



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Διπλωματική Εργασία

**Διερεύνηση συστήματος άρδευσης πειραματικού
αγροτεμαχίου αξιοποιώντας επεξεργασμένα αστικά λύματα**



Όλγα Μ. Παπαδοπούλου

Επιβλέπων: Σ. Μαλαμής, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπων: Ε. Μπαλτάς, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2019



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Διπλωματική Εργασία

**Διερεύνηση συστήματος άρδευσης πειραματικού
αγροτεμαχίου αξιοποιώντας επεξεργασμένα αστικά λύματα**

Όλγα Μ. Παπαδοπούλου

Επιβλέπων: Σ. Μαλαμής, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπων: Ε. Μπαλτάς, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2019

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κατ' αρχάς, επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά τους επιβλέποντές μου, κύριο Συμεών Μαλαμή, Επίκουρο Καθηγητή στον Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, και τον κύριο Ευάγγελο Μπαλτά, Καθηγητή στον Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν και την ανάθεση της διπλωματικής εργασία καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή τους σε όλους τους τομείς. Οι γνώσεις και η εμπειρία τους με βοήθησαν να διευρύνω τους μαθησιακούς μου ορίζοντες και τους ευχαριστώ πολύ για αυτό. Τέλος, επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά όλους τους ανθρώπους που είναι κοντά μου και με στηρίζουν και ιδιαίτερος τον Βασίλη. Θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους μου για την στήριξη, τις συμβουλές τους και τη συμπαράστασή τους. Ευχαριστώ, επίσης, την οικογένειά μου που με στηρίζει σε οποιοδήποτε εγχείρημά μου.

ΣΥΝΟΨΗ

Διερεύνηση συστήματος άρδευσης πειραματικού αγροτεμαχίου αξιοποιώντας επεξεργασμένα αστικά λύματα

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη μίας μεθοδολογίας για την εύρεση της παροχής ζήτησης μίας αρδευόμενης αγροδασικής έκτασης πειραματικού αγροτεμαχίου, σε βάθος χρόνου, που θα τροφοδοτείται με εμπλουτισμένο σε θρεπτικά συστατικά νερό, προερχόμενο από επεξεργασία λυμάτων, καθώς και η σύγκριση της ζήτησης αυτής με τη διατιθέμενη παροχή. Θα δίνεται η δυνατότητα τροφοδότησης του συστήματος με τρία διαφορετικά σενάρια περιεκτικότητας σε άζωτο και φώσφορο. Προκειμένου να επιτευχθεί ο σκοπός της εργασίας, απαιτείται η υλοποίηση επιμέρους στόχων οι οποίοι είναι η επιλογή του βέλτιστου σεναρίου περιεκτικότητας, ο καθορισμός των υδατικών αναγκών των καλλιεργειών και των υδατικών αναγκών με βάση τα θρεπτικά συστατικά. Στην παρούσα εργασία θα εξεταστεί η παροχή ζήτησης σε θρεπτικά συστατικά του συστήματος με βάση το άζωτο. Η ζήτηση εξετάζεται για τα επόμενα δώδεκα χρόνια, με τη χρήση στοχαστικού μοντέλου πρόβλεψης χρονοσειρών των θερμοκρασιών και των βροχοπτώσεων και με την παραδοχή συνολικής θερμοκρασιακής αύξησης της τάξης του 1%. Για κάθε ημέρα πρόβλεψης καθορίζονται οι μέσες ημερήσιες καθαρές υδατικές απαιτήσεις και οι υδατικές απαιτήσεις με βάση το άζωτο των καλλιεργειών, για κάθε ένα από τα τρία διαθέσιμα σενάρια περιεκτικότητας του διατιθέμενου νερού σε αυτό. Με την εμπειρική μέθοδο Blaney-Criddle υπολογίζεται για τον κάθε μήνα η εξατμισοδιαπνοή, δηλαδή οι υδατικές ανάγκες των φυτών, ενώ αξιοποιώντας τη μέθοδο της βραδείας διήθησης, η ζήτηση σε άζωτο. Η τελική ημερήσια παροχή σχεδιασμού της κάθε καλλιέργειας, προκύπτει, κάθε φορά, ως η ελάχιστη εκ των δύο. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν δείχνουν ότι το βέλτιστο σενάριο περιεκτικότητας σε θρεπτικά συστατικά είναι αυτό με τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις, καθώς, με βάση αυτό, η προκύπτουσα παροχή σχεδιασμού είναι αυτή με τις μικρότερες αποκλίσεις από την υδατική ζήτηση του αγροτεμαχίου. Και με τα τρία σενάρια περιεκτικότητας στο αρδευτικό νερό προκύπτουν παροχές σχεδιασμού που ικανοποιούν τις υδατικές απαιτήσεις σε άζωτο αλλά όχι τις υδατικές ανάγκες των καλλιεργειών. Επιπλέον, προκύπτει πως η διατιθέμενη παροχή καθ' όλη την αρδευτική περίοδο των δώδεκα ετών κρίνεται υπερεπαρκής, σε σχέση με την τελική υδατική ζήτηση, παρά την υπόθεση της θερμοκρασιακής αύξησης. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα στους αρμόδιους για τη σωστή διαχείριση του αρδευτικού συστήματος κατά τη φάση της μελέτης αλλά και στη διάρκεια λειτουργίας του.

Λέξεις-κλειδιά: εξατμισοδιαπνοή, βραδεία διήθηση, υδατικές ανάγκες, εμπλουτισμένο αρδευτικό νερό, αυτοπαλίνδρομο μοντέλο, ανάλυση χρονοσειρών

ABSTRACT

Investigation of a pilot field irrigation system utilizing treated waste water

The objective of this diploma thesis is to develop a methodology for estimating demand of a long-term irrigated agroforestry land that will be irrigated with enriched nutrient wastewater and comparing it with the available supply each time. The system will be supplied with three different scenarios of nitrogen and phosphorus content in the irrigated water. In order to achieve the objective of this diploma thesis, the selection of the optimum content scenario, the determination of water needs and water needs based on nutrients of the crops are necessary. The demand of nutrients will be determined by the nitrogen demand of the crops. The demand is examined for the next twelve years, using a stochastic time series model of temperature and rainfall assuming a global temperature increase of 1%. The daily average net water and nitrogen-based water requirements of each crop, for each of the three available water content scenarios, are set for each predicted day. Evapotranspiration, which is supposed to be the main factor of water requirements of the plants, is estimated using the empirical Blaney-Criddle method, while the nitrogen-based water requirements are based on slow filtration method. The final design flow, each time, appears to be the minimum of the two. The results show that the optimal scenario of nutrient content is the one with the lowest concentrations, as, accordingly, the resulting design supply is the one with the smallest deviations from the water demand of the crops. All three scenarios of irrigation water content provide design supply that meet the nitrogen but not the crop water requirements. Moreover, it appears that the available supply throughout the twelve-year irrigation period is considered heaping in relation to the final water demand, despite the assumption of temperature rise. These results may be particularly useful to those responsible for the proper management of the irrigation system during the study phase and during its operation.

Keywords: evapotranspiration, slow filtration, water needs, enriched irrigation water, auto-regressive model, time series analysis

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή	1
1.1	Το Ερευνητικό Πρόγραμμα HYDROUSA	1
1.1.1	Το πιλοτικό σύστημα του HYDROUSA στη Λέσβο	2
1.2	Σκοπός διπλωματικής εργασίας	3
1.3	Διάρθρωση διπλωματικής εργασίας	3
2	Θεωρητικό υπόβαθρο	6
2.1	Εξατμισοδιαπνοή	6
2.2	Ενεργός Βροχόπτωση	7
2.3	Άρδευση- Συστήματα Άρδευσης	7
2.4	Θρεπτικά συστατικά των φυτών	10
2.5	Φυσικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων (Βραδεία διήθηση)	11
2.1.1	Χρονοσειρές – μεθολογίες ανάλυσης και πρόβλεψης χρονοσειρών	14
3	Περιοχή μελέτης και συγκέντρωση δεδομένων	17
3.1	Γενική διάταξη αρδευόμενης έκτασης	17
3.2	Πίνακας καλλιεργειών	19
3.3	Πίνακας ζήτησης φωσφόρου και αζώτου των καλλιεργειών	20
3.4	Πίνακας συντελεστών απόδοσης των μεθόδων άρδευσης	22
3.5	Μετεωρολογικά δεδομένα θερμοκρασιών EMY	23
3.6	Μετεωρολογικά δεδομένα μηνιαίου ύψους βροχής	24
3.7	Κατανομή t student	25
4	Μεθοδολογική προσέγγιση	26
4.1	Προεπεξεργασία θερμοκρασιακών χρονοσειρών	26
4.1.1	Στατιστική ανάλυση χρονοσειράς	26
4.1.2	Μονιμοποίηση χρονοσειράς	27
4.2	Αυτοπαλίνδρομα μοντέλα	28
4.2.1	Εύρεση συντελεστών 1 ^{ης} και 2 ^{ης} τάξης	29
4.2.2	Υπολογισμός υπολοίπων	30
4.2.3	Διαγνωστικός έλεγχος	30
4.3	Παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών	31
4.4	Εκτίμηση εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας	31

4.4.1	Εμπειρική Μέθοδος Blaney- Criddle	32
4.5	Καθαρές υδατικές ανάγκες	33
4.6	Υδραυλική φόρτιση με βάση το άζωτο	33
5	Εφαρμογή μεθοδολογίας και αποτελέσματα	35
5.1	Στατιστικά χαρακτηριστικά χρονοσειρών	35
5.1.1	Θερμοκρασία	35
5.1.2	Βροχή.....	37
5.2	Αυτοπαλίνδρομο μοντέλο τάξης 1	39
5.2.1	Θερμοκρασία	39
5.2.2	Βροχή.....	40
5.3	Αυτοπαλίνδρομο μοντέλο τάξης 2.....	41
5.3.1	Θερμοκρασία	41
5.3.2	Βροχοπτώσεις.....	43
5.4	Συγκριτική Αξιολόγηση.....	43
5.4.1	Θερμοκρασία	46
5.4.2	Βροχή.....	47
5.5	Παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών.....	48
5.6	Κατανομή μηνιαίου ύψους βροχόπτωσης σε ημερήσια κλίμακα	50
5.7	Ζήτηση αζώτου και δυνατές περιεκτικότητες.....	52
5.7.1	Ανάγκες φυτών σε N,P	52
5.7.2	Περιεκτικότητα νερού σε άζωτο	53
5.8	Υπολογισμός παροχής σχεδιασμού	54
5.8.1	Υπολογισμός καθαρών υδατικών αναγκών.....	54
5.8.2	Υπολογισμός παροχής ζήτησης με βάση το άζωτο	59
5.8.3	Συγκριτική αξιολόγηση	59
5.9	Τελική παροχή ζήτησης	62
6	Συμπεράσματα	67
6.1	Βασικά Συμπεράσματα	67
6.2	Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα.....	68
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	70
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	73

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 3.1: Αρδευόμενη έκταση.....	18
Πίνακας 3.2: Αρδευόμενη επιφάνεια των διαφορετικών κατηγοριών καλλιέργειας.....	18
Πίνακας 3.3: Επιλεγμένες καλλιέργειες.	19
Πίνακας 3.4: Φυτικός συντελεστής καλλιεργειών [2] [5] [14] [15] [16].	19
Πίνακας 3.5: Καλυπτόμενη επιφάνεια καλλιεργειών με τις δύο μεθόδους άρδευσης....	20
Πίνακας 3.6: Ετήσια ζήτηση των καλλιεργειών σε άζωτο και φώσφορο [21] [22] [23] [24] [25].	21
Πίνακας 3.7: Ποσοστό αζώτου, f , που χάνεται [10].....	21
Πίνακας 3.8 Παράμετροι επεξεργασμένου νερού [11].	22
Πίνακας 3.9:Ενδεικτικές τιμές αποδοτικότητας διανομής, E_d , και εφαρμογής, E_f , που αναφέρονται σε οργανωμένα αρδευτικά δίκτυα [5] [6] [9].....	22
Πίνακας 3.10: Μετεωρολογικά δεδομένα ΕΜΥ.....	23
Πίνακας 3.11: Μηνιαίο ύψος βροχής των δέκα προηγούμενων ετών στην περιοχή Πέτρα, Μυτιλήνη.	24
Πίνακας 3.12: Πίνακας κατανομής t student [21].	25
Πίνακας 4.1: Μέσο ημερήσιο ποσοστό της συνολικής ετήσιας διάρκειας των ωρών ημέρας (P) [2].	32
Πίνακας 5.1: Στατιστικά χαρακτηριστικά ιστορικής χρονοσειράς θερμοκρασιών.....	35
Πίνακας 5.2: Μέσος Όρος (MO) ($^{\circ}C$) και Τυπική απόκλιση (SD) ($^{\circ}C$) της θερμοκρασίας των μηνών για τα έτη 1990-2018.	35
Πίνακας 5.3:Μέρος πραγματικής και μονιμοποιημένης χρονοσειράς θερμοκρασιών ($^{\circ}C$).	36
Πίνακας 5.4: Στατιστικά χαρακτηριστικά μονιμοποιημένης ιστορικής χρονοσειράς θερμοκρασιών και συντελεστές αυτοσυσχέτισης 1ης και 2ης τάξης.	36
Πίνακας 5.5: Στατιστικά χαρακτηριστικά ιστορικής χρονοσειράς μηνιαίων υψών βροχής (mm).....	37
Πίνακας 5.6: Μέσος όρος και τυπική απόκλιση των μηνιαίων υψών βροχής για τα έτη 2009-2018 (mm).....	37
Πίνακας 5.7: Απόσπασμα ιστορικής πραγματικής και μονιμοποιημένης χρονοσειράς βροχοπτώσεων.	37
Πίνακας 5.8:Συχνότητα σε ημέρες των υψών βροχής για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου.	38

Πίνακας 5.9: Στατιστικά χαρακτηριστικά μονιμοποιημένης ιστορικής χρονοσειράς θερμοκρασιών και συντελεστές αυτοσυσχέτισης 1ης και 2ης τάξης.....	39
Πίνακας 5.10: Χαρακτηριστικά του μοντέλου $AR1$	39
Πίνακας 5.11: Υπόλοιπα μονιμοποιημένης χρονοσειράς για τα έτη 1990-1991 με χρήση του μοντέλου $AR1$	40
Πίνακας 5.12: Χαρακτηριστικά μοντέλου $AR1$ για τη μονιμοποιημένη σειρά βροχοπτώσεων.....	40
Πίνακας 5.13: Χρονοσειρά υπολοίπων των μηνιαίων βροχοπτώσεων με το μοντέλο $AR1$	41
Πίνακας 5.14: Χαρακτηριστικά του μοντέλου $AR2$	42
Πίνακας 5.15: Υπόλοιπα μονιμοποιημένης χρονοσειράς με χρήση του μοντέλου $AR2$	42
Πίνακας 5.16: Χαρακτηριστικά μοντέλου $AR2$ για τη μονιμοποιημένη χρονοσειρά μηνιαίων βροχοπτώσεων.....	43
Πίνακας 5.17: Απόσπασμα χρονοσειράς υπολοίπων με χρήση του μοντέλου $AR2$	43
Πίνακας 5.18: Αυτοσυσχετίσεις υπολοίπων με τη χρήση του μοντέλου $AR1$	44
Πίνακας 5.19: Αυτοσυσχετίσεις υπολοίπων με χρήση του μοντέλου $AR2$	45
Πίνακας 5.20: Απόσπασμα συνθετικής χρονοσειράς με θερμοκρασιακής αύξηση.....	48
Πίνακας 5.21: Τελική συνθετική χρονοσειρά μηνιαίου ύψους βροχής για την αρδευτική περίοδο 2019.....	50
Πίνακας 5.22: Ημερήσια κατανομή βροχόπτωσης για τον μήνα Απρίλιο '19.....	51
Πίνακας 5.23: Ετήσια ζήτηση των καλλιεργειών σε άζωτο και φώσφορο.....	52
Πίνακας 5.24: Μηνιαία ζήτηση φωσφόρου καλλιεργειών.....	53
Πίνακας 5.25: Δυνατές συγκεντρώσεις N στην επεξεργασμένη εκροή προς άρδευση ..	54
Πίνακας 5.26: Συνθετική χρονοσειρά θερμοκρασιών και η αντίστοιχη χρονοσειρά εξατμισοδιαπνοής αναφοράς.....	54
Πίνακας 5.27: Τελική χρονοσειρά εξατμισοδιαπνοής αναφοράς.....	55
Πίνακας 5.28: Τελική χρονοσειρά εξατμισοδιαπνοής αναφοράς με τα αντίστοιχα εύρη για διάστημα εμπιστοσύνης 95%.....	56
Πίνακας 5.29: Μέρος χρονοσειράς ημερήσιας συνολικής υδατικής ζήτησης.....	58
Πίνακας 5.30: Καθαρή ημερήσια παροχή ζήτησης Q_{d1} και ημερήσια ζήτηση Q_{d2} συμπεριλαμβανομένης της αποδοτικότητας της μεθόδου άρδευσης, για τις πρώτες ημέρες του Ιουλίου '19.....	63
Πίνακας 5.31: Καθαρή, συμπεριλαμβανομένης της μεθόδου άρδευσης και τελική ημερήσια παροχή ζήτησης του συστήματος.....	63

Ευρετήριο Σχημάτων

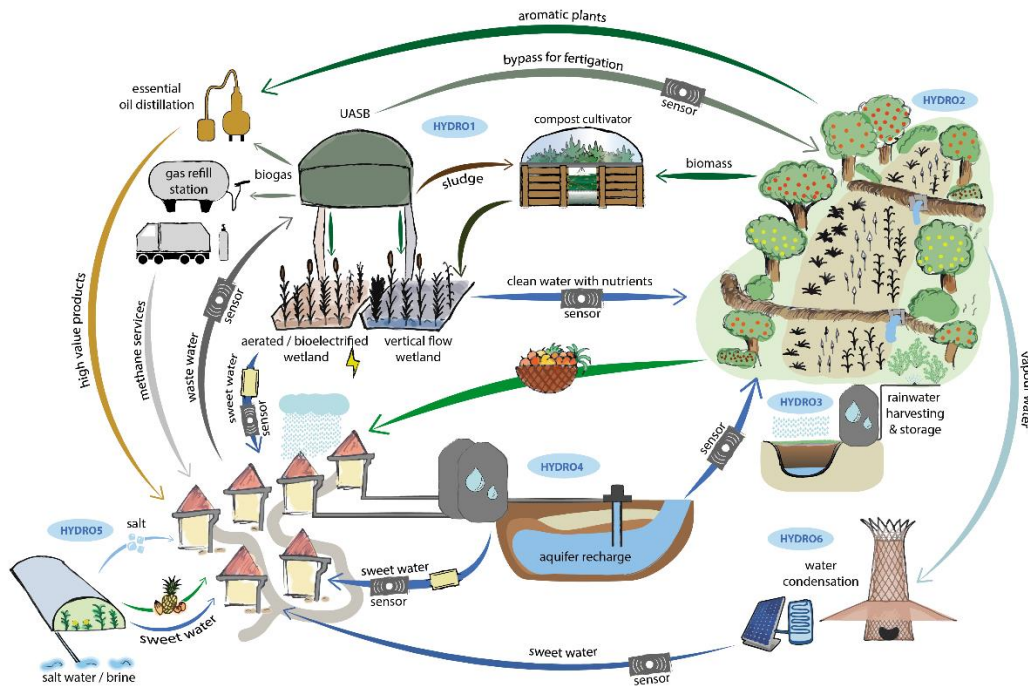
Σχήμα 1-1: :Επισκόπηση των διαφορετικών κύκλων νερού στο HYDROUSA [1].....	2
Σχήμα 1-2: Διάγραμμα ροής εργασιών.	5
Σχήμα 2-1: Βασικές έννοιες εξαμισοδιαπνοής [4].	7
Σχήμα 2-2: Παραδοσιακό κανάλι τοιχοποιίας για διανομή αρδευτικού νερού [1].	8
Σχήμα 2-3: Μέθοδος των αυλακιών [2].	9
Σχήμα 2-4: Στάγδην άρδευση [7].	9
Σχήμα 2-5: Βραδεία διήθηση με διαφορετικές μεθόδους άρδευσης [10] [11].	13
Σχήμα 2-6: Αυτοπαλίνδρομα μοντέλα [17].	16
Σχήμα 3-1: Στιγμιότυπο επιφάνειας της υπό μελέτη έκτασης μέσω της εφαρμογής Google maps.	17
Σχήμα 3-2: Διάταξη της αρδευόμενης έκτασης.	18
Σχήμα 5-1: Διάγραμμα πραγματικής και μονιμοποιημένης θερμοκρασιακής ιστορικής χρονοσειράς.	36
Σχήμα 5-2: Διάγραμμα πραγματικής και μονιμοποιημένης χρονοσειράς βροχοπτώσεων.	38
Σχήμα 5-3: Αυτοσυσχετόγραμμα υπολοίπων AR1.	46
Σχήμα 5-4: Αυτοσυσχετόγραμμα υπολοίπων AR2.	46
Σχήμα 5-5: Αυτοσυσχετόγραμμα υπολοίπων AR1.	47
Σχήμα 5-6: Αυτοσυσχετόγραμμα υπολοίπων AR2.	47
Σχήμα 5-7: Διάγραμμα αρχικών και τελικών θερμοκρασιών συνθετικής χρονοσειράς.	50
Σχήμα 5-8: Υδατική ζήτηση - Υδατική ζήτηση με βάση το άζωτο (1ο σενάριο).	60
Σχήμα 5-9: Υδατική ζήτηση - Υδατική ζήτηση με βάση το άζωτο (2ο σενάριο).	60
Σχήμα 5-10: Υδατική ζήτηση - Υδατική ζήτηση με βάση το άζωτο (3ο σενάριο).	61
Σχήμα 5-11: Υδατική ζήτηση και ζήτηση με βάση το άζωτο για τις τρεις διαφορετικές περιεκτικότητες N.	62
Σχήμα 5-12: Αρχική-τελική παροχή ζήτησης.	64
Σχήμα 5-13: Ζήτηση-Παροχή κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.	65
Σχήμα 5-14: Ζήτηση Παροχή κατά τους μη καλοκαιρινούς μήνες.	65
Σχήμα 5-15: Υδατική ζήτηση - Διαθέσιμη παροχή για τους καλοκαιρινούς μήνες.	66
Σχήμα 5-16: Υδατική ζήτηση - Διαθέσιμη παροχή για τους μη καλοκαιρινούς μήνες. ...	66

1 Εισαγωγή

Ανέκαθεν ο άνθρωπος χρησιμοποιεί το νερό σε κάθε πτυχή της καθημερινότητάς του, καθώς αυτό, όχι μόνο αποτελεί αναπόσπαστο και απαραίτητο στοιχείο της ζωής, αλλά και επειδή, η αξιοποίησή του και η ελεύθερη πρόσβαση σε αυτό συνδέεται με άρτιες συνθήκες ζωής, απόδοση και ευημερία των ανθρώπων και γενικότερα των κοινωνιών. Η πεπερασμένη, όμως, φύση του οδήγησε στην ανάγκη διαχείρισής του ως προς την ορθολογική και οικονομική χρήση του. Ειδικότερα στις περιοχές που αντιμετωπίζουν μεγαλύτερα φαινόμενα ανεπάρκειας υδατικών πόρων η ανάγκη αυτή είναι ακόμη πιο επιτακτική. Ιδιαίτερα τη σημερινή εποχή, κατά την οποία η επιβάρυνση πολλών ευαίσθητων περιοχών εντείνεται ακόμη περισσότερο λόγω φαινομένων της εποχής, όπως ο τουρισμός και η κλιματική αλλαγή, επιτάσσεται προσπάθεια εξεύρεσης καινοτόμων λύσεων, φιλικών προς το περιβάλλον που θα συνδυάζουν τη διαχείριση των υδατικών πόρων μέσω της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης του νερού αξιοποιώντας το για δευτερεύουσες χρήσεις όπως αρδευτικές ή οικιακές. Μία τέτοια προσπάθεια επιχειρείται να επιτευχθεί μέσω του ερευνητικού προγράμματος Ορίζοντα2020 HYDROUSA.

1.1 Το Ερευνητικό Πρόγραμμα HYDROUSA

Το ερευνητικό πρόγραμμα αυτό έχει ως στόχο την προσπάθεια άμβλυνσης φαινομένων λειψυδρίας που αντιμετωπίζουν, κυρίως, περιοχές της Μεσογείου, λόγω των ακανόνιστα κατανεμημένων υπόγειων αποθεμάτων νερού και της υψηλής γεωργικής δραστηριότητας. Επακόλουθη είναι η αυξημένη ζήτηση νερού, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, λόγω της αυξημένης τουριστικής δραστηριότητας και της ζήτησης νερού για άρδευση. Το ερευνητικό πρόγραμμα HYDROUSA στοχεύει στη δημιουργία, καινοτόμων λύσεων χαμηλού κόστους, βασισμένων σε φυσικά συστήματα επεξεργασίας, για τη διαχείριση του νερού, μέσω της επεξεργασίας οικιακών λυμάτων, όμβριων και υπόγειων υδάτων, ατμοσφαιρικών υδρατμών και του θαλάσσιου νερού για την αύξηση της παροχής νερού οικιακής χρήσης και της γεωργικής παραγωγής με επακόλουθο στόχο την ενίσχυση των οικονομικών δραστηριοτήτων των περιοχών. Το παραπάνω εγχείρημα υλοποιείται μέσω έξι πιλοτικών συστημάτων σε τρεις διαφορετικές νησιωτικές περιοχές της Μεσογείου. Καθένα από τα πιλοτικά συστήματα χρησιμοποιεί διαφορετικές μεθόδους για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται το αντικείμενό της πάνω στο σύστημα άρδευσης καλλιεργειών χρησιμοποιώντας επεξεργασμένα οικιακά λύματα .



Σχήμα 1-1: :Επισκόπηση των διαφορετικών κύκλων νερού στο HYDROUSA [1].

1.1.1 Το πιλοτικό σύστημα του HYDROUSA στη Λέσβο

Το HYDRO1 αποτελεί ένα σύστημα επεξεργασίας οικιακών λυμάτων στην Άντισσα της Λέσβου που παρουσιάζει υψηλό εποχιακό φόρτο. Αποτελείται από αντιδραστήρα αναερόβιας επεξεργασίας τύπου UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) και από τεχνητούς υδροβιότοπους για την επεξεργασία οικιακών λυμάτων της περιοχής. Το παραπάνω σύστημα επεξεργασίας λυμάτων θα παράγει επεξεργασμένη εκροή με σημαντικές συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου που θα χρησιμοποιηθεί για την άρδευση καλλιέργειας περίπου 0.5 εκταρίων αγροδασικού συστήματος (HYDRO2) που θα αρδεύεται με δύο διαφορετικές μεθόδους. Το αγροδασικό σύστημα θα ταξινομηθεί σε τρεις κατηγορίες:

- δέντρα για την παραγωγή φρούτων και ξυλείας
- θάμνοι
- βότανα και καλλιέργειες για την παραγωγή τροφίμων υψηλής θρεπτικής αξίας

Η μεταφορά του νερού στο σύστημα θα γίνεται με παραδοσιακού τύπου κανάλι τοιχοποιίας. Η ποσότητα του πλούσιου με θρεπτικά συστατικά επεξεργασμένου νερού που θα παρέχεται στην έκταση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες θα είναι κατά δέκα φορές αυξημένη σε σχέση με τους χειμερινούς λόγω του εποχιακού φόρτου, ενώ θα δίνεται η δυνατότητα, μέσω της επεξεργασίας, τριών διαφορετικών σεναρίων περιεκτικότητας σε άζωτο και φώσφορο, των βασικών, δηλαδή, θρεπτικών συστατικών των φυτών.

1.2 Σκοπός διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη μίας μεθοδολογίας για την εύρεση της παροχής ζήτησης μίας αρδευόμενης αγροδασικής έκτασης, που θα τροφοδοτείται με νερό πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία, προερχόμενο από επεξεργασία λυμάτων για τα επόμενα δώδεκα χρόνια με τη χρήση στοχαστικού μοντέλου πρόβλεψης των χρονοσειρών και με την παραδοχή συνολικής θερμοκρασιακής αύξησης της τάξης του 1%. Επιμέρους στόχοι της εργασίας είναι:

- ο καθορισμός της υδατικής ζήτησης του συστήματος.
- ο υπολογισμός της απαιτούμενης παροχής με βάση τη ζήτηση σε θρεπτικά στοιχεία με χρήση μεθόδου εφαρμογής επεξεργασμένων λυμάτων στο έδαφος, σε ημερήσια βάση.
- η διερεύνηση της βέλτιστης περιεκτικότητας του νερού σε θρεπτικά στοιχεία,.

Προκειμένου να υλοποιηθούν τα παραπάνω, γίνεται διερεύνηση της βιβλιογραφίας, έτσι ώστε να συλλεχθούν τα θεωρητικά στοιχεία τα οποία κρίνονται απαραίτητα για την υλοποίηση της μεθόδου.

1.3 Διάρθρωση διπλωματικής εργασίας

Το υπό-κεφάλαιο θα ασχοληθεί με την παρουσίαση της δομής της διπλωματικής εργασίας, καθώς και θα πραγματοποιηθεί μια συνοπτική περιγραφή των κεφαλαίων, που την απαρτίζουν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στην διαχρονικότητα της διαχείρισης των υδατικών πόρων και της ανάγκης ανάπτυξης μεθόδων και τεχνολογιών επαναχρησιμοποίησής τους. Ταυτόχρονα, γίνεται σύντομη αναφορά στο ερευνητικό πρόγραμμα HYDROUSA και στους στόχους του και συγκεκριμένα στο ένα από τα συστήματα που περιλαμβάνει, πάνω στο οποίο επικεντρώνει το αντικείμενό της η παρούσα Διπλωματική Εργασία, ενώ στη συνέχεια αναφέρεται και ο σκοπός αυτής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο, στο οποίο βασίζεται η μεθοδολογία που επιλέχθηκε. Αποσαφηνίζονται θεωρητικές έννοιες καθώς και θεωρητικά στοιχεία που κρίνονται απαραίτητα για την κατανόηση της εργασίας και του σκοπού της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η περιοχή μελέτης και γίνεται πλήρης αναφορά στην συγκέντρωση των απαραίτητων στοιχείων για την εκκίνηση της εφαρμογής της μεθοδολογίας. Αναλύεται η γενική διάταξη της αρδευόμενης έκτασης καθώς και οι πίνακες των δεδομένων που αξιοποιήθηκαν για την επίτευξη του σκοπού της Διπλωματικής Εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσεται αναλυτικά η μεθοδολογική προσέγγιση που επιλέχθηκε. Γίνεται πλήρης αναφορά στις μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν από την επιστημονική βιβλιογραφία. Επιπλέον παρατίθενται αναλυτικά οι μαθηματικές αποδείξεις τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται εφαρμογή της μεθοδολογίας, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα. Επεξηγείται με σαφήνεια ο τρόπος εφαρμογής της μεθοδολογίας σε συνδυασμό με την αξιοποίηση των δεδομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

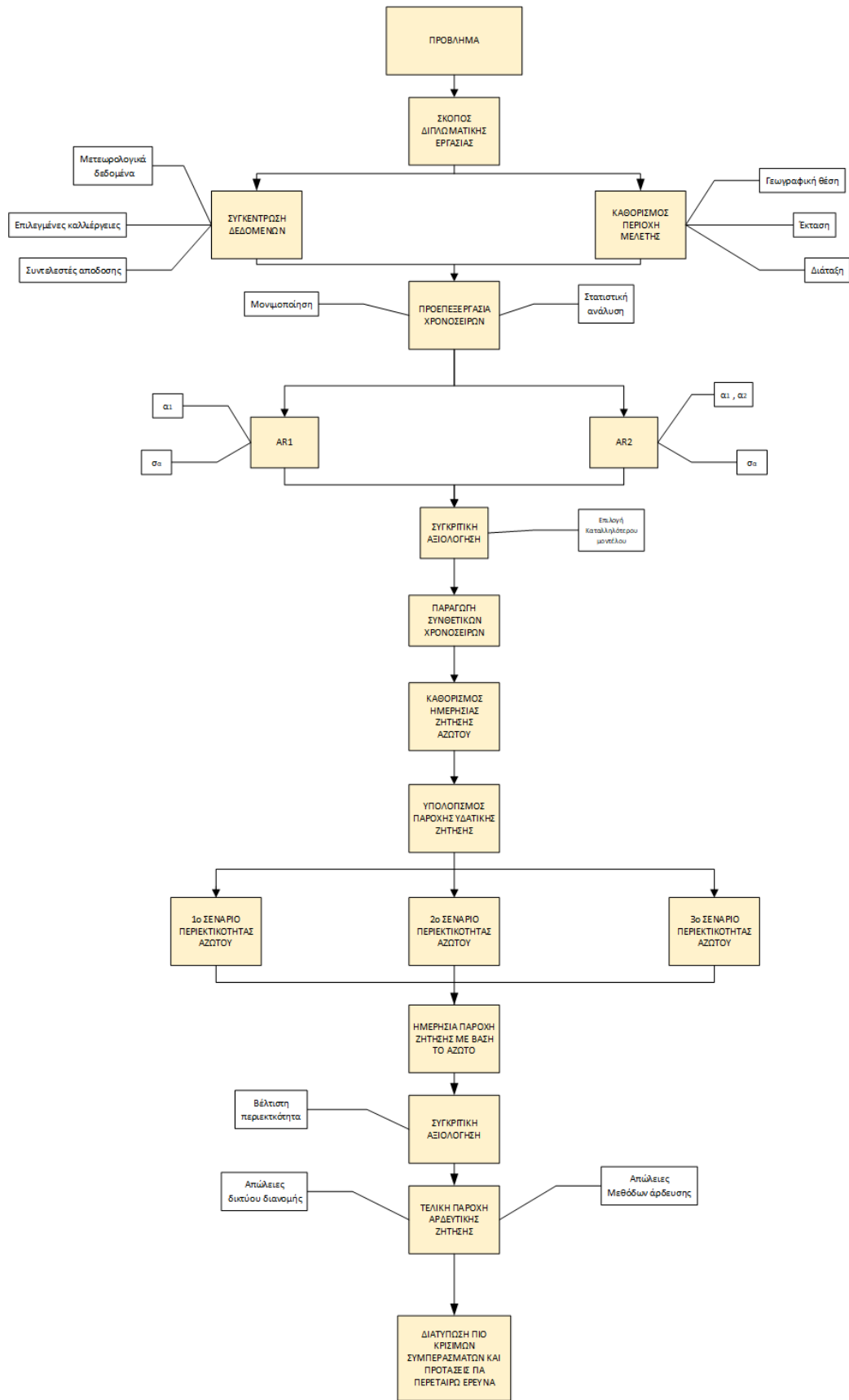
Στο έκτο κεφάλαιο αναφέρονται τα τελικά συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν κατά τη συγγραφή της διπλωματικής εργασίας, καθώς και τα στοιχεία που απαιτούν περαιτέρω έρευνα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Στη συνέχεια, αναφέρεται η πλήρης βιβλιογραφία, που χρησιμοποιήθηκε για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τέλος, στο παράρτημα παρατίθενται τα φύλλα υπολογισμού της εφαρμογής της μεθοδολογίας.



