλληλεπίδραση ανάμεσα στο κύμα πίεσης που επιστρέφει και στο μηχανισμό που προκαλεί τις μεταβολές.



**Σχήμα 4.2:** Διάγραμμα κύμα πίεσεως που προκαλείται από το απότομο κλείσιμο της βαλβίδας.

Πρακτικά, οι πιο σημαντικές αιτίες πρόκλησης υδραυλικού πλήγματος είναι οι ακόλουθες (Παπακώστα, 2009) :

**1. Ξεκίνημα ή σταμάτημα αντλίας και απότομες μεταβολές ηλεκτρικού φορτίου.** Όταν ξεκινάει ή σταματάει μία αντλία, τότε παρατηρείται απότομη αύξηση ή μείωση της ταχύτητας του ρευστού αντίστοιχα στον αγωγό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία κύματος υπερπίεσης στην έξοδο (θετικό κύμα) ή αντίστοιχα την δημιουργία κύματος υποπίεσης στην είσοδο (αρνητικό κύμα). Το μέγεθος των κυμάτων υπερπίεσης εξαρτάται από την αδρανειακή μάζα της αντλίας και από τη θέση των βαλβίδων στο δίκτυο, δηλαδή πόσο μακριά η κοντά στην έξοδο της αντλίας είναι τοποθετημένες. Το μέγεθος του κύματος πίεσης που δημιουργείται από το ξεκίνημα της αντλίας είναι ανάλογο της απόστασης  $L$  ανάμεσα στη βάνα και στην αντλία. Αυτό συμβαίνει επειδή όταν ξεκινούν οι φυγόκεντρες αντλίες, η βάνα του αγωγού είναι κλειστή. Για το λόγο αυτό συνίσταται η μείωση της απόστασης  $L$ , δηλαδή να τοποθετείται η βάνα όσο πιο κοντά γίνεται στην έξοδο της αντλίας. Αποφυγή των υψηλών υπερπίεσεων λαμβάνει χώρα επίσης με τη μείωση του ρυθμού αύξησης των στροφών της αντλίας ή με την αύξηση της αδρανειακής μάζας της αντλίας. Προβλήματα στην αντλία δημιουργούνται και από τα κύματα πίεσης που έχουν αντίστροφη ροή, η οποία έχει διεύθυνση από την έξοδο προς την είσοδο της αντλίας και προκαλεί την περιστροφή της σε αντίθετη φορά από την κανονική. Για το λόγο αυτό τοποθετούνται ανεπίστροφες βαλβίδες που επιτρέπουν τη ροή μόνο προς την κανονική κατεύθυνση. Όμως πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή αυτών των βαλβίδων όσον αφορά την ελάχιστη διαφορά πίεσης στην κανονική διεύθυνση ροής, ώστε αυτή η διαφορά να μην υπερφορτίζει την αντλία, καθώς ένα απότομο κλείσιμο δύναται και αυτό να προκαλέσει υδραυλικό πλήγμα. Σε περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος, οι αντλίες που περιστρέφονται με σταθερές στροφές επιταχύνουν την περιστροφή και ακολούθως δημιουργείται επιτάχυνση στη μεταβολή της παροχής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία κυμάτων υπερπίεσης τα οποία με τη σειρά τους δημιουργούν

προβλήματα τόσο στην αντλία όσο και στους αγωγούς. Για τους παραπάνω λόγους θα πρέπει να διακοπεί το συντομότερο δυνατόν η παροχή του νερού (αντιπληγματική προστασία).

**2. Απότομο κλείσιμο βάνας στο δίκτυο.** Όταν μία βάνα κλείνει απότομα, δημιουργείται ένα κύμα υπερπίεσης μεγέθους  $aU/g$  στο μέρος του δικτύου πριν από τη βάνα και ένα κύμα υποπίεσης στο τμήμα κατάντι της βάνας. Η πίεση του κύματος υποπίεσης που μεταφέρεται μετά τη βάνα, μπορεί να είναι κάτω από την πίεση ατμών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός θύλακος ατμού, ο οποίος μπορεί να σπάσει ανάλογα με τις επικρατούσες πιέσεις, δημιουργώντας κύμα πίεσης μετά τη βάνα τάξης  $aU_d/g$  (όπου  $U_d$  είναι η ταχύτητα του ρευστού μετά τη βάνα). Σε περίπτωση που η  $U_d$  γίνει μεγαλύτερη από την  $U$ , δημιουργείται υδραυλικό πλήγμα λόγω της αύξησης της πίεσης στο τμήμα του δικτύου μετά από τη βάνα.

**3. Σχηματισμός θύλακος ατμού στο δίκτυο και στη συνέχεια σπάσιμο.** Μία από τις πιο συνηθισμένες μορφές του υδραυλικού πλήγματος είναι τα σπάσιμο των θυλάκων ατμού που δημιουργούνται σε ένα δίκτυο. Θύλακες ατμού δημιουργούνται στα υψηλότερα σημεία του αγωγού όταν η πίεση ατμών γίνει μεγαλύτερη από την απόλυτη και τη στατική πίεση του ρευστού. Επίσης θύλακες ατμού μπορούν να δημιουργηθούν από το απότομο σταμάτημα της αντλίας ή απότομο κλείσιμο της βάνας ανάντι της ροής και από το απότομο άνοιγμα της βάνας κατάντι της ροής. Σπάσιμο αυτών των θυλάκων δημιουργούν βλάβες στον αγωγό.

**4. Παρουσία αέρα ή ατμού στο σύστημα.** Όταν η πίεση του αέρα που υπάρχει μέσα στον αγωγό είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη και μεγαλύτερη από την μερική πίεση του διαλυμένου αέρα που υπάρχει στο ρευστό, τότε αυξάνεται η ελαστικότητα του ρευστού και επομένως μειώνεται η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων πίεσης και ακολούθως μειώνεται και η μέγιστη πίεση που εμφανίζεται στο σύστημα. Σε περίπτωση που η πίεση του αέρα του αγωγού γίνει μικρότερη από την μερική πίεση του διαλυμένου στον νερό αέρα, τότε ο αέρας στο διάλυμα είτε σχηματίζει φυσαλίδες που ενώνονται σε κάποιον θύλακα αέρα είτε αυξάνει την πίεση ατμών του νερού. Και στις δύο περιπτώσεις το αποτέλεσμα είναι το σπάσιμο του αγωγού.

**5. Αστοχία (σπάσιμο) κάποιου αγωγού λόγω μεγάλης ηλικίας του.** Σε περίπτωση που ο αγωγός έχει μία ρωγμή, τότε το νερό διαρρέει από αυτή, δημιουργώντας ένα αρνητικό κύμα πίεσης, το οποίο μεταδίδεται μέσα στον αγωγό. Αυτό το αρνητικό κύμα πίεσης δημιουργεί θύλακες ατμού, οι οποίοι πολλές φορές επικάθονται σε σημεία του αγωγού που βρίσκονται πολύ πιο μακριά από το σημείο αστοχίας του. Σπάσιμο αυτών των θυλάκων δημιουργούν περαιτέρω βλάβες στον αγωγό.

#### 4.3 Αντιπληγματική Προστασία

Οι μέθοδοι αντιπληγματικής προστασίας μπορεί να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, σε αυτές που προληπτικά περιορίζουν το φαινόμενο της αύξησης ή της μείωσης της πίεσης τη στιγμή που

δημιουργείται το κύμα πίεσης και σε αυτές που δρουν θεραπευτικά ώστε να εξαλείψουν τη διαφορά πίεσης που δημιουργήθηκε στο δίκτυο.

### **Πρόληψη υδραυλικού πλήγματος**

Η πρόληψη του υδραυλικού πλήγματος μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους:

- Μείωση της αρχικής ταχύτητας του ρευστού μέσα στον αγωγό μέσω της χρήσης αγωγών μεγαλύτερης διαμέτρου ή μέσω ελάττωσης την κλίση της ταχύτητας.
- Αύξηση της αδρανειακής μάζας της αντλίας με σκοπό την μείωση του μεγέθους της μεταβολής πίεσης που προκαλείται από το ξεκίνημα ή το απότομο σταμάτημα της. Αυτό βέβαια συνεπάγεται απώλεια ενέργειας και αυξημένη απαιτούμενη ροπή εκκίνησης. Επίσης, ο αδρανειακός τροχός δεν προστατεύει το σύστημα σε περίπτωση που σπάσει ο άξονας ή βουλώσει η αντλία (Παπακώστα, 2009).
- Ρύθμιση της ταχύτητας κλεισίματος της βαλβίδας. Αυξάνοντας τον χρόνο κλεισίματος της βαλβίδας σε σχέση με τον χρόνο που παίρνει στο κύμα πίεσης να επιστρέψει στην αρχική του θέση, μειώνεται το μέγεθος της μέγιστης πίεσης που προκαλείται από το απότομο κλείσιμο της βάνας.

