

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

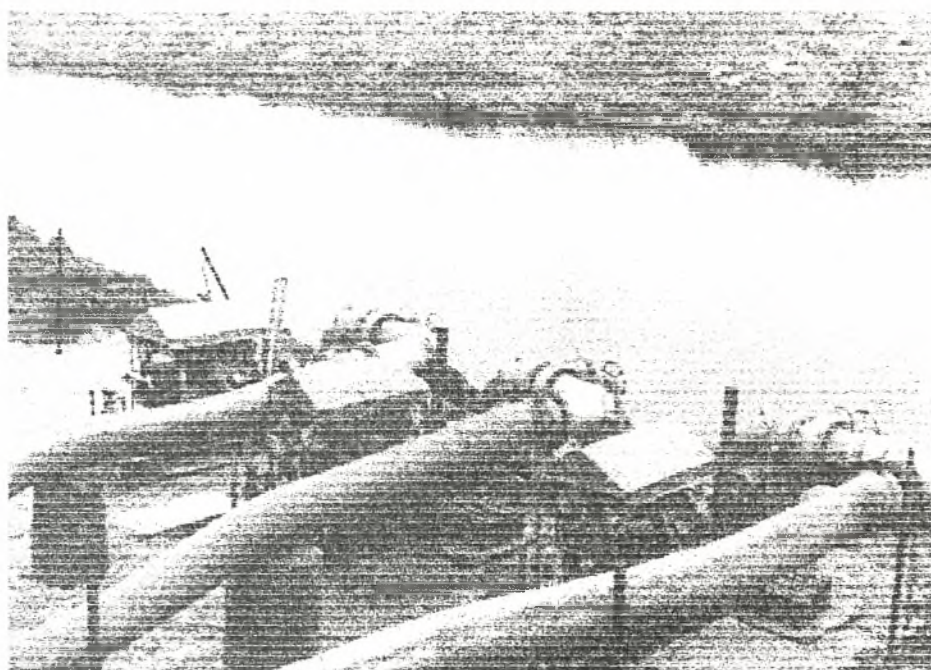
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΜΕ ΘΕΜΑ

**“ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ
ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ.”**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

Δρ. ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ



**ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ ΓΚΑΡΣΙΔΗΣ
ΒΟΛΟΣ 1996**



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

Αριθ. Εισ.: 93/1
Ημερ. Εισ.: 09-09-2003
Δωρεά: _____
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΓΦΖΠ
1996
ΓΚΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



00400007024 1

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>Περιεχόμενα</u>	<u>Σελίδα</u>
Ευχαριστίες	1
Περίληψη	2
1. Εισαγωγή	4
1.1. Έδαφος	4
1.2. Φυτό	6
1.3. Νερό	7
1.4. Το νερό του εδάφους	9
2. Μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής	14
2.1. Εξατμισοδιαπνοή	14
2.2. Φυτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή	14
2.3. Κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή	16
2.4. Έμμεσες μικροκλιματικές μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής	16
2.5. Έμμεσες εμπειρικές μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής	17
2.6. Άμεσες μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής	18
2.7. Βελτιωμένες μέθοδοι έμμεσου υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής	18
2.7.1. Εκτίμηση της βασικής εξατμισοδιαπνοής	19
2.7.2. Θεωρητική σύγκριση των τροποποιημένων μεθόδων Blaney-Criddle και Penman	27
2.7.3. Φυτικοί συντελεστές	28
2.7.4. Εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής	29
3. Απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό	31
3.1. Παράγοντες που επηρεάζουν την υδατοκατανάλωση	33
3.2. Αρδευτικά δίκτυα	34
4. Υπολογισμός των συνολικών απαιτήσεων σε νερό των καλλιεργειών του Νομού Καρδίτσας	37
4.1. Εφαρμογή της τροποποιημένης μεθόδου Penman για τον υπολογισμό της βασικής εξατμισοδιαπνοής	37
4.2. Υπολογισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής για κάθε αρδευτικό δίκτυο	38
4.2.1. Υπολογισμός της βασικής εξατμισοδιαπνοής για κάθε αρδευτικό δίκτυο	38
4.3. Υπολογισμός της ωφέλιμης βροχόπτωσης	39