Σχήμα 1-2: Διάγραμμα ροής εργασιών.

2 Θεωρητικό υπόβαθρο

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η μεθοδολογική προσέγγιση και ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας, παρατίθενται παρακάτω βασικές έννοιες που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο αυτών.

Η βασική αιτία ζήτησης νερού του υπό εξέταση συστήματος οφείλεται στην ανάγκη των καλλιεργειών, που θα τοποθετηθούν, σε νερό. Η ανάγκη αυτή των φυτών, εκφράζεται μέσω της έννοιας της εξατμισοδιαπνοής.

2.1 Εξατμισοδιαπνοή

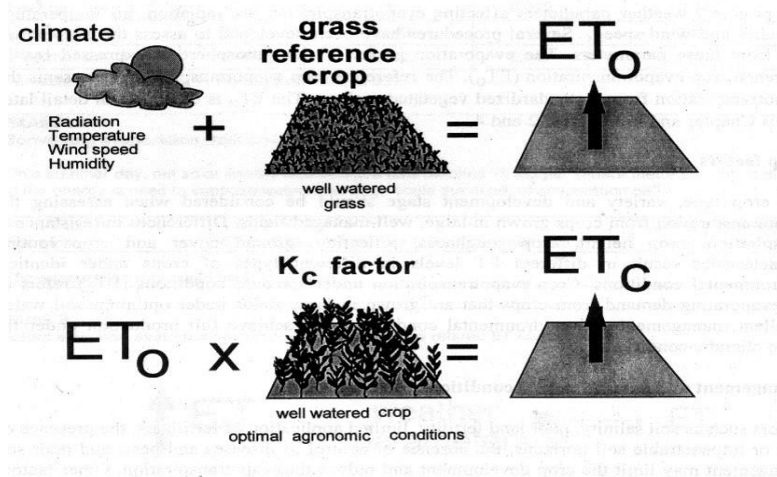
Η εξατμισοδιαπνοή (ET) είναι η απώλεια του νερού που επιτυγχάνεται με την εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους και των φυτών με την συνδυασμένη απώλεια νερού μέσω της φυτοκόμης (διαπνοής).

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας υπολογίζεται από άμεσες μετρήσεις ή προσδιορίζεται από κλιματολογικά δεδομένα. Στις τεχνικές άμεσης μέτρησης απομονώνεται ένα μέρος της καλλιέργειας και μετράται η εξατμισοδιαπνοή. Για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας έχουν αναπτυχθεί αρκετές θεωρητικές και εμπειρικές μέθοδοι.

Δυνητική εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (potential evapotranspiration, PET_c) είναι η μέγιστη ποσότητα νερού που μπορεί να απομακρυνθεί από το έδαφος και τις επιφάνειες των φυτών για συγκεκριμένη χρονική διάρκεια. Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι συνάρτηση της ενέργειας που διατίθεται για εξάτμιση.

Δυνητική εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (potential reference evapotranspiration, PET) είναι η δυνητική εξατμισοδιαπνοή από επιφάνεια πλήρως καλυμμένη με γρασίδι ομοιόμορφου ύψους 8-15 cm στο οποίο διατίθεται επαρκές εδαφικό νερό για την ανάπτυξή του.

Ο συντελεστής καλλιέργειας k_c χαρακτηρίζει τη διαφορά των χαρακτηριστικών της καλλιέργειας από την καλλιέργεια αναφοράς ως προς τις διαφορετικές υδατικές απαιτήσεις και προσδιορίζεται πειραματικά για κάθε καλλιέργεια [2] [3].



Σχήμα 2-1: Βασικές έννοιες εξατμισοδιαπνοής [4].

Μέρος ή και συνολική κάλυψη της απώλειας αυτής, επιτυγχάνεται μέσω της άρδευσης.

2.2 Ενεργός Βροχόπτωση

Η βροχόπτωση προσθέτει νερό στο έδαφος και πρέπει να ληφθεί υπόψη όταν προσδιορίζονται οι υδατικές απαιτήσεις για την άρδευση και όταν προγραμματίζονται χρονικά οι αρδεύσεις. Μόνο ένα μέρος του μετρημένου κατακρημνίσματος είναι ενεργό για να αντιμετωπίσει την απαίτηση σε νερό του φυτού. Η αποτελεσματικότητα της βροχόπτωσης εξαρτάται από:

- την απαίτηση της εξάτμισης
- την υδατική κατάσταση του εδάφους
- τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας
- την ποσότητα και την ένταση της βροχόπτωσης
- τις πρακτικές της καλλιέργειας.

Εν γένει, τα μικρά ύψη βροχόπτωσης δεν είναι ενεργά και μόνο ένα τμήμα των μεγαλύτερων υψών βροχόπτωσης είναι ενεργά.

Η ενεργός βροχόπτωση, που υπεισέρχεται στον προσδιορισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε αρδευτικό νερό, εκτιμάται συνήθως εμπειρικά. Σε μια πρώτη προσέγγιση το ύψος ενεργού βροχόπτωσης είναι 80% του συνολικού ύψους βροχόπτωσης [2].

2.3 Άρδευση- Συστήματα Άρδευσης

Άρδευση είναι η χορήγηση νερού σε καλλιεργούμενα εδάφη, με διάφορες μεθόδους και τεχνικά μέσα που στοχεύουν στην κανονική ανάπτυξη και απόδοση των

καλλιεργειών. Το νερό που χορηγείται για το σκοπό αυτό ονομάζεται αρδευτικό νερό, ενώ οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι και τα τεχνικά μέσα ονομάζονται αρδευτικά έργα.



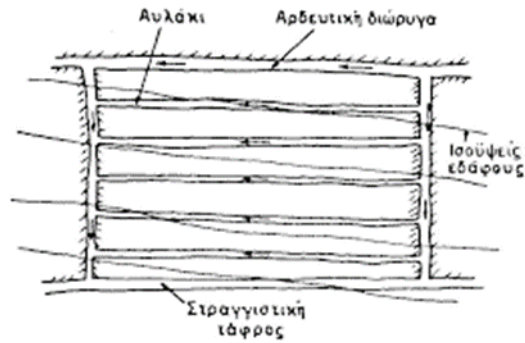
Σχήμα 2-2: Παραδοσιακό κανάλι τοιχοποιίας για διανομή αρδευτικού νερού [1].

Το σύνολο των εγκαταστάσεων, κατασκευών και εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται επιτόπου για την άρδευση κάθε αρδευτικής μονάδας αποτελεί το σύστημα άρδευσης. Με τα συστήματα άρδευσης πραγματοποιείται απευθείας η χορήγηση αρδευτικού νερού στις καλλιέργειες. Τα συστήματα άρδευσης διαφοροποιούνται μεταξύ τους ανάλογα με τη μέθοδο, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο χορηγείται το νερό στο έδαφος. Έτσι διακρίνονται τρεις γενικές μέθοδοι άρδευσης:

- i. η επιφανειακή άρδευση
- ii. η άρδευση με καταιονισμό
- iii. η στάγδην άρδευση ή άρδευση με σταγόνες

Οι μέθοδοι άρδευσης που θα εφαρμοστούν στη υπό εξέταση καλλιεργήσιμη έκταση είναι η επιφανειακή (μέθοδος των αυλακιών) και η στάγδην άρδευση.

Στην Επιφανειακή Άρδευση η εφαρμογή του νερού ρέει πάνω στην επιφάνεια του εδάφους με ελεύθερη ροή (ροή ανοικτών αγωγών [4]). Για τη ρύθμιση της ροής κατασκευάζονται αναχώματα, διώρυγες και αυλάκια και βοηθούν στη διανομή του νερού στο αγροτεμάχιο (χωράφι). Εν γένει η επιφανειακή άρδευση θεωρείται ως η λιγότερο αποτελεσματική μέθοδος με μεγάλες απώλειες νερού κατά την εφαρμογή [2].



Σχήμα 2-3: Μέθοδος των αυλακιών [2].

Η άρδευση με σταγόνες είναι η αργή, σχεδόν συνεχής εφαρμογή νερού σε διακριτές σταγόνες. Το νερό μπορεί να εφαρμόζεται:

- σημειακά (μικρή επιφάνεια διαβροχής) στην επιφάνεια του εδάφους μέσω συσκευών που ονομάζονται σταλακτήρες
- γραμμικά είτε από κοντινά κατανεμημένους σταλακτήρες ή σωλήνες με συνεχή ή ισοκατανεμημένα ανοίγματα που παρέχουν νερό μιας σταγόνας κάθε φορά

Βασικό πλεονέκτημα εφαρμογής της μεθόδου αποτελεί η οικονομία νερού, λόγω των μικρότερων απωλειών που παρουσιάζει.



Σχήμα 2-4: Στάγδην άρδευση [7].

Οι ολικές ανάγκες σε νερό διαφέρουν από τις καθαρές και αυτό γιατί, συνυπολογίζονται και άλλοι παράμετροι που διαφοροποιούν το ισοζύγιο νερού, όπως είναι για παράδειγμα οι απώλειες νερού κατά τη μεταφορά και διανομή του νερού στο αγροτεμάχιο.

Αποδοτικότητα αρδευτικού δικτύου

Σε ένα τυπικό αρδευτικό δίκτυο μπορούμε να διακρίνουμε δύο ενότητες. Στην πρώτη ενότητα περιλαμβάνονται όλα τα έργα μεταφοράς και ρύθμισης της ροής του νερού, από τη θέση προμήθειας μέχρι που αυτό φτάνει στα όρια των χωραφιών. Αν η προμήθεια του νερού γίνεται από κάποιο τεχνητό ταμιευτήρα, στην ενότητα περιλαμβάνεται και το έργο αποθήκευσης. Στη δεύτερη ενότητα περιλαμβάνεται η εφαρμογή του νερού στο χωράφι. Κατά τη διαδρομή αυτή του νερού από την αρχή του δικτύου μέχρι την αποθήκευσή του στη ζώνη του ριζοστρώματος, από όπου οι καλλιέργειες το παίρνουν για την κάλυψη των αναγκών της εξατμισοδιαπνοής, κάποιες ποσότητες χάνονται.

Η αποδοτικότητα του αρδευτικού δικτύου ως συνόλου εκφράζεται από τη σχέση:

$$E_p = E_d * E_f \quad (2.1)$$

Όπου:

E_d η αποδοτικότητα του δικτύου διανομής

E_f η αποδοτικότητα εφαρμογής άρδευσης

Η γνώση της E_p είναι απαραίτητη κατά τη μελέτη ενός αρδευτικού δικτύου γιατί καθορίζει την ποσότητα του νερού που πρέπει να διατεθεί για την κανονική άρδευση των καλλιεργειών. Είναι προφανές ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η αποδοτικότητα, τόσο πιο οικονομικό θα γίνει το δίκτυο με παράλληλη εξοικονόμηση νερού. Κατά τη φάση της σχεδίασης, η αποδοτικότητα είναι αδύνατο να προσδιοριστεί εκ των προτέρων. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται ενδεικτικές τιμές αποδοτικότητας διανομής, E_d , και εφαρμογής E_f .

Τα φυτά, εκτός από την ανάγκη για ικανοποίηση των υδατικών τους απαιτήσεων, η οποία πραγματοποιείται μέσω της άρδευσης, χρειάζονται και ορισμένα θρεπτικά συστατικά για την καλλιέργεια και την πλήρη ανάπτυξή τους. Ορισμένα από τα σημαντικότερα αποτελούν το άζωτο N και ο φώσφορος P [2] [5] [6] [9].

2.4 Θρεπτικά συστατικά των φυτών

Άζωτο, N

Το άζωτο είναι το πιο άφθονο μεταλλικό θρεπτικό συστατικό. Αποτελεί το 2-4 % της ξηρής μάζας των φυτών. Τα φυτά απορροφούν το N είτε ως νιτρικό ιόν (NO_3^-) είτε ως αμμωνιακό (NH_4^+). Αποτελεί μέρος της χλωροφύλλης (η πράσινη χρωστική ουσία των φυτών) και είναι απαραίτητο συστατικό όλων των πρωτεϊνών. Είναι υπεύθυνο για το σκούρο πράσινο χρώμα του κορμού και του φυλλώματος, της έντονης ανάπτυξης και της διαμόρφωσης της απόδοσης. Η έλλειψη N στα φυτά έχει ως αποτέλεσμα σημαντική μείωση του ρυθμού ανάπτυξης [8].

Φώσφορος, P

Ο φώσφορος P είναι πολύ λιγότερο άφθονος στα φυτά (συγκριτικά με το άζωτο και το κάλιο) έχοντας συγκέντρωση περίπου ενός πέμπτου έως ενός δέκατου της συγκέντρωσης του N, σε ξηρή φυτική μάζα. Ο P απορροφάται ως ορθοφωσφορικό ιόν (είτε ως H_2PO_4^- ή HPO_4^{2-}) ανάλογα με το pH του εδάφους. Η ανάπτυξη των φυτών περιορίζεται σημαντικά στην ανεπάρκεια P, η οποία καθυστερεί την ανάπτυξη και την ανάπτυξη των ριζών και την καθυστερημένη ωρίμανση [8].

2.5 Φυσικά συστήματα επεξεργασίας λυμάτων (Βραδεία διήθηση)

Φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ονομάζονται αυτά που η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων διενεργείται με φυσικά μέσα και διεργασίες, όπως είναι φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες ή συνδυασμός τους, που συμβαίνουν στο περιβάλλον “γήινοι σχηματισμοί-φυτό-υγρά απόβλητα”. Στο περιβάλλον συμβαίνουν διάφορες φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες με την αλληλεπίδραση του νερού, του εδάφους, της ατμόσφαιρας και των φυτικών και ζωικών οργανισμών. Τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας σχεδιάζονται έτσι ώστε να χρησιμοποιούν τα πλεονεκτήματα τέτοιων διεργασιών, στην επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Πολλές φορές οι διεργασίες που εμπλέκονται στα φυσικά συστήματα επεξεργασίας είναι οι ίδιες με αυτές που λαμβάνουν χώρα στα συμβατικά συστήματα επεξεργασίας, όπως: η καθίζηση, το φιλτράρισμα, η μεταφορά αερίων, η προσρόφηση, η ιοντική εναλλαγή, η χημική κατακρήμνιση, η χημική οξείδωση και αναγωγή και η βιολογική οξείδωση. Στα φυσικά συστήματα επεξεργασίας συναντάμε και μερικές άλλες διεργασίες όπως η φωτοσύνθεση, η φωτο-οξείδωση και η πρόσληψη από τα φυτά. Στα φυσικά συστήματα οι διεργασίες συντελούνται με “φυσικές” ταχύτητες και τείνουν να διενεργούνται περισσότερες από μία συγχρόνως, σε ένα “οικοσυστηματικό αντιδραστήρα”, σε αντίθεση με τα μηχανικά συστήματα στα οποία συμβαίνουν διαδοχικά και σε διαφορετικούς σε σειρά αντιδραστήρες ή δεξαμενές, με επιταχυνόμενες ταχύτητες, ως αποτέλεσμα της εισρέουσας σε αυτές ενέργειας.

Τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων κατατάσσονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Συστήματα εδαφικής εφαρμογής. Μετά την εφαρμογή προ επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην επιφάνεια του εδάφους, επιτυγχάνεται περαιτέρω επεξεργασία τους δια μέσου των φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών, που συμβαίνουν στο έδαφος και σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς. Τα υδραυλικά φορτία εφαρμογής των αποβλήτων πρέπει να είναι συμβατά με το δυναμικό του κάθε συστήματος. Στα συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με εφαρμογή τους στο έδαφος διακρίνουμε τους ακόλουθους τύπους: α)βραδεία εφαρμογή, β)ταχεία διήθηση, γ)επιφανειακή ροή και δ)συνδυασμένοι τύποι.

- τεχνητοί υγροβιότοποι και τεχνητές λίμνες

Η βραδεία εφαρμογή αποτελεί έναν από τους επικρατέστερους τύπους φυσικού συστήματος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Συνοπτικά, η βραδεία εφαρμογή

περιλαμβάνει την ελεγχόμενη εφαρμογή προεπεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε έδαφος με φυτική βλάστηση, με σκοπό την περαιτέρω επεξεργασία του και την ικανοποίηση των εξατμισοδιαπνευστικών αναγκών της φυτικής βλάστησης. Τα εφαρμοζόμενα υγρά απόβλητα είτε χρησιμοποιούνται για την ικανοποίηση των εξατμισοδιαπνευστικών αναγκών ή διηθείται και κατεισδύει στο έδαφος και σε βαθύτερους γεωλογικούς σχηματισμούς. Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων διενεργείται καθώς αυτό διηθείται στο έδαφος. Στις περισσότερες περιπτώσεις κατεισδύει στον υπόγειο υδροφόρο, αλλά είναι δυνατό να συναντηθεί με επιφανειακό νερό ή ακόμη και να ανακτηθεί με στραγγιστικά ή φρεατικά έργα. Η ταχύτητα εφαρμογής των υγρών αποβλήτων, δηλαδή το υδραυλικό φορτίο εφαρμογής (ύψος νερού ανά μονάδα επιφάνειας) και η επιλογή και η διαχείριση της φυτικής βλάστησης αποτελούν βασικά στοιχεία σχεδιασμού του συστήματος.

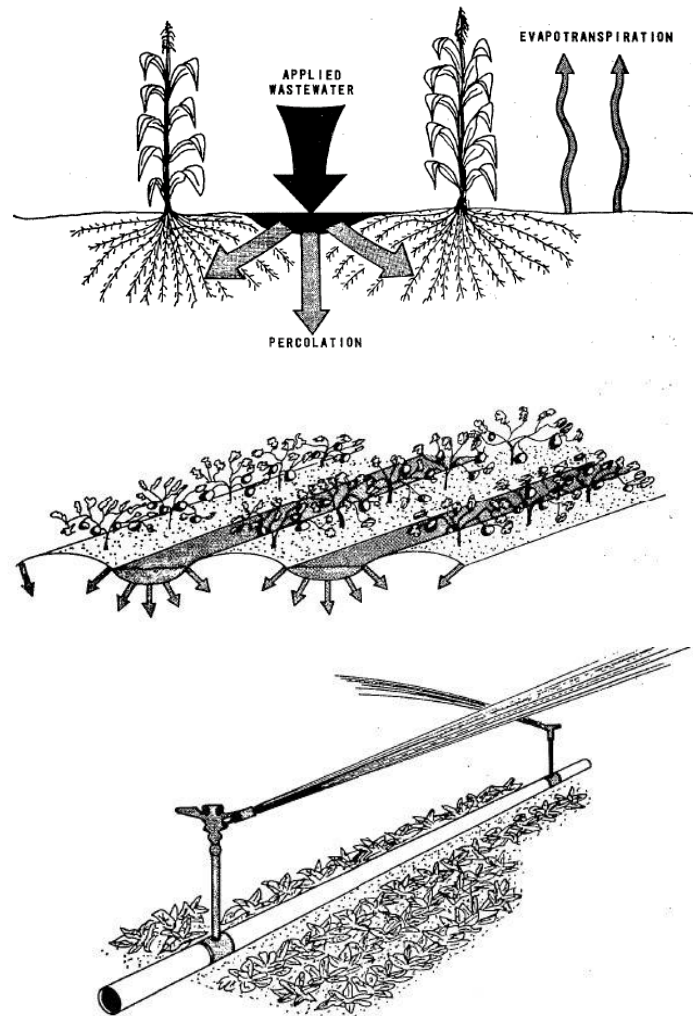
Με τυπικούς ρυθμούς υδραυλικών φορτίων εφαρμογής 1-2 m/έτος, το μεγαλύτερο ποσοστό του εφαρμοζόμενου φορτίου ικανοποιεί τις εξατμισοδιαπνευστικές ανάγκες των φυτών. Για αυτό το λόγο η τεχνολογία εφαρμογής της εκροής των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε τέτοια συστήματα προσομοιάζει με την εφαρμογή του νερού άρδευσης. Η εφαρμογή των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στο έδαφος στο έδαφος γίνεται με μια ποικιλία μεθόδων, όπως οι επιφανειακές μέθοδοι (λεκάνες, αύλακες και άλλες), ο καταιονισμός και τα στάγδην συστήματα. Με σκοπό την επικράτηση ακόρεστων συνθηκών στο έδαφος επιβάλλεται η μη συνεχής εφαρμογή των υγρών αποβλήτων σε αυτό. Οι ενδιάμεσοι κύκλοι εφαρμογής κυμαίνονται από 4-10 ημέρες. Η σχετικά βραδεία εφαρμογή των υγρών αποβλήτων, σε συνδυασμό με την παρουσία της φυτικής βλάστησης και την ενδογενή δυνατότητα του εδαφικού οικοσυστήματος, δημιουργούν στα συστήματα βραδείας εφαρμογής υψηλό δυναμικό επεξεργασίας. Με τα συστήματα βραδείας εφαρμογής επιτυγχάνεται υψηλότερου επιπέδου περαιτέρω επεξεργασία των υγρών αποβλήτων σε σύγκριση με άλλους δτύπους φυσικών συστημάτων.

Οι επιδιωκόμενοι σκοποί με τη βραδεία εφαρμογή ενός υγρού αποβλήτου στο έδαφος είναι: α) συμπληρωματική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, β) οικονομικό όφελος με την εφαρμογή νερού και θρεπτικών στοιχείων σε φυτικές καλλιέργειες, γ) εξοικονόμηση άλλων πηγών νερού με την αντικατάστασή τους με εκροές προεπεξεργασμένων αποβλήτων και δ) αύξηση χώρων πρασίνου και γενικά προστασία του περιβάλλοντος.

Για την εφαρμογή της εκροής των υγρών αποβλήτων με βραδεία εφαρμογή χρησιμοποιούνται διάφορα φυτικά συστήματα: α) Γεωργικά συστήματα σε ξηρές περιοχές με συνήθεις δόσεις εφαρμογής 3-11 mm/d. β) Χλωροτάπητες, σε ιπποδρόμια, γήπεδα, πάρκα, και άλλους ελεύθερους χώρους και γ) Δασικά συστήματα.

Βασικό κριτήριο σχεδιασμού συστημάτων βραδείας εφαρμογής είναι το εφαρμοζόμενο ύψος εκροής των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε σχέση με τις εξατμισοδιαπνευστικές ανάγκες της χρησιμοποιούμενης φυτικής βλάστησης. Για λόγους σχεδιασμού και ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό, τα συστήματα διάθεσης-επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με βραδεία εφαρμογή τους στο έδαφος ταξινομούνται στους παρακάτω βασικούς τύπους:

- Τύπος 1. Άρδευσης, όπου το υδραυλικό φορτίο εφαρμογής των υγρών αποβλήτων βασίζεται στην ικανοποίηση του συνόλου των εξατμισοδιαπνευστικών αναγκών των χρησιμοποιούμενων φυτών και των λοιπών απωλειών του συστήματος εφαρμογής.
- Τύπος 2. Διήθησης, που αντικειμενικός σκοπός τους είναι η διάθεση και περαιτέρω επεξεργασία των εφαρμοζόμενων υγρών αποβλήτων και το υδραυλικό φορτίο εφαρμογής τους βασίζεται στην υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους ή στο φορτίο του αζώτου. Όπως είναι φυσικό, σε τέτοια συστήματα, το ύψος της εφαρμοζόμενης εκροής είναι μεγαλύτερο των αρδευτικών αναγκών των χρησιμοποιούμενων φυτών.
- Τύπος 3. Εξειδικευμένα συστήματα, που χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις που η παρουσία κάποιου τοξικού ή επικίνδυνου συστατικού στα υγρά απόβλητα είναι δυνατό να συνεπάγεται ειδικές συνθήκες σχεδιασμού



Σχήμα 2-5: Βραδεία διήθηση με διαφορετικές μεθόδους άρδευσης [10] [11].

Η θερμοκρασία και το ύψος βροχόπτωσης, αποτελούν βασικά μεγέθη στον προσδιορισμό της ζήτησης του συστήματος σε νερό καθώς και των θρεπτικών στοιχείων τα οποία του είναι απαραίτητα, αναπαρίστανται μέσω των χρονοσειρών [10] [11].

2.1.1 Χρονοσειρές – μεθολογίες ανάλυσης και πρόβλεψης χρονοσειρών

Χρονοσειρά είναι ένα δείγμα y_1, y_2, \dots, y_T , όπου ο δείκτης T παριστάνει ισαπέχοντα χρονικά σημεία ή χρονικά διαστήματα. Οι παρατηρήσεις y_1, y_2, \dots, y_T είναι συγκεκριμένες τιμές των τυχαίων μεταβλητών Y_1, Y_2, \dots, Y_T και επιπλέον αυτές οι τυχαίες μεταβλητές είναι μέρος μόνο μιας άπειρης ακολουθίας τυχαίων μεταβλητών. Αυτή η άπειρη ακολουθία παριστάνεται ως $\{Y_T\}$ και ονομάζεται στοχαστική διαδικασία. Οι παρατηρήσεις y_1, y_2, \dots, y_T αναφέρονται στην έννοια του δείγματος, ενώ οι τυχαίες μεταβλητές Y_1, Y_2, \dots, Y_T αναφέρονται στην έννοια του πληθυσμού [12] [13].

Το θέμα στην ανάλυση χρονοσειρών είναι η εκτίμηση του συστήματος που παράγει τη χρονοσειρά. Η πρώτη υπόθεση που θα πρέπει να απορριφθεί για να έχει νόημα η ανάλυση της χρονοσειράς είναι ότι η μεταβολή των τιμών του παρατηρούμενου μεγέθους είναι εντελώς τυχαία, δηλαδή το σύστημα που παρατηρούμε είναι λευκός θόρυβος. Αν οι παρατηρήσεις της χρονοσειράς δεν είναι ανεξάρτητες, η πληροφορία που υπάρχει στη χρονοσειρά μπορεί να δίνεται με διαφορετικές μορφές και τα κυριότερα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να μελετηθούν πριν την προσαρμογή κάποιου μοντέλου στη χρονοσειρά είναι:

- Στασιμότητα: Οι διακυμάνσεις των τιμών της χρονοσειράς δεν διαφοροποιούνται με το χρόνο. Μια μη-στάσιμη χρονοσειρά μπορεί να έχει τάσεις (trends), δηλαδή (αργές) αλλαγές στη μέση τιμή της με το χρόνο. Μια μη-στάσιμη χρονοσειρά μπορεί επίσης να παρουσιάζει περιοδικότητα (periodicity), που όταν αναφέρεται σε συγκεκριμένες περιόδους που σχετίζονται με φυσικές εποχές του έτους (μήνα, τρίμηνο, τετράμηνο) λέγεται και εποχικότητα.
- Αιτιοκρατία και στοχαστικότητα: Όλες οι χρονοσειρές από πραγματικά μεγέθη περιέχουν θόρυβο και με αυτήν την έννοια όλες οι πραγματικές χρονοσειρές είναι στοχαστικές. Η μεγαλύτερη πρόκληση στην ανάλυση πραγματικών χρονοσειρών είναι η διερεύνηση και ταύτιση ή εντοπισμός του αιτιοκρατικού μέρους του συστήματος που παράγει τη χρονοσειρά. Όταν αυτό είναι κρυμμένο μέσα στο θόρυβο ή γενικότερα δεν κυριαρχεί στην εξέλιξη της χρονοσειράς, τότε το σύστημα θεωρείται πως είναι στοχαστικό και γίνεται περιορισμός σε στατιστική περιγραφή του συστήματος.

Αν για κάποιο λόγο μπορεί να υποθεθεί ότι το σύστημα που παράγει τη χρονοσειρά είναι κυρίως αιτιοκρατικό με κάποιες στοχαστικές διαταραχές που όμως δεν κυριαρχούν στην εξέλιξη του συστήματος (και της χρονοσειράς), τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές προσεγγίσεις που είναι κατάλληλες για αιτιοκρατικά δυναμικά συστήματα αν το σύστημα φαίνεται να είναι περιοδικό.

- Γραμμικότητα και μη-γραμμικότητα: Σύμφωνα με τα παραπάνω φαίνεται αυτές οι δύο έννοιες να σχετίζονται με την αιτιοκρατία και στοχαστικότητα αλλά γενικά μπορούν να ορισθούν ανεξάρτητα από αυτές. Η γραμμικότητα του συστήματος σημαίνει πως οι μεταβλητές του συστήματος (που μπορεί να μην υπάρχει δυνατότητα να παρατηρηθούν) αλληλοεπιδρούν γραμμικά, δηλαδή αν θα εκφραζόταν το σύστημα με αναλυτική μορφή όλοι οι όροι θα ήταν γραμμικοί ως προς τις μεταβλητές του συστήματος. Σε αντίθετη περίπτωση το σύστημα είναι μη-γραμμικό. Για ένα γραμμικό σύστημα η εξέλιξη της ορίζεται ως γραμμικός συνδυασμός των προηγούμενων παρατηρήσεων της χρονοσειράς, ενώ για ένα μη-γραμμικό σύστημα η εξέλιξη της μπορεί να οριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια αν θεωρηθεί και η συνδυασμένη επίδραση των προηγούμενων παρατηρήσεων σε διαφορετικές χρονικές στιγμές ή τις ίδιες. Επομένως, ένα στοχαστικό σύστημα μπορεί να είναι γραμμικό ή μη-γραμμικό και το ίδιο ισχύει για ένα αιτιοκρατικό σύστημα [14].

Υδρολογική χρονοσειρά είναι η παράθεση σε αυστηρή χρονική ακολουθία των πραγματοποιήσεων μιας υδρολογικής μεταβλητής. Χαρακτηριστικές ιδιότητες των υδρολογικών χρονοσειρών είναι η ομοιογένεια στο χρόνο και στο χώρο, η μονιμότητα και η μνήμη. Η χρονοσειρά λέγεται ομοιογενής στο χρόνο εάν κάθε γεγονός της έχει την ίδια ευκαιρία να συμβεί όλες τις φορές. Χωρική ομοιογένεια υπάρχει, όταν δύο ή περισσότερες χρονοσειρές στο χώρο έχουν στατιστικές παραμέτρους, που δε διαφέρουν πολύ μεταξύ τους [15].

Τα κυριότερα στοχαστικά μοντέλα πρόβλεψης χρονοσειρών ανήκουν σε τρεις κατηγορίες μορφών:

1. Τα Αυτοπαλίνδρομα Υποδείγματα ή Υποδείγματα AR (Autoregressive Models)
2. Τα Υποδείγματα Κινητών Μέσων ή Υποδείγματα MA (Moving Average Models)
3. Τα Μεικτά Υποδείγματα ή Υποδείγματα ARMA (Autoregressive Moving Average Models) που είναι συνδυασμός των δύο προηγούμενων [16].



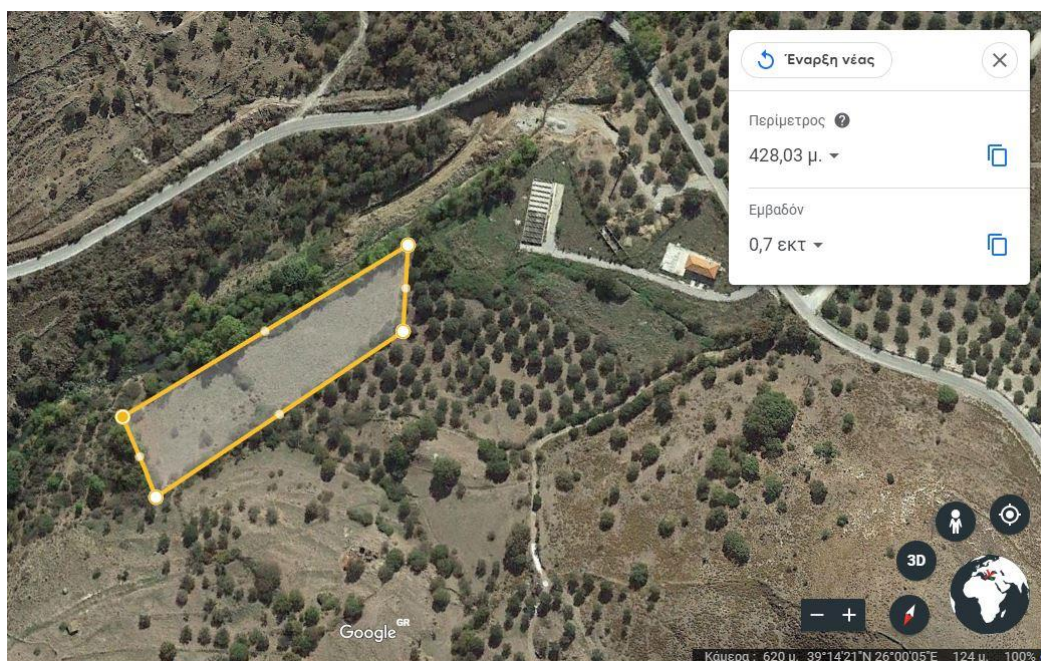
Σχήμα 2-6: Αυτοπαλίνδρομα μοντέλα [17].