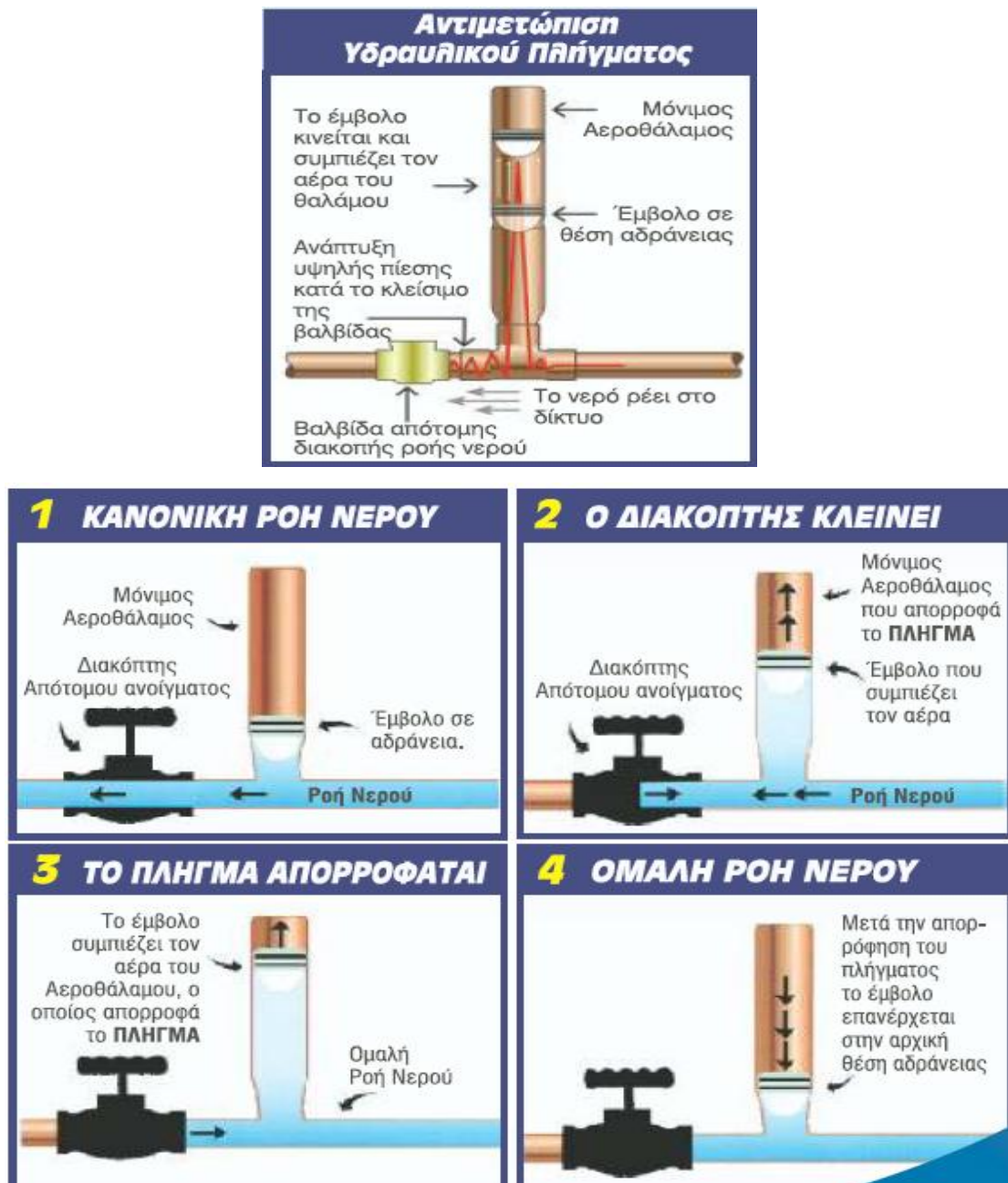
### **Μέθοδοι εξουδετέρωσης των πιέσεων, λόγω υδραυλικού πλήγματος**

Η βάση των μεθόδων εξουδετέρωσης των υπερπίεσεων που εμφανίζονται κατά τη δημιουργία υδραυλικού πλήγματος σε ένα δίκτυο βρίσκεται στην απορρόφηση της ενέργειας του κύματος πίεσης. Όμως βασική προϋπόθεση των μεθόδων αυτών είναι γνώση του ακριβούς μεγέθους της υπερπίεσης ή της υποπίεσης, σε κάθε σημείο του δικτύου. Αυτό είναι εφικτό με τη χρήση τεχνικών ανάλυσης κυμάτων πίεσης (Παπακώστα, 2009).

Μία μέθοδος εξουδετέρωσης της υπερπίεσης είναι η τοποθέτηση αντιπληγματικής δεξαμενής η οποία τοποθετείται αμέσως μετά την αντλία. Αν αυξηθεί η πίεση λόγω υδραυλικού πλήγματος τότε η αύξηση της ροής που θα προκληθεί θα έχει ως αποτέλεσμα την άνοδο της στάθμης της αντιπληγματικής δεξαμενής. Όμως η χρονική μεταβολή ανόδου της στάθμης της αντιπληγματικής δεξαμενής είναι πολύ μικρή λόγω των μεγάλων μαζών του ρευστού και έτσι απορροφάται η ενέργεια του κύματος υπερπίεσης – απόσβεση. Αυτή η τεχνική αντιπληγματικής εξουδετέρωσης, αποσβένει τόσο θετικά όσο και αρνητικά κύματα πίεσης και θεωρείται ακριβή λόγω του μεγάλου κόστους κατασκευής της αντιπληγματικής δεξαμενής.

Μία άλλη μέθοδος εξουδετέρωσης πιέσεων λόγω υδραυλικού πλήγματος είναι η τοποθέτηση πιεστικού δοχείου με αέρα στην γραμμή ροής, ώστε αυτό το δοχείο να αποτελεί μία δεξαμενή αντιπληγματικής προστασίας. Βέβαια το μέγεθος του δοχείου αυτού είναι μικρότερο οπότε και η

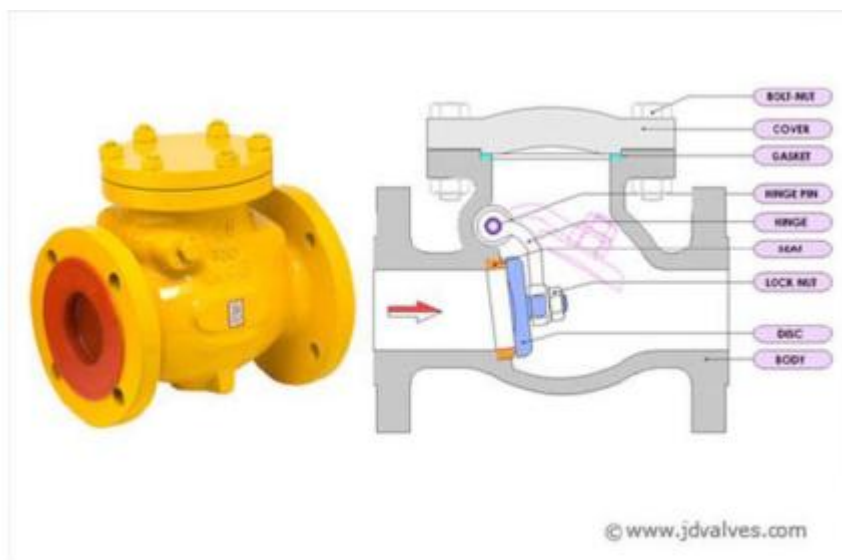
κατασκευή του είναι οικονομικότερη, απαιτείται όμως συνεχή συντήρηση. Η πίεση στο δοχείο κρατιέται σταθερή με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα που βοηθάει στην απορρόφηση της ελαστικής ενέργειας του κύματος πίεσης. Όταν μία βάνα κλείνει, το νερό εκτρέπεται στο πιεστικό δοχείο με αέρα, σπρώχνει το έμβολο συμπιέζοντας τον αέρα του αεροθαλάμου. Έτσι ο αέρας λειτουργεί ως “μαξιλάρaki” που απορροφά την αυξημένη πίεση που προκαλεί το Υδραυλικό Πλήγμα. Στη συνέχεια το έμβολο επιστρέφει στην αρχική του θέση, αφού το “τράνταγμα” έχει απορροφηθεί και είναι έτοιμο για την επόμενη φορά που θα κλείσει η βάνα του νερού .



**Σχήμα 4.3:** Λειτουργία εξουδετέρωσης πιέσεων λόγω υδραυλικού πλήγματος με τοποθέτηση πιεστικού δοχείου με αέρα στην γραμμή ροής

Τέλος για την προστασία των αντλιών από τα κύματα υπερπίεσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικές βαλβίδες οι οποίες είναι:

- Βαλβίδες Αντεπιστροφής, οι οποίες τοποθετούνται στην έξοδο της αντλίας και χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου υπάρχει αύξηση πίεσης κατά την άντληση. Σε αυτήν την περίπτωση, βαλβίδα κλείνει αποτρέποντας την προς τα πίσω κίνηση του νερού στην βαλβίδα ελέγχου της αντλίας έτσι ώστε να μην γίνει παύση της λειτουργίας της αντλίας. Χρειάζεται πάντως προσοχή στον υπολογισμό του χρόνου κλεισίματος της βαλβίδας για δεδομένη παροχή, ώστε να προστατευτεί η αντλία, στο μέγεθος της βαλβίδας καθώς και στην απόσταση τοποθέτησής της από την αντλία.