4.4. Υπολογισμός των καθαρών μηνιαίων απαιτήσεων των καλλιεργειών σε νερό	39
4.5. Υπολογισμός των συνολικών απαιτήσεων σε νερό ανά αρδευτικό δίκτυο στο Νομό Καρδίτσας	39
5. Συμπεράσματα	40
Παράρτημα Α΄	42
Παράρτημα Β΄	64
Παράρτημα Γ΄	76

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες στην Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Κα. Μαρία Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, για την ουσιαστική επιστημονική της συμβολή στο σχεδιασμό, την οργάνωση και την ολοκλήρωση του παρούσας διπλωματικής διατριβής. Επίσης εκφράζω τις ευχαριστίες μου στους κ. Α. Πανώρα, κ. Ι. Μαυρουδή, κ. Μ. Θάνο και στον κ. Ανθ. Σπυρίδη για τη σημαντική βοήθεια που προσέφεραν στη συλλογή και την επεξεργασία των στοιχείων της διατριβής.

Τέλος, αφιερώνω την παρούσα εργασία στους γονείς μου για την αμέριστη ηθική και υλική συμπαράσταση κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το νερό αποτελεί βασικό στοιχείο του κύκλου της ζωής. Σε δυναμικά αναπτυσσόμενες καλλιέργειες, το νερό είναι τέσσερις με οκτώ φορές παραπάνω από το βάρος των στερεών συστατικών των φυτών. Ακόμη, για την παραγωγή μιας μονάδας ξερής φυτικής ουσίας χρειάζεται να περάσουν μέσα από τα φυτά πολλές εκατοντάδες μονάδες νερού που χάνονται στην ατμόσφαιρα με τη διαδικασία της διαπνοής.

Τα φυτά παίρνουν το νερό από το έδαφος. Με την έννοια αυτή, το έδαφος μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μια αποθήκη που δέχεται νερό που δέχεται νερό που προέρχεται από βροχή ή άρδευση το οποίο στη συνέχεια διαθέτει στα φυτά. Για να είναι το εδαφικό νερό χρήσιμο στις καλλιέργειες πρέπει να κρατιέται ανάμεσα σε ορισμένα όρια. Αν υπάρχει υπέρβαση των ορίων αυτών το νερό γίνεται επιζήμιο και πρέπει να απομακρύνεται με στράγγιση. Αντίθετα, αν το εδαφικό νερό πέσει κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια, οι καλλιέργειες δεν μπορούν να αναπτυχθούν κανονικά οπότε νερό πρέπει να προστεθεί με άρδευση. Για τη σωστή άρδευση και στράγγιση είναι απαραίτητη η σε βάθος γνώση των όρων που διέπουν την κίνηση, ανακατανομή και συγκράτηση του νερού στο έδαφος.

Το νερό χάνεται από τις καλλιέργειες με τις διαδικασίες της διαπνοής και της εξατμίσεως. Εξάτμιση και διαπνοή είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων που έχουν σχέση με τα χαρακτηριστικά των καλλιεργειών, τη διαθεσιμότητα ενέργειας και την κατάσταση που επικρατεί στην ατμόσφαιρα στην περιοχή του φυλλώματος των καλλιεργειών. Πηγή ενέργειας για τα φυτά είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Η κατάσταση που επικρατεί στην ατμόσφαιρα διαμορφώνεται κατά κύριο λόγο απ' την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία. Κάθε διαδικασία της ποσοτικής εκτίμησης της εξάτμισης και διαπνοής και των διακυμάνσεών τους με το χρόνο είναι φυσικό να προϋποθέτει τη σε βάθος γνώση των παραγόντων αυτών.

Η γνώση του ωφέλιμου νερού που μπορεί ν' αποθηκευτεί στο έδαφος και του ρυθμού διαπνοής και εξάτμισής του από το χωράφι, αποτελεί βασική υποδομή για τον καθορισμό του αριθμού των αρδεύσεων που χρειάζεται μια καλλιέργεια κατά τη διάρκεια της βλαστικής της περιόδου, της ποσότητας του νερού που πρέπει να εφαρμόζεται με κάθε άρδευση και τη διάρκεια της κάθε αρδεύσεως.

Από τα παραπάνω γίνεται προφανής η ανάγκη να υπολογιστούν οι συνολικές απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό, αφού τα τελευταία κυρίως χρόνια η μείωση του υδατικού δυναμικού είναι εμφανής έτσι ώστε να γίνεται σωστότερος προγραμματισμός της χρήσης των υπάρχοντων και μελλοντικών αρδευτικών δικτύων.