3 Περιοχή μελέτης και συγκέντρωση δεδομένων

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η διάταξη της αρδευόμενης έκτασης, οι επιλεγμένες καλλιέργειες με τους αντίστοιχους φυτικούς συντελεστές που θα την απαρτίζουν, η ζήτηση των καλλιεργειών αυτών σε άζωτο, οι συντελεστές απόδοσης των εφαρμοζόμενων μεθόδων άρδευσης καθώς και τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής (θερμοκρασία, ύψος βροχής) που θα αξιοποιηθούν στη συνέχεια.

3.1 Γενική διάταξη αρδευόμενης έκτασης

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στη Λέσβο, κοντά στην περιοχή της Άντισσας. Πρόκειται για μία έκταση συνολικής επιφάνειας 0,7 εκταρίων (Σχήμα 3-1).

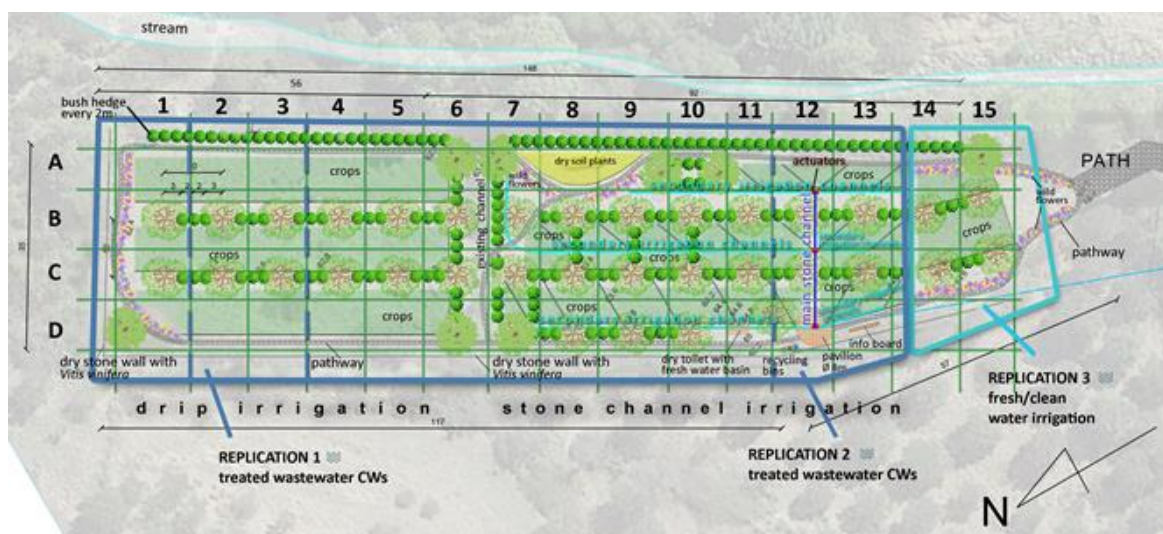


Σχήμα 3-1: Στιγμιότυπο επιφάνειας της υπό μελέτη έκτασης μέσω της εφαρμογής Google maps.

Στην παρούσα έκταση θα τοποθετηθούν τριών κατηγοριών καλλιέργειες (δενδρώδεις, θαμνώδεις, ετήσιες καλλιέργειες) με ξεχωριστά είδη από την κάθε κατηγορία. Το αρδευόμενο νερό, που θα παρέχεται, θα είναι διαφορετικής ποιότητας (νερό από το δίκτυο ύδρευσης και επεξεργασμένα λύματα πλούσια με θρεπτικά στοιχεία) διαχωρίζοντας αντίστοιχα την έκταση σε δύο τμήματα. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα απασχολήσει μόνο το αρδευόμενο τμήμα με επεξεργασμένα λύματα.

Σύμφωνα με την προτεινόμενη διάταξη η καθαρά αρδευόμενη περιοχή με επεξεργασμένο νερό, που καταλαμβάνουν οι καλλιέργειες, όπως αυτή μετρήθηκε με τη χρήση

του προγράμματος AutoCAD, είναι 3459 m² (0,35 ha). Από αυτή, 1743 m² αρδεύονται με τη μέθοδο των αυλακιών, ενώ τα υπόλοιπα 1716 m² με στάγδην άρδευση. Οι δενδρώδεις καλλιέργειες θα καταλαμβάνουν 350 m² από τα οποία, 200 m² θα αρδεύονται με τη μέθοδο των αυλακιών και τα υπόλοιπα 150 m² με στάγδην άρδευση. Οι θαμνώδεις καλλιέργειες θα καλύπτουν 820 m² από τα οποία η άρδευση των 504 m² θα πραγματοποιείται μέσω της μεθόδου των αυλακιών, ενώ των υπολοίπων 316 m² με στάγδην. Τέλος οι ετήσιες καλλιέργειες θα αφορούν μία έκταση 2289 m². Η μέθοδος των αυλακιών θα πραγματοποιείται στα 1039 m² αυτής και της στάγδην στα υπόλοιπα 1250 m².



Σχήμα 3-2: Διάταξη της αρδευόμενης έκτασης.

Πίνακας 3.1: Αρδευόμενη έκταση.

Έκταση (m ²)	Μέθοδος άρδευσης
1743	άρδευση με αυλάκια
1716	στάγδην άρδευση
3459	συνολική άρδευση

Πίνακας 3.2: Αρδευόμενη επιφάνεια των διαφορετικών κατηγοριών καλλιέργειας

δένδρα (m ²)	θάμνοι (m ²)	ετήσιες καλλιέργειες (m ²)
150	316	1250
200	504	1039
350	820	2289

Για τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε η παραδοχή πως όλα τα είδη καλλιεργειών που θα τοποθετηθούν, θα καταλαμβάνουν ισόποση έκταση ανάλογα με την συνολική έκταση της κατηγορίας που ανήκουν. Επίσης, η επιλογή των καλλιεργειών που θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας είναι

ενδεικτική και με βάση τις πληροφορίες που μπόρεσαν να συγκεντρωθούν για την κάθε μία από αυτές. Πιο συγκεκριμένα, στην κατηγορία των δενδρωδών καλλιέργειών επιλέχθηκαν επτά διαφορετικά είδη: αμυγδαλιά (Almond tree), αγριομηλιά (Crabapple), ελιά (olive tree), συκιά (fig tree), ροδιά (pomegranate), καστανιά (Chestnut Castanea), λεύκα (Poplar - Populus). Κάθε ένα είδος από τα παραπάνω θα καταλαμβάνει έκταση 50 m². Οι θάμνοι θα αποτελούνται από ιπποφαές (sea-buckthorn) και γκότζι μπέρις (goji berries) έκτασης 410 m² ο καθένας. Τέλος, οι ετήσιες καλλιέργειες, 457,8 m² η κάθε μια, θα απαρτίζονται από αμπέλι (Grapevines), κινόα (quinoa), σιτάρι (cereals), ρίγανη (oregano) και τσάι του βουνού (sideritis). Με βάση την προτεινόμενη διάταξη τα είδη, αναλόγως πού θα τοποθετηθούν, θα αρδεύονται με αυλάκια και με στάγδην άρδευση.

3.2 Πίνακας καλλιέργειών

Οι επιλεγμένες καλλιέργειες παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 3.3: Επιλεγμένες καλλιέργειες.

Δένδρα	Θάμνοι	Ετήσιες καλλιέργειες
αμυγδαλιά (Almond tree)	ιπποφαές (sea-buckthorn)	Αμπέλι (Grapevines)
αγριομηλιά (Crabapple)	goji berries	κινόα (quinoa)
ελιά (olive tree)		σιτάρι (cereals)
συκιά (fig tree)		ρίγανη (oregano)
ροδιά (pomegranate)		τσάι του βουνού (siderites)
καστανιά (Chestnut Castanea)		
λεύκα (Poplar - Populus)		

Οι φυτικοί συντελεστές για τους μήνες ανάπτυξης που αναζητήθηκαν από τη Βιβλιογραφία και τον FAO φαίνονται παρακάτω. Εδώ, αξίζει να σημειωθεί πως για τις καλλιέργειες που βρέθηκε μία μέση τιμή φυτικού συντελεστή, έγινε η παραδοχή πως είναι κοινός για όλους τους μήνες της αρδευτικής περιόδου (Απρίλιος-Σεπτέμβριος).

Πίνακας 3.4: Φυτικός συντελεστής καλλιέργειών [2] [5] [14] [15] [16].

Δένδρα	Ιαν.	Φεβρ.	Μάρτ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.
αμυγδαλιά (Almond tree)				0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9			
αγριομηλιά (Crabapple)				1	1.15	1.25	1.25	1.25	1.2			
ελιά (olive tree)					0.25	0.35	0.45	0.45	0.3			
συκιά (fig tree)				0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75			
ροδιά (pomegranate)				0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75			
καστανιά (Chestnut Castanea)				0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75			
λεύκα (Poplar - Populus)				0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75			
Θάμνοι												

ιπποφαές (sea-buckthorn)				0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75			
goji berries				0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7			
Ετήσιες καλλιέργειες												
αμπέλι (Grapevines)		0.45	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.35			
κινόα (quinoa)				0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75			
σιτάρι (cereals)						1.15	1.15	0.4				
ρίγανη (oregano)				0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65			
τσάι του βουνού (siderites)				0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65			

Πίνακας 3.5: Καλυπτόμενη επιφάνεια καλλιεργειών με τις δύο μεθόδους άρδευσης.

Δένδρα	άρδευση με αυλάκια (m ²)	στάγδην άρδευση (m ²)
αμυγδαλιά (Almond tree)	0	50
αγριομηλιά (Crabapple)	0	50
ελιά (olive tree)	0	50
συκιά (fig tree)	50	0
ροδιά (pomegranate)	50	0
καστανιά (Chestnut Castanea)	50	0
λεύκα (Poplar - Populus)	50	0
Θάμνοι		
ιπποφαές (sea-buckthorn)	94	316
goji berries	410	0
Ετήσιες καλλιέργειες		
αμπέλι (Grapevines)	0	457.8
κινόα (quinoa)	0	457.8
σιτάρι (cereals)	123.4	334.4
ρίγανη (oregano)	457.8	0
τσάι του βουνού (siderites)	457.8	0

3.3 Πίνακας ζήτησης φωσφόρου και αζώτου των καλλιεργειών

Η προτεινόμενη ετήσια ζήτηση σε φώσφορο και άζωτο των καλλιεργειών από οδηγούς λίπανσης και τον FAO, η οποία εκφράζεται σε κιλά ανά εκτάριο ανά έτος, παρουσιάζεται συγκεντρωμένη στον Πίνακα 3.6.

Πίνακας 3.6: Ετήσια ζήτηση των καλλιεργειών σε άζωτο και φώσφορο [21] [22] [23] [24] [25].

Δένδρα	U _N (kg/ha/year)	U _P (kg/ha/year)
αγριομηλιά (Crabapple)	120	80
ελιές (olive trees)	100	50
ροδιά (pomegranate tree)	120	110
συκιά (fig tree)	220	220
αμυγδαλιά (Almond tree)	130	250
καστανιά (Chestnut Castanea)	120	50
λεύκα (Poplar - Populus)	300	200
ετήσιες καλλιέργειες		
αμπέλι (grapevines)	170	70
κινόα (quinoa)	240	200
σιτάρι (cereals)	160	70
ρίγανη (oregano)	50	0
τσάι του βουνού (siderites)	40	50
Θάμνοι		
ιπποφαές (sea-buckthorn)	30	30
goji berries	250	120

Το ποσοστό αζώτου, *f*, που χάνεται λόγω νιτροποίησης/απονιτροποίησης, πτητικοποίησης και εδαφικής αποθήκευσης διαφοροποιείται ανάλογα με το βαθμό επεξεργασίας των λυμάτων και του κλίματος. Τα εν λόγω ποσοστά δίνονται στον Πίνακα 3.7.

Πίνακας 3.7: Ποσοστό αζώτου, *f*, που χάνεται [10].

Τύπος λυμάτων	Ζεστό κλίμα	Κρύο κλίμα
Ισχυρά	0.80	0.50
1 ^ο βάθμια	0.50	0.25
2 ^ο βάθμια	0.25	0.15-0.20
3 ^ο βάθμια	0.15	0.10

Ο βαθμός απόδοσης του αζώτου στο επεξεργασμένο νερό σύμφωνα με τον πίνακα 3.8 είναι μεγάλος, με το ποσοστό σε σχέση με την αρχική συγκέντρωση να ανέρχεται μέχρι και 80%.

Πίνακας 3.8 Παράμετροι επεξεργασμένου νερού [11].

Παράμετρος	Φόρτιση kg/ha/day	Αρχική συ- γκέντρωση mg/l	Τελική συ- γκέντρωση mg/l	Βαθμός από- δοσης %
BOD	4 - 10	40	1 - 2	>98
N	1.2 - 1.6	25 - 30	5 - 10	70 - 80
P		5 - 10	< 0.2	

3.4 Πίνακας συντελεστών απόδοσης των μεθόδων άρδευσης

Όπως ήδη αναφέρθηκε η απόδοση των μεθόδων άρδευσης και του δικτύου διανομής είναι αδύνατον να προσδιοριστεί κατά τη μελέτη. Στην περίπτωση αυτή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντιπροσωπευτικοί εμπειρικοί συντελεστές απόδοσης των παραπάνω.

Πίνακας 3.9: Ενδεικτικές τιμές αποδοτικότητας διανομής, E_d , και εφαρμογής, E_f , που αναφέρονται σε οργανωμένα αρδευτικά δίκτυα [5] [6] [9].

Τύπος δικτύου	Συντήρηση και λειτουργία	Αποδοτικότητα διανομής, E_d
Επιφανειακό	Πολύ καλή μέχρι άριστη	0,60-0,75
	Ικανοποιητική	0,50-0,60
	Ελλιπής	0,35-0,50
	Κακή	0,20-0,35
	Υπό πίεση	Ικανοποιητική μέχρι άριστη
Μέθοδος άρδευσης		Αποδοτικότητα εφαρμογής, E_f
Κατάκλυση (λεκάνες)		0,60-0,80
Περιορισμένη διάχυση (λωρίδες)		0,60-0,75
Αυλάκια		0,50-0,75
Καταιονισμός:		
Κλασικό σύστημα		0,60-0,80
Αυτοκινούμενος εκτοξευτήρας υψηλής πίεσης (καρούλι)		0,55-0,75
Αυτοκινούμενη γραμμή άρδευσης		0,75-0,90

Περιστρεφόμενο σύστημα (Pivot)	0,75-0,90
Στάγδην	0,80-0,95

3.5 Μετεωρολογικά δεδομένα θερμοκρασιών ΕΜΥ

Βασικός παράγοντας της υδατικής ζήτησης αποτελεί η θερμοκρασία, τα ιστορικά δεδομένα της οποίας θα αξιοποιηθούν για τον προσδιορισμό αυτής για τα επόμενα δώδεκα χρόνια λειτουργίας του συστήματος.

Πίνακας 3.10: Μετεωρολογικά δεδομένα ΕΜΥ.

ΕΤΟΣ	Μέση Θερμοκρασία (°C)												ΕΤΗΣΙΑ
	ΜΗΝΕΣ												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1990	7.6	9.9	13.4	16.6	20.1	24.5	26.9	26.0	22.8	18.8	16.7	12.1	18.0
1991	9.0	9.4	12.2	14.9	18.2	25.1	26.2	26.4	22.3	18.7	14.3	7.4	17.0
1992	7.8	7.0	10.5	15.8	18.9	24.5	25.4	27.0	22.5	21.4	13.8	8.3	16.9
1993	8.0	6.7	11.4	15.3	19.7	25.2	26.4	26.2	23.3	19.8	12.7	12.5	17.3
1994	11.0	9.6	12.2	17.5	21.1	24.3	27.1	27.6	26.3	20.8	13.0	9.7	18.4
1995	10.5	11.6	12.1	15.0	20.6	26.9	26.8	26.7	23.8	17.1	11.2	11.4	17.8
1996	7.8	9.7	9.2	14.0	21.8	24.8	26.9	26.8	22.3	17.7	15.0	13.4	17.4
1997	10.7	9.5	10.5	12.6	21.3	25.8	27.6	25.4	21.5	17.4	14.4	11.4	17.3
1998	9.8	10.3	10.0	17.6	19.8	25.9	28.2	28.0	23.3	19.8	15.4	10.3	18.2
1999	10.5	10.3	12.6	17.1	21.6	26.5	28.6	28.1	24.2	19.9	14.6	13.9	19.0
2000	6.8	9.6	11.3	17.3	21.4	25.8	28.9	27.4	24	18.1	15.7	11.8	18.2
2001	11.5	11.3	16.4	16.7	21.1	26.1	29.4	28.5	24.9	20.2	13.8	8.9	19.1
2002	8.4	12.9	13.5	15.5	21.2	26.2	29.1	28.1	23.6	19.3	15.4	10.0	18.6
2003	12.3	6.4	9.7	13.7	22.3	27.1	28.3	28.3	23.1	20.0	14.3	11.1	18.1
2004	9.3	9.8	13.1	16.0	20.4	25.7	27.6	27.6	23.5	20.8	15.0	11.9	18.4
2005	10.5	9.2	12.2	16.5	21.5	25.0	28.6	28.2	24.2	18.1	13.2	11.9	18.3
2006	7.6	10.1	12.4	16.9	21.4	25.7	26.8	29.2	23.7	19.0	12.8	10.2	18.0
2007	11.4	10.7	13.3	16.4	22.4	28.3	29.5	29.3	24.5	19.6	14.0	9.9	19.1
2008	8.2	9.4	15.0	17.7	21.5	26.8	28.1	28.6	23.7	19.7	15.8	11.9	18.9
2009	11.0	10.4	11.9	16.0	21.8	26.2	29.1	26.5	23.4	20.7	15.0	13.7	18.8
2010	11.0	12.1	13.4	17.3	22.2	25.8	28.8	30.6	25.1	18.7	18.2	13.6	19.7
2011	9.5	10.2	11.7	14.4	20.4	25.9	29.4	27.7	25.8	17.2	11.6	11.6	18.0
2012	7.5	8.6	11.7	17.3	21.2	27.6	30.0	28.9	24.6	21.8	16.9	11.9	19.0
2013	10.6	12.6	14.2	17.3	23.4	26.7	27.4	28.1	24.5	17.2	15.0	9.8	18.9
2014	12.3	11.8	13.6	17.9	21.7	26.2	28.8	29.2	24.7	19.4	14.6	13.4	19.5
2015	10.4	10.2	11.4	15.8	22.3	25.1	28.1	29.3	26.0	19.8	15.9	10.1	18.7
2016	8.1	14.0	13.9	19.0	21.3	27.9	28.6	28.5	24.4	18.9	14.6	8.1	18.9
2017	6.9	10.9	13.6	16.2	22.2	27.1	28.6	28.3	24.9	18.8	14.3	12.9	18.7
2018	9.5	12.2	15.5	19.4	24.1	26.6	29.3	28.4	24.6	19.3	15.3	9.7	19.5
Μέση Τιμή	9.5	10.2	12.5	16.3	21.3	26.0	28.1	27.9	24.0	19.2	14.6	11.1	18.4
Μέγιστη Τιμή	12.3	14.0	16.4	19.4	24.1	28.3	30.0	30.6	26.3	21.8	18.2	13.9	19.7

Ελάχιστη Τιμή	6.8	6.4	9.2	12.6	18.2	24.3	25.4	25.4	21.5	17.1	11.2	7.4	16.9
---------------	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	------

3.6 Μετεωρολογικά δεδομένα μηνιαίου ύψους βροχής

Οι μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης σε cm/μήνα για το νησί της Λέσβου είναι οι ακόλουθες, όπως δίνονται από τον ιστότοπο www.meteo.gr [20].

Πίνακας 3.11: Μηνιαίο ύψος βροχής των δέκα προηγούμενων ετών στην περιοχή Πέτρα, Μυτιλήνη.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
2009							0	0.0	66.4	58.4	64.8	114.8
2010	114.2	295.6	20.0	2.0	26.7	18.8	0	0.0	8.6	129.6	33.8	64.2
2011	61.5	56.0	33.4	45.8	35.0	0.4	1.6	0.2	9.2	40.4	0.8	148.0
2012	55.4	54.6	17.0	58.4	74.8	1.0	0	7.6	0.8	51.0	36.8	123.2
2013	167.6	108.2	41.2	31.4	7.4	38.8	0	0.0	9.6	43.0	82.9	5.8
2014	104.2	34.4	116.8	133.2	27.0	44.8	1	11.0	24.0	37.0	49.0	177.4
2015	147.2	179.9	83.4	34.2	6.0	18.6	0	0.0	38.4	136.2	50.2	0.0
2016	113.0	63.6	60.4	3.4	4.2	16.0	0	0.0	1.0	5.8	127.2	2.0
2017	145.2	39.4	59.8	17.2	28.2	0.2	0	0.2	13.6	44.0	78.6	145.0
2018	119.4	150.2	47.8	0.0	24.2	30.6	0.4	0.0	19.0	19.0	195.2	84.8

3.7 Κατανομή t student

Οι τιμές της κατανομής t, προκύπτουν από τον παρακάτω πίνακα με βάση το διάστημα εμπιστοσύνης α και το εύρος του δείγματος n [21].

Πίνακας 3.12: Πίνακας κατανομής t student [21].

t Table											
cum. prob	$t_{.50}$	$t_{.75}$	$t_{.80}$	$t_{.85}$	$t_{.90}$	$t_{.95}$	$t_{.975}$	$t_{.99}$	$t_{.995}$	$t_{.999}$	$t_{.9995}$
one-tail	0.50	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
two-tails	1.00	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001
df											
1	0.000	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	318.31	636.62
2	0.000	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	0.000	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	0.000	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	0.000	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	0.000	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	0.000	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	0.000	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	0.000	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	0.000	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	0.000	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	0.000	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	0.000	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	0.000	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	0.000	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	0.000	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	0.000	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	0.000	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	0.000	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	0.000	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	0.000	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	0.000	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	0.000	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24	0.000	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	0.000	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	0.000	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	0.000	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	0.000	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	0.000	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	0.000	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	0.000	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	0.000	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
80	0.000	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416
100	0.000	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390
1000	0.000	0.675	0.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.330	2.581	3.098	3.300
Z	0.000	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291
	0%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%	99.8%	99.9%
	Confidence Level										

4 Μεθοδολογική προσέγγιση

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται και επεξηγείται η μέθοδος που επιλέχθηκε για να εξαχθεί η αρδευτική ζήτηση του συστήματος.

4.1 Προεπεξεργασία θερμοκρασιακών χρονοσειρών

Οι βασικές υδρολογικές μεταβλητές που εμφανίζονται στον υδρολογικό κύκλο είναι η βροχή, η απορροή και η εξατμισοδιαπνοή. Βασικός παράγοντας όλων των παραπάνω αποτελεί η θερμοκρασία.

Επομένως, οι βασικές συνιστώσες μιας υδρολογικής μεταβλητής x_t είναι δύο: η ντετερμινιστική d_t και η στοχαστική συνιστώσα e_t :

$$x_t = d_t + e_t \quad (4.1)$$

Τα κυριότερα μέρη της ντετερμινιστικής συνιστώσας είναι τρία: η περιοδικότητα P , η εμμονή R_t και η τάση T_t , ενώ της στοχαστικής είναι δύο: το χρονικά εξαρτημένο στοχαστικό τμήμα ξ_t και το τελείως τυχαίο ε_t . Η συνιστώσα ξ_t χαρακτηρίζεται από την ιδιότητα της μνήμης, ενώ η συνιστώσα ε_t δεν έχει καθόλου μνήμη και ορίζεται μόνο από μία συνάρτηση κατανομής πιθανοτήτων. Επομένως, το σύνολο των συνιστωσών μιας υδρολογικής μεταβλητής είναι το εξής:

$$x_t = P_t + R_t + T_t + \xi_t + \varepsilon_t \quad (4.2)$$

Το καθένα από τα μέρη αυτά μπορεί να ανιχνευθεί και να αφαιρεθεί από την υδρολογική μεταβλητή. Η αφαίρεση των ντετερμινιστικών μερών από μία μεταβλητή έχει σαν αποτέλεσμα τη μονιμοποίηση της σειράς και την απόκτηση του στοχαστικού μέρους ε_t , το οποίο με τη σειρά του μπορεί να προσομοιωθεί αφού γίνει γνωστή η δομή του. Για την αφαίρεση του ντετερμινιστικού μέρους (μονιμοποίηση) της χρονοσειράς των θερμοκρασιών ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφεται στις Ενότητες 4.1.1, 4.1.2..

4.1.1 Στατιστική ανάλυση χρονοσειράς

Ακολουθεί η εύρεση των στατιστικών χαρακτηριστικών της ιστορικής χρονοσειράς των θερμοκρασιών και του μηνιαίου ύψους βροχής, δηλαδή του μέσου όρου, της διασποράς, της τυπικής απόκλισης, του συντελεστή ασυμμετρίας και του συντελεστή κύρτωσης. Αν N είναι το πλήθος των μηνιαίων τιμών της σειράς τότε τα μεγέθη αυτά υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$M = \sum_{i=1}^N X_i / N \quad (4.3)$$

$$VAR = 1/N \sum_{i=1}^N (X_i - M)^2 \quad (4.4)$$

$$SD = \sqrt{VAR} \quad (4.5)$$

$$SK = 1/N \sum_{i=1}^N (X_i - M)^3 SD^{-3} \quad (4.6)$$

$$KYR = 1/N \sum_{i=1}^N (X_i - M)^4 SD^{-4} \quad (4.7)$$

Στη συνέχεια γίνεται εύρεση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης της σειράς και των συντελεστών 1^{ης} και 2^{ης} τάξης. Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης τ τάξεως της σειράς είναι:

$$r_{\tau} = \frac{\sum_{i=1}^{N-\tau} (X_t - X_t) \cdot (X_{t+\tau} - X_{t+\tau})}{\sqrt{\sum_{t=1}^{N-\tau} (X_t - X_t) \cdot \sum_{t=1}^{N-\tau} (X_{t+\tau} - X_{t+\tau})}} \quad (4.8)$$

όπου:

- τ : το χρονικό βήμα μετατόπισης,
- \bar{X}_t : ο μέσος όρος της σειράς στη θέση t και
- $\bar{X}_{t+\tau}$: ο μέσος όρος της σειράς στη θέση $t+\tau$.

4.1.2 Μονιμοποίηση χρονοσειράς

Η μονιμοποίηση της χρονοσειράς γίνεται με αφαίρεση από την κάθε τιμή του μέσου όρου και διαίρεση του υπολοίπου με την τυπική απόκλιση του μήνα στον οποίο ανήκει. Παρακάτω δίνεται η σχέση με την οποία γίνεται η μονιμοποίηση:

$$X1_{i,j} = (X_{i,j} - M_j) / SD_j \quad (4.9)$$

Όπου:

- $X1_{i,j}$ η μονιμοποιημένη τιμή της θερμοκρασίας και του ύψους βροχής
- $X_{i,j}$ μέση ημερήσια θερμοκρασία/ το μηνιαίο ύψος βροχής
- J η τάξη του μήνα,
- I η τάξη του έτους,
- M_j ο μέσος όρος του μήνα J και
- SD_j η τυπική απόκλιση του μήνα J .

Ακολουθεί η εύρεση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης της μονιμοποιημένης σειράς και φύλαξη των συντελεστών αυτοσυσχέτισης 1^{ης} και 2^{ης} τάξης.

Μετά την ανίχνευση, μοντελοποίηση και αφαίρεση του ντετερμινιστικού μέρους της χρονοσειράς, εκείνο που απομένει είναι να αντιμετωπιστεί το στοχαστικό υπόλοιπο ϵ_i . Δηλαδή, να βρεθεί αρχικά η τάξη της μνήμης του και η μορφή του στοχαστικού μοντέλου που θα την παραστήσει. Αυτό αφορά το χρονικά εξαρτημένο κομμάτι. Για το

τυχαίο υπόλοιπο ε_t μένει να γίνει αρχικά ο έλεγχος της τυχαιότητάς του και μετά η εκτίμηση των χαρακτηριστικών του.

4.2 Αυτοπαλίνδρομα μοντέλα

Τα αυτοπαλίνδρομα μοντέλα (AutoRegressive models, AR) είναι μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης, όπου θεωρείται ως εξαρτημένη μεταβλητή η τυχαία μεταβλητή της χρονοσειράς σε μια χρονική στιγμή t , y_t , και ως ανεξάρτητες μεταβλητές η τυχαία μεταβλητή της χρονοσειράς σε προηγούμενους χρόνους, δηλαδή τις y_{t-1}, \dots, y_{t-p} . Ο αριθμός των υστερήσεων που συμπεριλαμβάνονται λέγεται η τάξη (order) του αυτοπαλινδρομούμενου μοντέλου.

Ένα αυτοπαλινδρομούμενο μοντέλο τάξης p συμβολίζεται $AR(p)$ και ορίζεται ως

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (4.10)$$

όπου $a_0, a_1, a_2, \dots, a_p$ είναι οι συντελεστές του μοντέλου και ε_t λευκός θόρυβος με μέση τιμή 0 και διασπορά σ_ε^2 . Επομένως, το AR μοντέλο είναι γνωστό αν γνωρίζουμε τους συντελεστές και τη διασπορά του λευκού θορύβου. Στην πράξη οι συντελεστές του $AR(p)$ μοντέλου, καθώς και η διασπορά του λευκού θορύβου (iid) εκτιμώνται από τη χρονοσειρά και οι εκτιμήσεις τους χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της χρονοσειράς τις επόμενες χρονικές στιγμές.

Σύμφωνα με το μοντέλο $AR(p)$ η μεταβλητή της χρονοσειράς τη χρονική στιγμή t κατά ένα μέρος εξηγείται από το γραμμικό συνδυασμό των p τελευταίων τιμών της χρονοσειράς y_{t-1}, \dots, y_{t-p} . Το υπόλοιπο μέρος που δεν εξηγείται από τις προηγούμενες τιμές της χρονοσειράς είναι καθαρά στοχαστικό και οφείλεται σε εξωγενείς επιδράσεις τη χρονική στιγμή t , που συνοψίζονται στην τυχαία μεταβλητή ε_t .

Η γενική μορφή ενός στοχαστικού μοντέλου $AR(1)$ είναι:

$$Y_t = a_0 + a_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.11)$$

Υποθέτοντας ότι ο μέσος είναι μηδέν είτε ότι οι μεταβλητές εκφράζονται ως αποκλίσεις από τους μέσους, η παραπάνω σχέση γράφεται:

$$y_t = a_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.12)$$

όπου

$$y_t = Y_t - \bar{Y}_t \quad (4.13)$$

και

$$y_{t-1} = Y_{t-1} - \bar{Y}_{t-1} \quad (4.14)$$

Η γενική μορφή ενός $AR(2)$ είναι:

$$Y_t = a_0 + a_1 Y_{t-1} + a_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (4.15)$$

ή ως:

$$y_t = a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (4.16)$$

4.2.1 Εύρεση συντελεστών 1^{ης} και 2^{ης} τάξης

Για το υπόδειγμα AR(1) ισχύουν επίσης οι παρακάτω σχέσεις:

- i. $\mu = \frac{\alpha_0}{1-\alpha_1}$
- ii. $\gamma_0 = V(y_t) = \sigma^2 \frac{1}{1-\alpha_1^2}$
- iii. $\gamma_s = Cov(y_t, y_{t-s}) = \alpha_1^s \gamma_0$
- iv. $\rho_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_0} = \alpha_1^s$

Για να επαληθευτεί αν είναι η χρονολογική σειρά, που παριστάνεται με τη γενική μορφή ενός AR(1), στάσιμη θα πρέπει $|\alpha_1| < 1$. Αυτό συμβαίνει γιατί, για να είναι μία σειρά στάσιμη θα πρέπει η διακύμανση γ_0 να είναι ένας σταθερός θετικός αριθμός. Για $\alpha_1 > 0$, η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης πάλι θα τείνει προς το μηδέν αλλά με εναλλασσόμενο πρόσημο αυτή τη φορά.