**Σχήμα 4.3:** Βαλβίδα αντεπιστροφής

- Βαλβίδες αερισμού, οι οποίες ανοίγοντας επιτρέπουν στον αέρα να φύγει στο περιβάλλον οπότε και αποτρέπουν το σπάσιμο του θύλακος.
- Βαλβίδες ανακούφισης, οι οποίες ανοίγουν ελευθερώνοντας ένα μέρος του νερού, όταν η πίεση ξεπεράσει ένα προκαθορισμένο μέγεθος, ελαττώνοντας έτσι την υπερπίεση που δημιουργήθηκε από το υδραυλικό πλήγμα.
- Βαλβίδες επιβράδυνσης κύματος, που ανοίγουν κατά το σταμάτημα και την εκκίνηση μιας αντλίας και κλείνουν όταν η πίεση αρχίζει να αυξάνει καθώς το αντίστροφο κύμα φτάνει στην αντλία. Το αργό κλείσιμο της βαλβίδας ελαχιστοποιεί τις πιέσεις που προέρχονται από το υδραυλικό πλήγμα.



**Σχήμα 4.4:** Βαλβίδα επιβράδυνσης κύματος,



---

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

---

---

# Σύστημα Αυτόματης Άρδευσης Ολοκληρωμένων Θαλαμίσκων Χλοοτάπητα στο Κεντρικό Στάδιο του ΟΑΚΑ Τεχνική Περιγραφή Υλικών

Στο παρόν Κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η τεχνική περιγραφή των υλικών για το σύστημα άρδευσης ολοκληρωμένων θαλαμίσκων χλοοτάπητα στο Κεντρικό Στάδιο του ΟΑΚΑ. Οι πληροφορίες που ακολουθούν σχετικά με τα υδραυλικά και ηλεκτρολογικά στοιχεία του αρδευτικού συστήματος του ΟΑΚΑ, προέκυψαν από τη συζήτηση του συγγραφέα με τον κ. Πεζούλα Κωνσταντίνο, που είναι ο υπεύθυνος συντήρησης του ποδοσφαιρικού γηπέδου του Αθλητικού Κέντρου ΟΑΚΑ – Σπύρος Λούης και από τη δημοσίευση των Nektarios & Ntoulas (2007).

### Μηχανολογικά Στοιχεία

#### Αντλία

Το αντλητικό συγκρότημα αποτελείται από τρεις αντλίες σε κοινό συλλέκτη αναρρόφησης και κατάθλιψης, το οποίο συνοδεύεται από πιεστικό δοχείο 200 lt. Η κάθε αντλία είναι κατακόρυφη και έχει παροχή 16 m<sup>3</sup> / hr σε μανομετρικό 8 atm. Η θερμοκρασία του αντλούμενου νερού μπορεί να είναι από 25 °C έως 120 °C. Η εναλλακτική λειτουργία των αντλιών εξασφαλίζεται μέσω του ηλεκτρικού πίνακα. Οι φτερωτές της αντλίας είναι κατασκευασμένες από ανοξείδωτο ατσάλι AISI 316, ο άξονας από ανοξείδωτο ατσάλι AISI 431, τα πτερύγια εκτροπής και το κέλυφος είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο ατσάλι AISI 304. Ο κινητήρας της κάθε αντλίας είναι κλειστού τύπου, χυτού περιβλήματος με εξωτερική ψύξη προστασίας IP55. Δηλαδή ο κινητήρας είναι εξωτερικά αεριζόμενος, έχει προστασία έναντι επαφών με εργαλεία, σύρματα και παρόμοια αντικείμενα καθώς και έναντι στερεών σωμάτων διαμέτρου μεγαλύτερης 1mm και προστασία έναντι σκόνης και επίσης έχει προστασία έναντι εκτόξευσης νερού από όλες τις κατευθύνσεις (Nektarios, 2007).



**Σχήμα 5.1:** Κατακόρυφη ανοξείδωτη πολυβάθμια αντλία (Πηγή: <http://www.argyrioua.com.gr> ).

### **Πιεστικό Δοχείο**

Το πιεστικό δοχείο είναι κατασκευασμένο από χάλυβα με μέγιστη πίεση λειτουργίας 10 atm και το οποίο περιέχει αντικαθιστώμενη μεμβράνη από ελαστικό βουτύλιο κατάλληλο και για πόσιμο νερό (Nektarios, 2007).



**Σχήμα 5.2:** Πιεστικό δοχείο κρύου νερού (Πηγή: <http://www.eplaza.gr> ).

### **Φίλτρο**

Το φίλτρο είναι κατασκευασμένο από χάλυβα ονομαστικής διαμέτρου 3'', βαμμένο με εποξειδική βαφή μετά από ειδική αντισκωρική επεξεργασία. Έχει σπειρώμα 3'' στην είσοδο και στην έξοδο και επίσης φέρει μανόμετρα για τον έλεγχο εμφράξεως του. Το στοιχείο φίλτρανσης είναι σώμα δίσκων 120 Mesh κατάλληλο για κατακράτηση μικροσωματιδίων, άμμου και άλλων φερτών υλικών.

Παρουσιάζει χαμηλό επίπεδο απωλειών πίεσης. Έχει καπάκι με εύκολο άνοιγμα για την απομάκρυνση των κατακρατηθέντων στοιχείων στο οποίο υπάρχει επίσης ειδική έξοδος για γρήγορο καθαρισμό μέσω βάνας 3/4". Το φίλτρο είναι κατάλληλο για λειτουργία σε πίεση τουλάχιστον 10 bar (Nektarios, 2007) .



Σχήμα 5.3: Φίλτρο 120 Mesh (Πηγή: <http://www.e-garden-shop.gr>).

### Αγωγοί

Οι σωληνώσεις εντός του αντλιοστασίου είναι κατασκευασμένοι από γαλβανισμένο σιδηροσωλήνα βαρέως τύπου. Οι συνδέσεις έχουν γίνει βιδωτά ή με φλάντζες. Έχουν τοποθετηθεί τεμάχια εξάρμωσης ώστε να εξασφαλίζεται η εύκολη λύση και σύνδεση των τεμαχίων (Nektarios, 2007).



Σχήμα 5.4: Οι σωληνώσεις από γαλβανισμένο σιδηροσωλήνα βαρέως τύπου (Πηγή: <http://www.sidma.gr/>).

## Δίκτυο Αγωγών

Για τον κύριο αγωγό άρδευσης επιλέχθηκε η χρησιμοποίηση πλαστικού αγωγού από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) κατασκευασμένοι κατά DIN 8074/8075, διατομής Φ110. Οι δευτερεύοντες αγωγοί είναι μικρότερης διαμέτρου από τον κύριο, Φ90 και Φ75 και είναι επίσης κατασκευασμένοι από PE χαμηλής πυκνότητας. Οι σωλήνες του τριτεύοντος δικτύου, διατομής Φ40, είναι από εύκαμπτο μαύρο πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας. Οι κλάσεις πίεσης αντοχής είναι 16 atm για τη διατομή Φ110 και 12.5 atm για τις υπόλοιπες διατομές. Οι αγωγοί είναι κατάλληλοι και για πόσιμο νερό και έχουν υψηλή αντοχή στη χημική διάβρωση και στις μηχανικές κρούσεις ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Οι συνδέσεις των σωληνώσεων έχουν γίνει με εξαρτήματα ηλεκτροσυγκόλλησης για τους αγωγούς με κλάσεις πίεσης 16 atm και 12.5 atm. Οι αγωγοί είναι κατάλληλοι τόσο για υπόγεια όσο και για επιφανειακή τοποθέτηση και γενικά παρουσιάζουν υψηλές αντοχές στη μεταφορά νερού υπό πίεση. Όλο το δίκτυο των αγωγών PE είναι υπόγεια τοποθετημένο στο χώρο που καταλαμβάνεται από συμπιεσμένο έδαφος και έχει καλυφθεί από οπλισμένο σκυρόδεμα. Πριν την τελική επίχωση και κάλυψη του χώρου με σκυρόδεμα έχει λάβει χώρα δοκιμή του συστήματος (Nektarios, 2007) .