Στόχος συνεπώς της συγκεκριμένης πτυχιακής διατριβής είναι ο υπολογισμός των συνολικών απαιτήσεων των καλλιεργειών σε νερό του νομού Καρδίτσας που καλύπτονται από τα υπάρχοντα κρατικά αρδευτικά δίκτυα.

Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος χρησιμοποιήθηκαν τα κλιματικά δεδομένα εφτά μετεωρολογικών σταθμών του νομού Καρδίτσας (Καπνικός σταθμός Καρδίτσας, Πεδινού, Γραμματικού, Παλαμά, Καρδιτσομαγούλας, Λουτροπηγής, Καλλιφόνιου) για τη χρονική περίοδο 1972-1994. Συγκεκριμένα τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η μέση μηνιαία θερμοκρασία (T_{mean} σε $^{\circ}C$), η μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm/month), η μέση μηνιαία σχετική υγρασία (RH_{mean} %), η ταχύτητα του ανέμου (U σε km/day)) και οι συνολικές ώρες ηλιοφάνειας κάθε μήνα (h/month). Από αυτά υπολογίστηκε η μέση ημερήσια βασική εξατμισοδιαπνοή με την τροποποιημένη μέθοδο του Penman (Doorenbos και Pruitt, 1977). Έπειτα υπολογίστηκε η μηνιαία πραγματική εξατμισοδιαπνοή για κάθε αρδευτικό δίκτυο και κάθε καλλιέργεια. Αυτό έγινε με τον πολλαπλασιασμό της μέσης μηνιαίας βασικής εξατμισοδιαπνοής και των φυτικών συντελεστών της κάθε καλλιέργειας.

Τέλος πολλαπλασιάζοντας τις καθαρές μηνιαίες απαιτήσεις των καλλιεργειών με τις εκτάσεις που καλύπτουν, οι οποίες ελήφθησαν από τη στατιστική των καλλιεργειών για το έτος 1994 που πήραμε από τη Διεύθυνση Γεωργίας, υπολογίστηκαν οι συνολικές μηνιαίες απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό. Έτσι οι ολικές απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό που αρδεύονται από τα υπάρχοντα κρατικά αρδευτικά δίκτυα είναι $83.139.862m^3$ για 212.738 καλλιεργήσιμα στρέμματα. Συνεπώς η υδατοκατανάλωση των καλλιεργειών του νομού Καρδίτσας είναι περίπου $390m^3$ /στρέμμα και αν συνυπολογίσουμε και απώλειες 20% αυτή ανέρχεται σε $468m^3$ /στρέμμα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Σ' αυτό το κεφάλαιο αναφέρονται οι κυριότεροι παράγοντες που σχετίζουν το έδαφος, το νερό και τα φυτά με τη γεωργική πρακτική και επηρεάζουν την υδατοκατανάλωση των καλλιεργειών.

1.1. ΕΔΑΦΟΣ

Το έδαφος μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα σύνθετο σύστημα που, ταυτόχρονα, είναι μια αποθήκη θρεπτικών στοιχείων, ένα περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται και δρα ένα πλήθος μικροοργανισμών, ένα μέσο στερεώσεως των φυτών, ένα μέσο διακινήσεως του νερού προς όλες τις κατευθύνσεις και μια αποθήκη νερού από την οποία τα φυτά αντλούν την απαραίτητη για την ανάπτυξή τους υγρασία.

Το μητρικό υλικό των ορυκτών εδαφών αποτελούν τα χαλαρά συγκρατούμενα τεμαχίδια αποσαθρωμένων πετρωμάτων ή ιζηματογενή υλικά διαφόρων ειδών και προελεύσεων. Η φυσική και χημική διάβρωση που δρα χωρίς διακοπή πάνω στα υλικά αυτά, έχει σαν αποτέλεσμα την κατά βάθος διάσθρωση των εδαφών. Ο τρόπος εναλλαγής των στρώσεων και το είδος των υλικών από τα οποία αποτελούνται επηρεάζουν τη σε βάθος και πυκνότητα ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών όπως και την κίνηση, ανακατανομή και αποθήκευση του νερού.