Η θεωρητική τυπική απόκλιση της σειράς ϵ_t , με βάση το μοντέλο AR(1), δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma_z = \sigma_q \sqrt{1 - \alpha_1^2} \quad (4.17)$$

Όπου

σ_q η τυπική απόκλιση της χρονοσειράς

Για το AR(2) ισχύουν τα εξής:

- i. $\mu = \frac{\alpha_0}{1-\alpha_1-\alpha_2}$
- ii. $\gamma_0 = V(Y_t) = \alpha_1 \gamma_1 + \alpha_2 \gamma_2 + \sigma^2 = \frac{(1-\alpha_2)}{(1+\alpha_2)(1-\alpha_1-\alpha_2)(1+\alpha_1-\alpha_2)} \sigma^2$
- iii. $\gamma_s = Cov(Y_t, Y_{t-s}) = \alpha_1 \gamma_{s-1} + \alpha_2 \gamma_{s-2}$ για $s > 0$
- iv. $\rho_s = \alpha_1 \rho_{s-1} + \alpha_2 \rho_{s-2}$ για $s > 0$

Για να είναι στάσιμη η χρονολογική σειρά, που παριστάνεται με τη γενική μορφή ενός AR(2), θα πρέπει να ικανοποιούνται οι εξής προϋποθέσεις:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_1 + \alpha_2 < 1 \\ -\alpha_1 + \alpha_2 < 1 \\ -1 < \alpha_2 < 1 \end{array} \right.$$

Οι παραπάνω σχέσεις πρέπει να ικανοποιούνται καθώς για να είναι η σειρά στάσιμη, θα πρέπει η διακύμανση γ_0 να είναι σταθερός αριθμός. Να ισχύουν, δηλαδή, οι ανισότητες:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - \alpha_2 > 0 \\ 1 + \alpha_2 > 0 \\ 1 - \alpha_1 - \alpha_2 > 0 \\ 1 + \alpha_1 - \alpha_2 > 0 \end{array} \right.$$

Από τη σχέση των αυτοσυσχετίσεων iv. προκύπτουν οι σχέσεις:

$$\rho_1 = \alpha_1 + \alpha_2 \rho_2 \quad (4.18)$$

$$\rho_2 = \alpha_1 \rho_1 + \alpha_2 \quad (4.19)$$

Αφού ισχύει ότι: $\rho_0=1$ και $\rho_{-1}=\rho_1$. Οι εξισώσεις αυτές είναι γνωστές ως εξισώσεις *Yule-Walker* και αποτελούν ένα σύστημα δύο εξισώσεων με δύο αγνώστους (α_1, α_2).

Η θεωρητική τυπική απόκλιση της σειράς των υπολοίπων ε_t , με βάση το μοντέλο AR(2), δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma_\alpha = \sigma_z \sqrt{1 - \rho_1 \alpha_1 - \rho_2 \alpha_2} \quad (4.20)$$

4.2.2 Υπολογισμός υπολοίπων

Για μία ακολουθία λευκού θορύβου $\{\varepsilon_t\}$ για $t = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ πρέπει να ισχύουν οι παρακάτω τρεις προϋποθέσεις για κάθε t :

1. $E(\varepsilon_t) = 0$
2. $V(\varepsilon_t) = \sigma^2$
3. $Cov(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-s}) = 0$, για κάθε $s \neq 0$

4.2.3 Διαγνωστικός έλεγχος

Ο έλεγχος αυτός γίνεται στα υπόλοιπα ε_t του μοντέλου, που είναι η εκτίμηση της θεωρητικής σειράς λευκού θορύβου ε_t και βασίζεται εξίσου στην ανάλυση αυτοσυσχετίσεων των υπολοίπων.

Αν υποθεθεί ότι το μοντέλο που εκλέχτηκε είναι σωστό, χρησιμοποιώντας το τεστ Anderson, θα πρέπει οι εκτιμημένες αυτοσυσχετίσεις $\rho_k(\varepsilon_t)$ των υπολοίπων να μην συσχετίζονται και να είναι κατανεμημένες στην κανονική κατανομή με μέσο όρο μηδέν και διασπορά $1/N$, δηλαδή με τυπικό σφάλμα: $\alpha = \pm \sqrt{1/N}$, όπου N το πλήθος των στοιχείων. Οι αποκλίσεις από αυτή την εικόνα, των αυτοσυσχετίσεων των υπολοίπων σ' ένα μοντέλο, δείχνουν το βαθμό ακαταλληλότητάς του. Θα πρέπει, δηλαδή, στα υπόλοιπα από το μοντέλο να γίνει το αυτοσυσχετόγραμμα και πάνω σε αυτό να χαραχθούν δύο παράλληλες οριζόντιες γραμμές σε απόσταση $\pm \sqrt{1/N}$ από τον άξονα των χρονικών βημάτων. Αν οι αυτοσυσχετίσεις για όλα τα βήματα: $k=1, 2, \dots, 25$ δεν υπερβαίνουν αυτή την οριακή τιμή, τότε το μοντέλο είναι σωστό, αν αντίθετα την υπερβαίνουν, τότε το μοντέλο χρειάζεται αλλαγές.

4.3 Παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών

Αφού έγιναν οι απαραίτητοι έλεγχοι και προέκυψε το μοντέλο με την καλύτερη προσαρμογή, ακολουθεί παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών. Ο υπολογισμός τιμών συνθετικής μονιμοποιημένης σειράς προκύπτει από τις σχέσεις:

Για το AR(1),

$$X_1 = \sigma_\alpha * NR_i \quad (4.21)$$

$$X_i = \sigma_\alpha * NR_i + \alpha_1 * X_{i-1} \quad (4.22)$$

Για το AR(2) ισχύει επιπλέον,

$$X_i = \sigma_\alpha * NR_i + \alpha_1 * X_{i-1} + \alpha_2 * X_{i-2} \quad (4.23)$$

όπου

σ_α θεωρητική απόκλιση

α_1, α_2 οι συντελεστές των μοντέλων AR(1), AR (2)

NR_i τυχαίος κανονικός αριθμός με μέσο όρο μηδέν και τυπική απόκλιση ένα

Η παραγωγή τυχαίων κανονικών αριθμών με μέσο όρο 0 και τυπική απόκλιση 1 θα γίνει μέσω του προγράμματος excel με χρήση της εντολής `NORMINV(RAND(),0,1)`.

Στη συνέχεια για να απομονοποιηθεί η συνθετική χρονοσειρά πολλαπλασιάζεται η κάθε τιμή της με την τυπική απόκλιση και προστίθεται ο μέσος όρος του μήνα στον οποίο ανήκει.

$$X_{i,j} = X1_{i,j} \cdot SD_j + M_j \quad (4.24)$$

Όπου

$X_{i,j}$ η τιμή της συνθετικής χρονοσειράς

$X1_{i,j}$ η μονιμοποιημένη τιμή της συνθετικής χρονοσειράς

i η τάξη του έτους

j η τάξη του μήνα

SD_j η τυπική απόκλιση του μήνα j

M_j η μέση τιμή του μήνα j

4.4 Εκτίμηση εξαμυσοδιαπνοής καλλιέργειας

Η εξαμυσοδιαπνοή καλλιέργειας προκύπτει από τη σχέση

$$PET_c = k_c * PET \quad (4.25)$$

όπου

k_c φυτικός συντελεστής

PET [mm*d⁻¹] εξατμισοδιαπνοή αναφοράς

4.4.1 Εμπειρική Μέθοδος Blaney- Criddle

Αποτελεί εμπειρική μέθοδο εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς. Βασίζεται στη θερμοκρασία και για μηνιαίο διάστημα γράφεται [27] [28]:

$$PET_c = k_c \cdot f$$

Όπου

PET_c [mm*d⁻¹] δυνητική εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας

k_c φυτικός συντελεστής

f [mm*d⁻¹] κλιματικός παράγοντας

Ο κλιματικός παράγοντας f δίνεται από τη σχέση

$$f = \frac{32+1,8T_a}{3,94} P \quad (4.26)$$

Όπου

T_a [°C] μέση θερμοκρασία αέρα του μήνα

P μέσο ημερήσιο ποσοστό συνολικής ετήσιας διάρκειας των ωρών ημέρας συναρτήσεως του μήνα και του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής

Πίνακας 4.1: Μέσο ημερήσιο ποσοστό της συνολικής ετήσιας διάρκειας των ωρών ημέρας (P) [2].

Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
60°	0.15	0.20	0.26	0.32	0.38	0.41	0.40	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13
58°	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.40	0.39	0.34	0.28	0.23	0.18	0.15
56°	0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.16
54°	0.18	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38	0.37	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17
52°	0.19	0.22	0.27	0.31	0.35	0.37	0.36	0.33	0.28	0.24	0.20	0.17
50°	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.20	0.18
48°	0.20	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19
46°	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.20
44°	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20
42°	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
40°	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35°	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
30°	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
25°	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24

20°	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
15°	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
10°	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
5°	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
0°	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

4.5 Καθαρές υδατικές ανάγκες

Για τον υπολογισμό των καθαρών αναγκών συνυπολογίζεται η ενεργός βροχόπτωση ως εξής [2] [3] [4] [5]:

$$P_e = 80\% \cdot P \quad (4.27)$$

P_e [mm*d⁻¹] ενεργός βροχόπτωση

P [mm* d⁻¹] ημερήσιο ύψος βροχής

Η παροχή ζήτησης για την ικανοποίηση των υδατικών αναγκών για την κάθε καλλιέργεια υπολογίζεται ως εξής:

$$Qw_i = k_c \cdot (f - P_e) \cdot A_i \cdot 0.001 \quad (4.28)$$

όπου

Qw_i [m³/day] ημερήσια παροχή υδατικής ζήτησης της i καλλιέργειας

k_c φυτικός συντελεστής

f [mm/day] εξατμισοδιαπνοή αναφοράς

P_e [mm/day] ενεργός βροχόπτωσης

A_i [m²] έκταση i καλλιέργειας

4.6 Υδραυλική φόρτιση με βάση το άζωτο

Η υδραυλική φόρτιση με βάση το άζωτο, LW_n , σε cm/έτος, του συστήματος βραδείας διήθησης δίνεται από τη σχέση [10] [11]:

$$LW_n = \frac{N_i \cdot (P - PET_c) + 10 \cdot U_N}{N_w \cdot (1 - f) - N_i} \quad (4.29)$$

Όπου

LW_n [cm/έτος] υδραυλική φόρτιση με βάση το άζωτο

P	[cm/έτος]	ετήσια βροχόπτωση
PET _c	[cm/έτος]	ετήσια εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας
N _w	[mg/l]	συγκέντρωση αζώτου στα λύματα
f		ποσοστό αζώτου που χάνεται
N _i	[mg/l]	συγκέντρωση αζώτου στο διήθημα
U _N	[kg/ha/έτος]	ζήτηση αζώτου από τα φυτά

5 Εφαρμογή μεθοδολογίας και αποτελέσματα

Σύμφωνα με την μεθοδολογική προσέγγιση του Κεφαλαίου 4 πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες διαδικασίες. Έγινε στατιστική ανάλυση, μονιμοποίηση και παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών μήκους δώδεκα ετών της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας και του μηνιαίου ύψους βροχής, Στη συνέχεια, για κάθε ημέρα εκτιμήθηκε η παροχή υδατικής ζήτησης και υδατικής ζήτησης με βάση το άζωτο για κάθε καλλιέργεια. Η προηγούμενη διαδικασία εφαρμόστηκε για τα τρία δυνατά σενάρια περιεκτικότητας αζώτου. Έπειτα, επιλέχθηκε το βέλτιστο σενάριο και υπολογίστηκε η ημερήσια τελική αρδευτική ζήτηση.

5.1 Στατιστικά χαρακτηριστικά χρονοσειρών

5.1.1 Θερμοκρασία

Αρχικά, για την χρονοσειρά των μέσων θερμοκρασιών των ετών 1990-2018 βρέθηκαν τα στατιστικά χαρακτηριστικά της. Δηλαδή, ο μέσος όρος (MO), η διασπορά (VAR), η τυπική απόκλιση (SD), ο συντελεστής κύρτωσης (KYR) και ασυμμετρίας (SK) καθώς και ο μέσος όρος και η διασπορά του κάθε μήνα.

Πίνακας 5.1: Στατιστικά χαρακτηριστικά ιστορικής χρονοσειράς θερμοκρασιών

MO	18.40
VAR	46.86
SD	6.85
SK	0.09
KYR	-1.36

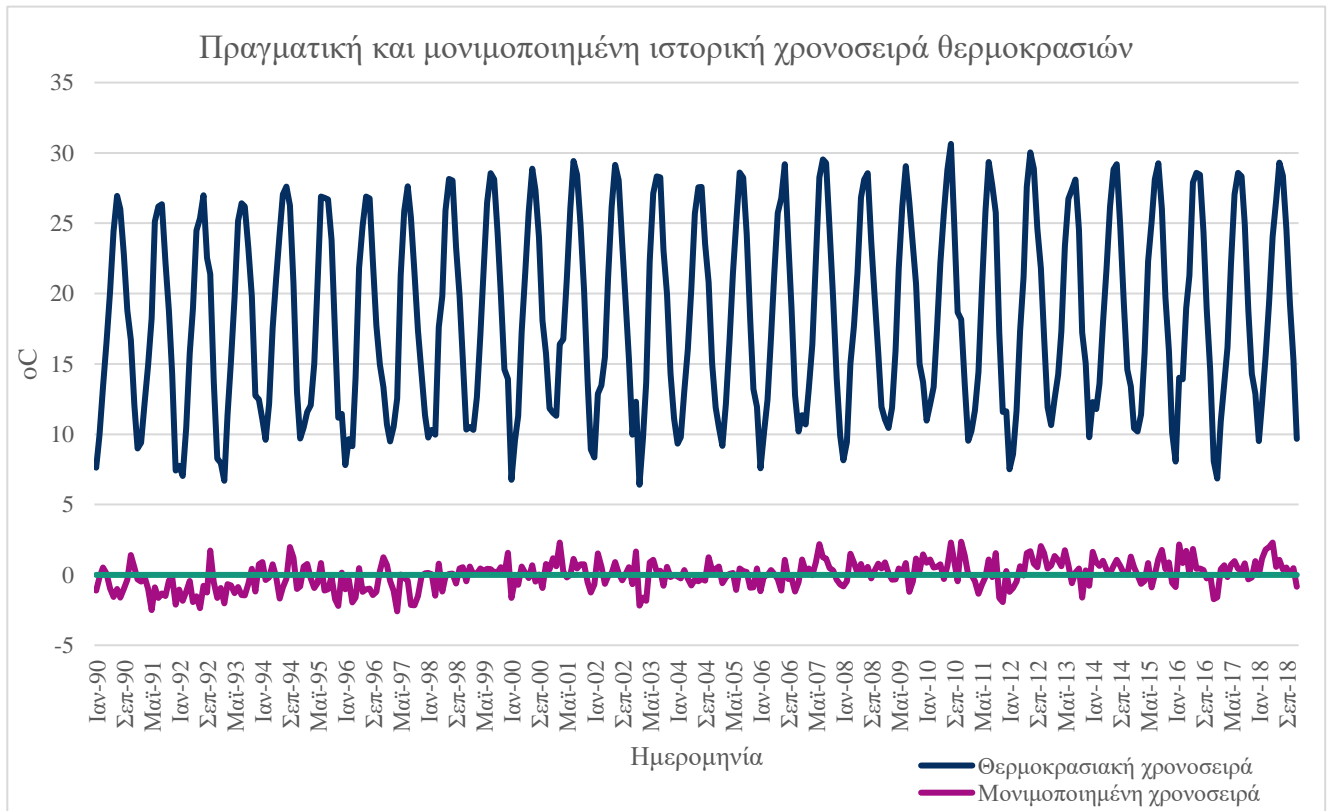
Πίνακας 5.2: Μέσος Όρος (MO) (°C) και Τυπική απόκλιση (SD) (°C) της θερμοκρασίας των μηνών για τα έτη 1990-2018.

	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.
MO	9.52	10.22	12.47	16.41	21.27	26.04	28.08	27.91	23.98	19.24	14.55	11.13
SD	1.68	1.74	1.70	1.49	1.21	1.02	1.16	1.18	1.15	1.25	1.53	1.77

Στη συνέχεια, η θερμοκρασιακή χρονοσειρά μονιμοποιήθηκε, αφαιρώντας από την κάθε τιμή τον μέσο όρο του μήνα στον οποίο ανήκει και έπειτα, διαιρώντας με την αντίστοιχη τυπική απόκλιση, αφαιρώντας, δηλαδή, την εποχικότητά της. Η πραγματική και μονιμοποιημένη χρονοσειρά θερμοκρασιών παρατίθεται στο παράρτημα ενώ παρουσιάζεται παρακάτω με το αντίστοιχο διάγραμμα.

Πίνακας 5.3: Μέρος πραγματικής και μονιμοποιημένης χρονοσειράς θερμοκρασιών (°C).

Ημερομηνία	Μέση Θερμοκρασία	Μονιμοποιημένη Χρονοσειρά
Ιαν-90	7.63	-1.12
Φεβ-90	9.92	-0.17
Μαρ-90	13.35	0.52
Απρ-90	16.55	0.09



Σχήμα 5-1: Διάγραμμα πραγματικής και μονιμοποιημένης θερμοκρασιακής ιστορικής χρονοσειράς.

Ύστερα, υπολογίσθηκαν τα στατιστικά χαρακτηριστικά και οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης 1^{ης} και 2^{ης} τάξης της μονιμοποιημένης χρονοσειράς όπως φαίνονται στον πίνακα 5.4.

Πίνακας 5.4: Στατιστικά χαρακτηριστικά μονιμοποιημένης ιστορικής χρονοσειράς θερμοκρασιών και συντελεστές αυτοσυσχέτισης 1ης και 2ης τάξης.

MO	-0.01
VAR	0.96
SD	0.98
SK	-0.12
KYR	-0.21
r ₁	0.39
r ₂	0.26

5.1.2 Βροχή

Για την χρονοσειρά των μηνιαίων βροχοπτώσεων των ετών 2009-2018 βρέθηκαν τα στατιστικά χαρακτηριστικά της. Δηλαδή, ο μέσος όρος, η διασπορά, η τυπική απόκλιση, ο συντελεστής κύρτωσης και ασυμμετρίας καθώς και ο μέσος όρος και η διασπορά του κάθε μήνα.

Πίνακας 5.5: Στατιστικά χαρακτηριστικά ιστορικής χρονοσειράς μηνιαίων υψών βροχής (mm).

MO	49.2
VAR	3054.1
SD	55.3
SK	1.6
KYR	2.8

Πίνακας 5.6: Μέσος όρος και τυπική απόκλιση των μηνιαίων υψών βροχής για τα έτη 2009-2018 (mm).

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
MO	114.2	109.1	53.3	36.2	25.9	18.8	0.3	1.9	21.7	56.4	71.9	86.5
SD	37.5	86.4	31.7	41.7	21.5	16.7	0.6	4.0	21.7	43.1	55.0	66.0

Στη συνέχεια, η χρονοσειρά μονιμοποιήθηκε, αφαιρώντας από την κάθε τιμή τον μέσο όρο του μήνα στον οποίο ανήκει και έπειτα, διαιρώντας με την αντίστοιχη τυπική απόκλιση, αφαιρώντας, δηλαδή, την εποχικότητά της. Η πραγματική και μονιμοποιημένη χρονοσειρά του μηνιαίου ύψους βροχής παρατίθεται στο παράρτημα ενώ μέρος αυτής παρουσιάζεται παρακάτω με το αντίστοιχο διάγραμμα.

Πίνακας 5.7: Απόσπασμα ιστορικής πραγματικής και μονιμοποιημένης χρονοσειράς βροχοπτώσεων.

Ημερομηνία	Μηνιαία Βροχόπτωση (mm/month)	Μονιμοποιημένη χρονοσειρά βροχοπτώσεων (mm/month)
Jul-09	0.0	-0.5
Aug-09	0.0	-0.5
Sep-09	66.4	2.1
Oct-09	58.4	0.0
Nov-09	64.8	-0.1
Dec-09	114.8	0.4
Jan-10	114.2	0.0
Feb-10	295.6	2.2
Mar-10	20.0	-1.1
Apr-10	2.0	-0.8
May-10	26.7	0.0
Jun-10	18.8	0.0

Jul-10	0.0	-0.5
Aug-10	0.0	-0.5
Sep-10	8.6	-0.6
Oct-10	129.6	1.7
Nov-10	33.8	-0.7
Dec-10	64.2	-0.3

Η κατανομή της συχνότητας του ύψους βροχής για τους μήνες της αρδευτικής περιόδου όπως προέκυψε από την ανάλυση των ιστορικών δεδομένων βροχής φαίνεται στον πίνακα 5.8.

Πίνακας 5.8: Συχνότητα σε ημέρες των υψών βροχής για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου.

ΜΗΝΑΣ	Ύψος Βροχής (mm)					
	0	0-5	5-10	10-20	20-100	>100
ΑΠΡ	23	5	1	0	1	0
ΜΑΙ	25	5	1	1	0	0
ΙΟΥΝ	27	2	1	0	0	0
ΙΟΥΛ	31	0	0	0	0	0
ΑΥΓ	31	0	0	0	0	0
ΣΕΠ	27	2	1	0	0	0



Σχήμα 5-2: Διάγραμμα πραγματικής και μονιμοποιημένης χρονοσειράς βροχοπτώσεων.

Έπειτα, υπολογίσθηκαν τα στατιστικά χαρακτηριστικά και οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης 1^{ης} και 2^{ης} τάξης της μονιμοποιημένης χρονοσειράς, όπως φαίνονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 5.9: Στατιστικά χαρακτηριστικά μονιμοποιημένης ιστορικής χρονοσειράς θερμοκρασιών και συντελεστές αυτοσυσχέτισης 1ης και 2ης τάξης.

MO	0.0
VAR	0.90
SD	0.95
SK	0.91
KYR	0.15
r1	-0.02
r2	0.07

5.2 Αυτοπαλίνδρομο μοντέλο τάξης 1

5.2.1 Θερμοκρασία

Αφού μονιμοποιήθηκε η ιστορική χρονοσειρά, σειρά έχει η εύρεση του συντελεστή του μοντέλου AR1, a_1 , η θεωρητική τυπική απόκλιση των υπολοίπων, σ_a και η τυπική απόκλιση της μονιμοποιημένης ιστορικής χρονοσειράς, σ_z . Από τις σχέσεις του μοντέλου 1^{ης} τάξης, που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, προκύπτει ότι ο συντελεστής a_1 ισούται με τον συντελεστή πρώτης τάξης της μονιμοποιημένης ιστορικής χρονοσειράς, ενώ η θεωρητική τυπική απόκλιση από τη γνωστή σχέση $\sigma_a = \sigma_z \sqrt{1 - a_1^2}$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.10: Χαρακτηριστικά του μοντέλου AR1

a_1	0.39
σ_z	0.98
σ_a	0.90

Στη συνέχεια, σκοπός είναι η εύρεση των υπολοίπων της μονιμοποιημένης χρονοσειράς με χρήση του μοντέλου AR1. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, από την κάθε τιμή της μονιμοποιημένης χρονοσειράς ξεκινώντας από την τελευταία, τον Δεκέμβριο του 2018, αφαιρείται η προηγούμενη τιμή της χρονοσειράς πολλαπλασιασμένη με τον συντελεστή του μοντέλου a_1 , δηλαδή

$$\varepsilon_t = X_t - a_1 \cdot X_{t-1} \quad (5.1)$$

Απόσπασμα της χρονοσειράς των υπολοίπων για τα έτη 1990-1991 φαίνεται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 5.11: Υπόλοιπα μονιμοποιημένης χρονοσειράς για τα έτη 1990-1991 με χρήση του μοντέλου *AR1*.

Ημερομηνία	Υπόλοιπα
Ιαν-90	-1.12
Φεβ-90	0.26
Μαρ-90	0.59
Απρ-90	-0.11
Μαϊ-90	-0.99
Ιουν-90	-1.19
Ιουλ-90	-0.38
Αυγ-90	-1.22
Σεπ-90	-0.37
Οκτ-90	0.04
Νοε-90	1.55
Δεκ-90	-0.02
Ιαν-91	-0.51
Φεβ-91	-0.35
Μαρ-91	0.04
Απρ-91	-0.95
Μαϊ-91	-2.12
Ιουν-91	0.08
Ιουλ-91	-1.28
Αυγ-91	-0.69
Σεπ-91	-0.97
Οκτ-91	0.18
Νοε-91	0.02
Δεκ-91	-2.06

5.2.2 Βροχή

Αντίστοιχα ο συντελεστής α_1 , η θεωρητική τυπική απόκλιση σ_α και η τυπική απόκλιση σ_z , της μονιμοποιημένης χρονοσειράς βροχοπτώσεων φαίνονται στον πίνακα 5.11.

Πίνακας 5.12: Χαρακτηριστικά μοντέλου *AR1* για τη μονιμοποιημένη σειρά βροχοπτώσεων.

AR1	
α_1	-0.02
σ_z	0.95
σ_α	0.95

Απόσπασμα της χρονοσειράς των υπολοίπων παρουσιάζεται στον πίνακα 5.12.

Πίνακας 5.13: Χρονοσειρά υπολοίπων των μηνιαίων βροχοπτώσεων με το μοντέλο AR1.

ε_t
-0.5
-0.5
2.1
0.1
-0.1
0.4
0.0
2.2
-1.0
-0.8
0.0
0.0
-0.5

5.3 Αυτοπαλίνδρομο μοντέλο τάξης 2

5.3.1 Θερμοκρασία

Ακολουθεί η εύρεση των συντελεστών του μοντέλου AR2, α_1 και α_2 , η θεωρητική τυπική απόκλιση των υπολοίπων, σ_α και η τυπική απόκλιση της μονιμοποιημένης ιστορικής χρονοσειράς, σ_z . Από την τροποποίηση των εξισώσεων Yule-Walker του μοντέλου 2^{ης} τάξης, που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, προκύπτουν οι συντελεστές α_1 και α_2 , από τις παρακάτω σχέσεις

$$\alpha_1 = \rho_1 - \frac{\rho_2 \cdot (1 - \rho_1)}{1 - \rho_2} \quad (5.2)$$

$$\alpha_2 = \frac{\rho_2 \cdot (1 - \rho_1)}{1 - \rho_2} \quad (5.3)$$

ενώ η θεωρητική τυπική απόκλιση από τη γνωστή σχέση $\sigma_\alpha = \sigma_z \sqrt{1 - \rho_1 \alpha_1 - \rho_2 \alpha_2}$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 5.14: Χαρακτηριστικά του μοντέλου AR2.

α_1	0.36
α_2	0.12
σ_z	0.98
σ_a	0.89

Στη συνέχεια, σκοπός είναι η εύρεση των «υπολοίπων» της μονιμοποιημένης χρονοσειράς με χρήση του μοντέλου AR2. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, από την κάθε τιμή της μονιμοποιημένης χρονοσειράς ξεκινώντας από την τελευταία, τον Δεκέμβριο του 2018, αφαιρούνται η προηγούμενη τιμή της χρονοσειράς πολλαπλασιασμένη με τον συντελεστή του μοντέλου α_1 και η προηγούμενη αυτής, πολλαπλασιασμένη με το συντελεστή α_2 , δηλαδή

$$\varepsilon_t = Y_t - \alpha_1 \cdot Y_{t-1} - \alpha_2 \cdot Y_{t-2} \quad (5.4)$$

Απόσπασμα της χρονοσειράς των υπολοίπων για τα έτη 1990-1991 φαίνεται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 5.15: Υπόλοιπα μονιμοποιημένης χρονοσειράς με χρήση του μοντέλου AR2.

Ημερομηνία	Υπόλοιπα
Ιαν-90	-1.12
Φεβ-90	0.23
Μαρ-90	0.72
Απρ-90	-0.07
Μαϊ-90	-1.05
Ιουν-90	-1.23
Ιουλ-90	-0.31
Αυγ-90	-1.07
Σεπ-90	-0.31
Οκτ-90	0.20
Νοε-90	1.66
Δεκ-90	0.07
Ιαν-91	-0.67
Φεβ-91	-0.42
Μαρ-91	0.06
Απρ-91	-0.90
Μαϊ-91	-2.13
Ιουν-91	0.12
Ιουλ-91	-1.00
Αυγ-91	-0.63
Σεπ-91	-0.82
Οκτ-91	0.30
Νοε-91	0.19
Δεκ-91	-2.01

5.3.2 Βροχοπτώσεις

Αντίστοιχα, τα χαρακτηριστικά του μοντέλου AR2 για τη μονιμοποιημένη σειρά μηνιαίων βροχοπτώσεων φαίνεται στον πίνακα 5.13 και απόσπασμα της χρονοσειράς των υπολοίπων στον πίνακα 5.14.

Πίνακας 5.16: Χαρακτηριστικά μοντέλου AR2 για τη μονιμοποιημένη χρονοσειρά μηνιαίων βροχοπτώσεων.

α_1	-0.088
α_2	0.071
σ_z	0.947
σ_a	0.950

Πίνακας 5.17: Απόσπασμα χρονοσειράς υπολοίπων με χρήση του μοντέλου AR2.

Ημερομηνία	ϵ_t
Jul-09	-0.5
Aug-09	-0.5
Sep-09	2.1
Oct-09	0.3
Nov-09	-0.3
Dec-09	0.4
Jan-10	0.0
Feb-10	2.1
Mar-10	-0.9

5.4 Συγκριτική Αξιολόγηση

Μετά την εύρεση των συντελεστών των αυτοπαλίνδρομων μοντέλων 1^{ης} και 2^{ης} τάξης απομένει να γίνει η επιλογή του καταλληλότερου από τα δύο, αυτό δηλαδή που εμφανίζει καλύτερη προσαρμογή στη μονιμοποιημένη χρονοσειρά των θερμοκρασιών.

Αυτό θα επιτευχθεί με τη χρήση του τεστ Anderson. Πιο συγκεκριμένα, για την κάθε χρονοσειρά υπολοίπων που προέκυψε από τα δύο μοντέλα θα πρέπει για τις πρώτες εικοσιπέντε αυτοσυσχετίσεις $\rho_1(\epsilon_t), \rho_2(\epsilon_t), \dots, \rho_{25}(\epsilon_t)$ με διασπορά $1/\sqrt{N}$, όπου N ισούται με τον αριθμό των παρατηρήσεων της χρονοσειράς των υπολοίπων, να μην συσχετίζονται και να είναι κατανομημένες στην κανονική κατανομή. Θα πρέπει, δηλαδή, στα υπόλοιπα από το κάθε μοντέλο να γίνει το αυτοσυσχετόγραμμα και πάνω σε αυτό να χαραχθούν δύο παράλληλες οριζόντιες γραμμές σε απόσταση $\pm\sqrt{1/N}$ από τον άξονα

των χρονικών βημάτων. Το μοντέλο με τις μικρότερες αποκλίσεις από αυτή την εικόνα, των αυτοσυσχετίσεων των υπολοίπων θα είναι και το πιο κατάλληλο.

Πίνακας 5.18: Αυτοσυσχετίσεις υπολοίπων με τη χρήση του μοντέλου *AR1*.

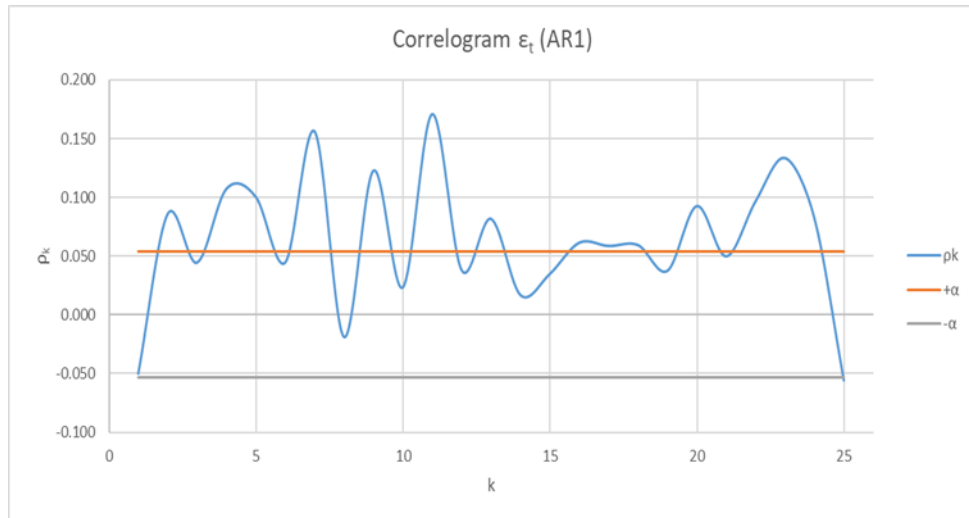
Θερμοκρασία				Βροχή			
k	$\rho_k(\varepsilon_t)$	$+\sqrt{N}$	$-\sqrt{N}$	k	$\rho_k(\varepsilon_t)$	$+\sqrt{N}$	$-\sqrt{N}$
1	-0.050	0.05	-0.05	1	0.001	0.1	-0.1
2	0.086	0.05	-0.05	2	0.065	0.1	-0.1
3	0.044	0.05	-0.05	3	0.000	0.1	-0.1
4	0.107	0.05	-0.05	4	0.035	0.1	-0.1
5	0.100	0.05	-0.05	5	0.227	0.1	-0.1
6	0.045	0.05	-0.05	6	-0.163	0.1	-0.1
7	0.156	0.05	-0.05	7	-0.058	0.1	-0.1
8	-0.019	0.05	-0.05	8	0.104	0.1	-0.1
9	0.123	0.05	-0.05	9	0.174	0.1	-0.1
10	0.023	0.05	-0.05	10	0.153	0.1	-0.1
11	0.171	0.05	-0.05	11	-0.210	0.1	-0.1
12	0.038	0.05	-0.05	12	-0.096	0.1	-0.1
13	0.082	0.05	-0.05	13	0.070	0.1	-0.1
14	0.017	0.05	-0.05	14	0.036	0.1	-0.1
15	0.035	0.05	-0.05	15	-0.035	0.1	-0.1
16	0.061	0.05	-0.05	16	-0.200	0.1	-0.1
17	0.059	0.05	-0.05	17	-0.037	0.1	-0.1
18	0.059	0.05	-0.05	18	0.139	0.1	-0.1
19	0.037	0.05	-0.05	19	0.076	0.1	-0.1
20	0.093	0.05	-0.05	20	-0.072	0.1	-0.1
21	0.050	0.05	-0.05	21	-0.326	0.1	-0.1
22	0.097	0.05	-0.05	22	0.105	0.1	-0.1
23	0.134	0.05	-0.05	23	0.024	0.1	-0.1
24	0.082	0.05	-0.05	24	-0.074	0.1	-0.1
25	-0.056	0.05	-0.05	25	-0.221	0.1	-0.1

Πίνακας 5.19: Αυτοσυσχετίσεις υπολοίπων με χρήση του μοντέλου AR2.