### ΣΩΛΗΝΕΣ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ 1ης ΓΕΝΙΑΣ PE 63 DIN 8074-8075



Εξωτερική Διάμετρος (mm)	3,2 BAR (SDR 32,25)			4 BAR (SDR 26)			6 BAR (SDR 17,66)			10 BAR (SDR 11)			16 BAR (SDR 7,25)			
	Πάχος Τοιχ/τος (mm)		Βάρος kg/m	Πάχος Τοιχ/τος (mm)		Βάρος kg/m	Πάχος Τοιχ/τος (mm)		Βάρος kg/m	Πάχος Τοιχ/τος (mm)		Βάρος kg/m	Πάχος Τοιχ/τος (mm)		Βάρος kg/m	
	min	max		min	max		min	max		min	max		min	max		
16	16,3									1,8	2,2	0,084	2,3	2,8	0,103	
20	20,3						1,8	2,2	0,107	1,9	2,3	0,113	2,8	3,3	0,155	
25	25,3						1,8	2,2	0,138	2,3	2,8	0,172	3,5	4,1	0,242	
32	32,3				1,8	2,2	0,180	1,9	2,3	0,188	3,0	3,5	0,280	4,5	5,2	0,395
40	40,4				1,8	2,2	0,228	2,3	2,8	0,286	3,7	4,3	0,432	5,6	6,4	0,612
50	50,5	1,8	2,2	0,285	2,0	2,4	0,315	2,9	3,4	0,443	4,6	5,3	0,669	6,9	7,8	0,940
63	63,6	2,0	2,4	0,406	2,5	3,0	0,497	3,6	4,2	0,691	5,8	6,6	1,06	8,7	9,8	1,49
75	75,7	2,4	2,9	0,569	2,9	3,4	0,679	4,3	4,9	0,981	6,9	7,8	1,49	10,4	11,7	2,12
90	90,9	2,8	3,3	0,787	3,5	4,1	0,982	5,1	5,8	1,39	8,2	9,2	2,13	12,5	14,0	3,05
110	111,0	3,5	4,1	1,20	4,3	4,9	1,47	6,3	7,1	2,09	10,0	11,2	3,16	15,2	16,9	4,53
125	126,2	3,9	4,5	1,51	4,9	5,6	1,88	7,1	8,0	2,68	11,4	12,8	4,10	17,3	19,3	5,86
140	141,3	4,4	5,0	1,91	5,4	6,1	2,33	8,0	9,0	3,35	12,8	14,3	5,14	19,4	21,5	7,35
160	161,5	5,0	5,7	2,46	6,2	7,0	3,06	9,1	10,2	4,37	14,6	16,3	6,70	22,1	24,5	9,57
180	181,7	5,6	6,4	3,10	7,0	7,9	3,88	10,2	11,4	5,50	16,4	18,2	8,46	24,9	27,6	12,10
200	201,8	6,2	7,0	3,82	7,7	8,7	4,72	11,4	12,7	6,82	18,2	20,3	10,40	27,6	30,6	14,90
225	227,1	7,0	7,9	4,81	8,7	9,8	5,98	12,8	14,3	8,60	20,5	22,8	13,20	31,1	34,4	18,90
250	252,3	7,8	8,8	5,96	9,7	10,9	7,40	14,2	15,8	10,60	22,8	25,3	16,30	34,5	38,2	23,30
280	282,6	8,7	9,8	7,44	10,8	12,1	9,22	15,9	17,7	13,30	25,5	28,3	20,40	38,7	42,8	29,20
315	317,9	9,8	11,0	9,41	12,2	13,6	11,70	17,9	19,9	16,80	28,7	31,8	25,80	43,5	48,1	37,00
355	358,2	11,1	12,4	12,00	13,7	15,3	14,80	20,1	22,3	21,30	32,3	35,8	32,80	49,0	54,1	46,90
400	403,6	12,4	13,8	15,10	15,4	17,1	18,80	22,7	25,2	27,00	36,4	40,2	41,60	55,2	61,0	59,60
450	453,8	14,0	15,6	19,10	17,4	19,3	23,60	25,5	28,3	33,80	41,0	45,3	52,10	62,1	68,5	74,60
500	504,0	15,5	17,3	23,60	19,3	21,4	29,00	28,3	31,3	41,70	45,5	50,3	64,30			
560	564,3	17,4	19,3	29,60	21,6	24,0	36,40	31,7	35,1	52,20	51,0	56,3	80,70			
630	634,6	19,6	21,8	37,40	24,3	27,0	46,00	35,7	39,5	66,10	57,3	66,3	102,00			
710	714,9	22,1	24,5	47,60	27,4	30,3	58,40	40,2	44,4	83,90						
800	805,0	24,9	27,6	60,30	30,8	34,1	73,90	45,3	50,1	107,00						
900	905,0	28,0	31,0	76,20	34,7	38,4	93,70	51,0	56,3	135,000						
1000	1.005,0	31,1	34,4	94,20	38,5	42,6	116,00	56,6	62,5	166,000						
1200	1.206,0	37,3	41,2	135,00	46,2	51,0	166,00									

Σωλήνες  
Αρδύσεων

Σχήμα 5.5: Σωλήνες Πολυαιθυλενίου κατά DIN 8074/8075 (Πηγή:

<http://technoroi.com/products41.php>).

## Σταθμός Κεφαλής

Στην κατάθλιψη του αντλητικού συγκροτήματος έχει συνδεθεί ο σταθμός κεφαλής. Ο σταθμός κεφαλής περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την αδιάλειπτη λειτουργία του συστήματος καθώς και την εγχυτική αντλία λίπανσης και είναι τοποθετημένος στον οικίσκο του αντλιοστασίου. Η εγκατάσταση όλων αυτών των στοιχείων είναι τέτοια ώστε να είναι εύκολα επισκέψιμα και να γίνεται χωρίς δυσκολία η ρύθμιση, ο έλεγχος και η συντήρηση αυτών. Στον σταθμό κεφαλής περιλαμβάνονται (Nektarios, 2007) :

- **Μετρητής Παροχής.** Για τον έλεγχο της παροχής κατά τη λειτουργία του δικτύου έχει τοποθετηθεί και εγκατασταθεί στη σύνθεση του αντλιοστασίου ένας μετρητής παροχής (υδρόμετρο). Ο μετρητής παροχής είναι τύπου WOLTMAN, ταχυμετρικός και κατάλληλος για οριζόντια και κατακόρυφη τοποθέτηση. Το σώμα του είναι κατασκευασμένο από μη οξειδούμενο κράμα χαλκού με φλάντζες κατά UNI PN16, βαμμένο με κατάλληλη εποξική βαφή. Στην είσοδο του έχει φίλτρο που προστατεύει το μετρικό μηχανισμό του. Έχει αναλογική ηλεκτρική έξοδο με κλίμακα 0 – 20 mA, ώστε η ένδειξή του να μεταφέρεται προς επεξεργασία σε συστήματα αυτοματισμών. Έχει ακρίβεια στη μέγιστη παροχή κατά +2 % και στην ελάχιστη κατά +5 %.



**Σχήμα 5.6:** Μετρητής Παροχής τύπου WOLTMAN (Πηγή: <http://www.hvacolutions.gr> ).

- **Βαλβίδα Ταχείας Εκτόνωσης.** Η βαλβίδα ταχείας εκτόνωσης τοποθετείται με σκοπό να αποφεύγονται προβλήματα θραύσης, από απότομη αύξηση της πίεσης λόγω υδραυλικού πλήγματος ή από όποια απρόβλεπτη κατάσταση, όπως βλάβη του πρεσοστάτη ή καταστροφή κάποιου καλωδίου μεταφοράς εντολών. Βρίσκεται εγκατεστημένη στο αντλιοστάσιο ενώ η αποχέτευση της γίνεται με κατάλληλους αγωγούς σε χώρο έξω από αυτόν

ή στη δεξαμενή νερού. Η υδραυλική βαλβίδα ταχείας εκτόνωσης επιτρέπει την ταχεία εκτόνωση του δικτύου σε περίπτωση που η πίεση υπερβεί την προκαθορισμένη, με μεγάλη παροχή νερού, προστατεύοντας το δίκτυο από υδραυλικό πλήγμα και είναι ονομαστικής διαμέτρου 2". Το σώμα της βαλβίδας είναι κατασκευασμένο από χυτοσίδηρο με ισχυρή εποξική βαφή για αντιοξειδωτική προστασία. Το διάφραγμα είναι από μη τοξικό ελαστικό, κατάλληλο για πόσιμο νερό, ενώ το ελατήριο είναι ανοξείδωτο AISI 304. Η βαλβίδα δύναται να επιδέχεται επισκευές διαφράγματος χωρίς να αφαιρείται από το δίκτυο και παρουσιάζει χαμηλές απώλειες πίεσης. Φέρει φίλτρο για τον έλεγχο του νερού και είναι κατάλληλη και για μη καθαρό νερό, με μέγιστη πίεση λειτουργίας 16 bar. Επίσης η βαλβίδα είναι εφοδιασμένη με ειδικό μεταλλικό πιλότο ταχείας αντίδρασης με δυνατότητα ρύθμισης στην επιθυμητή πίεση εκτόνωσης. Όταν η πίεση του δικτύου υπερβεί την προκαθορισμένη, η βαλβίδα δύναται να ανοίγει τελείως, αποδίδοντας όλη την παροχή προστατεύοντας το δίκτυο.



**Σχήμα 5.7:** Βαλβίδα ταχείας εκτόνωσης (Πηγή: <http://www.agrohoum.gr/> ).

- **Βαλβίδες Αντεπιστροφής.** Οι βαλβίδες αντεπιστροφής είναι ονομαστικής διαμέτρου 3", τύπου κλαπέ – δίσκου και ονομαστικής πίεσης λειτουργίας τουλάχιστον 16 atm.