Βασικά φυσικά χαρακτηριστικά ενός εδάφους είναι η υφή και η δομή. Εδαφική υφή είναι η ποσοστιαία αναλογία των διαφόρου μεγέθους ορυκτών σωματιδίων που απαρτίζουν το έδαφος. Εδαφική δομή είναι ο τρόπος διατάξεως των σωματιδίων αυτών για το σχηματισμό ομάδων ή συσσωματωμάτων. Εδαφική υφή και δομή, σε συνδυασμό, ρυθμίζουν σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο εφοδιασμού και διακίνησης του νερού στο έδαφος.

Το μέγεθος των στοιχειωδών σωματιδίων ενός εδάφους μπορεί να μεταβάλλεται αισθητά. Ορισμένα είναι αρκετά μεγάλα και ορατά με γυμνό μάτι, ενώ άλλα είναι πολύ μικρά και κατέχουν κολλοειδής ιδιότητες. Η έκφραση "μηχανική σύσταση του εδάφους" μας πληροφορεί για το κυρίαρχο μέγεθος ή για τη σειρά των μεγεθών των σωματιδίων του εδάφους μ' ένα τρόπο ποιοτικό και ποσοτικό. Ποιοτικά πληροφορούμαστε όταν ψηλαφίσουμε ένα έδαφος, αν πρόκειται για χονδρόκοκκο (βαρεία εδάφη) ή λεπτόκοκκο (ελαφριά και βαρεία εδάφη). Ποσοτικά η δομή του εδάφους περιγράφει τις σχετικές αναλογίες των διαφόρων μεγεθών των σωματιδίων ενός δοσμένου εδάφους. Η παραδοσιακή μέθοδος, για να χαρακτηριστεί το μέγεθος των σωματιδίων στα εδάφη, συνίσταται στο να διαιρέσουμε τα σωματίδια σε τρεις ομάδες μεγεθών:

- Άμμος,
- Ιλύς,
- Αργίλλος.

Η δομή ενός εδάφους μπορεί να είναι ομοιόμορφη σε όλο το βάθος του ή να διαφέρει από ορίζοντα σε ορίζοντα, με συνηθέστερη τη δεύτερη περίπτωση. Σε σχέση με τη δομή τα εδάφη ταξινομούνται σε έξι βασικούς τύπους που είναι: 1)Τα ελαφρά μονόκοκκα, 2)Τα βαρεία μονόκοκκα, 3)Κυβικής μορφής, 4)Πλακώδη, 5)Κοκκώδη και 6)Πρισματικά. Τα ελαφρά μονόκοκκα εδάφη απαρτίζονται από σωματίδια με ομοιόμορφους κόκκους της τάξεως της άμμου, στερούνται δομής και επιτρέπουν την εύκολη διείσδυση και διακίνηση του νερού. Τα βαρεία μονόκοκκα απαρτίζονται από κόκκους της τάξεως της αργίλλου, δεν έχουν δομή και μοιάζουν με συμπαγή άμορφη μάζα. Το νερό κινείται στα εδάφη αυτά πολύ δύσκολα. Ανάμεσα στους δύο ακραίους αυτούς τύπους βρίσκονται οι άλλοι τέσσερεις. Στα κυβικής μορφής εδάφη οι κόκκοι σχηματίζουν συσσωματώματα που έχουν μορφή κύβου και επιτρέπουν καλή διακίνηση του νερού. Τα πλακώδη αποτελούνται από πλατιά και λεπτά συσσωματώματα στα οποία η πλευρική κίνηση του νερού γίνεται εύκολα σε αντίθεση με την κατακόρυφη που γίνεται με δυσκολία. Στα πρισματικά εδάφη τα συσσωματώματα έχουν τη μορφή πρισμάτων με μακρύ τον κατακόρυφο άξονά τους και παρουσιάζουν εύκολη διείσδυση και κατακόρυφη κίνηση του νερού. Τέλος, τα κοκκώδη απαρτίζονται από σφαιρικά συσσωματώματα και επιτρέπουν καλή κίνηση του νερού προς όλες τις κατευθύνσεις.