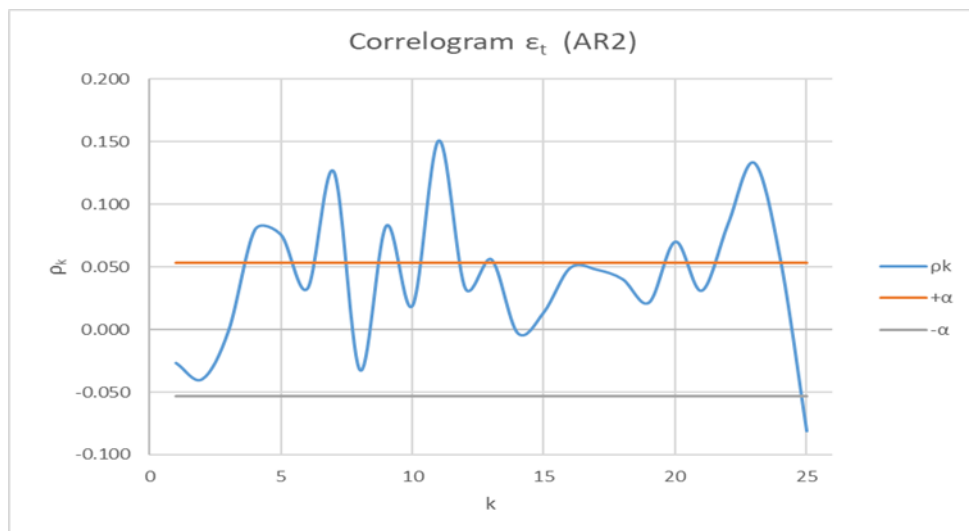
Θερμοκρασία				Βροχή			
k	$\rho_k(\varepsilon_t)$	$+\sqrt{N}$	$-\sqrt{N}$	k	$\rho_k(\varepsilon_t)$	$+\sqrt{N}$	$-\sqrt{N}$
1	0.0	0.054	-0.054	1	0.072	0.1	-0.1
2	0.0	0.054	-0.054	2	-0.007	0.1	-0.1
3	0.0	0.054	-0.054	3	-0.010	0.1	-0.1
4	0.1	0.054	-0.054	4	0.059	0.1	-0.1
5	0.1	0.054	-0.054	5	0.223	0.1	-0.1
6	0.0	0.054	-0.054	6	-0.162	0.1	-0.1
7	0.1	0.054	-0.054	7	-0.089	0.1	-0.1
8	0.0	0.054	-0.054	8	0.114	0.1	-0.1
9	0.1	0.054	-0.054	9	0.209	0.1	-0.1
10	0.0	0.054	-0.054	10	0.151	0.1	-0.1
11	0.2	0.054	-0.054	11	-0.224	0.1	-0.1
12	0.0	0.054	-0.054	12	-0.119	0.1	-0.1
13	0.1	0.054	-0.054	13	0.086	0.1	-0.1
14	0.0	0.054	-0.054	14	0.060	0.1	-0.1
15	0.0	0.054	-0.054	15	-0.048	0.1	-0.1
16	0.0	0.054	-0.054	16	-0.220	0.1	-0.1
17	0.0	0.054	-0.054	17	-0.045	0.1	-0.1
18	0.0	0.054	-0.054	18	0.161	0.1	-0.1
19	0.0	0.054	-0.054	19	0.105	0.1	-0.1
20	0.1	0.054	-0.054	20	-0.107	0.1	-0.1
21	0.0	0.054	-0.054	21	-0.334	0.1	-0.1
22	0.1	0.054	-0.054	22	0.097	0.1	-0.1
23	0.1	0.054	-0.054	23	0.063	0.1	-0.1
24	0.1	0.054	-0.054	24	-0.084	0.1	-0.1
25	-0.1	0.054	-0.054	25	-0.250	0.1	-0.1

Τα αυτοσυσχετογράμματα που προκύπτουν με τα παραπάνω δεδομένα είναι τα εξής:

5.4.1 Θερμοκρασία

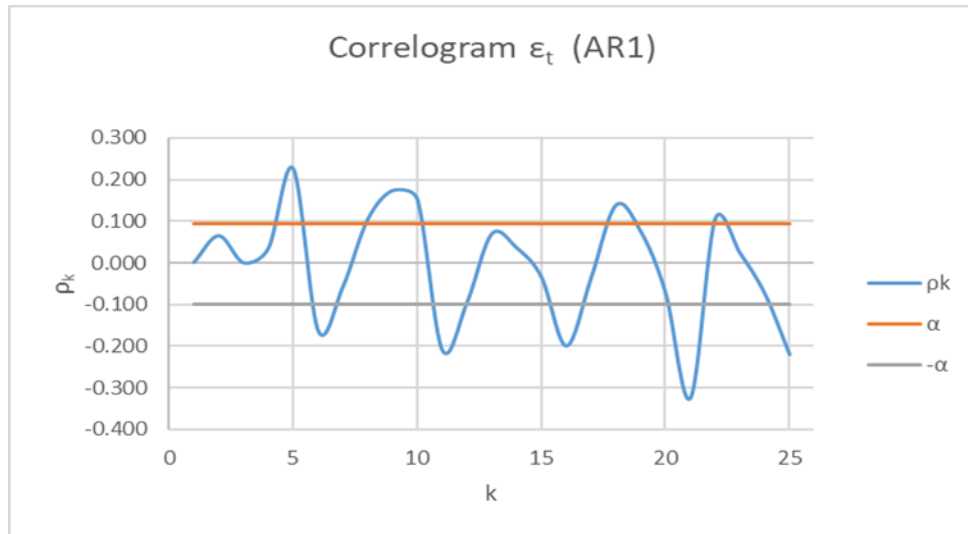


Σχήμα 5-3: Αυτοσυσχετόγραμμα υπολοίπων AR1.

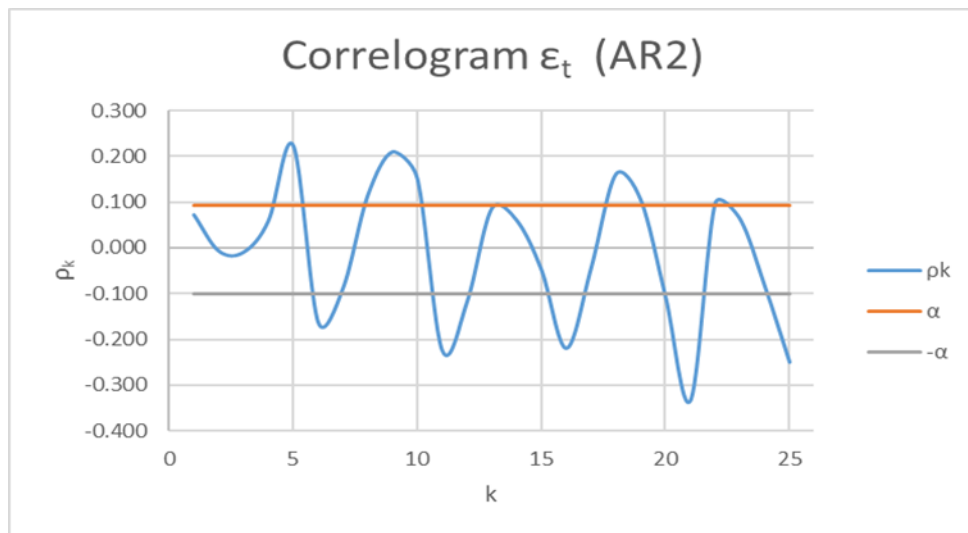


Σχήμα 5-4: Αυτοσυσχετόγραμμα υπολοίπων AR2.

5.4.2 Βροχή



Σχήμα 5-5: Αυτοσυσχετόγραμμα υπολοίπων AR1.



Σχήμα 5-6: Αυτοσυσχετόγραμμα υπολοίπων AR2.

Όπως είναι εμφανές, από τα αυτοσυσχετογράμματα που προέκυψαν, και για τις δύο χρονοσειρές, καλύτερη προσαρμογή στην χρονοσειρά εμφανίζεται να έχει το μοντέλο AR2, καθώς οι αποκλίσεις από τα όρια των αυτοσυσχετίσεων των υπολοίπων που εμφανίζει είναι μικρότερες απ' ό,τι αυτές του μοντέλου AR1. Συνεπώς το μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη των μελλοντικών θερμοκρασιών, μέσω της παραγωγής συνθετικών χρονοσειρών είναι το αυτοπαλίνδρομο μοντέλο AR2.

5.5 Παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών

Αφού έγιναν οι απαραίτητοι έλεγχοι και προέκυψε ότι το μοντέλο AR2 είναι αυτό με την καλύτερη προσαρμογή, θα γίνει παραγωγή πενήντα συνθετικών χρονοσειρών των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών και του μηνιαίου ύψους βροχής μήκους δώδεκα ετών.

Παράλληλα, για την κάθε συνθετική χρονοσειρά θερμοκρασιών που θα παραχθεί θα υπάρχει μία συνολική προσαύξηση της τάξης του 1%, που αποτελεί και την αρχική παραδοχή. Δηλαδή, η πρώτη τιμή της συνθετικής χρονοσειράς θα μεταβληθεί κατά 0% ενώ η τελευταία θα παρουσιάσει αύξηση 1%. Η τελική τιμή της θερμοκρασίας της συνθετικής χρονοσειράς δίνεται από την ακόλουθη σχέση

$$T' = T + 0.01 \cdot T \cdot \frac{m}{N} \quad (5.5)$$

όπου,

- T' [°C] η τελική θερμοκρασία της συνθετικής χρονοσειράς
 T [°C] η αρχική θερμοκρασία από την παραγωγή της συνθετικής χρονοσειράς
 N ο αριθμός που αντιστοιχεί στο μήκος της χρονοσειράς
 m ο αύξων αριθμός που αντιστοιχεί σε κάθε τιμή της χρονοσειράς από 0~ N

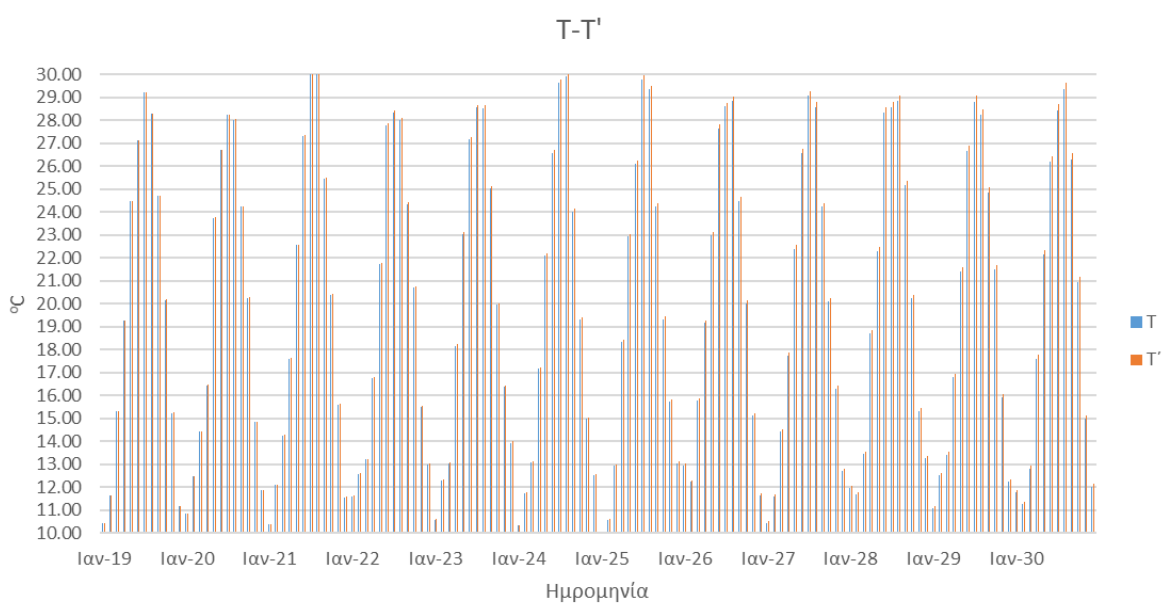
Στη συγκεκριμένη περίπτωση το μήκος, N , της κάθε συνθετικής χρονοσειράς είναι 144 και ο αύξων αριθμός, m , που αντιστοιχεί στην κάθε τιμή της, κυμαίνεται μεταξύ 0 και 143. Παρακάτω παρατίθεται μέρος τη συνθετικής χρονοσειράς με θερμοκρασιακή αύξηση.

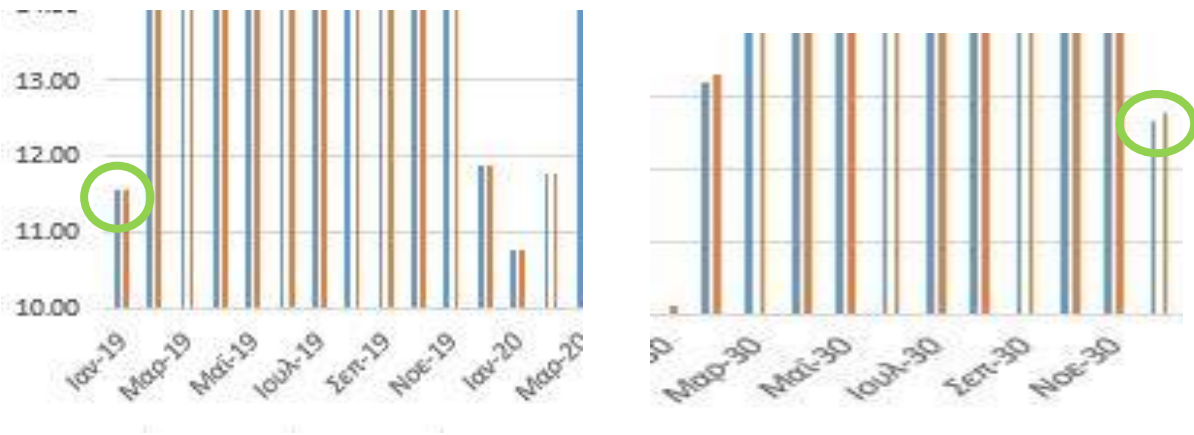
Πίνακας 5.20: Απόσπασμα συνθετικής χρονοσειράς με θερμοκρασιακής αύξηση.

Ημερο- μηνία	M	T (°C)	T' (°C)	Αύξηση %	Θερμοκρασιακή αύξηση (°C)
Ιαν-19	0	10.19	10.19	0.00	0.00
Φεβ-19	1	13.04	13.04	0.01	0.00
Μαρ-19	2	12.97	12.98	0.01	0.00
Απρ-19	3	17.58	17.59	0.02	0.00
Μαϊ-19	4	21.44	21.45	0.03	0.01
Ιουν-19	5	26.19	26.20	0.03	0.01
Ιουλ-19	6	28.56	28.57	0.04	0.01
Αυγ-19	7	28.04	28.06	0.05	0.01
Σεπ-19	8	24.94	24.95	0.06	0.01
Οκτ-19	9	19.40	19.41	0.06	0.01

Νοε-19	10	16.37	16.38	0.07	0.01
Δεκ-19	11	12.55	12.56	0.08	0.01
Ιαν-20	12	10.08	10.09	0.08	0.01
Φεβ-20	13	13.64	13.65	0.09	0.01
Μαρ-20	14	13.14	13.16	0.10	0.01
Απρ-20	15	17.03	17.05	0.10	0.02
Μαϊ-20	16	21.97	22.00	0.11	0.02
Ιουν-20	17	27.12	27.15	0.12	0.03
Ιουλ-20	18	29.60	29.63	0.13	0.04
Αυγ-20	19	29.73	29.77	0.13	0.04
Σεπ-20	20	25.65	25.69	0.14	0.04
Οκτ-20	21	20.27	20.30	0.15	0.03
Νοε-20	22	15.29	15.32	0.15	0.02
Δεκ-20	23	12.18	12.20	0.16	0.02
Ιαν-21	24	9.69	9.71	0.17	0.02
Φεβ-21	25	11.04	11.06	0.17	0.02
Μαρ-21	26	13.22	13.24	0.18	0.02
Απρ-21	27	19.73	19.77	0.19	0.04
Μαϊ-21	28	22.41	22.45	0.20	0.04
Ιουν-21	29	26.16	26.22	0.20	0.05

Στη συνέχεια, παρατίθεται το διάγραμμα αρχικών και τελικών θερμοκρασιών συνθετικής χρονοσειράς. Στη μεγέθυνση του σχήματος 5.7 διακρίνεται η τελική μικρή θερμοκρασιακή αύξηση 1% στον τελευταίο μήνα του έτους της συνθετικής χρονοσειράς.





Σχήμα 5-7: Διάγραμμα αρχικών και τελικών θερμοκρασιών συνθετικής χρονοσειράς.

Η τελική συνθετική χρονοσειρά των μηνιαίων υψών βροχόπτωσης για τους μήνες της αρδευτικής περιόδου για το έτος 2019 παρουσιάζεται στον πίνακα 5.17

Πίνακας 5.21: Τελική συνθετική χρονοσειρά μηνιαίου ύψους βροχής για την αρδευτική περίοδο 2019.

Ημερομηνία	Μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης (mm)
Apr-19	30.8
May-19	28.4
Jun-19	18.9
Jul-19	0.4
Aug-19	2.2
Sep-19	22.7

5.6 Κατανομή μηνιαίου ύψους βροχόπτωσης σε ημερήσια κλίμακα

Καθώς η παροχή ζήτησης αλλά και η διατιθέμενη παροχή αφορούν την άρδευση, θεωρήθηκε βέλτιστη και πιο εύχρηστη λύση τα παραπάνω μεγέθη να προβλεφθούν σε ημερήσια κλίμακα.

Επειδή η θερμοκρασία είναι ένα μέγεθος που, συμπεριλαμβανομένης της εποχικότητάς της, δεν εμφανίζει μεγάλες αυξομειώσεις, η πρόβλεψη μίας μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας για κάθε μήνα θεωρήθηκε ικανοποιητική για τη χρήση της. Αντίθετα, η βροχόπτωση είναι ένα μέγεθος πιο μεταβαλλόμενο για αυτό και η πρόβλεψή της με το

συγκεκριμένο μοντέλο έγινε σε μηνιαία βάση. Για την κατανομή του μηνιαίου ύψους βροχής σε ημέρες εφαρμόστηκε η εξής παραδοχή:

- Για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου (Απρίλιος-Σεπτέμβριος) βρέθηκε, από τα ιστορικά δεδομένα, ο μέσος αριθμός ημερών, για τον καθέναν, για τις οποίες το ύψος βροχής είναι μηδενικό
- Στη συνέχεια, για τους μήνες πρόβλεψης, για τις υπόλοιπες ημέρες έγινε τυχαία κατανομή του μηνιαίου ύψους, που προέκυψε με τη χρήση του μοντέλου.

Στον επόμενο πίνακα φαίνεται η τυχαία κατανομή του μηνιαίου ύψους βροχόπτωσης για τον μήνα πρόβλεψης Απρίλιο του 2019, όπου σύμφωνα με τα ιστορικά δεδομένα εμφανίζει εφτά ημέρες βροχής κατά μέσο όρο.

Πίνακας 5.22: Ημερήσια κατανομή βροχόπτωσης για τον μήνα Απρίλιο '19.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	P (mm/day)
Απρ-19	
1-Απρ-19	
2-Απρ-19	
3-Απρ-19	
4-Απρ-19	7.59
5-Απρ-19	
6-Απρ-19	
7-Απρ-19	
8-Απρ-19	
9-Απρ-19	
10-Απρ-19	
11-Απρ-19	5.77
12-Απρ-19	
13-Απρ-19	
14-Απρ-19	
15-Απρ-19	6.34
16-Απρ-19	6.92
17-Απρ-19	
18-Απρ-19	
19-Απρ-19	4.36
20-Απρ-19	
21-Απρ-19	6.48
22-Απρ-19	
23-Απρ-19	
24-Απρ-19	
25-Απρ-19	
26-Απρ-19	6.15
27-Απρ-19	
28-Απρ-19	

29-Απρ-19	
30-Απρ-19	

5.7 Ζήτηση αζώτου και δυνατές περιεκτικότητες

5.7.1 Ανάγκες φυτών σε N,P

Καθώς δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες για την ακριβή κατανομή της ζήτησης των φυτών σε άζωτο για κάθε μήνα και κατ' επέκταση κάθε ημέρα, παρά μόνο η συνολική ποσότητα σε κιλά ανά εκτάριο που χρειάζονται ανά έτος, γίνεται η εξής παραδοχή: Η κατανομή της ζήτησης φωσφόρου και αζώτου των καλλιεργειών στους μήνες του έτους θα γίνει αναλογικά με την εξαμυσοδιαπνοή του κάθε μήνα, αφού πρώτα η ζήτηση U (kg/ha/year) πολλαπλασιαστεί με την αντίστοιχη έκταση που καταλαμβάνει η κάθε καλλιέργεια A (ha).

$$U_{N,P_{month}} = U_{N,P} \cdot A \quad (5.6)$$

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας με την ετήσια ζήτηση των καλλιεργειών σε θρεπτικά

Πίνακας 5.23: Ετήσια ζήτηση των καλλιεργειών σε άζωτο και φώσφορο.

Δένδρα	U_N	A		U_N
	kg/ha/year	m ²	ha	kg/year
αγριομηλιά(Crabapple)	120	50	0.005	0.6
Ελιές (olive trees)	100	50	0.005	0.5
ροδιά(pomegranate tree)	120	50	0.005	0.6
συκιά(fig tree)	220	50	0.005	1.1
αμυγδαλιά(Almond tree)	130	50	0.005	0.7
καστανιά(Chestnut Castanea)	120	50	0.005	0.6
λεύκα(Poplar - Populus)	300	50	0.005	1.5
Ετήσιες καλλιέργειες				
αμπέλι(grapevines)	170	457.8	0.04578	7.8
κινόα(quinoa)	240	457.8	0.04578	11.0
σιτάρι(cereals)	160	457.8	0.04578	7.3
ρίγανη(oregano)	50	457.8	0.04578	2.3
τσάι του βουνού(sideritis)	40	457.8	0.04578	1.8
Θάμνοι				
ιπποφαές (sea-buckthorn)	30	410	0.041	1.2
goji berries	250	410	0.041	10.3

Πιο συγκεκριμένα, η ημερήσια απαίτηση σε άζωτο θα προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της συνολικής ποσότητας των θρεπτικών με το κλάσμα της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας του μήνα προς την συνολική εξατμισοδιαπνοή του έτους για κάθε καλλιέργεια και στη συνέχεια διαιρείται με τις ημέρες του μήνα,

$$U_{NDAY} = \frac{U_N}{n} \cdot \frac{PET_c}{\Sigma PET_c} \quad (5.7)$$

όπου

U_{NDAY} [kg/day] η ποσότητα ζήτησης αζώτου καλλιέργειας την ημέρα???

U_N [kg/year] η ποσότητα ζήτησης αζώτου καλλιέργειας το χρόνο

PET_c [cm/month] η μηνιαία εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας

ΣPET_c [cm/year] ετήσια εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας

n ημέρες του μήνα

Πίνακας 5.24: Μηνιαία ζήτηση φωσφόρου καλλιεργειών.

Δένδρα	U _N (kg/month)											
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Αγριομηλιά (Crabapple)	0	0	0	0.07	0.09	0.12	0.12	0.11	0.09	0	0	0
Ελιές (olive trees)	0	0	0	0.00	0.06	0.13	0.13	0.12	0.07	0	0	0
Ροδιά (pomegranate tree)	0	0	0	0.08	0.10	0.11	0.12	0.11	0.09	0	0	0
Συκιά (fig tree)	0	0	0	0.14	0.18	0.21	0.21	0.20	0.16	0	0	0
Αμυγδαλιά (Almond tree)	0	0	0	0.09	0.10	0.12	0.12	0.12	0.10	0	0	0
Καστανιά (Chestnut Castanea)	0	0	0	0.08	0.10	0.11	0.12	0.11	0.09	0	0	0
Λεύκα (Poplar - Populus)	0	0	0	0.20	0.24	0.28	0.29	0.27	0.22	0	0	0
Ετήσιες καλλιέργειες												
Αμπέλι (grapevines)	0	0	0	0.71	1.14	1.58	1.61	1.50	1.24	0	0	0
Κινόα (quinoa)	0	0	0	0	0.00	2.92	2.98	2.78	2.30	0	0	0
Σιτάρι (cereals)	0	0	0	0	0.00	3.12	3.17	1.03	0.0	0	0	0
Ρίγανη (oregano)	0	0	0	0	0.00	0.61	0.62	0.58	0.48	0	0	0
τσάι του βουνού (sideritis)	0	0	0	0	0.00	0.49	0.50	0.46	0.38	0	0	0
Θάμνοι												
ιπποφάες (sea-buckthorn)	0	0	0	0.16	0.20	0.23	0.24	0.22	0.18	0	0	0
goji berries	0	0	0	1.35	1.63	1.93	1.97	1.84	1.52	0	0	0

5.7.2 Περιεκτικότητα νερού σε άζωτο

Η διατιθέμενη παροχή έχει σημαντικές συγκεντρώσεις σε άζωτο και φώσφορο προκειμένου να ικανοποιούν τις συνολικές θρεπτικές ανάγκες ή μέρος αυτών, του συστήματος. Η περιεκτικότητα των παραπάνω θρεπτικών στοιχείων στο νερό δεν είναι

σταθερή, καθώς θα υπάρχει δυνατότητα τριών διαφορετικών συγκεντρώσεων σε άζωτο και φώσφορο ανάλογα με την επεξεργασία των λυμάτων. Οι διαφορετικές συγκεντρώσεις φαίνονται παρακάτω.

Πίνακας 5.25: Δυνατές συγκεντρώσεις N στην επεξεργασμένη εκροή προς άρδευση

N _w (mg/l)		
1ο	2ο	3ο
10	40	20

5.8 Υπολογισμός παροχής σχεδιασμού

Θα γίνουν τρεις διαφορετικές επιλύσεις για την εύρεση της παροχής ζήτησης του συστήματος σε ημερήσια βάση, μία για κάθε διαφορετική συγκέντρωση σε άζωτο, ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί, τελικά, ποια είναι η βέλτιστη, ώστε να ικανοποιούνται τόσο οι υδατικές ανάγκες των φυτών όσο και οι θρεπτικές.

Για τον υπολογισμό παροχής σχεδιασμού $Q_{σχεδ}$ για κάθε είδος που θα τοποθετηθεί ακολουθούνται τα επόμενα βήματα.

5.8.1 Υπολογισμός καθαρών υδατικών αναγκών

5.8.1.1 Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς

Για κάθε μέση ημερήσια τιμή της θερμοκρασίας που παράγεται μέσω των συνθετικών χρονοσειρών υπολογίζεται και η αντίστοιχη εξατμισοδιαπνοή αναφοράς, με την εμπειρική μέθοδο Blaney- Criddle, που αντιστοιχεί στην θερμοκρασία αυτή. Συνεπώς, παράγονται συνολικά 50 χρονοσειρές μέσης ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής αναφοράς για κάθε μήνα, μήκους δώδεκα ετών. Παρακάτω παρατίθεται μέρος συνθετικής χρονοσειράς θερμοκρασιών με την αντίστοιχη χρονοσειρά εξατμισοδιαπνοής αναφοράς.

Πίνακας 5.26: Συνθετική χρονοσειρά θερμοκρασιών και η αντίστοιχη χρονοσειρά εξατμισοδιαπνοής αναφοράς.

Ημερομηνία	M	T (°C)	T' (°C)	P	f(mm/day)
Ιαν-19	0	9.82	9.82	0.22	2.77
Φεβ-19	1	12.91	12.91	0.24	3.36
Μαρ-19	2	13.83	13.83	0.27	3.90
Απρ-19	3	17.97	17.98	0.30	4.90
Μαϊ-19	4	22.92	22.93	0.32	5.95

Ιουν-19	5	26.37	26.38	0.34	6.86
Ιουλ-19	6	29.65	29.67	0.33	7.15
Αυγ-19	7	28.37	28.38	0.31	6.54
Σεπ-19	8	25.13	25.14	0.28	5.49
Οκτ-19	9	21.50	21.51	0.25	4.49

Η τελική χρονοσειρά της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς που αξιοποιείται στη συνέχεια για τον υπολογισμό των υδατικών αναγκών για τον κάθε μήνα των επόμενων δώδεκα ετών, προκύπτει από τον μέσο όρο των πενήντα χρονοσειρών εξατμισοδιαπνοής. Μέρος της τελικής χρονοσειράς εξατμισοδιαπνοής αναφοράς παρατίθεται παρακάτω.

Πίνακας 5.27: Τελική χρονοσειρά εξατμισοδιαπνοής αναφοράς.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	f(mm/day)
Ιαν-19	2.84
Φεβ-19	3.24
Μαρ-19	3.91
Απρ-19	4.87
Μαϊ-19	5.85
Ιουν-19	6.93
Ιουλ-19	7.06
Αυγ-19	6.57
Σεπ-19	5.44
Οκτ-19	4.32
Νοε-19	3.35
Δεκ-19	2.90
Ιαν-20	2.89
Φεβ-20	3.23
Μαρ-20	3.87
Απρ-20	4.83
Μαϊ-20	5.83
Ιουν-20	6.93
Ιουλ-20	7.04
Αυγ-20	6.61
Σεπ-20	5.47
Οκτ-20	4.37
Νοε-20	3.35
Δεκ-20	2.90
Ιαν-21	2.84

Φεβ-21	3.23
Μαρ-21	3.91
Απρ-21	4.84
Μαϊ-21	5.87

Παράλληλα, υπολογίσθηκαν και τα εύρη των παραπάνω μέσων εξατμισοδιαπνοών για διάστημα εμπιστοσύνης ενενηταπέντε τοις εκατό, 95%, χρησιμοποιώντας την κατανομή t student

$$X \pm t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} \frac{S^*}{\sqrt{n}} \quad (5.8)$$

Όπου

X η μέση τιμή εξατμισοδιαπνοής αναφοράς για τον κάθε μήνα κάθε έτους

n ο αριθμός του δείγματος

S* η τετραγωνική ρίζα της αμερόληπτης εκτιμήτριας του σ^2

$t_{n-1, 1-\alpha/2}$ η τιμή της κατανομής t-Student

α το διάστημα εμπιστοσύνης

Η αμερόληπτη εκτιμήτρια S^{*2} προκύπτει από τη σχέση

$$S^{*2} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n-1} \quad (5.9)$$

Όπου

X_i η τιμή της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς της χρονοσειράς i

Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο αριθμός n του δείγματος ισούται με πενήντα, 50, όσες δηλαδή είναι οι παραγόμενες χρονοσειρές. Η τιμή $t_{n-1, 1-\alpha/2}$ για n-1, σαράντα εννέα, 49, και για διάστημα εμπιστοσύνης α , ενενηταπέντε τοις εκατό, 95%, προκύπτει από τον αντίστοιχο πίνακα της κατανομής ίση με δύο κόμμα μηδέν ένα, 2.01.

Πίνακας 5.28: Τελική χρονοσειρά εξατμισοδιαπνοής αναφοράς με τα αντίστοιχα εύρη για διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

		Confidence 95%			
		N	50	$t_{49, 975}$	2.01
Ημερομηνία	f(mm/day)	S^{*2}	$t_{49, 975}$	S^*/\sqrt{n}	Διάστημα εμπιστοσύνης
Ιαν-19	2.84	0.00	0.03	2.81	2.87

Φεβ-19	3.24	0.01	0.05	3.18	3.29
Μαρ-19	3.91	0.01	0.07	3.84	3.98
Απρ-19	4.87	0.02	0.09	4.78	4.96
Μαϊ-19	5.85	0.01	0.09	5.76	5.94
Ιουν-19	6.93	0.00	0.07	6.86	7.00
Ιουλ-19	7.06	0.01	0.11	6.95	7.17
Αυγ-19	6.57	0.01	0.09	6.49	6.66
Σεπ-19	5.44	0.01	0.06	5.38	5.50
Οκτ-19	4.32	0.01	0.05	4.27	4.37
Νοε-19	3.35	0.01	0.04	3.32	3.39
Δεκ-19	2.90	0.01	0.04	2.86	2.94
Ιαν-20	2.89	0.01	0.03	2.86	2.92
Φεβ-20	3.23	0.02	0.07	3.16	3.30
Μαρ-20	3.87	0.01	0.06	3.81	3.93
Απρ-20	4.83	0.01	0.07	4.75	4.90
Μαϊ-20	5.83	0.01	0.08	5.74	5.91
Ιουν-20	6.93	0.01	0.09	6.84	7.02
Ιουλ-20	7.04	0.01	0.10	6.94	7.14
Αυγ-20	6.61	0.01	0.09	6.51	6.70
Σεπ-20	5.47	0.01	0.08	5.39	5.54
Οκτ-20	4.37	0.01	0.06	4.31	4.42
Νοε-20	3.35	0.01	0.04	3.31	3.39
Δεκ-20	2.90	0.01	0.05	2.85	2.94
Ιαν-21	2.84	0.01	0.04	2.81	2.88
Φεβ-21	3.23	0.01	0.05	3.18	3.28
Μαρ-21	3.91	0.02	0.08	3.84	3.99
Απρ-21	4.84	0.01	0.08	4.76	4.92
Μαϊ-21	5.87	0.02	0.11	5.77	5.98
Ιουν-21	6.91	0.01	0.08	6.83	7.00
Ιουλ-21	7.05	0.01	0.10	6.95	7.15
Αυγ-21	6.62	0.01	0.09	6.52	6.71
Σεπ-21	5.50	0.01	0.08	5.42	5.59
Οκτ-21	4.34	0.01	0.04	4.30	4.39
Νοε-21	3.38	0.01	0.04	3.34	3.42
Δεκ-21	2.92	0.01	0.04	2.87	2.96
Ιαν-22	2.86	0.01	0.03	2.82	2.89
Φεβ-22	3.23	0.01	0.06	3.17	3.28
Μαρ-22	3.89	0.01	0.07	3.82	3.96
Απρ-22	4.86	0.01	0.08	4.79	4.94
Μαϊ-22	5.86	0.01	0.07	5.78	5.93
Ιουν-22	6.93	0.01	0.08	6.85	7.01
Ιουλ-22	7.07	0.01	0.09	6.98	7.16
Αυγ-22	6.62	0.01	0.11	6.51	6.72
Σεπ-22	5.48	0.01	0.07	5.41	5.55
Οκτ-22	4.35	0.01	0.06	4.29	4.42

Για τον υπολογισμό της ημερήσιας παροχής, η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή αναφοράς θεωρήθηκε ίση με τη μέση ημερήσια που προέκυψε για τον κάθε μήνα.