**Σχήμα 5.8:** Βαλβίδα αντεπιστροφής τύπου κλαπέ (Πηγή: <http://www.tzortzos.gr/> ).

- **Εγχυτική Αντλία Λίπανσης.** Στον ίδιο χώρο, για την καλή εφαρμογή των λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, είναι τοποθετημένη εγχυτική αντλία λιπάνσεως τύπου Venturi, κατασκευασμένη από ειδικό υλικό μεγάλης αντοχής σε χημικά, χωρίς κινούμενα μέρη, ώστε να μην απαιτεί καμία απολύτως συντήρηση. Για τη λειτουργία της δεν απαιτεί καμία μορφή ενέργειας πλην αυτής του νερού. Έχει διατομή 1'' και συνδέεται στο δίκτυο με παράλληλο κλάδο (BY PASS) με δυνατότητα απομόνωσης. Δύναται να αναρροφά κατά μέγιστο 280 lt/hr υδατοδιαλυτών λιπασμάτων ή άλλων χημικών, με σταθερή συγκέντρωση καθόλη τη διάρκεια της εφαρμογής. Η αναρρόφηση γίνεται από ανοικτό δοχείο χωρίς να απαιτείται ειδική προδιαγραφή για πίεση ή όγκο. Επίσης φέρει βαλβίδα αντεπιστροφής προσαρτημένη στην αναρρόφηση προς αποφυγήν διαρροής χημικών στο δίκτυο μετά το πέρας της λίπανσης.



**Σχήμα 5.9:** Εγχυτική Αντλία Λίπανσης τύπου Venturi (Πηγή: <http://www.kmirrigation.com> ).

#### **Αυτόματοι Αυτοανυψούμενοι Γραναζωτοί Εκτοξευτήρες Μέγιστης Ακτίνας 24.7m**

Ο κάθε αυτόματος αυτοανυψούμενος γραναζωτός εκτοξευτήρας έχει τα εξής χαρακτηριστικά (Nektarios, 2007):

- Έχει μέγιστη ακτίνα εκτόξευσης 24.7 m.
- Έχει μέγιστη πίεση λειτουργίας 6.9 bar.
- Έχει μέγιστη παροχή 8.24 m<sup>3</sup>/hr.
- Το εσωτερικό σπείρωμα εξόδου νερού είναι διατομής 1'' BSP.

- Το ύψος του εμβόλου είναι μεγαλύτερο από 125 mm.
- Το συνολικό ύψος του σώματος δεν υπερβαίνει τα 260 mm.
- Η διάμετρος της εκτεθειμένης επιφάνειας είναι μικρότερη από 50 mm ενώ η συνολική διάμετρος δεν υπερβαίνει τα 80 mm.
- Απομνημόνευση τομέα άρδευσης (Memory Arc) ώστε να επαναφέρει τον εκτοξευτήρα στον αρχικό τομέα άρδευσης.
- Ειδική κατασκευή του μηχανισμού περιστροφής για να εμποδίζει τη ζημιά από βανδαλισμούς.
- Ο πυργίσκος του ακροφυσίου και το εκτεθειμένο μέρος του εκτοξευτήρα είναι ειδικής κατασκευής (Sneaker Armor) για να αντέχουν στα χτυπήματα από βανδαλισμούς.
- Είναι εφοδιασμένος με ανοξείδωτο έμβολο.
- Έχει λειτουργία τμήματος κύκλου και πλήρους κύκλου σε ένα μοντέλο.
- Παρουσιάζει εύκολη ρύθμιση του τομέα άρδευσης (κατά τη διάρκεια της άρδευσης ή όταν είναι κλειστός), με τη χρήση ενός κατασαβιδιού από το πάνω μέρος του εκτοξευτήρα, από 50° ως 330° για το μοντέλο τμήματος κύκλου και 360° για το μοντέλο πλήρους κύκλου.
- Έχει ρυθμιζόμενη διαδρομή προς τα αριστερά και δεξιά για εύκολη εγκατάσταση.
- Έχει συσκευή ελέγχου για την αποτροπή απορροής και συγκέντρωσης νερού.
- Έχει υδρολίπαντο μηχανισμό κίνησης.
- Έχει ακροφύσια τύπου «κουρτίνας» με τρία ανοίγματα, για ιδανικό πότισμα μακράς, μεσαίας και κοντινής απόστασης, έχοντας ως αποτέλεσμα εξαιρετική ομοιομορφία.
- Τα ακροφύσια που έχει δύνανται να ανταλλάσσονται από το εμπρός μέρος χωρίς ειδικά εργαλεία.
- Έχει αυτορυθμιζόμενο ρυθμιστή τουρμπίνας που επιτρέπει την αντικατάσταση των ακροφυσίων χωρίς την ανάγκη άλλων ρυθμίσεων.
- Έχει πολύ ισχυρό ελατήριο επαναφοράς που εξασφαλίζει την πλήρη επαναφορά.



**Γραναζωτοί Εκτοξευτήρες Σειρά 8005**  
**8005 Series Rotors**



Κωδικός / Code	Χαρακτηριστικά / Specifications	Pack 1	Pack 2
OSG FPL 800 518	8005: Θηλυκό Σπειρώμα 1" (BSP) Πλαστικό με ακροφύσιο #18/ F-F Plastic with nozzle #18		20
OSG FSS 800 518 *	8005-SS: Θηλυκό Σπειρώμα 1" (BSP) Ανοξειδωτο με ακροφύσιο #18 / F-F Stainless Steel with nozzle #18		20
ONS CUR 0XX 000 *	Ακροφύσια για 6504, 7005, 8005 / Nozzles for 6504, 7005, 8005		25

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ  
 Πίεση: 3.4 έως 6.9bar  
 Ακτίνα: 17.4 έως 24.7m  
 Παροχή: 2.54 έως 8.24m<sup>3</sup>/hr  
 Είσοδος θηλυκού σπειρώματος 1"  
 Αποστραγγιστική Βαλβίδα SAM

SPECIFICATIONS  
 Pressure: 3.4 to 6.9bar  
 Radius: 17.4 to 24.7m  
 Flow Rate: 2.54 to 8.24m<sup>3</sup>/hr  
 1" F-F threaded inlet BSP  
 SAM check valve device

**Σχήμα 5.10:** Γραναζωτοί Εκτοξευτήρες Μέγιστης Ακτίνας 24.7m (Πηγή:

<http://tselepis.gr/images/pdf/2Rainbird.pdf> )

### Σφαιρικοί Κρόνοι

Οι σφαιρικοί κρόνοι ολικής διέλευσης (FULL WAY BALL VALVE) έχουν ορειχάλκινο σώμα, με μηχανισμό χειροκίνητης λειτουργίας από ανθεκτικό κράμα αλουμινίου, είναι κοχλιωτοί και έχουν πίεση λειτουργίας 16 atm.



**Σχήμα 5.11:** Σφαιρικός κρονός ολικής διέλευσης (Πηγή:

[http://www.chryssafidis.com/files/el/data\\_sheets/29304xA.pdf](http://www.chryssafidis.com/files/el/data_sheets/29304xA.pdf)

### Κοχλίες και Περικόχλια

Οι κοχλίες είναι εξαγωνικής κεφαλής με εξαγωνικά περικόχλια χωρίς παρεμβλήματα. Η μορφή και οι διαστάσεις του είναι σύμφωνες με το DIN 601. Οι κοχλίες είναι ποιότητας 4D κατά DIN 267. Οι κοχλίες, τα περικόχλια και τα χαλύβδινα πώματα έχουν υποστεί ανοδίσωση με επικαδμίσωση σε όλες τους τις επιφάνειες. Το ελάχιστο πάχος της επικαδμίσωσης είναι 30μm.

## Ηλεκτρολογικά Στοιχεία

### Ηλεκτρικός Πίνακας

Ο ηλεκτρικός πίνακας (3x380V/50Hz) είναι χειροκίνητης και αυτόματης λειτουργίας, εγκιβωτισμένος σε στεγανό μεταλλικό κουτί, βαθμού προστασίας IP55 ηλεκτροστατικά βαμμένο, με όργανα και αυτοματισμούς (από εταιρίες όπως Teleméchanique, A.B.B., LOVATO, GENERAL ELECTRIC, ALLEN BRADLEY), για την πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία του πιεστικού συγκροτήματος. Στον ηλεκτρικό πίνακα περιλαμβάνονται:

- Γενικός Διακόπτης.
- Γενικές ασφάλειες κύριου κυκλώματος.
- Ασφάλειες βοηθητικού κυκλώματος.
- Θερμικά Προστασίας.
- Επιτηρητής φάσεων.
- Επιτηρητής ξηράς λειτουργίας.
- Ρελέ στάθμης.
- Αμπερόμετρο.
- Βολτόμετρο με μεταγωγέα βολτομέτρου.
- Ενδεικτικές λυχνίες πτώσεως θερμικών.
- Ενδεικτικές λυχνίες φάσεων.
- Μπουτόν Start – Stop γραμμής.
- Ρελέ αστέρα τριγώνου.
- Χρονικό εναλλαγής από αστέρα σε τρίγωνο

### Προγραμματιστής



Σχήμα 5.12: Προγραμματιστής (Πηγή: <http://www.agromatools.gr> ).