Αντίθετα από την υφή, που πρακτικά είναι αδύνατο να μεταβληθεί, η δομή του εδάφους, στην επιφανειακή του κυρίως στρώση, μπορεί ν' αλλάξει με διάφορες επεμβάσεις προς το καλύτερο ή χειρότερο. Ευεργετική επίδραση στη δομή έχει η μακροχρόνια καλλιέργεια ψυχανθών και η εναλλαγή ξερών και υγρών περιόδων. Αντίθετα, χρήση καλλιεργητικών μηχανημάτων σε βαρεία και υγρά εδάφη υποβαθμίζει τη δομή τους. Άλλος σοβαρός παράγοντας υποβαθμίσεως είναι η περιεκτικότητα σε άλατα του αρδευτικού νερού, κυρίως όταν αυτό εφαρμόζεται σε βαρεία μέχρι μέσα εδάφη. Ιδιαίτερα σοβαρή επίδραση έχει το νάτριο που προκαλεί αποσύνθεση των εδαφικών συσσωματωμάτων και μετατρέπει το έδαφος σε μια άμορφη συμπαγή μάζα.

Ξεχωριστή κατηγορία αποτελούν τα οργανικά εδάφη. Τέτοια είναι τα εδάφη που περιέχουν οργανική ουσία σε ποσοστό από 20-95%. Οργανικά εδάφη στα οποία έγινε λίγο ή καθόλου αποσύνθεση της οργανικής τους ουσίας λέγονται τυρφώδη και είναι πολύ προβληματικά σε σχέση με την κίνηση του νερού και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των καλλιεργειών. Οργανικά εδάφη στα οποία η αποσύνθεση είναι πολύ

προχωρημένη λέγονται χουμώδη και παρουσιάζουν άριστες συνθήκες κινήσεως και αποθηκεύσεως του νερού.

1.2. ΦΥΤΟ

Τα καλλιεργούμενα φυτά προήλθαν είτε απευθείας από τα άγρια φυτά (συνέβη και το αντίθετο) είτε από υβριδισμό αγρίων φυτών, είτε από υβριδισμό καλλιεργουμένων ειδών, είτε από υβριδισμό αγρίων με καλλιεργούμενα είδη, είτε από υβριδισμό ειδών που χάθηκαν, είτε δεν έχουν σχέση με κανένα άγριο είδος, είτε προήλθαν από μεταλλάξεις.

Η μεγάλη γενετική παραλλακτικότητα που υπάρχει στα καλλιεργούμενα είδη δημιουργήθηκε με τη φυσική και τεχνητή εξέλιξη των φυτών. Η φυσική εξέλιξη επιτεύχθηκε με τη φυσική επιλογή, τις φυσικές διασταυρώσεις και μεταλλάξεις. Η τεχνητή εξέλιξη ήταν απόρροια της επέμβασης του ανθρώπου στα φυτά με την τεχνητή επιλογή των καλύτερων φυτών που έκανε από την αρχή ο άνθρωπος, με τις τεχνητές διασταυρώσεις που σήμερα ο άνθρωπος τις ελέγχει, με μεθόδους βιοτεχνολογίας και με τις τεχνητές μεταλλάξεις.

Η προσαρμοστικότητα των φυτών είναι πολύπλοκος παράγοντας που διαμορφώνεται από την αλληλεπίδραση άλλων όπως ο γενότυπος, η μορφολογία-φυσιολογία-βιοχημεία του φυτού και το περιβάλλον. Σπουδαία χαρακτηριστικά και διεργασίες του φυτού που τροποποιήθηκαν και έπαιξαν ρόλο στην οικολογική προσαρμοστικότητα των φυτών ήταν: 1)Ο βιολογικός κύκλος του φυτού. 2)Προσαρμογή των σταδίων αναπτύξεως του φυτού στις εποχιακές μεταβολές του περιβάλλοντος. 3)Αντίδραση του φυτού στον φωτοπεριοδισμό. 4)Αντοχή στο ψύχος και 5)Βράχυνση του βιολογικού κύκλου.

Τα φυτά ταξινομούνται σύμφωνα με βοτανικά και γεωργικά κριτήρια ταξινόμησης.

Με τη βοτανική ταξινόμηση ασχολείται η συστηματική βοτανική και στηρίζεται στις σχέσεις και ομοιότητες μεταξύ των φυτών. Στον πλανήτη μας υπάρχουν περισσότερα από 250.000 φυτικά είδη. Το φυτικό βασίλειο περιλαμβάνει τέσσερις κατηγορίες: Θαλλόφυτα (φύκη, μύκητες), Βρυόφυτα, Πτεριδόφυτα και Σπερματόφυτα. Τα Σπερματόφυτα αποτελούν την ανώτερη μορφή του φυτικού βασιλείου.