5.8.1.2 Υπολογισμός παροχής ζήτησης για την ικανοποίηση υδατικών αναγκών

Ακολουθεί ο υπολογισμός της ημερήσιας παροχής ζήτησης ως άθροισμα των επιμέρους παροχών ζήτησης των καλλιεργειών. Παρακάτω φαίνεται μέρος της συνολικής ημερήσιας παροχής υδατικής ζήτησης.

Πίνακας 5.29: Μέρος χρονοσειράς ημερήσιας συνολικής υδατικής ζήτησης.

Ημερομηνία	ΣQw (m ³ /day)
1-Απρ-19	10.17
2-Απρ-19	10.17
3-Απρ-19	10.17
4-Απρ-19	10.17
5-Απρ-19	0.00
6-Απρ-19	10.17
7-Απρ-19	10.17
8-Απρ-19	10.17
9-Απρ-19	10.17
10-Απρ-19	10.17
11-Απρ-19	10.17
12-Απρ-19	0.52
13-Απρ-19	10.17
14-Απρ-19	10.17
15-Απρ-19	10.17
16-Απρ-19	0.00
17-Απρ-19	0.00
18-Απρ-19	10.17
19-Απρ-19	10.17
20-Απρ-19	2.88
21-Απρ-19	10.17
22-Απρ-19	0.00
23-Απρ-19	10.17
24-Απρ-19	10.17
25-Απρ-19	10.17
26-Απρ-19	10.17

5.8.2 Υπολογισμός παροχής ζήτησης με βάση το άζωτο

Για την εύρεση της υδραυλικής φόρτισης με βάση το άζωτο Q_{wn} γίνονται οι εξής παραδοχές

- Η συγκέντρωση αζώτου στο διήθημα, N_i , με βάση τον πίνακα 3.8 θεωρήθηκε ίση με το 5% της συγκέντρωσης αζώτου στα λύματα, δηλαδή

$$N_i = N_w \cdot 5\% \quad (5.10)$$

- Το ποσοστό αζώτου, f , που χάνεται, λόγω νιτροποίησης/απονιτροποίησης, πτητικοποίησης και εδαφικής αποθήκευσης, για 3^ο βαθμίο τύπο λυμάτων λαμβάνεται ίσος με 0.15 κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και 0.10 για τους χειμερινούς, σύμφωνα με τον σχετικό πίνακα 3.7

$$f_{N_s} = 0.15$$

$$f_{N_w} = 0.10$$

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές υπολογίζεται η υδραυλική φόρτιση με βάση το άζωτο L_{wn} σε cm/day.

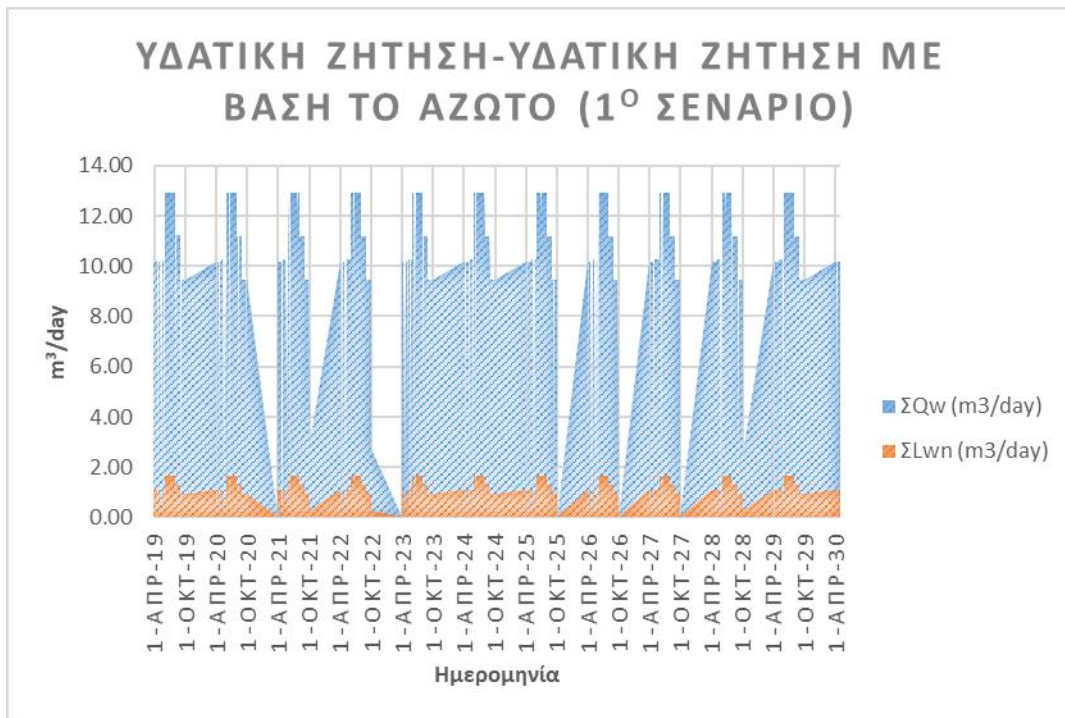
Με βάση την έκταση, A (m²), που καταλαμβάνει, προκύπτουν τα κυβικά την ημέρα που αντιστοιχούν στην παροχή ζήτησης με βάση το άζωτο, Q_{wn} (m³/day)

$$Q_{wn} = L_{wn} \cdot A \cdot 0.01 \quad (5.11)$$

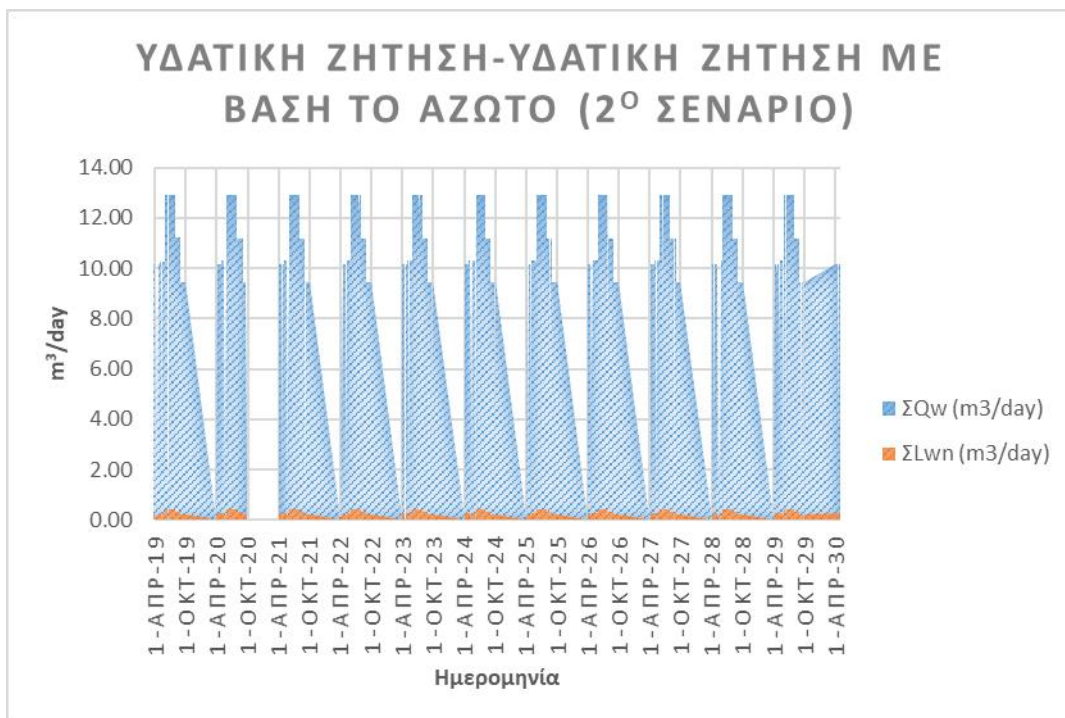
Η ημερήσια παροχή σχεδιασμού $Q_{σχεδ}$ για κάθε είδος αποτελεί την ελάχιστη από τις Q_{wn} και Q_w , ενώ η συνολική ημερήσια $\Sigma Q_{σχεδ}$ προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους παροχών σχεδιασμού των καλλιεργειών.

5.8.3 Συγκριτική αξιολόγηση

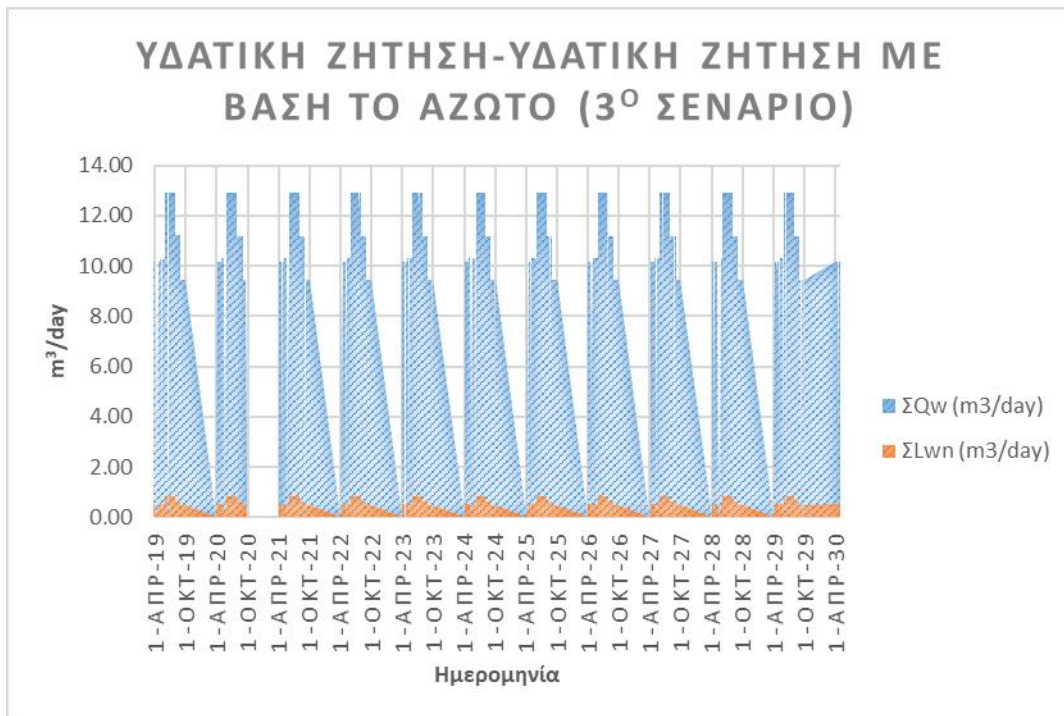
Η βέλτιστη περιεκτικότητα είναι αυτή κατά την οποία η παροχή ζήτησης με βάση το άζωτο, που προκύπτει, έχει τη μικρότερη απόκλιση από την παροχή υδατική ζήτησης. Όπως φαίνεται από τα σχήματα 5.8, 5.9 και 5.10 η μικρότερη απόκλιση μεταξύ των διαφορετικών παροχών παρουσιάζεται με το πρώτο σενάριο περιεκτικότητας που αντιστοιχεί στη μικρότερη συγκέντρωση αζώτου από τις τρεις.



Σχήμα 5-8: Υδατική ζήτηση - Υδατική ζήτηση με βάση το άζωτο (1ο σενάριο).



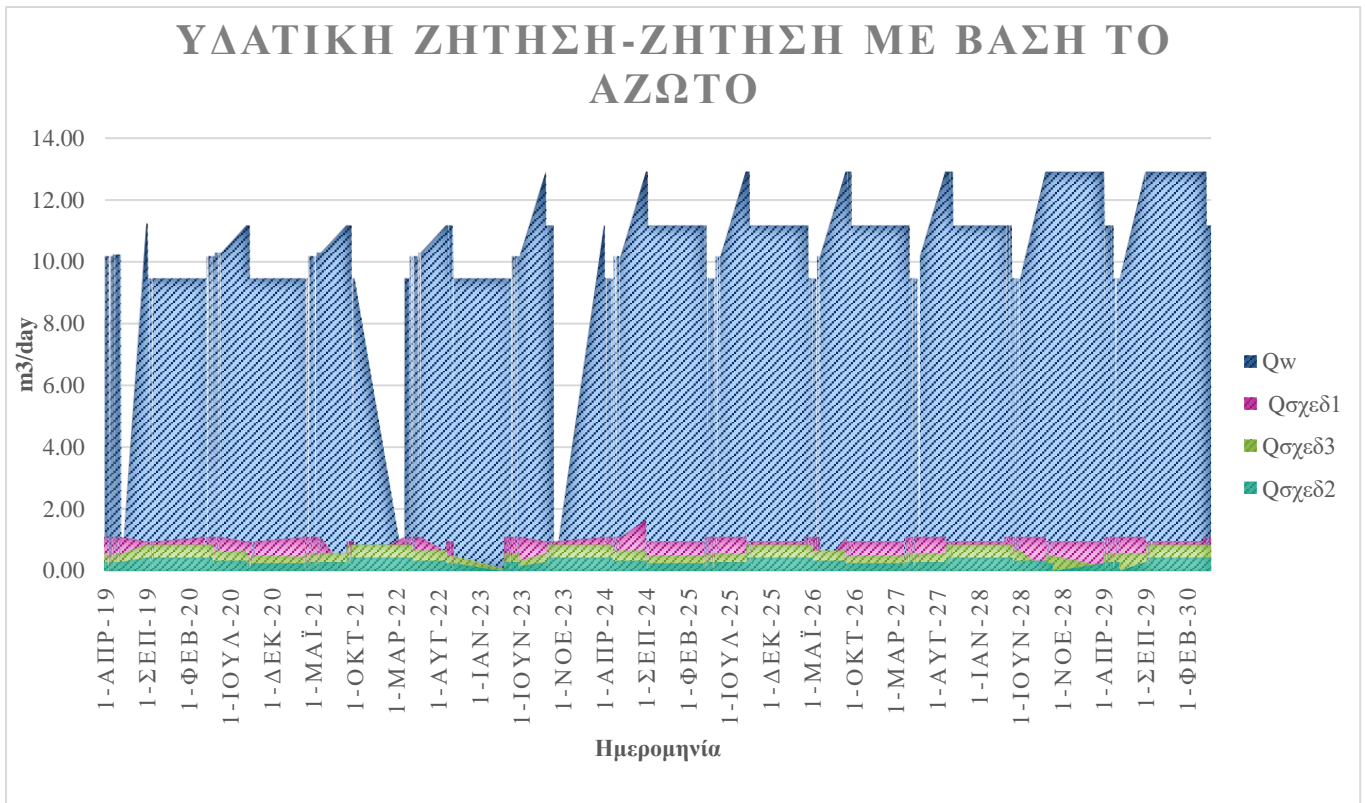
Σχήμα 5-9: Υδατική ζήτηση - Υδατική ζήτηση με βάση το άζωτο (2ο σενάριο).



Σχήμα 5-10: Υδατική ζήτηση - Υδατική ζήτηση με βάση το άζωτο (3ο σενάριο).

Προκειμένου, να ικανοποιούνται πλήρως και οι υδατικές απαιτήσεις του συστήματος, προτείνεται η επιπλέον τροφοδότησή του με καθαρό νερό, τόσο όση είναι η διαφορά των παροχών του σχήματος 5.8.

Στο σχήμα 5.11 παρουσιάζονται οι παροχές σχεδιασμού για τις τρεις διαφορετικές περιεκτικότητες και η καθαρή υδατική παροχή ζήτησης του συστήματος.



Σχήμα 5-11: Υδατική ζήτηση και ζήτηση με βάση το άζωτο για τις τρεις διαφορετικές περιεκτικότητες N.

Όπως φαίνεται και από το σχήμα 5.11, όλες οι παροχές υδατικής ζήτησης που προκύπτουν είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με την παροχή ζήτησης για την ικανοποίηση των υδατικών απαιτήσεων των καλλιεργειών. Παρόλα αυτά, η παροχή σχεδιασμού με την μικρότερη απόκλιση από την παροχή υδατικής ζήτησης είναι αυτή που αντιστοιχεί στο πρώτο σενάριο με την χαμηλότερη περιεκτικότητα σε άζωτο (10 mg/l) και αυτή επιλέγεται από τις τρεις ως η βέλτιστη. Συνεπώς, η παροχή σχεδιασμού που προκύπτει είναι η Q_{σχεδ1}.

5.9 Τελική παροχή ζήτησης

Η παροχή σχεδιασμού συμπεριλαμβανομένης της μεθόδου άρδευσης του κάθε φυτού, Q_{d2} (m³/day), προκύπτει με διαίρεση του αντίστοιχου συντελεστή αποδοτικότητας, E_f

$$Q_{d2} = \frac{Q_{\sigma\chi\epsilon\delta}}{E_f} \quad (5.12)$$

Οι μέθοδοι άρδευσης που θα εφαρμόζονται στην υπό μελέτη περιοχή είναι η στάγδην άρδευση και η άρδευση με αυλάκια που σύμφωνα με τον πίνακα 3.8 αντιστοιχούν σε συντελεστή αποδοτικότητας E_f, 0.9 και 0.65. Τυπικό παράδειγμα εύρεσης των αντίστοιχων παροχών ζήτησης για το έτος 2019 για ένα είδος καλλιέργειας φαίνεται στον

επόμενο πίνακα, ενώ ο συνολικός υπολογισμός ζήτησης Q_{d2} (m^3/day) του συστήματος παρατίθεται στο παράρτημα.

Πίνακας 5.30: Καθαρή ημερήσια παροχή ζήτησης Q_{d1} και ημερήσια ζήτηση Q_{d2} συμπεριλαμβανομένης της αποδοτικότητας της μεθόδου άρδευσης, για τις πρώτες ημέρες του Ιουλίου '19.

ΗΜΕΡΟ ΜΗΝΙΑ	Al- mond tree	Ef	0.9	Crabap- ple	Ef	0.9	olive tree	Ef	0.9	fig tree	Ef	0.6 5
	$Q_{d1}(m^3/day)$	$Q_{d2}(m^3/day)$		$Q_{d1}(m^3/day)$	$Q_{d2}(m^3/day)$		$Q_{d1}(m^3/day)$	$Q_{d2}(m^3/day)$		$Q_{d1}(m^3/day)$	$Q_{d2}(m^3/day)$	
1-Ιουλ-19	0.002	0.002		0.002	0.002		0.002	0.003		0.004	0.006	
2-Ιουλ-19	0.002	0.002		0.002	0.002		0.002	0.003		0.004	0.006	
3-Ιουλ-19	0.002	0.002		0.002	0.002		0.002	0.003		0.004	0.006	
4-Ιουλ-19	0.002	0.002		0.002	0.002		0.002	0.003		0.004	0.006	
5-Ιουλ-19	0.002	0.002		0.002	0.002		0.002	0.003		0.004	0.006	
6-Ιουλ-19	0.002	0.002		0.002	0.002		0.002	0.003		0.004	0.006	
7-Ιουλ-19	0.002	0.002		0.002	0.002		0.002	0.003		0.004	0.006	
8-Ιουλ-19	0.002	0.002		0.002	0.002		0.002	0.003		0.004	0.006	
9-Ιουλ-19	0.002	0.002		0.002	0.002		0.002	0.002		0.003	0.005	
10-Ιουλ-19	0.002	0.002		0.002	0.002		0.002	0.003		0.004	0.006	

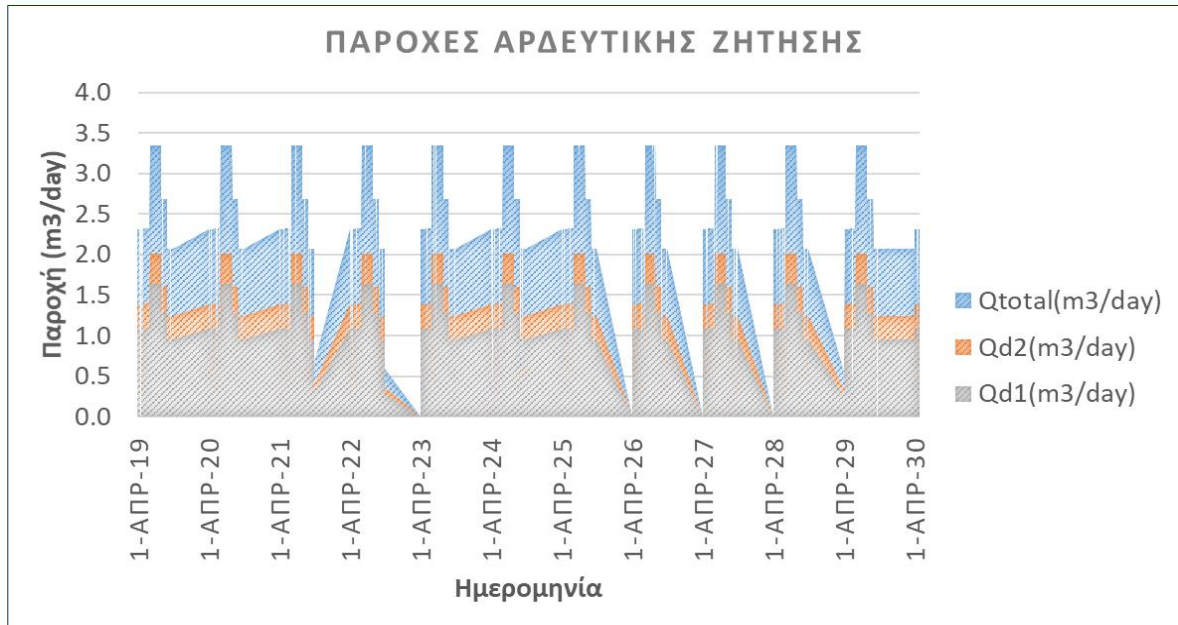
Στη συνέχεια, προκειμένου να βρεθεί η τελική ημερήσια παροχή ζήτησης του συστήματος Q_{total} (m^3/day) για κάθε ημέρα, υπολογίζεται το άθροισμα των ημερήσιων παροχών Q_{d2} (m^3/day) των συνολικών, n , καλλιεργειών και διαιρείται με τον συντελεστή αποδοτικότητας του δικτύου διανομής, E_d , όπου σύμφωνα με τον σχετικό πίνακα 3.8, για ανοικτού τύπου δίκτυο διανομής με ικανοποιητική λειτουργία λαμβάνεται ίσος με 0.6

$$Q_{total} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{d2}}{E_d} \quad (5.13)$$

Πίνακας 5.31: Καθαρή, συμπεριλαμβανομένης της μεθόδου άρδευσης και τελική ημερήσια παροχή ζήτησης του συστήματος.

Ημερομηνία	ΣQ_w (m^3/day)	Q_{d1} (m^3/day)	Q_{d2} (m^3/day)	Q_{total} (m^3/day)
1-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3
2-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3
3-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3
4-Απρ-19	10.17	0.0	0.0	0.0
5-Απρ-19	0.00	1.1	1.4	2.3
6-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3
7-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3
8-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3
9-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3

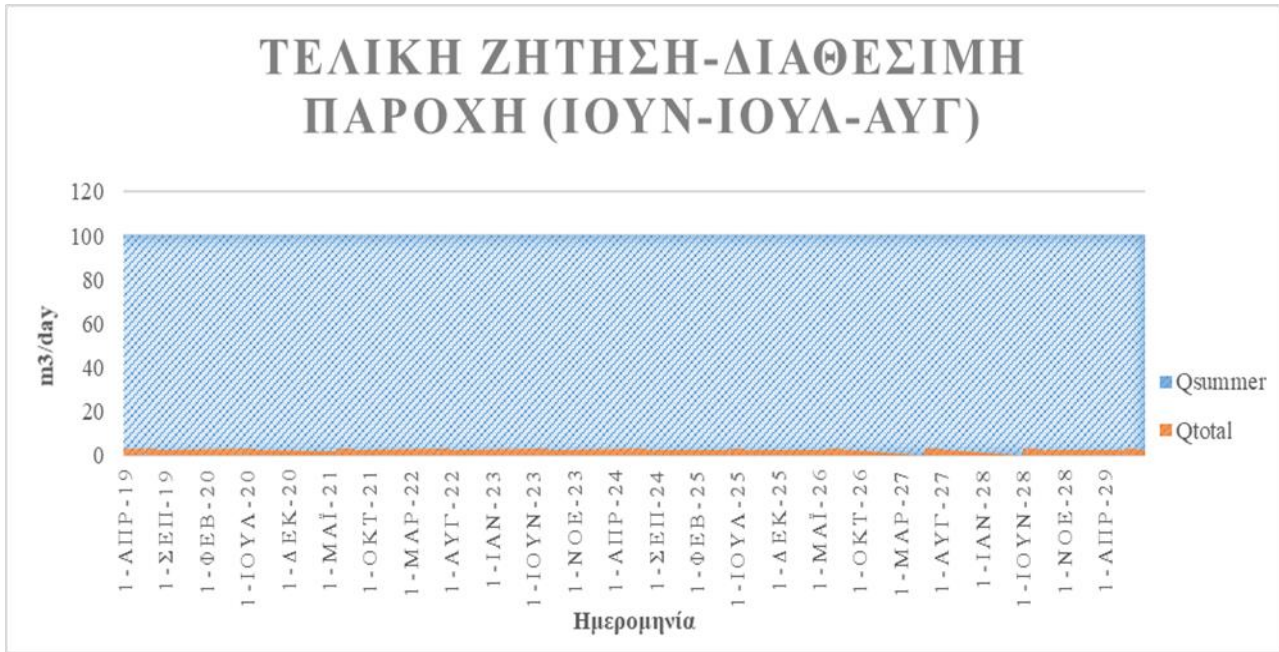
Στο επόμενο σχήμα φαίνονται οι τρεις διαφορετικές παροχές Q_{d1} , Q_{d2} , Q_{total} για όλο το μήκος της χρονοσειράς.



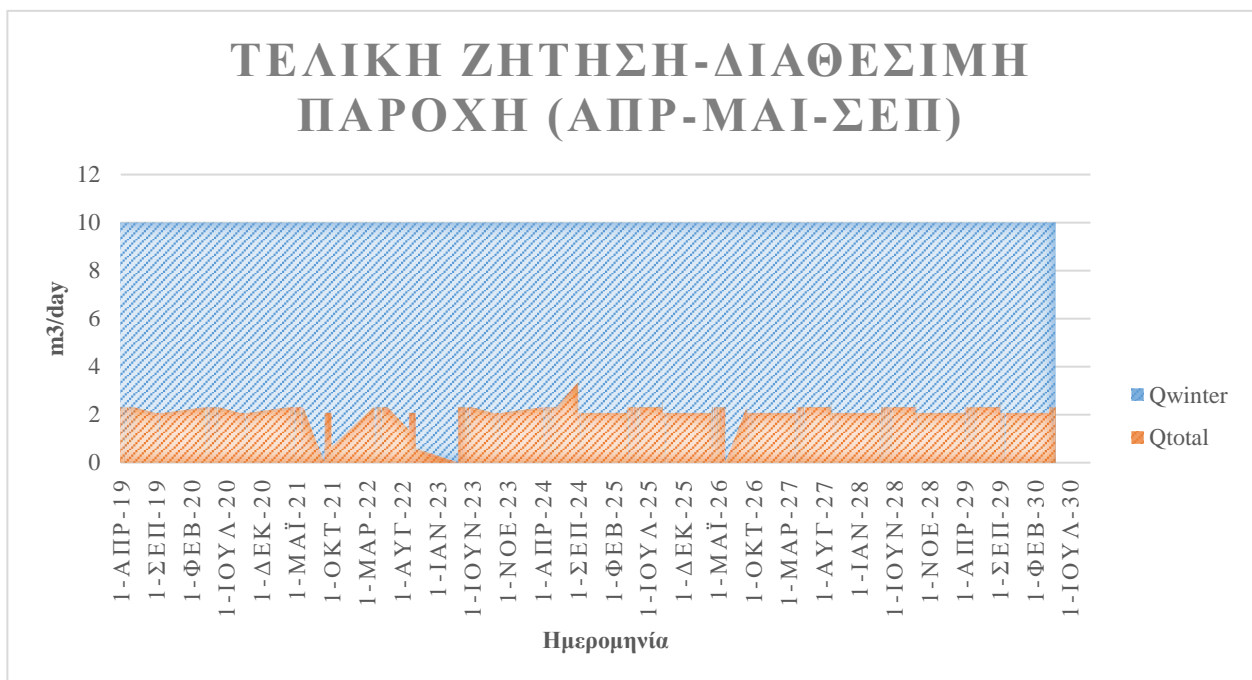
Σχήμα 5-12: Αρχική-τελική παροχή ζήτησης.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η διατιθέμενη παροχή κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούνιος-Ιούλιος-Αύγουστος) θα ανέρχεται στα $100 \text{ m}^3/\text{day}$ ενώ κατά τους μη καλοκαιρινούς (Απρίλιος-Μάιος-Σεπτέμβριος) στα $10 \text{ m}^3/\text{day}$.

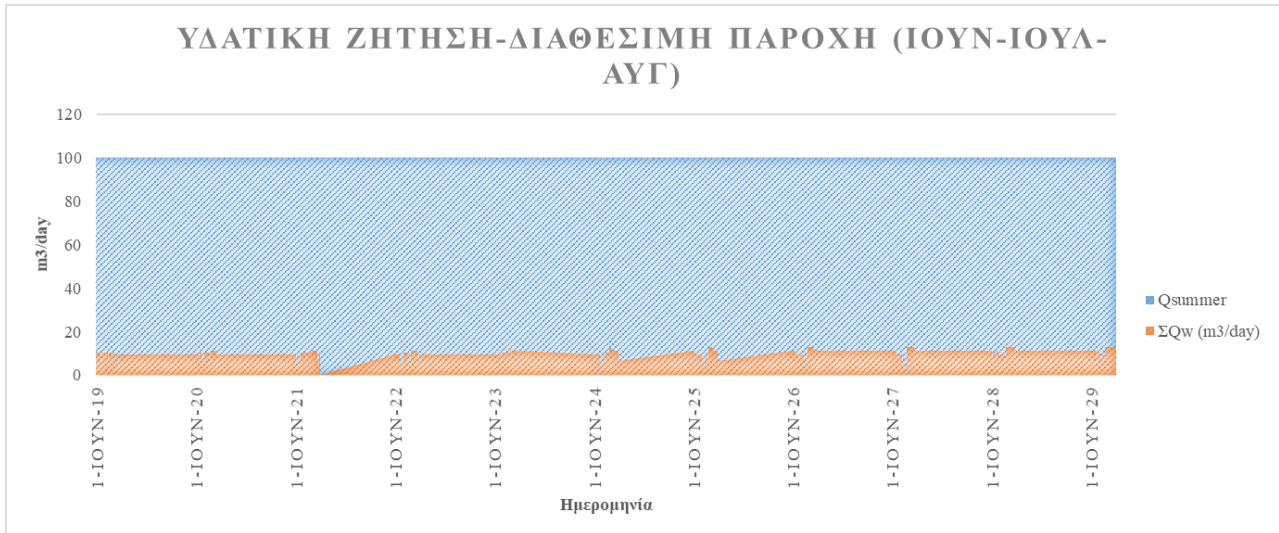
Στα επόμενα σχήματα παρουσιάζονται οι τελικές παροχές ζήτησης με τις αντίστοιχες διαθέσιμες παροχές για τις αντίστοιχες περιόδους, καθώς και οι παροχές υδατικής ζήτησης σε σχέση με τις διαθέσιμες. Όπως διαπιστώνεται, η διατιθέμενη παροχή σε όλο το μήκος της χρονοσειράς είναι υπερεπαρκής για την ικανοποίηση της παροχής σχεδιασμού. Παρ' όλα αυτά, αν δεν λαμβανόταν υπόψιν το άζωτο, σε μεγάλο μέρος της χρονοσειράς των μη καλοκαιρινών μηνών δεν θα επαρκούσε η διατιθέμενη παροχή των $10 \text{ m}^3/\text{day}$, όπως φαίνεται στα σχήματα 5.15 και 5.16.