- Έχει τη δυνατότητα ελέγχου 6 ηλεκτροβανών και μίας κεντρικής ηλεκτροβάνας.
- Συνδέεται με τους εκτοξευτήρες στους οποίους δίνει εντολές (με ρεύμα 24 Volt) για λειτουργία μέσω δύο προγραμμάτων.
- Είναι απλός στη χρήση με χειριστήρια μηχανικού τύπου.
- Προσφέρει αυτοδιαγνωστικό έλεγχο και διατηρεί το χρόνο και το πρόγραμμα του με ή χωρίς μπαταρία πάνω από 12 ώρες.
- Έχει διακόπτη ON – OFF.
- Έχει διακόπτη ποσοστιαίας αυξομείωσης της κατανάλωσης νερού και επταήμερο ή δεκατετράήμερο πρόγραμμα με δυνατότητα σταθερών επαναλήψεων.
- Υπάρχει η δυνατότητα ημιαυτόματης λειτουργίας καθώς και η ομαλή λειτουργία χωρίς προβλήματα σε περίπτωση αυξομείωσης της τάσης του ηλεκτρικού ρεύματος.
- Λειτουργεί σε περίπτωση υψηλών και χαμηλών θερμοκρασιών, δηλαδή δεν επηρεάζεται η ομαλή και αδιάλειπτη λειτουργία του σε θερμοκρασίας από -2 °C έως 45 °C.
- Λειτουργεί ομαλά κάτω από την επίδραση ισχυρών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων.
- Δέχεται τα εξής αισθητήρια:
  - **Αισθητήριο Βροχόπτωσης.** Χρησιμοποιείται για να εξασφαλίζεται η υπό προϋποθέσεις διακοπής της εκτέλεσης των προγραμμάτων άρδευσης σε περίπτωση βροχόπτωσης, για την οικονομία διάθεσης υδάτινων πόρων. Το αισθητήριο βροχόπτωσης έχει ηλεκτρική έξοδο τύπου ξηρής επαφής NO και NC και φέρει μηχανισμό αίσθησης του ύψους βροχής με στοιχείο υγροσκοπικών δίσκων ρυθμιζόμενο ως προς το ύψος βροχόπτωσης στις τιμές 3, 6,13,19 και 25 mm. Το αισθητήριο συνδέεται με ψηφιακή είσοδο με τρόπο ώστε όταν συμπληρώνεται το συγκεκριμένα επιλεγόμενο ύψος στάθμης βροχής να δίδεται σήμα για διακοπή άρδευσης. Ο βροχοστάτης θα διακόπτει τον κύκλο άρδευσης μέσω της ηλεκτρικής εντολής που θα δίνει στον προγραμματιστή.



**Σχήμα 5.13:** Αισθητήριο Βροχόπτωσης (Πηγή: <http://www.e-garden-shop.gr/rain-bird-rsd-bex/>).

➤ **Αισθητήριο ταχύτητας ανέμου αναλογικό (ανεμόμετρο).** Τοποθετείται σε κατάλληλο σημείο στο χώρο του αντλιοστασίου ώστε να διακόπτει την άρδευση όταν η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί μια καθορισμένη τιμή, η οποία καθιστά την άρδευση με καταιονισμό μη αποτελεσματική. Το αισθητήριο ταχύτητας ανέμου είναι αναλογικό με έξοδο 0 – 20 mA και έχει φτερωτή με τρία ημισφαιρικά πτερύγια. Είναι κατασκευασμένο από ανθεκτικά στη διάβρωση υλικά (αλουμίνιο και πλαστικό) και συνοδεύεται με νομογράφημα της ηλεκτρικής τιμής εξόδου σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου, δίνοντας ηλεκτρικό σήμα στον προγραμματιστή.



**Σχήμα 5.14:** Αισθητήριο ταχύτητας ανέμου

(Πηγή:[http://www.enco.gr/files/WE800\\_Meteo\\_Station\\_all.pdf](http://www.enco.gr/files/WE800_Meteo_Station_all.pdf))

➤ **Αισθητήριο Πίεσης Αναλογικό.** Για την ασφάλιση και τον έλεγχο του συστήματος προβλέπεται η τοποθέτηση αισθητήριου πίεσης που θα συνδέεται με τον προγραμματιστή στο αντλιοστάσιο. Το αισθητήριο πίεσης είναι αναλογικό με έξοδο 4 – 20 mA και το εύρος μέτρησης είναι από 0 ως 10 bar με μέγιστη απόκλιση  $\pm 2\%$ . Η τάση τροφοδοσίας είναι 10 – 30 VDC και το σπείρωμα  $\frac{1}{4}$  " αρσενικό.



**Σχήμα 5.15:** Αναλογικό Αισθητήριο Πίεσης (Πηγή:<http://www.pelc.gr/el/95-nd-0720480.html>).

➤ **Αισθητήριο Ροής.** Το αισθητήριο ροής συνδέεται με τον προγραμματιστή και τοποθετείται στο τμήμα εξόδου προς τον κεντρικό αγωγό άρδευσης για τον έλεγχο ύπαρξης ροής. Με τις πληροφορίες που διαβιβάζονται εξασφαλίζεται: α) ο έλεγχος της υδραυλικής λειτουργίας των βανών και β) ο έλεγχος πιθανών διαρροών του δικτύου. Το αισθητήριο ροής (ροοδιακόπτης) έχει ηλεκτρική έξοδο τύπου ξηρής επαφής, με βόλτα 1".



**Σχήμα 5.16:** Αισθητήριο Ροής (Πηγή: <http://www.aenaos-sa.gr>).

### **Κεντρική Ηλεκτροβάννα (Master Valve)**

Η κεντρική ηλεκτροβάννα τοποθετείται στην έξοδο του σταθμού κεφαλής και παίρνει εντολή να ανοίξει από τον προγραμματιστή κατά τη διάρκεια της άρδευσης προσδίδοντας πρόσθετη ασφάλεια στο σύστημα. Η ηλεκτροβάννα είναι πλαστική διαφραγματικού τύπου κατασκευασμένη από υψηλής αντοχής υλικό με ενίσχυση ινών υάλου και με μεγάλη αντοχή στα χημικά. Διαθέτει δύο εισόδους διατεταγμένες καθέτως για μεγαλύτερη ευελιξία στην τοποθέτηση καθώς και μία έξοδο διαμέτρου 3" BSP με εσωτερικό σπείρωμα. Το διάφραγμα της είναι κατασκευασμένο από ελαστικό συνθετικού τύπου με BUNAN – N, κατάλληλο να αντέχει σε πιέσεις μέχρι 13,8 bar. Φέρει ενσωματωμένο αυτοκαθαριζόμενο ανοξειδωτο φίλτρο για προστασία από φερτά σωματίδια. Όλα τα μεταλλικά εξαρτήματα είναι κατασκευασμένα από ανοξειδωτα υλικά. Το καπάκι της ηλεκτροβάννας εξασφαλίζει τη στεγανότητα με το σώμα της μέσω 6 ανοξειδωτων βιδών με τη δυνατότητα επισκευής του εσωτερικού μηχανισμού χωρίς την εξάρμωση του σώματος από το δίκτυο. Φέρει μηχανισμό ελέγχου της ροής (flow control) και διαθέτει σύστημα χειροκίνητης λειτουργίας με εσωτερική εκτόνωση του νερού. Το πηνίο της είναι κατασκευασμένο από αντιδιαβρωτικό υλικό και λειτουργεί με τάση 24 Volts AC με ισχύ 5 Watt.



**Σχήμα 5.17:** Κεντρική Ηλεκτροβάνα (Πηγή: <http://www.antemisar.gr/product.aspx?iid=5715> ).

### **Καλώδια**

Η μεταφορά του ηλεκτρικού σήματος από τον προγραμματιστή στις ηλεκτροβάνες γίνεται μέσω των καλωδίων, ειδικών προδιαγραφών ανθυγρού τύπου ΝΥΥ (Συνέντευξη).

---

---

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>

---

---

### Συμπεράσματα

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί ουσιαστικά μια τεχνική περιγραφή που αφορά στη μελέτη του αυτόματου αρδευτικού συστήματος καταιονισμού για τον χλοοτάπητα του ποδοσφαιρικού γηπέδου του Ολυμπιακού Αθλητικού Κέντρου (ΟΑΚΑ) – Σπύρος Λούης, λαμβάνοντας υπόψη την πληρότητα του συστήματος, την ομοιομορφία της άρδευσης, την προστασία της από υδραυλικά πλήγματα, την συμβατότητα της με την τεχνολογία των ολοκληρωμένων θαλαμίσκων χλοοτάπητα, και την ευκολία συντήρησής του. Ως εκ τούτου κρίθηκε απαραίτητη η παρουσίαση του απαραίτητου θεωρητικού υπόβαθρου για τα συστήματα άρδευσης καταιονισμού αθλητικών χώρων με εκτεταμένους χλοοτάπητες. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν τόσο από την βιβλιογραφική ανασκόπηση της θεωρίας, όσο και από τους υπολογισμούς που έλαβαν χώρα για τον απαιτούμενο σχεδιασμό είναι:

#### **(Α) Για την άρδευση αθλητικών χώρων με εκτεταμένους χλοοτάπητες:**

1. Χρησιμοποιείται το σύστημα άρδευσης με καταιονισμό διότι:

- σε ελαφρά εδάφη με βασική διηθητικότητα μεγαλύτερη των 75 mm την ώρα (όπως οι εκτεταμένοι χλοοτάπητες) δεν μπορεί να εφαρμοστούν οι μέθοδοι κατάκλισης
- είναι έργο άμεσης αξιοποίησης και απόδοσης,
- παρουσιάζονται λιγότερες απώλειες ύδατος λόγω εξάτμισης και μεταφοράς του έτσι οπότε είναι δυνατή η άρδευση μεγαλύτερης έκτασης με την ίδια ποσότητα νερού,
- δεν καταστρέφεται η δομή του υπό άρδευση χώρου,
- αξιοποιούνται οι μικρές και διεσπαρμένες παροχές,
- μπορεί να γίνει ταυτόχρονα και η λίπανση του χώρου και
- μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προστασία από τον παγετό

2. Οι κλιματικοί παράγοντες όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου δύνανται να καθορίσουν τις υδατικές ανάγκες ενός χλοοτάπητα, αφού οι συγκεκριμένοι κλιματικοί παράγοντες επιδρούν στην εξαμισοδιαπνοή Επομένως:

- αν η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή του υπό άρδευση χώρου είναι μεγάλη (<4-5 m/sec) η εφαρμογή του συστήματος καταιονισμού δεν θα μπορούσε να καλύψει σε

ικανοποιητικό βαθμό την εξασφάλιση ομοιόμορφης άρδευσης ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν αυξημένες απώλειες νερού λόγω μεταφοράς των σταγόνων της βροχής εκτός της αρδευόμενης έκτασης,

- αν επικρατούν γενικά υψηλές θερμοκρασίες δε συνίσταται η λειτουργία του δικτύου καταιονισμού τις μεσημβρινές ώρες,

3. Όλος ο χώρος στα αθλητικά γήπεδα δεν έχει τις ίδιες απαιτήσεις σε νερό. Περισσότερο νερό χρειάζονται οι περιοχές που χρησιμοποιούνται περισσότερο, όπως το κέντρο του γηπέδου, το οποίο χρειάζεται περισσότερο νερό από ότι τα άκρα του. Οι εκτοξευτήρες πρέπει να τοποθετούνται με τρόπο ώστε να εξασφαλίζονται οι ιδανικές αλληλοκαλύψεις των πεδίων εκτόξευσης τους, να μειώνονται στο ελάχιστο οι απώλειες σε νερό κατά την άρδευση και να επιτρέπεται η χρησιμοποίησι των προγραμμάτων άρδευσης, ανάλογα με τις υδατικές απαιτήσεις. Όσον αφορά την ισαποχή των εκτοξευτήρων, αυτή εξαρτάται τόσο από την διάταξη αυτών, όσο και από το μέγεθος της ταχύτητας του επικρατούντος ανέμου. Συνεπώς:

- Οι εκτοξευτήρες που χρησιμοποιούνται σε αθλητικά γήπεδα πρέπει να έχουν ακτίνα διαβροχής τουλάχιστον 15 m.
- Οι εκτοξευτήρες με μεγάλη ακτίνα διαβροχής απαιτούν μεγάλες παροχές.
- Η χρήση πολλών εκτοξευτήρων μεγάλης παροχής στο ίδιο κύκλωμα (ζώνη) απαιτεί σωληνώσεις μεγάλων διατομών.
- Οι εκτοξευτήρες των αθλητικών γηπέδων δεν θα πρέπει να εμποδίζουν τις αθλητικές δραστηριότητες. Οι καλύτεροι εκτοξευτήρες αθλητικών χώρων υποχωρούν μέχρι και 15 mm κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Με αυτόν τον τρόπο, οι εκτοξευτήρες όχι μόνο είναι αόρατοι αλλά και δεν προκαλούν ατυχήματα στους αθλητές.
- Σε αρδευτικά συστήματα μεγάλης κλίμακας, το σύστημα ενσωματωμένης ηλεκτροβάνας υπερέχει έναντι του συστήματος διαχωρισμού σε ζώνες, διότι το εν λόγω σύστημα απαιτεί σωληνώσεις μικρότερων διατομών από ότι το σύστημα διαχωρισμού σε ζώνες, όλες οι γραμμές τοποθετούνται στο ίδιο βάθος καθώς δεν υπάρχουν κύριες και δευτερεύουσες διατομές, δεν λαμβάνει χώρα αποστράγγιση στα χαμηλά σημεία, καθώς κάθε εκτοξευτήρας έχει τη δικιά του ηλεκτροβάνα., οποιοσδήποτε εκτοξευτήρας του συστήματος μπορεί να συνδεθεί με κάποιον άλλον για παράλληλη λειτουργία.

**(B) Σχετικά με τους υπολογισμούς σχεδιασμού για το αρδευτικό δίκτυο του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ:**

1. Η επιλογή ψυχρόφιλου έναντι ή θερμόφιλου χλοοτάπητα.



- Οι μήνες αιχμής για τις αρδευτικές ανάγκες για τα δύο είδη χλοοτάπητα στην περιοχή της Αθήνας είναι κοινοί, από Απρίλιο ως Σεπτέμβριο.
- Οι αρδευτικές ανάγκες στους μήνες αιχμής είναι κατά ένα μέσο ποσοστό 12%, μικρότερες για έναν θερμόφιλο χλοοτάπητα από ότι για έναν ψυχρόφιλο χλοοτάπητα.
- Οι αρδευτικές απαιτήσεις του ψυχρόφιλου χλοοτάπητα του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ, τους μήνες αιχμής κυμαίνονται από 18,78 m<sup>3</sup>/d (τον Απρίλιο) ως 53 m<sup>3</sup>/d (τον Ιούλιο).
- Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που έλαβαν χώρα, χρήση ενός θερμόφιλου χλοοτάπητα για το κεντρικό στάδιο του ΟΑΚΑ, θα απαιτούσε *μικρότερες αρδευτικές ανάγκες*.

## 2. Χωροθέτηση και χαρακτηριστικά αυτοανυψούμενων εκτοξευτήρων.

- Οι εκτοξευτήρες έχουν τοποθετηθεί σε τετραγωνική διάταξη και δεδομένου ότι ο εν λόγω αθλητικός χώρος βρίσκεται στα βόρεια προάστια της Αθήνας και η πιθανότητα οι άνεμοι σε αυτή την περιοχή να υπερβαίνουν τη μέση ένταση, η ισαποχή μεταξύ των εκτοξευτήρων έχει γίνει στο 37% της διαμέτρου τους.
- Ο υπό άρδευση χώρος του αγωνιστικού χλοοτάπητα έχει καλυφθεί από 35 *εκτοξευτήρες* σε ισαποστάσεις 18,28 m x 18,28 m, οι οποίοι διαχωρίζονται σε 5 στάσεις των 7 εκτοξευτήρων. Ο καθένας θα έχει μέγιστη ακτίνα 24,7 m.
- Προτείνεται και εφαρμόστηκε το σύστημα ενσωματωμένης ηλεκτροβάνας έναντι του συστήματος διαχωρισμού σε ζώνες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία.

## 3. Υπολογισμούς υδραυλικού πλήγματος

- Επειδή απαιτείται μεγάλη παροχή, η τροφοδοσία του συστήματος άρδευσης επιτυγχάνεται με τη χρήση 3 αντλιών οι οποίες τοποθετούνται παράλληλα, έχουν παροχή 16 m<sup>3</sup>/h και πίεση 8 atm η κάθε μία και διαθέτουν αυτοματισμό εναλλαγής προκειμένου να έχουν ομοιόμορφη φθορά. Με το σύστημα αυτό 2 αντλίες απαιτούνται για την άρδευση του χλοοτάπητα, ενώ η τρίτη εξασφαλίζει την απρόσκοπτη και συνεχή λειτουργία του συστήματος άρδευσης σε περίπτωση βλάβης μίας εκ των τριών αντλιών.
- Η πίεση του αντλητικού συστήματος πρέπει με βάση τους υπολογισμούς να φτάνει περίπου τα 7,3 bar. Η ολική πίεση κατά τη διάρκεια του πλήγματος υπολογίστηκε 73,46 mΣΥ ≈ 73 mΣΥ, συνεπώς δεν απαιτείται αντιπληγματική προστασία των αντλιών.
- Η πίεση κατά το χειρισμό των υδροληψιών υπολογίστηκε στα 99,11 mΣΥ < 100 mΣΥ, οπότε παρουσιάζεται οριακά κίνδυνος υδραυλικού πλήγματος και ίσως να απαιτείται επιπλέον αντιπληγματική προστασία.