Η γεωργική ταξινόμηση δεν έχει ένα συγκεκριμένο πρότυπο. Τα φυτά μπορούν να διακριθούν με βάση το μέρος που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος (ριζώδη, καρποδοτικά), τον ειδικό προορισμό (σιτηρά για ανθρώπινη κατανάλωση, κτηνοτροφικά, όσπρια, βιομηχανικά φυτά, αρωματικά, φαρμακευτικά κ.ά.).

Το σύνολο των φαινομένων αυξήσεως, διαιρέσεως και διαφοροποιήσεως των κυττάρων με τις οποίες από έναν οργανισμό

προκύπτουν οι απόγονοί του ονομάζεται βιολογικός κύκλος του φυτού. Ο βιολογικός κύκλος του φυτού από γεωργικής απόψεως διαιρείται στα εξής στάδια:

1. Στάδιο βλάστησης και φυτρώματος σπόρου.
2. Βλαστικό στάδιο (νεαρό φυτό) και
3. Αναπαραγωγικό στάδιο που περιλαμβάνει την καταβολή των ανθέων, την άνθηση, τη γονιμοποίηση και το στάδιο ωρίμανσης των καρπών και των σπόρων.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το φύτεμα είναι εσωτερικοί (γενετικοί παράγοντες-ποιότητα σπόρου) και εξωτερικοί. Από τους εξωτερικούς παράγοντες σπουδαιότεροι είναι οι παρακάτω: η υγρασία, το οξυγόνο, η θερμοκρασία, το φως και η κατάσταση του εδάφους. Κατά το βλαστικό στάδιο σημαντικοί παράγοντες είναι οι επαρκείς θρεπτικές ουσίες στο έδαφος, η ικανοποιητική υγρασία, το φως και η θερμοκρασία. Κατά το αναπαραγωγικό στάδιο, οι εσωτερικοί παράγοντες που το επηρεάζουν είναι κυρίως οι φυτοορμόνες, ενώ από τους εξωτερικούς παράγοντες σημαντικό ρόλο παίζει η θερμοκρασία, το φως, η φωτοπερίοδος και η υγρασία.

1.3. ΝΕΡΟ

Το νερό είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτών. Αποτελεί μέχρι και πλέον του 95% του συνολικού βάρους των φυτικών κυττάρων, παίρνει μέρος σε πολλές αντιδράσεις και ειδικότερα στη φωτοσύνθεση, αποτελεί το γενικό διαλύτη των ορυκτών και συστατικό του εδαφικού διαλύματος, από το οποίο προσλαμβάνονται τα θρεπτικά στοιχεία, αποτελεί επίσης διαλύτη των οργανικών ουσιών, που παράγονται και μετακινούνται στο φυτό, όπως και διαλύτη του διοξειδίου του άνθρακα που είναι απαραίτητο για τη φωτοσύνθεση. Ακόμη διατηρεί τα κύτταρα σε σπαργή, στοιχείο που είναι απαραίτητο για τις λειτουργίες του κυττάρου και τη στήριξη του φυτού, είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της ζωής του πρωτοπλάσματος και των κυττάρων γενικώς. Ελάχιστοι ιστοί μπορούν να ζήσουν με περιεκτικότητα σε υγρασία μικρότερη από 10%. Ακόμη το νερό, μέσω της διαπνοής, λόγω δημιουργίας διαφοράς δυναμικού, μεταφέρει σε κάθε σημείο του φυτού τα θρεπτικά συστατικά τα οποία παραλαμβάνονται από το ριζικό σύστημα. Επίσης προστατεύει τα φυτά από τις υψηλές θερμοκρασίες. Τα φυτά μπορούν να προσλάβουν θρεπτικά στοιχεία που θα επαρκέσουν για πολλές εβδομάδες, αλλά μη απορρόφηση νερού, έστω και για μία ημέρα, μπορεί να ανακόψει την ανάπτυξη του φυτού ή και να προκαλέσει το θάνατό του.

Ο κύκλος του νερού στον αγρό αρχίζει με το νερό που δέχεται ο αγρός με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, χαλάζι και

δρόσος) και την άρδευση, συνεχίζεται με την είσοδο του νερού στο έδαφος, την πρόσκαιρη αποθήκευσή του στο ριζόστρωμα με την απομάκρυνσή του, με την αποστράγγιση, την επιφανειακή απορροή, την εξάτμιση και την πρόσληψή του από τα φυτά, τα οποία το χρησιμοποιούν, αλλά και το διαπνέουν.