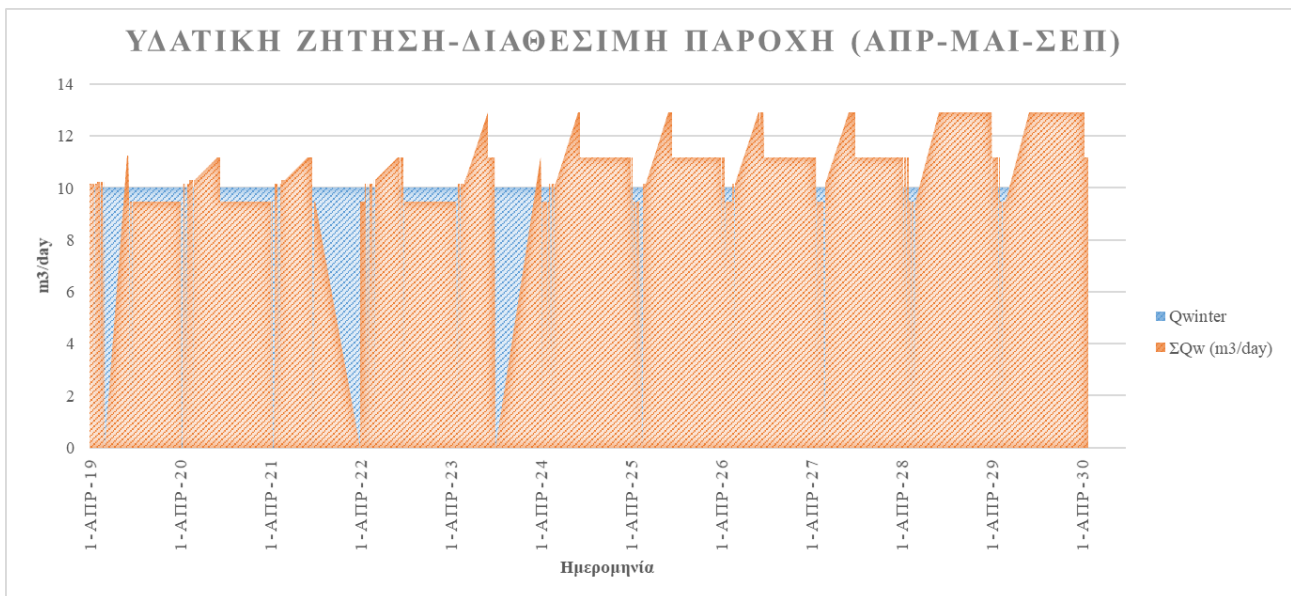
Σχήμα 5-13: Ζήτηση-Παροχή κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.



Σχήμα 5-14: Ζήτηση Παροχή κατά τους μη καλοκαιρινούς μήνες.



Σχήμα 5-15: Υδατική ζήτηση - Διαθέσιμη παροχή για τους καλοκαιρινούς μήνες.



Σχήμα 5-16: Υδατική ζήτηση - Διαθέσιμη παροχή για τους μη καλοκαιρινούς μήνες.

6 Συμπεράσματα

6.1 Βασικά Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η δημιουργία μιας μεθόδου εύρεσης των ημερήσιων υδατικών αναγκών των καλλιεργειών σε βάθος χρόνου συνυπολογίζοντας τις απαιτήσεις σε άζωτο και τις υδατικές απαιτήσεις για τη βιωσιμότητα των καλλιεργειών.

Αρχικά συλλέχθηκαν τα απαραίτητα στοιχεία που επηρεάζουν τις ανάγκες σε νερό και θρεπτικά συστατικά και επιλέχθηκαν αντιπροσωπευτικά ήδη δένδρων, θάμνων και φυτών για κάθε κατηγορία καλλιέργειας. Σε ορισμένα χαρακτηριστικά που τέθηκαν προς ποσοτικοποίηση, όπως η εξατμισοδιαπνοή, η υδατική ζήτηση και η υδατική ζήτηση με βάση το άζωτο, χρησιμοποιήθηκαν μαθηματικές σχέσεις υπολογισμού από την επιστημονική βιβλιογραφία.

Βασικό αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η δημιουργία μιας μεθοδολογίας, η οποία διερευνά την επιρροή των βασικότερων χαρακτηριστικών για την συνολική υδατική ζήτηση και την ζήτηση σε θρεπτικά συστατικά μέσω της εφαρμογής λυμάτων στο έδαφος.

Τα βασικά συμπεράσματα που εξάγονται από την τελική υδατική ζήτηση του συστήματος εφαρμόζοντας την παραπάνω μεθοδολογία συνοψίζονται παρακάτω:

1. Η συνολική θερμοκρασιακή αύξηση 1% που εφαρμόστηκε ως βασική παραδοχή στην χρονοσειρά μήκους δώδεκα ετών επηρέασε σε κάποιο βαθμό τις καθαρές υδατικές ανάγκες των φυτών τα τελευταία έτη της πρόβλεψης, όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα που προέκυψαν, αλλά όπως έδειξε το αντίστοιχο διάγραμμα η τελική παροχή σχεδιασμού σε όλο το μήκος της συνθετικής χρονοσειράς παρέμεινε σε σταθερά επίπεδα.
2. Αναφορικά με τα μοντέλα πρόβλεψης των χρονοσειρών, το αυτοπαλίνδρομο μοντέλο δεύτερης τάξης παρουσίασε καλύτερη προσαρμογή στην ιστορική χρονοσειρά της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας και του μηνιαίου ύψους βροχής. Όμως, αν υπήρχε δυνατότητα μεγαλύτερης βάσης ιστορικών δεδομένων του μηνιαίου ύψους βροχής, θα οδηγούσε σε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.
3. Η εμπειρική μέθοδος, για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής, οδηγεί σε πιο συντηρητικά αποτελέσματα συγκριτικά με πιο ακριβείς μεθόδους.
4. Ο τρόπος διανομής του νερού αλλά και η εφαρμοζόμενη μέθοδος άρδευσης οδηγούν σε πολύ μεγάλες απώλειες οδηγώντας σε περίπου διπλάσια ζήτηση από την αρχική.
5. Το ποσοστό της διατιθέμενης παροχής που μπορεί να αξιοποιηθεί από το σύστημα, είναι μικρό, λόγω του περιορισμού του αζώτου, φτάνοντας το 10% της συνολικής διαθέσιμης παροχής.
6. Αν δεν υπήρχε ο περιορισμός του αζώτου η αξιοποιήσιμη ποσότητα νερού θα ήταν πολύ μεγαλύτερη, αφού όπως φάνηκε από τα αντίστοιχα διαγράμματα,

ιδίως κατά τους μη καλοκαιρινούς μήνες, η διαθέσιμη παροχή δεν θα επαρκούσε.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η άρδευση με επεξεργασμένα λύματα πλούσια σε θρεπτικά συστατικά μπορούν να συνοψιστούν παρακάτω:

1. Μέσω της άρδευσης με εμπλουτισμένο σε θρεπτικά συστατικά νερό ικανοποιούνται ταυτόχρονα διαφορετικές απαιτήσεις των καλλιεργειών.
2. Τα επεξεργασμένα λύματα μέσω της τελικής διάθεσής τους για άρδευση, αξιοποιούνται, συμβάλλοντας στην οικονομία και την ανακύκλωση των υδατικών πόρων.
3. Μειωμένο κόστος εργασίας και ενέργειας για την εκτέλεση της λίπανσης.
4. Το σημαντικά υψηλό οικονομικό αποτέλεσμα το οποίο και αποδίδεται αφενός στην καλύτερη εφαρμογή και αφετέρου στο πολύ χαμηλό λειτουργικό κόστος.

Παρ' όλα αυτά, από τα αποτελέσματα της εργασίας τα μειονεκτήματα είναι εμφανή. Για τη βιωσιμότητα της καλλιεργήσιμης έκτασης η τελική υδατική ζήτηση καταλήγει να είναι πολύ μικρότερη από τη ζήτηση των καλλιεργειών για την ικανοποίηση των υδατικών απαιτήσεων. Κι αυτό γιατί, το αποτέλεσμα, αν η παροχή σχεδιασμού εξισωνόταν με τις υδατικές απαιτήσεις, θα ήταν η υπερβολική ποσότητα αζώτου που θα διοχετευόταν στην καλλιεργήσιμη έκταση, να κατέστρεφε τα φυτά.

Συνεπώς, συμπεραίνεται πως αυτός ο τρόπος αξιοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων μπορεί να αποδώσει, συνδυαζόμενος με άρδευση καθαρού νερού, διαφορετικά, για πλήρη εφαρμογή, θα πρέπει να προηγείται μελέτη ώστε οι επιλεγμένες καλλιέργειες και η αντίστοιχη καλλιεργήσιμη έκταση να συνάδουν με τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών, δηλαδή, τα υδραυλικά φορτία εφαρμογής των υγρών αποβλήτων θα πρέπει να είναι συμβατά με το δυναμικό του κάθε συστήματος.

Με βάση τα παραπάνω συμπεράσματα προτείνεται η τροφοδότηση της καλλιεργήσιμης έκτασης με επιπλέον καθαρό νερό, για την πλήρη ικανοποίηση των υδατικών απαιτήσεων της και για μέγιστη αποδοτικότητα.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν μέρος μίας σημαντικής βάσης δεδομένων για περαιτέρω χρήση και επεξεργασία. Στόχος είναι η βάση αυτή να διευρυνθεί και να συσχετιστούν τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας και με άλλους παράγοντες.

6.2 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Η παρούσα εργασία αποτελεί την αφετηρία σε μία προσπάθεια με στόχο την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων ως προς την συνδυαζόμενη υδατική ζήτηση με επεξεργασία λυμάτων σε φυσικό έδαφος μέσω της άρδευσης. Η μικρή αλλά σημαντική βάση δεδομένων που έχει διαμορφωθεί μπορεί να αποτελέσει πηγή πληροφόρησης για ευρύτερη έρευνα με στόχο την διάδοση αυτού του καινοτόμου τρόπου άρδευσης που αποτελεί και ένας από τους βασικούς σκοπούς του project HYDROUSA. Στο πλαίσιο αυτό, τα

στοιχεία που μπορούν να αποτελέσουν σημεία για περαιτέρω έρευνα είναι τα ακόλουθα:

Σχετικά με την πρόβλεψη των χρονοσειρών:

1. Συγκέντρωση μεγαλύτερου όγκου ιστορικών δεδομένων βροχοπτώσεων και χρήση ενός πιο εξειδικευμένου μοντέλου για πιο ασφαλή συμπεράσματα.
2. Επανεξέταση των μελλοντικών υδατικών αναγκών με τη χρήση κλιματικών σεναρίων για πιο ακριβή αποτελέσματα σε σχέση με την κλιματική αλλαγή.

Σχετικά με την παροχή σχεδιασμού:

Εκ νέου διερεύνηση της παροχής σχεδιασμού με περισσότερες παραμέτρους. Πιο συγκεκριμένα, εξέταση της ζήτησης των φυτών σε φώσφορο, που αποτελεί το δεύτερο θρεπτικό συστατικό που περιέχεται στο εμπλουτισμένο νερό για την εξαγωγή πιο ασφαλών συμπερασμάτων.

Σχετικά με το ερευνητικό πρόγραμμα HYDROUSA:

1. Για τη μέγιστη αποδοτικότητα του HYDRO 2 προτείνεται η επιλογή καλλιεργειών με πολύ μεγάλες απαιτήσεις σε άζωτο για μικρότερες ποσότητες απόρριψης νερού.
2. Προσαρμογή έκτασης για άρδευση με εμπλουτισμένο νερό στην ήδη υπάρχουσα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. <https://www.hydrousa.org/>.
2. Παναγούλια, Δ. & Δήμου, Γ. (2000). *Εισαγωγή στα Εγχειοβελτιωτικά Έργα*. Αθήνα.
3. Σιδηρόπουλος, Π. (2018). *Εξαμυσοδιαπνοή*. Πανεπιστημιακές σημειώσεις μαθήματος «Εγχειοβελτιωτικά Έργα».
4. Ευαγγελίδης, Χ. (2018). *Εξαμυσοδιαπνοή*. Πανεπιστημιακές σημειώσεις μαθήματος «Εγχειοβελτιωτικά Έργα».
5. Μπαλτάς, Ε. (2019). *Μέθοδοι Άρδευσης – Κάλυψη των σε νερό αναγκών των καλλιεργειών*. Πανεπιστημιακές σημειώσεις μαθήματος «Εγχειοβελτιωτικά Έργα».
6. Feinerman, E., Letey, J., & Vaux, H. J. (1983). *The economics of irrigation with nonuniform infiltration*. *Water Resources Research*, 19(6), 1410–1414.
7. <http://www.gaiapedia.gr>.
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2006). *Plant nutrition for food security*. Rome .
9. Malano, H. M., & van Hofwegen, P. (2018). *Management of irrigation and drainage systems*. CRC Press.
10. Μαλαμής, Σ. (2019). *Διάθεση λυμάτων στο έδαφος*, Πανεπιστημιακές σημειώσεις μαθήματος «Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μικρής κλίμακας».
11. Αγγελίδης, Α. & Tchobanoglu, G. (2016). *Φυσικά συστήματα Επεξεργασίας στο Λυμπεράτος Γ. & Βαγενάς Δ., Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων (564)*, Τζιόλας.
12. Wei, W. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*, 2nd edition.

13. Παναρέτου, Ι. & Ξεκαλάκη, Ε. (2000). *Εισαγωγή στη στατιστική σκέψη, Τόμος ΙΙ, Εισαγωγή στις Πιθανότητες και την Στατιστική Συμπερασματολογία*. Αθήνα.
14. Μιμίκου, Μ. (1980). *Στατιστικές μέθοδοι ανιχνεύσεως υδρολογικών χρονοσειρών*. Αθήνα.
15. Wei, W. W. (2006). *Time series analysis*. In *The Oxford Handbook of Quantitative Methods in Psychology: Vol. 2*.
16. Kwon, H. H., Lall, U., & Khalil, A. F. (2007). *Stochastic simulation model for nonstationary time series using an autoregressive wavelet decomposition: Applications to rainfall and temperature*. *Water Resources Research*, 43(5).
17. <https://en.wikipedia.org>.
18. Xiong, Y., Luo, Y., Wang, Y., Traore, S., Xu, J., Jiao, X., & Fipps, G. (2016). *Forecasting daily reference evapotranspiration using the Blaney–Criddle model and temperature forecasts*. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(6), 790-805.
19. Υπουργείο Γεωργίας Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωργίας (2010). *Οι υδατικές ανάγκες των αρδευόμενων καλλιεργειών*. Λευκωσία.
20. Κ.Υ.Α. Φ 16/6631/89. *Προσδιορισμός κατώτατων και ανώτατων ορίων των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού στην άρδευση*.
21. <http://www.fao.org/3/X0490E/x0490e0b.htm>
22. <https://www.yara.gr/threpsi-lipansi>
23. <https://medilcohellas.com/οδηγος-λιπανσης-καλλιεργειων>
24. <https://www.yraithros.gr > odigos-lipansis-fytoprostasias-9-kalliergion>
25. www.meteo.gr
26. Μπακούρα, Α. (2013). *Εισαγωγή στην Στατιστική* (516). Αθήνα: Δίσιγμα.

27. Blaney, H. F. (1952). *Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data*.
28. FAO, Doorenbos I. & Pruitt W.O. (1977). *Guidelines for Predicting Crop Water Requirements*. Irrigation and Drainage Paper 24.
29. Vazquez-Montiel, O., Horan, N. J., & Mara, D. D. (1996). *Management of domestic wastewater for reuse in irrigation*. *Water Science and Technology*, 33(10-11), 355-362.
30. Akaike, H. (1969). *Fitting autoregressive models for prediction*. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 21(1), 243–247.
31. Isosaari, P., Hermanovicz, S. W., & Rubin, Y. (2010). *Sustainable Natural Systems for Treatment and Disposal of Food Processing Wastewater*. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 40(7), 662–697.
32. Robertson, G. P. (1997). *Nitrogen use efficiency in row-crop agriculture: crop nitrogen use and soil nitrogen loss*. *Ecology in agriculture*, 347-365.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ιστορική Χρονοσειρά Μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών (°C)

Ημερομηνία	Μέση Θερμοκρασία	Μονιμοποιημένη Χρονοσειρά	Υπολοιπα ε_t (ar1)	Υπολοιπα ε_t (ar2)
Ιαν-90	7.63	-1.12	-1.12	-1.12
Φεβ-90	9.92	-0.17	0.26	0.23
Μαρ-90	13.35	0.52	0.59	0.72
Απρ-90	16.55	0.09	-0.11	-0.07
Μαϊ-90	20.11	-0.96	-0.99	-1.05
Ιουν-90	24.45	-1.56	-1.19	-1.23
Ιουλ-90	26.94	-0.99	-0.38	-0.31
Αυγ-90	26.01	-1.61	-1.22	-1.07
Σεπ-90	22.83	-1.00	-0.37	-0.31
Οκτ-90	18.80	-0.35	0.04	0.20
Νοε-90	16.70	1.41	1.55	1.66
Δεκ-90	12.07	0.53	-0.02	0.07
Ιαν-91	9.00	-0.31	-0.51	-0.67
Φεβ-91	9.41	-0.47	-0.35	-0.42
Μαρ-91	12.23	-0.14	0.04	0.06
Απρ-91	14.92	-1.00	-0.95	-0.90
Μαϊ-91	18.24	-2.51	-2.12	-2.13
Ιουν-91	25.13	-0.89	0.08	0.12
Ιουλ-91	26.20	-1.63	-1.28	-1.00
Αυγ-91	26.35	-1.32	-0.69	-0.63
Σεπ-91	22.27	-1.49	-0.97	-0.82
Οκτ-91	18.74	-0.40	0.18	0.30
Νοε-91	14.34	-0.14	0.02	0.19
Δεκ-91	7.41	-2.11	-2.06	-2.01
Ιαν-92	7.76	-1.05	-0.22	-0.27

Φεβ-92	7.04	-1.83	-1.42	-1.20
Μαρ-92	10.47	-1.18	-0.46	-0.39
Απρ-92	15.76	-0.44	0.02	0.20
Μαϊ-92	18.93	-1.93	-1.76	-1.64
Ιουν-92	24.48	-1.53	-0.78	-0.79
Ιουλ-92	25.35	-2.36	-1.76	-1.58
Αυγ-92	27	-0.77	0.15	0.26
Σεπ-92	22.54	-1.25	-0.95	-0.69
Οκτ-92	21.40	1.74	2.23	2.28
Νοε-92	13.77	-0.51	-1.19	-0.98
Δεκ-92	8.26	-1.63	-1.43	-1.66
Ιαν-93	7.97	-0.92	-0.29	-0.28
Φεβ-93	6.70	-2.02	-1.66	-1.50
Μαρ-93	11.36	-0.65	0.14	0.18
Απρ-93	15.30	-0.75	-0.49	-0.27
Μαϊ-93	19.70	-1.30	-1.01	-0.95
Ιουν-93	25.16	-0.87	-0.36	-0.31
Ιουλ-93	26.42	-1.44	-1.10	-0.97
Αυγ-93	26.20	-1.45	-0.89	-0.83
Σεπ-93	23.26	-0.63	-0.06	0.07
Οκτ-93	19.79	0.44	0.69	0.84
Νοε-93	12.74	-1.18	-1.36	-1.26
Δεκ-93	12.48	0.76	1.22	1.13
Ιαν-94	11.04	0.91	0.61	0.78
Φεβ-94	9.60	-0.36	-0.71	-0.78
Μαρ-94	12.17	-0.18	-0.04	-0.16
Απρ-94	17.54	0.76	0.83	0.86
Μαϊ-94	21.09	-0.15	-0.44	-0.40
Ιουν-94	24.32	-1.69	-1.63	-1.73

Ιουλ-94	27.05	-0.89	-0.23	-0.27
Αυγ-94	27.60	-0.27	0.08	0.26
Σεπ-94	26.27	1.99	2.10	2.20
Οκτ-94	20.76	1.22	0.45	0.54
Νοε-94	13.02	-1.00	-1.48	-1.68
Δεκ-94	9.70	-0.81	-0.42	-0.60
Ιαν-95	10.50	0.59	0.90	1.00
Φεβ-95	11.59	0.78	0.56	0.67
Μαρ-95	12.07	-0.24	-0.54	-0.59
Απρ-95	15.03	-0.93	-0.84	-0.94
Μαϊ-95	20.57	-0.58	-0.21	-0.22
Ιουν-95	26.90	0.84	1.07	1.16
Ιουλ-95	26.80	-1.11	-1.44	-1.34
Αυγ-95	26.70	-1.03	-0.59	-0.73
Σεπ-95	23.82	-0.14	0.26	0.36
Οκτ-95	17.10	-1.72	-1.66	-1.54
Νοε-95	11.17	-2.21	-1.54	-1.58
Δεκ-95	11.44	0.17	1.03	1.17
Ιαν-96	7.80	-1.02	-1.09	-0.82
Φεβ-96	9.65	-0.33	0.07	0.02
Μαρ-96	9.15	-1.95	-1.82	-1.71
Απρ-96	14	-1.62	-0.86	-0.88
Μαϊ-96	21.83	0.47	1.10	1.28
Ιουν-96	24.81	-1.21	-1.39	-1.18
Ιουλ-96	26.89	-1.03	-0.56	-0.65
Αυγ-96	26.77	-0.97	-0.57	-0.45
Σεπ-96	22.33	-1.44	-1.06	-0.97
Οκτ-96	17.73	-1.21	-0.65	-0.58
Νοε-96	14.96	0.27	0.74	0.88

Δεκ-96	13.35	1.26	1.15	1.30
Ιαν-97	10.70	0.71	0.22	0.22
Φεβ-97	9.49	-0.42	-0.70	-0.83
Μαρ-97	10.53	-1.14	-0.98	-1.08
Απρ-97	12.55	-2.59	-2.15	-2.14
Μαϊ-97	21.30	0.03	1.04	1.10
Ιουν-97	25.84	-0.20	-0.21	0.11
Ιουλ-97	27.62	-0.40	-0.32	-0.33
Αυγ-97	25.39	-2.13	-1.98	-1.97
Σεπ-97	21.51	-2.15	-1.32	-1.34
Οκτ-97	17.37	-1.50	-0.66	-0.47
Νοε-97	14.36	-0.12	0.46	0.68
Δεκ-97	11.35	0.12	0.17	0.35
Ιαν-98	9.77	0.15	0.10	0.12
Φεβ-98	10.30	0.04	-0.01	-0.02
Μαρ-98	9.96	-1.48	-1.49	-1.51
Απρ-98	17.61	0.81	1.38	1.33
Μαϊ-98	19.83	-1.19	-1.50	-1.30
Ιουν-98	25.93	-0.11	0.36	0.22
Ιουλ-98	28.16	0.07	0.11	0.25
Αυγ-98	28.03	0.10	0.07	0.09
Σεπ-98	23.27	-0.62	-0.66	-0.66
Οκτ-98	19.81	0.46	0.70	0.67
Νοε-98	15.37	0.54	0.36	0.45
Δεκ-98	10.33	-0.45	-0.66	-0.70
Ιαν-99	10.52	0.60	0.78	0.70
Φεβ-99	10.31	0.05	-0.18	-0.11
Μαρ-99	12.62	0.09	0.07	0.00
Απρ-99	17.08	0.45	0.41	0.41

Μαϊ-99	21.61	0.28	0.11	0.11
Ιουν-99	26.48	0.43	0.32	0.28
Ιουλ-99	28.56	0.41	0.24	0.22
Αυγ-99	28.13	0.18	0.02	-0.02
Σεπ-99	24.22	0.21	0.14	0.09
Οκτ-99	19.91	0.54	0.46	0.44
Νοε-99	14.60	0.04	-0.18	-0.18
Δεκ-99	13.92	1.58	1.56	1.50
Ιαν-00	6.77	-1.64	-2.25	-2.21
Φεβ-00	9.55	-0.39	0.25	0.01
Μαρ-00	11.28	-0.70	-0.55	-0.36
Απρ-00	17.29	0.59	0.86	0.89
Μαϊ-00	21.44	0.14	-0.09	0.02
Ιουν-00	25.82	-0.22	-0.27	-0.34
Ιουλ-00	28.88	0.69	0.77	0.75
Αυγ-00	27.35	-0.48	-0.74	-0.70
Σεπ-00	24	0.02	0.20	0.10
Οκτ-00	18.08	-0.93	-0.93	-0.88
Νοε-00	15.73	0.77	1.14	1.11
Δεκ-00	11.84	0.40	0.10	0.24
Ιαν-01	11.51	1.19	1.03	0.95
Φεβ-01	11.31	0.62	0.16	0.15
Μαρ-01	16.40	2.31	2.07	1.94
Απρ-01	16.74	0.22	-0.68	-0.68
Μαϊ-01	21.05	-0.18	-0.26	-0.54
Ιουν-01	26.05	0.01	0.08	0.05
Ιουλ-01	29.42	1.15	1.15	1.17
Αυγ-01	28.45	0.45	0.00	0.04
Σεπ-01	24.85	0.76	0.58	0.45

Οκτ-01	20.18	0.76	0.46	0.43
Νοε-01	13.75	-0.52	-0.82	-0.88
Δεκ-01	8.93	-1.25	-1.04	-1.15
Ιαν-02	8.36	-0.69	-0.20	-0.18
Φεβ-02	12.88	1.53	1.79	1.92
Μαρ-02	13.47	0.59	-0.01	0.13
Απρ-02	15.47	-0.63	-0.86	-1.03
Μαϊ-02	21.17	-0.08	0.17	0.08
Ιουν-02	26.15	0.11	0.14	0.21
Ιουλ-02	29.14	0.91	0.87	0.88
Αυγ-02	28.05	0.12	-0.24	-0.22
Σεπ-02	23.55	-0.38	-0.42	-0.53
Οκτ-02	19.33	0.08	0.22	0.20
Νοε-02	15.37	0.54	0.51	0.56
Δεκ-02	9.96	-0.66	-0.87	-0.87
Ιαν-03	12.32	1.67	1.93	1.84
Φεβ-03	6.41	-2.19	-2.84	-2.71
Μαρ-03	9.73	-1.61	-0.76	-1.03
Απρ-03	13.68	-1.84	-1.21	-0.99
Μαϊ-03	22.33	0.88	1.60	1.73
Ιουν-03	27.13	1.07	0.73	0.98
Ιουλ-03	28.32	0.20	-0.21	-0.29
Αυγ-03	28.27	0.30	0.22	0.10
Σεπ-03	23.08	-0.78	-0.90	-0.92
Οκτ-03	19.95	0.57	0.88	0.82
Νοε-03	14.32	-0.15	-0.37	-0.26
Δεκ-03	11.13	0.00	0.06	-0.02
Ιαν-04	9.34	-0.10	-0.10	-0.09
Φεβ-04	9.79	-0.25	-0.21	-0.21

Μαρ-04	13.07	0.35	0.45	0.45
Απρ-04	16.01	-0.27	-0.41	-0.37
Μαϊ-04	20.36	-0.75	-0.65	-0.70
Ιουν-04	25.69	-0.34	-0.05	-0.04
Ιουλ-04	27.56	-0.45	-0.32	-0.24
Αυγ-04	27.58	-0.28	-0.11	-0.08
Σεπ-04	23.52	-0.40	-0.29	-0.25
Οκτ-04	20.80	1.26	1.41	1.43
Νοε-04	15.03	0.32	-0.17	-0.08
Δεκ-04	11.91	0.44	0.32	0.17
Ιαν-05	10.51	0.59	0.42	0.40
Φεβ-05	9.17	-0.60	-0.84	-0.87
Μαρ-05	12.17	-0.18	0.06	-0.03
Απρ-05	16.52	0.07	0.14	0.21
Μαϊ-05	21.45	0.15	0.12	0.15
Ιουν-05	24.95	-1.07	-1.13	-1.13
Ιουλ-05	28.60	0.45	0.86	0.81
Αυγ-05	28.23	0.27	0.09	0.24
Σεπ-05	24.21	0.20	0.09	0.05
Οκτ-05	18.10	-0.91	-0.99	-1.02
Νοε-05	13.19	-0.89	-0.53	-0.58
Δεκ-05	11.94	0.46	0.80	0.89
Ιαν-06	7.58	-1.15	-1.33	-1.21
Φεβ-06	10.11	-0.06	0.39	0.29
Μαρ-06	12.44	-0.02	0.01	0.15
Απρ-06	16.94	0.35	0.36	0.37
Μαϊ-06	21.36	0.08	-0.06	-0.05
Ιουν-06	25.73	-0.30	-0.34	-0.38
Ιουλ-06	26.79	-1.12	-1.00	-1.02

Αυγ-06	29.19	1.08	1.51	1.52
Σεπ-06	23.65	-0.29	-0.71	-0.54
Οκτ-06	18.96	-0.22	-0.11	-0.25
Νοε-06	12.76	-1.17	-1.08	-1.05
Δεκ-06	10.19	-0.53	-0.08	-0.09
Ιαν-07	11.36	1.10	1.31	1.43
Φεβ-07	10.69	0.27	-0.16	-0.06
Μαρ-07	13.25	0.46	0.35	0.23
Απρ-07	16.38	-0.02	-0.20	-0.22
Μαϊ-07	22.35	0.90	0.91	0.85
Ιουν-07	28.26	2.18	1.83	1.86
Ιουλ-07	29.54	1.26	0.41	0.37
Αυγ-07	29.28	1.16	0.67	0.44
Σεπ-07	24.54	0.49	0.04	-0.08
Οκτ-07	19.64	0.32	0.13	0.01
Νοε-07	14.02	-0.34	-0.47	-0.52
Δεκ-07	9.91	-0.69	-0.56	-0.61
Ιαν-08	8.15	-0.81	-0.54	-0.52
Φεβ-08	9.44	-0.45	-0.13	-0.07
Μαρ-08	15.02	1.50	1.67	1.76
Απρ-08	17.69	0.86	0.27	0.38
Μαϊ-08	21.45	0.15	-0.18	-0.34
Ιουν-08	26.82	0.77	0.71	0.61
Ιουλ-08	28.11	0.02	-0.28	-0.27
Αυγ-08	28.57	0.56	0.55	0.45
Σεπ-08	23.69	-0.25	-0.47	-0.46
Οκτ-08	19.65	0.33	0.43	0.36
Νοε-08	15.76	0.79	0.66	0.71
Δεκ-08	11.94	0.46	0.15	0.13

Ιαν-09	11.03	0.90	0.73	0.64
Φεβ-09	10.44	0.12	-0.23	-0.25
Μαρ-09	11.87	-0.35	-0.40	-0.51
Απρ-09	15.95	-0.31	-0.17	-0.20
Μαϊ-09	21.81	0.45	0.57	0.60
Ιουν-09	26.19	0.15	-0.03	0.02
Ιουλ-09	29.06	0.84	0.79	0.74
Αυγ-09	26.49	-1.20	-1.53	-1.52
Σεπ-09	23.43	-0.48	-0.01	-0.15
Οκτ-09	20.68	1.16	1.35	1.48
Νοε-09	15	0.30	-0.16	-0.06
Δεκ-09	13.69	1.45	1.33	1.20
Ιαν-10	10.98	0.87	0.31	0.32
Φεβ-10	12.14	1.10	0.76	0.61
Μαρ-10	13.36	0.52	0.09	0.02
Απρ-10	17.27	0.58	0.37	0.26
Μαϊ-10	22.19	0.76	0.54	0.49
Ιουν-10	25.75	-0.29	-0.58	-0.63
Ιουλ-10	28.82	0.64	0.75	0.65
Αυγ-10	30.64	2.31	2.06	2.11
Σεπ-10	25.13	1.00	0.10	0.10
Οκτ-10	18.67	-0.45	-0.84	-1.09
Νοε-10	18.16	2.36	2.54	2.41
Δεκ-10	13.61	1.40	0.48	0.61
Ιαν-11	9.54	0.01	-0.53	-0.77
Φεβ-11	10.22	0.00	-0.01	-0.18
Μαρ-11	11.70	-0.45	-0.45	-0.45
Απρ-11	14.42	-1.34	-1.16	-1.18
Μαϊ-11	20.44	-0.68	-0.16	-0.15

Ιουν-11	25.90	-0.14	0.13	0.27
Ιουλ-11	29.35	1.09	1.15	1.23
Αυγ-11	27.72	-0.16	-0.59	-0.54
Σεπ-11	25.77	1.56	1.62	1.48
Οκτ-11	17.21	-1.63	-2.23	-2.16
Νοε-11	11.59	-1.93	-1.30	-1.54
Δεκ-11	11.63	0.28	1.04	1.17
Ιαν-12	7.50	-1.20	-1.31	-1.07
Φεβ-12	8.59	-0.94	-0.47	-0.54
Μαρ-12	11.67	-0.47	-0.10	0.01
Απρ-12	17.32	0.61	0.79	0.89
Μαϊ-12	21.21	-0.05	-0.28	-0.21
Ιουν-12	27.61	1.54	1.56	1.49
Ιουλ-12	30.03	1.68	1.08	1.13
Αυγ-12	28.87	0.81	0.15	0.02
Σεπ-12	24.61	0.55	0.23	0.05
Οκτ-12	21.80	2.06	1.84	1.76
Νοε-12	16.91	1.55	0.74	0.74
Δεκ-12	11.92	0.45	-0.16	-0.36
Ιαν-13	10.64	0.67	0.50	0.32
Φεβ-13	12.55	1.34	1.07	1.04
Μαρ-13	14.24	1.04	0.52	0.48
Απρ-13	17.32	0.61	0.20	0.08
Μαϊ-13	23.38	1.75	1.51	1.41
Ιουν-13	26.74	0.69	0.01	-0.01
Ιουλ-13	27.39	-0.60	-0.87	-1.06
Αυγ-13	28.10	0.16	0.39	0.29
Σεπ-13	24.50	0.45	0.39	0.47
Οκτ-13	17.22	-1.62	-1.79	-1.80

Νοε-13	15.04	0.32	0.95	0.85
Δεκ-13	9.79	-0.76	-0.89	-0.68
Ιαν-14	12.28	1.65	1.94	1.88
Φεβ-14	11.78	0.89	0.25	0.40
Μαρ-14	13.58	0.65	0.30	0.13
Απρ-14	17.90	1.00	0.75	0.66
Μαϊ-14	21.74	0.39	0.00	-0.04
Ιουν-14	26.16	0.12	-0.04	-0.14
Ιουλ-14	28.83	0.64	0.60	0.55
Αυγ-14	29.19	1.08	0.83	0.83
Σεπ-14	24.73	0.65	0.23	0.19
Οκτ-14	19.37	0.11	-0.15	-0.26
Νοε-14	14.59	0.03	-0.01	-0.09
Δεκ-14	13.41	1.29	1.28	1.27
Ιαν-15	10.43	0.55	0.04	0.08
Φεβ-15	10.20	-0.01	-0.23	-0.36
Μαρ-15	11.40	-0.63	-0.62	-0.69
Απρ-15	15.76	-0.44	-0.19	-0.21
Μαϊ-15	22.29	0.85	1.02	1.08
Ιουν-15	25.13	-0.89	-1.22	-1.15
Ιουλ-15	28.12	0.03	0.38	0.25
Αυγ-15	29.26	1.14	1.13	1.24
Σεπ-15	26.02	1.77	1.33	1.36
Οκτ-15	19.76	0.42	-0.27	-0.35
Νοε-15	15.92	0.90	0.73	0.53
Δεκ-15	10.13	-0.57	-0.92	-0.94
Ιαν-16	8.06	-0.87	-0.65	-0.77
Φεβ-16	14.01	2.17	2.51	2.55
Μαρ-16	13.91	0.85	0.00	0.17