Η αποτελεσματική λειτουργία του αρδευτικού δικτύου του κεντρικού σταδίου του ΟΑΚΑ τεκμαίρεται από το συστηματικό πρόγραμμα συντήρησής του, που αφορά (Συνέντευξη):

- τον καθαρισμό των φίλτρων των εκτοξευτήρων και των ηλεκτροβανών σε εξαμηνιαία βάση,
- τον έλεγχο της διαβροχής των εκτοξευτήρων σε μηνιαία βάση και την διόρθωσή της με βάση τους επικρατούντες ανέμους και
- τον καθαρισμό των ακροφυσίων των στατικών και περιστροφικών εκτοξευτήρων σε μηνιαία διαστήματα.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

### **Ελληνική Βιβλιογραφία**

- Εγκύκλιος Δ. 22.200 / 30-7-1977 του Υ.Δ.Ε.. Οδηγίες για τον Έλεγχο Μελετών Σωληνωτών Αρδευτικών Δικτύων.
- Θεοχάρης, Μ., (2000). Αρδεύσεις – Στραγγίσεις. Σημειώσεις ΑΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα.
- Κανταρτζής Ν.Α. (2002). Ανθοκομία Τόμος 10ος, Χλοοτάπητες – Φυτά εδαφοκάλυψης - Καλλωπιστικές χλόες για την αρχιτεκτονική και αρχιτεκτονική Τοπίου, Αθήνα, :18-5
- Μπαμπίλης, Δ., Βαλιώτης Χ., Σπαθαριώτης Μ., Καλαντζόπουλος Γ., (2000). Εφαρμογές Αρδευτικών Δικτύων στην Κηποτεχνία. Τεχνικά Επαγγελματικά Λύκεια, 2<sup>ος</sup> Κύκλος Ειδικότητα Κηποτεχνίας. Τομέας Γεωπονίας Τροφίμων και Περιβάλλοντος. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Νεκτάριος, Π.Α., Ν. Ντούλας και Α. Ζαχαροπούλου. (2005). Μετακινούμενος Χλοοτάπητας. Η λύση για τους Ολυμπιακούς Αγώνες της Αθήνας 2004 και των σύγχρονων Αθλητικών Εγκαταστάσεων. Garden and Business, Εκδόσεις Γεωργική Τεχνολογία. 1: 30-46.
- Νικολάου, Γ., (2009).Βελτιωμένα Συστήματα Άρδευσης. Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Τμήμα Γεωργίας. Έκδοση 1/2009. Λευκωσία – Κύπρος.
- Παπαϊωάννου, Α., (2002). Μηχανική των Ρευστών ΙΙ. Εκδόσεις ΚΟΡΑΛΙ.
- Παπακώστα Κ., (2009). Μεταπτυχιακή Διατριβή με τίτλο: Πλήγμα Κριού – Ανάλυση. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Διατμηματικό Πρόγραμμα Σπουδών Υδραυλικής Μηχανικής. Επιβλέπων Καθηγητής Ιωάννης Β. Σούλης.

- Παπαζαφειρίου, Ζ., (1998). Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
- Πατακιούτας, Γ., (2001). Αρδεύσεις – Στραγγίσεις. ΑΤΕΙ Ηπείρου. Άρτα.
- Τερζίδης, Γ., και Παπαζαφειρίου, Ζ., (1994). Γεωργική Υδραυλική. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
- Τεχνική Έκθεση Αρδευτικού Δικτύου ΕΕΛ Αρμένων – Δ.Ε.Υ.Α. Σητείας, 2007 – 2013.
- Χιωτάκης, Η., (2010). Πτυχιακή Εργασία με τίτλο: Μελέτη και Κατασκευή Σύγχρονων συστημάτων Άρδευσης Κήπων και Πάρκων. ΑΤΕΙ Ηρακλείου Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας.

### **Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία**

- Richard B. Choate, (1987). *Turf Irrigation Manual*.
- Edward Pira, (1992). *Golf Course Irrigation System*.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Rome, 1992.
- Nektarios, P.A. and N. Ntoulas, (2007). Olympic Stadium Construction for the Athens Olympic Games 2004 Using Modular Turf. 2<sup>nd</sup> International Conference on Turfgrass Management and Science for Sport Fields. 24-29 June 2007, Beijing, China. *Acta Horticulturae*. 783:589-600.
- U.S. Department of Agriculture. (1989). Summary Report, 1987 *National resources inventory. Soil Conservation Service. Statistical Bulletin No. 790* Washington, DC.

Διαδίκτυο:

[www.meteo.gr](http://www.meteo.gr)

[www.fao.org](http://www.fao.org)

[http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%9C%CE%AD%CE%B8%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CE%B9\\_%CE%AC%CF%81%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7%CF%82\\_%CF%83%CE%B5\\_%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B5%CF%82\\_%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CE%B9%CF%87%CF%84%CE%BF%CF%8D\\_%CF%84%CF%8D%CF%80%CE%BF%CF%85](http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%9C%CE%AD%CE%B8%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CE%B9_%CE%AC%CF%81%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7%CF%82_%CF%83%CE%B5_%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B5%CF%82_%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CE%B9%CF%87%CF%84%CE%BF%CF%8D_%CF%84%CF%8D%CF%80%CE%BF%CF%85)

Για την αντλία:

<http://www.argyrioua.com.gr/0010000041/%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%B9%CE%B5%CF%83-%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CE%B4%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%83->

[%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%85%CF%86%CE%B5%CF%83-](#)

[%CF%80%CE%BF%CE%BB%CF%85%CE%B2%CE%B1%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CE%B5%CF%83.html](#)

Για το πιεστικό δοχείο: <http://www.eplaza.gr/piestiko-doxeio-kryoy-neroy-katheto-200lt-afv200-103011p.html>

Για φίλτρο: <http://www.e-garden-shop.gr/filtro-sitas-megalo-6atm-1-120-mesh/>

Για σωληνώσεις: <http://www.sidma.gr/default.asp?pid=185&la=1>

Για σωλήνες πολυαιθυλενίου: <http://technoroi.com/products41.php>

Για μετρητή παροχής τύπου WOLTMAN:

<http://www.hvacolutions.gr/default.aspx?tab=Commerce&CatTypeID=7&CatID=12&ProdID=WDEK30>

Για βαλβίδα ταχείας εκτόνωσης:

<http://www.agrohoum.gr/product/204/pro%CF%8Aontaardeytikaydreysibalbides-gia-metafora-neroy-hydromodule-/>

Για βαλβίδα αντεπιστροφής τύπου κλαπέ:

[http://www.tzortzatos.gr/index.php?option=com\\_virtuemart&view=productdetails&virtuemart\\_product\\_id=1154&virtuemart\\_category\\_id=478#.WDbU2bmqLhl](http://www.tzortzatos.gr/index.php?option=com_virtuemart&view=productdetails&virtuemart_product_id=1154&virtuemart_category_id=478#.WDbU2bmqLhl)

Για εγχυτική βαλβίδα λίπανσης τύπου Venturi:

[\[%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BB%CE%AF%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7%CF%82-\]\(#\)](http://www.kmirrigation.com/%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%8A%CF%8C%CE%BD%CF%84%CE%B1%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%AF%CE%B5%CF%82-</a></p></div><div data-bbox=)

[%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B5%CF%82-](#)

[%CE%B2%CE%B1%CE%BB%CE%B2%CE%AF%CE%B4%CE%B5%CF%82/%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BB%CE%AF%CE%B5%CF%82-](#)

[%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BB%CE%AF%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7%CF%82-tefen.html](#)

Για Γραναζωτούς Εκτοξευτήρες Μέγιστης Ακτίνας 24.7: <http://tselepis.gr/images/pdf/2Rainbird.pdf>

Για Σφαιρικό κρουνο ολικής διέλευσης: [http://www.chryssafidis.com/files/el/data\\_sheets/29304xA.pdf](http://www.chryssafidis.com/files/el/data_sheets/29304xA.pdf)

Για τον Προγραμματιστή:

[\[%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%85-\]\(#\)](http://www.agromatools.gr/gr/%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%83-</a></p></div><div data-bbox=)

%CF%80%CE%BF%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%83-  
%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%83-6-  
%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B5%CF%89%CE%BD-  
%CE%B5%CE%BE%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85-  
%CF%87%CF%89%CF%81%CE%BF%CF%85-rainbird

Για Αισθητήριο Βροχόπτωσης: <http://www.e-garden-shop.gr/rain-bird-rsd-bex/>

Για αισθητήριο ταχύτητας ανέμου: [http://www.enco.gr/files/WE800\\_Meteo\\_Station\\_all.pdf](http://www.enco.gr/files/WE800_Meteo_Station_all.pdf)

Για Αναλογικό Αισθητήριο Πίεσης: <http://www.pelc.gr/el/95-nd-0720480.html>

Για Αισθητήριο Ροής: <http://www.aenaos->

[sa.gr/%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%CF%80%CF%84%CE%B7%CF%82-  
%CF%81%CE%BF%CE%AE%CF%82-flow-switch-siemens-qve1901](http://www.aenaos-sa.gr/%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%CF%80%CF%84%CE%B7%CF%82-%CF%81%CE%BF%CE%AE%CF%82-flow-switch-siemens-qve1901)

Για Κεντρική Ηλεκτροβάνα: <http://www.antemisaris.gr/product.aspx?iid=5715>

## ***Έρευνα***

Συνέντευξη στον κ. Πεζούλα Κωνσταντίνο, υπεύθυνο συντήρησης του ποδοσφαιρικού γηπέδου του Αθλητικού Κέντρου ΟΑΚΑ – Σπύρος Λούης, σχετικά με τα υδραυλικά και ηλεκτρολογικά στοιχεία του αρδευτικού συστήματος.