Δυσμενείς επιπτώσεις στο φυτό έχουμε τόσο από έλλειψη όσο και από περίσσεια υγρασίας.

Η έλλειψη υγρασίας αποτελεί συνήθως τη σπουδαιότερη αντιξοότητα του περιβάλλοντος που μειώνει τις αποδόσεις των φυτών. Έλλειψη υγρασίας παρατηρείται όταν η πρόσληψη του νερού είναι μικρότερη από τη διαπνοή, ώστε ο ρυθμός αυξήσεως του φυτού περιορίζεται και το φυτό μαραίνεται. Η μάρανση διακρίνεται σε προσωρινή μάρανση, όταν το φυτό μπορεί και επανακτά τη σπαργή του, και τη μόνιμη μάρανση που οδηγεί το φυτό στο θάνατο. Η έλλειψη υγρασίας ασκεί μεγαλύτερη επίδραση σε ορισμένο στάδιο του φυτού που ονομάζεται κριτική περίοδος. Φυτά με περιορισμένο συντελεστή διαπνοής έχουν περιορισμένες ζημιές από έλλειψη υγρασίας. Η έλλειψη νερού αντιμετωπίζεται με: 1) Άρδευση, που είναι ο σπουδαιότερος παράγοντας επιτυχίας πολλών καλλιεργειών, όταν αυτές καλλιεργούνται σε ξηρές περιοχές. 2) Καταστροφή ζιζανίων. 3) Προσθήκη οργανικής ουσίας. 4) Κατεργασία εδάφους. 5) Εναλλαγή καλλιεργειών. 6) Επωφελέστερη χρησιμοποίηση του νερού με εκλογή του κατάλληλου φυτού και ποικιλίας. 7) Χρήση αντιδιαπνευστικών ουσιών ή άλλων ουσιών που σκληραγωγούν το φυτό. 8) Αποταμίευση του νερού κατά τις περιόδους που δε χρειάζεται στα φυτά και χρησιμοποίησή του την περίοδο των αρδεύσεων.

Η περίσσεια υγρασίας είναι σπανιότερο φαινόμενο σε σχέση με την έλλειψη υγρασίας για τις συνθήκες της χώρας μας. Περίσσεια υγρασίας παρατηρείται και από κακή εφαρμογή της αρδεύσεως. Η περίσσεια υγρασίας αυξάνει τα βλαστικά τμήματα του φυτού σε σχέση με τα αναπαραγωγικά, προκαλεί πτώση καρποφόρων οργάνων, καταστροφή των ριζιδίων, δημιουργεί υδαρείς ιστούς που αυξάνουν την ευπάθεια σε ασθένειες, μειώνει πολλές φορές την ποιότητα του προϊόντος και προκαλεί σήψη τμημάτων του φυτού ή ολόκληρου του φυτού. Υπερβολική εδαφική υγρασία περιορίζει το απαραίτητο για το φυτό οξυγόνο και μπορεί να το οδηγήσει σε αποπληξία, επίσης περιορίζει τη μικροβιακή δράση που σχετίζεται με τη παροχή αφομοιώσιμων για το φυτό θρεπτικών στοιχείων και ακόμη, με αναερόβιες συνθήκες, οι μικροοργανισμοί παράγουν από τη διάσπαση της οργανικής ουσίας ανεπιθύμητες ή και επιβλαβείς για το φυτό ουσίες. Περίσσεια εδαφικής υγρασίας δυσχεραίνει επίσης ή καθυστερεί την έγκαιρη κατεργασία του εδάφους, ενώ η κατεργασία υγρού εδάφους καταστρέφει τη δομή του. Η

περίσσεια υγρασίας αυξάνει τη θερμοχωρητικότητα του εδάφους ώστε ο αγρός γίνεται πιο ψυχρός. Η περίσσεια εδαφικής υγρασίας αντιμετωπίζεται με τρόπους που αποσκοπούν στην καλή στράγγιση του εδάφους. Έργα αποστραγγίσεως και υποστραγγίσεως αποτελούν τα πλέον αποτελεσματικά μέτρα για αντιμετώπιση της περιπτώσεως υγρασίας.

1.4. ΤΟ ΝΕΡΟ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ

Τα στερεά συστατικά του εδάφους καταλαμβάνουν το 40-70% του όγκου του εδάφους. Ο υπόλοιπος όγκος καταλαμβάνεται από αέρα και νερό. Το μέγεθος, το σχήμα και η διάταξη των μορίων του εδάφους καθορίζουν τους κενούς χώρους αυτού. Αν όλοι οι κενοί χώροι καταλαμβάνονται από νερό, ότε το έδαφος είναι κορεσμένο υγρασίας.