Απρ-16	18.97	1.72	1.39	1.15
Μαϊ-16	21.28	0.01	-0.66	-0.71
Ιουν-16	27.91	1.84	1.83	1.62
Ιουλ-16	28.58	0.43	-0.29	-0.23
Αυγ-16	28.45	0.45	0.29	0.08
Σεπ-16	24.38	0.35	0.17	0.13
Οκτ-16	18.92	-0.25	-0.39	-0.43
Νοε-16	14.55	0.00	0.10	0.05
Δεκ-16	8.08	-1.73	-1.73	-1.70
Ιαν-17	6.85	-1.59	-0.92	-0.97
Φεβ-17	10.93	0.41	1.03	1.18
Μαρ-17	13.63	0.68	0.52	0.73
Απρ-17	16.18	-0.16	-0.42	-0.45
Μαϊ-17	22.16	0.74	0.80	0.71
Ιουν-17	27.05	0.99	0.70	0.75
Ιουλ-17	28.58	0.43	0.04	-0.02
Αυγ-17	28.33	0.35	0.19	0.08
Σεπ-17	24.92	0.82	0.68	0.64
Οκτ-17	18,84	-0.32	-0.64	-0.65
Νοε-17	14.29	-0.17	-0.04	-0.15
Δεκ-17	12.87	0.98	1.05	1.08
Ιαν-18	9.52	0.00	-0.38	-0.33
Φεβ-18	12.24	1.16	1.16	1.04
Μαρ-18	15.52	1.79	1.34	1.38
Απρ-18	19.38	1.99	1.29	1.21
Μαϊ-18	24.05	2.31	1.53	1.37
Ιουν-18	26.63	0.58	-0.32	-0.49
Ιουλ-18	29.32	1.07	0.84	0.58
Αυγ-18	28.38	0.39	-0.02	-0.06

Σεπ-18	24.58	0.52	0.37	0.25
Οκτ-18	19.29	0.04	-0.16	-0.19
Νοε-18	15.29	0.49	0.47	0.41
Δεκ-18	9.67	-0.83	-1.02	-1.01

Ιστορική Χρονοσειρά μηνιαίου ύψους βροχοπτώσεων (mm)

Ημερομηνία	Μηνιαία Βροχόπτωση (mm/month)	Μονιμοποιημένη χρονοσειρά βροχοπτώσεων	ϵ_t (ar1)	ϵ_t (ar2)
Jul-09	0.0	-0.5	-0.5	-0.5
Aug-09	0.0	-0.5	-0.5	-0.5
Sep-09	66.4	2.1	2.1	2.1
Oct-09	58.4	0.0	0.1	0.3
Nov-09	64.8	-0.1	-0.1	-0.3
Dec-09	114.8	0.4	0.4	0.4
Jan-10	114.2	0.0	0.0	0.0
Feb-10	295.6	2.2	2.2	2.1
Mar-10	20.0	-1.1	-1.0	-0.9
Apr-10	2.0	-0.8	-0.8	-1.1
May-10	26.7	0.0	0.0	0.0
Jun-10	18.8	0.0	0.0	0.1
Jul-10	0.0	-0.5	-0.5	-0.5
Aug-10	0.0	-0.5	-0.5	-0.5
Sep-10	8.6	-0.6	-0.6	-0.6
Oct-10	129.6	1.7	1.7	1.7
Nov-10	33.8	-0.7	-0.7	-0.5
Dec-10	64.2	-0.3	-0.3	-0.5

Jan-11	61.5	-1.4	-1.4	-1.4
Feb-11	56.0	-0.6	-0.6	-0.7
Mar-11	33.4	-0.6	-0.6	-0.6
Apr-11	45.8	0.2	0.2	0.2
May-11	35.0	0.4	0.4	0.5
Jun-11	0.4	-1.1	-1.1	-1.1
Jul-11	1.6	2.3	2.3	2.2
Aug-11	0.2	-0.4	-0.4	-0.1
Sep-11	9.2	-0.6	-0.6	-0.8
Oct-11	40.4	-0.4	-0.4	-0.4
Nov-11	0.8	-1.3	-1.3	-1.3
Dec-11	148.0	0.9	0.9	0.8
Jan-12	55.4	-1.6	-1.6	-1.4
Feb-12	54.6	-0.6	-0.7	-0.8
Mar-12	17.0	-1.1	-1.2	-1.1
Apr-12	58.4	0.5	0.5	0.5
May-12	74.8	2.3	2.3	2.4
Jun-12	1.0	-1.1	-1.0	-0.9
Jul-12	0.0	-0.5	-0.6	-0.8
Aug-12	7.6	1.4	1.4	1.5
Sep-12	0.8	-1.0	-0.9	-0.8
Oct-12	51.0	-0.1	-0.1	-0.3
Nov-12	36.8	-0.6	-0.6	-0.6
Dec-12	123.2	0.6	0.5	0.5
Jan-13	167.6	1.4	1.4	1.5
Feb-13	108.2	0.0	0.0	0.1
Mar-13	41.2	-0.4	-0.4	-0.5
Apr-13	31.4	-0.1	-0.1	-0.1
May-13	7.4	-0.9	-0.9	-0.8

Jun-13	38.8	1.2	1.2	1.1
Jul-13	0.0	-0.5	-0.5	-0.4
Aug-13	0.0	-0.5	-0.5	-0.6
Sep-13	9.6	-0.6	-0.6	-0.6
Oct-13	43.0	-0.3	-0.3	-0.3
Nov-13	82.9	0.2	0.2	0.2
Dec-13	5.8	-1.2	-1.2	-1.2
Jan-14	104.2	-0.3	-0.3	-0.4
Feb-14	34.4	-0.9	-0.9	-0.8
Mar-14	116.8	2.0	2.0	1.9
Apr-14	133.2	2.3	2.4	2.6
May-14	27.0	0.0	0.1	0.1
Jun-14	44.8	1.6	1.6	1.4
Jul-14	1.0	1.3	1.3	1.4
Aug-14	11.0	2.3	2.3	2.3
Sep-14	24.0	0.1	0.1	0.2
Oct-14	37.0	-0.5	-0.4	-0.6
Nov-14	49.0	-0.4	-0.4	-0.5
Dec-14	177.4	1.4	1.4	1.4
Jan-15	147.2	0.9	0.9	1.0
Feb-15	179.9	0.8	0.8	0.8
Mar-15	83.4	0.9	1.0	1.0
Apr-15	34.2	0.0	0.0	0.0
May-15	6.0	-0.9	-0.9	-1.0
Jun-15	18.6	0.0	0.0	-0.1
Jul-15	0.0	-0.5	-0.5	-0.5
Aug-15	0.0	-0.5	-0.5	-0.5
Sep-15	38.4	0.8	0.8	0.8
Oct-15	136.2	1.9	1.9	2.0

Nov-15	50.2	-0.4	-0.4	-0.3
Dec-15	0.0	-1.3	-1.3	-1.5
Jan-16	113.0	0.0	-0.1	-0.1
Feb-16	63.6	-0.5	-0.5	-0.4
Mar-16	60.4	0.2	0.2	0.2
Apr-16	3.4	-0.8	-0.8	-0.7
May-16	4.2	-1.0	-1.0	-1.1
Jun-16	16.0	-0.2	-0.2	-0.2
Jul-16	0.0	-0.5	-0.5	-0.5
Aug-16	0.0	-0.5	-0.5	-0.5
Sep-16	1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Oct-16	5.8	-1.2	-1.2	-1.2
Nov-16	127.2	1.0	1.0	1.0
Dec-16	2.0	-1.3	-1.3	-1.1
Jan-17	145.2	0.8	0.8	0.6
Feb-17	39.4	-0.8	-0.8	-0.6
Mar-17	59.8	0.2	0.2	0.1
Apr-17	17.2	-0.5	-0.5	-0.4
May-17	28.2	0.1	0.1	0.1
Jun-17	0.2	-1.1	-1.1	-1.1
Jul-17	0.0	-0.5	-0.6	-0.6
Aug-17	0.2	-0.4	-0.4	-0.4
Sep-17	13.6	-0.4	-0.4	-0.4
Oct-17	44.0	-0.3	-0.3	-0.3
Nov-17	78.6	0.1	0.1	0.1
Dec-17	145.0	0.9	0.9	0.9
Jan-18	119.4	0.1	0.2	0.2
Feb-18	150.2	0.5	0.5	0.4
Mar-18	47.8	-0.2	-0.2	-0.1

Apr-18	0.0	-0.9	-0.9	-0.9
May-18	24.2	-0.1	-0.1	-0.1
Jun-18	30.6	0.7	0.7	0.8
Jul-18	0.4	0.2	0.2	0.2
Aug-18	0.0	-0.5	-0.5	-0.5
Sep-18	45.2	1.1	1.1	1.0
Oct-18	19.0	-0.9	-0.9	-0.7
Nov-18	195.2	2.2	2.2	2.1
Dec-18	84.8	0.0	0.0	0.2

Τελική συνθετική χρονοσειρά εξαμηνιαίας

confidence 95%					
n					
50					
$t_{49.975}$					
2.01					
Ημερομηνία	f(mm/day)	S ²	$t_{49.975}$ S*/ \sqrt{n}	Διάστημα εμπιστοσύνης	
Ιαν-19	2.84	0.00	0.03	2.81	2.87
Φεβ-19	3.24	0.01	0.05	3.18	3.29
Μαρ-19	3.91	0.01	0.07	3.84	3.98
Απρ-19	4.87	0.02	0.09	4.78	4.96
Μαϊ-19	5.85	0.01	0.09	5.76	5.94
Ιουν-19	6.93	0.00	0.07	6.86	7.00
Ιουλ-19	7.06	0.01	0.11	6.95	7.17
Αυγ-19	6.57	0.01	0.09	6.49	6.66
Σεπ-19	5.44	0.01	0.06	5.38	5.50
Οκτ-19	4.32	0.01	0.05	4.27	4.37
Νοε-19	3.35	0.01	0.04	3.32	3.39
Δεκ-19	2.90	0.01	0.04	2.86	2.94
Ιαν-20	2.89	0.01	0.03	2.86	2.92

Φεβ-20	3.23	0.02	0.07	3.16	3.30
Μαρ-20	3.87	0.01	0.06	3.81	3.93
Απρ-20	4.83	0.01	0.07	4.75	4.90
Μαϊ-20	5.83	0.01	0.08	5.74	5.91
Ιουν-20	6.93	0.01	0.09	6.84	7.02
Ιουλ-20	7.04	0.01	0.10	6.94	7.14
Αυγ-20	6.61	0.01	0.09	6.51	6.70
Σεπ-20	5.47	0.01	0.08	5.39	5.54
Οκτ-20	4.37	0.01	0.06	4.31	4.42
Νοε-20	3.35	0.01	0.04	3.31	3.39
Δεκ-20	2.90	0.01	0.05	2.85	2.94
Ιαν-21	2.84	0.01	0.04	2.81	2.88
Φεβ-21	3.23	0.01	0.05	3.18	3.28
Μαρ-21	3.91	0.02	0.08	3.84	3.99
Απρ-21	4.84	0.01	0.08	4.76	4.92
Μαϊ-21	5.87	0.02	0.11	5.77	5.98
Ιουν-21	6.91	0.01	0.08	6.83	7.00
Ιουλ-21	7.05	0.01	0.10	6.95	7.15
Αυγ-21	6.62	0.01	0.09	6.52	6.71
Σεπ-21	5.50	0.01	0.08	5.42	5.59
Οκτ-21	4.34	0.01	0.04	4.30	4.39
Νοε-21	3.38	0.01	0.04	3.34	3.42
Δεκ-21	2.92	0.01	0.04	2.87	2.96
Ιαν-22	2.86	0.01	0.03	2.82	2.89
Φεβ-22	3.23	0.01	0.06	3.17	3.28
Μαρ-22	3.89	0.01	0.07	3.82	3.96
Απρ-22	4.86	0.01	0.08	4.79	4.94
Μαϊ-22	5.86	0.01	0.07	5.78	5.93
Ιουν-22	6.93	0.01	0.08	6.85	7.01

Ιουλ-22	7.07	0.01	0.09	6.98	7.16
Αυγ-22	6.62	0.01	0.11	6.51	6.72
Σεπ-22	5.48	0.01	0.07	5.41	5.55
Οκτ-22	4.35	0.01	0.06	4.29	4.42
Νοε-22	3.37	0.01	0.05	3.32	3.43
Δεκ-22	2.91	0.01	0.04	2.87	2.95
Ιαν-23	2.89	0.01	0.04	2.85	2.94
Φεβ-23	3.20	0.01	0.04	3.16	3.24
Μαρ-23	3.91	0.01	0.06	3.85	3.97
Απρ-23	4.83	0.01	0.07	4.76	4.90
Μαϊ-23	5.84	0.02	0.10	5.74	5.94
Ιουν-23	6.92	0.01	0.08	6.84	6.99
Ιουλ-23	7.06	0.01	0.10	6.96	7.15
Αυγ-23	6.63	0.01	0.09	6.53	6.72
Σεπ-23	5.46	0.01	0.06	5.41	5.52
Οκτ-23	4.36	0.01	0.05	4.31	4.40
Νοε-23	3.38	0.01	0.05	3.33	3.43
Δεκ-23	2.93	0.01	0.05	2.88	2.97
Ιαν-24	2.89	0.01	0.05	2.84	2.94
Φεβ-24	3.23	0.01	0.05	3.17	3.28
Μαρ-24	3.92	0.02	0.07	3.85	3.99
Απρ-24	4.85	0.01	0.08	4.77	4.94
Μαϊ-24	5.85	0.01	0.08	5.77	5.93
Ιουν-24	6.94	0.01	0.08	6.87	7.02
Ιουλ-24	7.08	0.01	0.09	6.99	7.18
Αυγ-24	6.63	0.01	0.09	6.54	6.72
Σεπ-24	5.47	0.01	0.08	5.38	5.55
Οκτ-24	4.36	0.01	0.06	4.31	4.42
Νοε-24	3.37	0.01	0.05	3.32	3.42

Δεκ-24	2.90	0.01	0.04	2.86	2.94
Ιαν-25	2.88	0.01	0.04	2.84	2.92
Φεβ-25	3.25	0.02	0.07	3.19	3.32
Μαρ-25	3.93	0.02	0.08	3.86	4.01
Απρ-25	4.88	0.01	0.08	4.80	4.96
Μαϊ-25	5.85	0.01	0.07	5.78	5.92
Ιουν-25	6.94	0.01	0.09	6.85	7.02
Ιουλ-25	7.07	0.02	0.13	6.94	7.20
Αυγ-25	6.64	0.01	0.08	6.56	6.72
Σεπ-25	5.49	0.01	0.08	5.41	5.57
Οκτ-25	4.37	0.01	0.06	4.31	4.43
Νοε-25	3.37	0.01	0.04	3.33	3.41
Δεκ-25	2.90	0.01	0.04	2.87	2.94
Ιαν-26	2.87	0.01	0.03	2.83	2.90
Φεβ-26	3.25	0.01	0.06	3.19	3.30
Μαρ-26	3.91	0.01	0.06	3.84	3.97
Απρ-26	4.86	0.01	0.07	4.79	4.93
Μαϊ-26	5.85	0.01	0.08	5.78	5.93
Ιουν-26	6.96	0.01	0.10	6.86	7.06
Ιουλ-26	7.09	0.02	0.12	6.97	7.21
Αυγ-26	6.62	0.01	0.08	6.54	6.70
Σεπ-26	5.48	0.01	0.07	5.41	5.56
Οκτ-26	4.35	0.01	0.05	4.29	4.40
Νοε-26	3.38	0.01	0.04	3.34	3.42
Δεκ-26	2.91	0.01	0.03	2.87	2.94
Ιαν-27	2.89	0.01	0.04	2.85	2.93
Φεβ-27	3.21	0.01	0.05	3.16	3.25
Μαρ-27	3.89	0.02	0.07	3.82	3.96
Απρ-27	4.87	0.02	0.10	4.77	4.96

Μαϊ-27	5.87	0.01	0.07	5.80	5.94
Ιουν-27	6.96	0.01	0.10	6.86	7.06
Ιουλ-27	7.06	0.01	0.09	6.97	7.16
Αυγ-27	6.62	0.01	0.08	6.53	6.70
Σεπ-27	5.49	0.01	0.07	5.42	5.56
Οκτ-27	4.37	0.01	0.07	4.31	4.44
Νοε-27	3.37	0.01	0.04	3.33	3.42
Δεκ-27	2.89	0.01	0.04	2.85	2.93
Ιαν-28	2.87	0.01	0.04	2.83	2.91
Φεβ-28	3.26	0.02	0.06	3.19	3.32
Μαρ-28	3.92	0.02	0.08	3.85	4.00
Απρ-28	4.87	0.02	0.09	4.78	4.96
Μαϊ-28	5.90	0.01	0.09	5.81	5.99
Ιουν-28	6.99	0.01	0.09	6.89	7.08
Ιουλ-28	7.10	0.01	0.11	6.99	7.21
Αυγ-28	6.67	0.02	0.12	6.55	6.79
Σεπ-28	5.49	0.01	0.08	5.42	5.57
Οκτ-28	4.35	0.01	0.06	4.29	4.40
Νοε-28	3.37	0.01	0.05	3.33	3.42
Δεκ-28	2.91	0.01	0.04	2.87	2.96
Ιαν-29	2.91	0.01	0.05	2.86	2.95
Φεβ-29	3.24	0.01	0.05	3.19	3.30
Μαρ-29	3.91	0.01	0.06	3.85	3.97
Απρ-29	4.86	0.02	0.09	4.77	4.95
Μαϊ-29	5.85	0.01	0.08	5.77	5.93
Ιουν-29	6.98	0.01	0.09	6.89	7.06
Ιουλ-29	7.09	0.01	0.10	6.99	7.19
Αυγ-29	6.64	0.01	0.08	6.56	6.73
Σεπ-29	5.50	0.01	0.07	5.42	5.57

Οκτ-29	4.36	0.01	0.06	4.30	4.42
Νοε-29	3.38	0.01	0.04	3.34	3.42
Δεκ-29	2.90	0.01	0.04	2.86	2.94
Ιαν-30	2.90	0.01	0.05	2.85	2.94
Φεβ-30	3.22	0.01	0.05	3.17	3.27
Μαρ-30	3.90	0.02	0.07	3.83	3.97
Απρ-30	4.85	0.01	0.07	4.78	4.93
Μαϊ-30	5.87	0.01	0.10	5.77	5.97
Ιουν-30	6.97	0.01	0.10	6.87	7.08
Ιουλ-30	7.11	0.01	0.11	7.00	7.22
Αυγ-30	6.65	0.01	0.10	6.55	6.75
Σεπ-30	5.47	0.01	0.07	5.41	5.54
Οκτ-30	4.37	0.01	0.04	4.33	4.42
Νοε-30	3.37	0.01	0.04	3.33	3.42
Δεκ-30	2.90	0.01	0.03	2.86	2.93

Συνθετική Χρονοσειρά Μηνιαίων Βροχοπτώσεων

Ημερομηνία	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
2019	40.6	28.8	17.3	0.4	2.2	27.3
2020	35.4	33.5	18.0	0.4	2.7	20.7
2021	46.4	24.7	18.5	0.3	2.6	27.5
2022	43.5	26.9	19.1	0.3	3.2	25.3
2023	42.2	25.4	21.4	0.4	2.9	19.7
2024	49.1	23.5	21.6	0.5	2.5	19.3
2025	42.5	27.1	16.0	0.4	2.9	26.9
2026	54.3	26.2	19.8	0.5	2.6	21.7

2027	40.7	22.5	20.9	0.4	2.4	15.5
2028	36.2	22.1	22.1	0.4	2.4	24.9
2029	43.4	24.2	19.2	0.4	3.4	23.0
2030	34.2	29.3	23.2	0.4	3.0	26.4

Παροχή σχεδιασμού για την αμυγδαλιά για το 1^ο σενάριο περιεκτικότητας για την αρδευτική περίοδο 2019

Almond tree									
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	P (mm/day)	f(mm/day)	k _c	U _N (kg/day)	PET _c (cm/day)	A (m ²)	Q _w (m ³ /day)	L _{wn} (m ³ /day)	Q _{σχεδ} (m ³ /day)
1-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
2-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
3-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
4-Απρ-19	7.59	0.00	0.70	0.000	0.00	50.00	0.00	0.000	0.000
5-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
6-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
7-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
8-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
9-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
10-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
11-Απρ-19	5.77	0.25	0.70	0.000	0.02	50.00	0.01	0.000	0.000
12-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
13-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
14-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002

15-Απρ-19	6.34	0.00	0.70	0.000	0.00	50.00	0.00	0.000	0.000
16-Απρ-19	6.92	0.00	0.70	0.000	0.00	50.00	0.00	0.000	0.000
17-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
18-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
19-Απρ-19	4.36	1.38	0.70	0.001	0.10	50.00	0.05	0.001	0.001
20-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
21-Απρ-19	6.48	0.00	0.70	0.000	0.00	50.00	0.00	0.000	0.000
22-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
23-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
24-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
25-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
26-Απρ-19	6.15	0.00	0.70	0.000	0.00	50.00	0.00	0.000	0.000
27-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
28-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
29-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
30-Απρ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
1-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002

1-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
2-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
3-Μαϊ-19	6.63	0.00	0.70	0.000	0.00	50.00	0.00	0.000	0.000
4-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
5-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
6-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
7-Μαϊ-19	3.59	2.00	0.70	0.001	0.14	50.00	0.07	0.001	0.001
8-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
9-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
10-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
11-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
12-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
13-Μαϊ-19	5.44	0.52	0.70	0.000	0.04	50.00	0.02	0.000	0.000
14-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
15-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
16-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
17-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002

18-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
19-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
20-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
21-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
22-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
23-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
24-Μαϊ-19	7.47	0.00	0.70	0.000	0.00	50.00	0.00	0.000	0.000
25-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
26-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
27-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
28-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
29-Μαϊ-19	7.26	0.00	0.70	0.000	0.00	50.00	0.00	0.000	0.000
30-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
31-Μαϊ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
1-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
1-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
2-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002

3-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
4-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
5-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
6-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
7-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
8-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
9-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
10-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
11-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
12-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
13-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
14-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
15-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
16-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
17-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
18-Ιουν-19	4.93	0.93	0.70	0.001	0.06	50.00	0.03	0.000	0.000
19-Ιουν-19	5.68	0.33	0.70	0.000	0.02	50.00	0.01	0.000	0.000

20-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
21-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
22-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
23-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
24-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
25-Ιουν-19	5.67	0.33	0.70	0.000	0.02	50.00	0.01	0.000	0.000
26-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
27-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
28-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
29-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
30-Ιουν-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
1-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
1-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
2-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
3-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
4-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
5-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002

6-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
7-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
8-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
9-Ιουλ-19	0.47	4.49	0.70	0.003	0.31	50.00	0.16	0.002	0.002
10-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
11-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
12-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
13-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
14-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
15-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
16-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
17-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
18-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
19-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
20-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
21-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
22-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002

23-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
24-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
25-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
26-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
27-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
28-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
29-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
30-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
31-Ιουλ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
1-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
1-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
2-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
3-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
4-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
5-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
6-Αυγ-19	3.71	1.90	0.70	0.001	0.13	50.00	0.07	0.001	0.001
7-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002

8-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
9-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
10-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
11-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
12-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
13-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
14-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
15-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
16-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
17-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
18-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
19-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
20-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
21-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
22-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
23-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
24-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002

25-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
26-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
27-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
28-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
29-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
30-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
31-Αυγ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
1-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
1-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
2-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
3-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
4-Σεπ-19	8.77	0.00	0.70	0.000	0.00	50.00	0.00	0.000	0.000
5-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
6-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
7-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
8-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
9-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002

10-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
11-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
12-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
13-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
14-Σεπ-19	5.15	0.75	0.70	0.001	0.05	50.00	0.03	0.000	0.000
15-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
16-Σεπ-19	8.67	0.00	0.70	0.000	0.00	50.00	0.00	0.000	0.000
17-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
18-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
19-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
20-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
21-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
22-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
23-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
24-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
25-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
26-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002

27-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
28-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
29-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
30-Σεπ-19		4.87	0.70	0.004	0.34	50.00	0.17	0.002	0.002
					58.17				

Παροχή ζήτησης συμπεριλαμβανομένης της μεθόδου άρδευσης για την αρδευτική περίοδο 2019

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Almond tree	Ef	0.9	Crabapple	Ef	0.9	olive tree	Ef	0.9	Συκιά	Ef	0.65
-------------------	-------------	----	-----	-----------	----	-----	------------	----	-----	-------	----	------

	Q_{d1}(m³/day)	Q_{d2}(m³/day)	Q_{d1}(m³/day)	Q_{d2}(m³/day)	Q_{d1}(m³/day)	Q_{d2}(m³/day)	Q_{d1}(m³/day)	Q_{d2}(m³/day)
1-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
2-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
3-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
4-Απρ-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
6-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
7-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
8-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
9-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
10-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
11-Απρ-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
13-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
14-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
15-Απρ-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16-Απρ-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

17-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
18-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
19-Απρ-19	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002
20-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
21-Απρ-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
23-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
24-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
25-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
26-Απρ-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
28-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
29-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
30-Απρ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.006
1-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
2-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
3-Μαϊ-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

4-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
5-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
6-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
7-Μαϊ-19	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002
8-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
9-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
10-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
11-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
12-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
13-Μαϊ-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
14-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
15-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
16-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
17-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
18-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
19-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
20-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006

21-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
22-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
23-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
24-Μαϊ-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
26-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
27-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
28-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
29-Μαϊ-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
31-Μαϊ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.004	0.006
1-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
2-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
3-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
4-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
5-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
6-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006

7-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
8-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
9-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
10-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
11-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
12-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
13-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
14-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
15-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
16-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
17-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
18-Ιουν-19	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
19-Ιουν-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
21-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
22-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
23-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006

24-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
25-Ιουν-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
27-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
28-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
29-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
30-Ιουν-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
1-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
2-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
3-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
4-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
5-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
6-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
7-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
8-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
9-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.005
10-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006

11-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
12-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
13-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
14-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
15-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
16-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
17-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
18-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
19-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
20-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
21-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
22-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
23-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
24-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
25-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
26-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
27-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006

28-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
29-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
30-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
31-Ιουλ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
1-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
2-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
3-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
4-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
5-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
6-Αυγ-19	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
7-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
8-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
9-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
10-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
11-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
12-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
13-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006

14-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
15-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
16-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
17-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
18-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
19-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
20-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
21-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
22-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
23-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
24-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
25-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
26-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
27-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
28-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
29-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
30-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006

31-Αυγ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006
1-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
2-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
3-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
4-Σεπ-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
6-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
7-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
8-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
9-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
10-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
11-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
12-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
13-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
14-Σεπ-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
15-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
16-Σεπ-19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

17-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
18-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
19-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
20-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
21-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
22-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
23-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
24-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
25-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
26-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
27-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
28-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
29-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006
30-Σεπ-19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006

Τελική συνολική παροχή σχεδιασμού του συστήματος για την αρδευτική περίοδο 2019

Μη καλοκαιρινοί μήνες						Καλοκαιρινοί μήνες					
Ημερομηνία	ΣQw (m ³ /day)	Q _{d1} (m ³ /day)	Q _{d2} (m ³ /day)	Q _{total} (m ³ /day)	Q _{winter} (m ³ /day)	Ημερομηνία	ΣQw (m ³ /day)	Q _{d1} (m ³ /day)	Q _{d2} (m ³ /day)	Q _{total} (m ³ /day)	Q _{summer} (m ³ /day)
1-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	1-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
2-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	2-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
3-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	3-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100

4-Απρ-19	10.17	0.0	0.0	0.0	10	4-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
5-Απρ-19	0.00	1.1	1.4	2.3	10	5-Ιουν-19	0.00	1.6	2.0	3.3	100
6-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	6-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
7-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	7-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
8-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	8-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
9-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	9-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
10-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	10-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
11-Απρ-19	10.17	0.1	0.1	0.1	10	11-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
12-Απρ-19	0.52	1.1	1.4	2.3	10	12-Ιουν-19	0.52	1.6	2.0	3.3	100
13-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	13-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
14-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	14-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
15-Απρ-19	10.17	0.0	0.0	0.0	10	15-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
16-Απρ-19	0.00	0.0	0.0	0.0	10	16-Ιουν-19	0.00	1.6	2.0	3.3	100
17-Απρ-19	0.00	1.1	1.4	2.3	10	17-Ιουν-19	0.00	1.6	2.0	3.3	100
18-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	18-Ιουν-19	10.17	0.3	0.4	0.6	100
19-Απρ-19	10.17	0.3	0.4	0.7	10	19-Ιουν-19	10.17	0.1	0.1	0.2	100
20-Απρ-19	2.88	1.1	1.4	2.3	10	20-Ιουν-19	2.88	1.6	2.0	3.3	100

21-Απρ-19	10.17	0.0	0.0	0.0	10	21-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
22-Απρ-19	0.00	1.1	1.4	2.3	10	22-Ιουν-19	0.00	1.6	2.0	3.3	100
23-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	23-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
24-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	24-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
25-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	25-Ιουν-19	10.17	0.1	0.1	0.2	100
26-Απρ-19	10.17	0.0	0.0	0.0	10	26-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
27-Απρ-19	0.00	1.1	1.4	2.3	10	27-Ιουν-19	0.00	1.6	2.0	3.3	100
28-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	28-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
29-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	29-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
30-Απρ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	30-Ιουν-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
1-Μαϊ-19	10.17	1.1	1.4	2.3	10	1-Ιουλ-19	10.17	1.6	2.0	3.3	100
2-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	2-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
3-Μαϊ-19	10.23	0.0	0.0	0.0	10	3-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
4-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	4-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
5-Μαϊ-19	0.00	1.1	1.4	2.3	10	5-Ιουλ-19	0.00	1.6	2.0	3.3	100
6-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	6-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
7-Μαϊ-19	10.23	0.4	0.6	0.9	10	7-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100

8-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	8-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
9-Μαϊ-19	4.20	1.1	1.4	2.3	10	9-Ιουλ-19	4.20	1.5	1.8	3.1	100
10-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	10-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
11-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	11-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
12-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	12-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
13-Μαϊ-19	10.23	0.1	0.1	0.2	10	13-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
14-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	14-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
15-Μαϊ-19	1.09	1.1	1.4	2.3	10	15-Ιουλ-19	1.09	1.6	2.0	3.3	100
16-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	16-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
17-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	17-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
18-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	18-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
19-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	19-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
20-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	20-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
21-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	21-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
22-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	22-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
23-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	23-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
24-Μαϊ-19	10.23	0.0	0.0	0.0	10	24-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100

25-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	25-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
26-Μαϊ-19	0.00	1.1	1.4	2.3	10	26-Ιουλ-19	0.00	1.6	2.0	3.3	100
27-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	27-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
28-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	28-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
29-Μαϊ-19	10.23	0.0	0.0	0.0	10	29-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
30-Μαϊ-19	10.23	1.1	1.4	2.3	10	30-Ιουλ-19	10.23	1.6	2.0	3.3	100
31-Μαϊ-19	0.00	1.1	1.4	2.3	10	31-Ιουλ-19	0.00	1.6	2.0	3.3	100
1-Σεπ-19	11.23	0.9	1.2	2.1	10	1-Αυγ-19	11.23	1.3	1.6	2.7	100
2-Σεπ-19	11.23	0.9	1.2	2.1	10	2-Αυγ-19	11.23	1.3	1.6	2.7	100
3-Σεπ-19	11.23	0.9	1.2	2.1	10	3-Αυγ-19	11.23	1.3	1.6	2.7	100
4-Σεπ-19	11.23	0.0	0.0	0.0	10	4-Αυγ-19	11.23	1.3	1.6	2.7	100
5-Σεπ-19	11.23	0.9	1.2	2.1	10	5-Αυγ-19	11.23	1.3	1.6	2.7	100
6-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	6-Αυγ-19	9.46	0.5	0.6	1.0	100
7-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	7-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
8-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	8-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
9-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	9-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
10-Σεπ-19	0.00	0.9	1.2	2.1	10	10-Αυγ-19	0.00	1.3	1.6	2.7	100

11-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	11-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
12-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	12-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
13-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	13-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
14-Σεπ-19	9.46	0.1	0.2	0.3	10	14-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
15-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	15-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
16-Σεπ-19	9.46	0.0	0.0	0.0	10	16-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
17-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	17-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
18-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	18-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
19-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	19-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
20-Σεπ-19	1.45	0.9	1.2	2.1	10	20-Αυγ-19	1.45	1.3	1.6	2.7	100
21-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	21-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
22-Σεπ-19	0.00	0.9	1.2	2.1	10	22-Αυγ-19	0.00	1.3	1.6	2.7	100
23-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	23-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
24-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	24-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
25-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	25-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
26-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	26-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
27-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	27-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100

28-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	28-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
29-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	29-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100
30-Σεπ-19	9.46	0.9	1.2	2.1	10	30-Αυγ-19	9.46	1.3	1.6	2.7	100