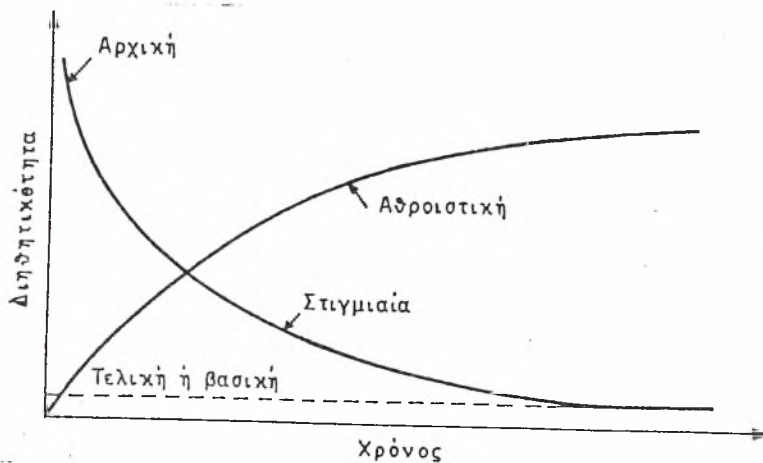
Το εδαφικό νερό διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες που δεν έχουν όμως σαφή όρια μεταξύ τους: α)Υδροστατικό (ή διηθητό): απομακρύνεται εύκολα με τη βαρύτητα γι' αυτό έχει μικρή σημασία για τα φυτά. β)Τριχοειδές: καταλαμβάνει τους τριχοειδής πόρους του εδάφους ή συγκρατείται, ως ένα λεπτό στρώμα γύρω από τους κόκκους του εδάφους, με δυνάμεις επιφανειακής τάσεως. Κινείται με τα τριχοειδή φαινόμενα προς τις ρίζες και προς την επιφάνεια του εδάφους. Είναι η κυριότερη πηγή νερού για τα φυτά. γ)Υγροσκοπικό: περιβάλλει σταθερά τα μόρια του εδάφους ως μεμβράνη, κινείται μόνο υπό μορφή υδρατμών και δεν προσλαμβάνεται από τα φυτά.

Οι παρακάτω εδαφικές σταθερές, σχετικές με την υγρασία, έχουν μεγάλη γεωργική σημασία:

- 1)Υδατοχωρητικότητα: είναι η μέγιστη ποσότητα νερού που μπορεί να χωρέσει σε ένα έδαφος όταν αποκλείεται η στράγγιση.
- 2)Υδατοϊκανότητα: είναι το ποσοστό του νερού που από την κατάσταση κορεσμού παραμένει στο έδαφος μετά από 48ωρη στράγγιση. Έχει μεγάλη σημασία για τα φυτά γιατί αντιπροσωπεύει την ποσότητα του νερού που μπορεί να συγκρατήσει το έδαφος. Η υδατοϊκανότητα αντιστοιχεί σε πίεση ίση με $1/3atm$. Η υδατοϊκανότητα είναι μεγαλύτερη στα αργιλλώδη εδάφη.
- 3)Σημείο μόνιμης μαράνσεως: είναι το ποσοστό νερού που υπάρχει στο έδαφος, όταν τα φυτά μαραίνονται οριστικώς από έλλειψη νερού. Το σημείο μόνιμης μαράνσεως αντιστοιχεί σε πίεση ίση με $15atm$. Το σημείο μαράνσεως εξαρτάται από το είδος του εδάφους. Τα βαρεία (αργιλλώδη) εδάφη έχουν πολύ μεγαλύτερο σημείο μαράνσεως από τα αμμώδη, γιατί έχουν μεγαλύτερη ποσότητα υγροσκοπικού νερού.

- 4) Διαθέσιμο νερό: είναι το ποσοστό νερού που προκύπτει από τη διαφορά μεταξύ υδατοϊκανότητας και σημείου μαράνσεως. Συνήθως είναι περισσότερο στα αργιλλώδη εδάφη, λόγω μεγαλύτερης υδατοϊκανότητας.
- 5) Ωφέλιμη υγρασία: είναι η υγρασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών. Είναι κλάσμα του διαθέσιμου νερού. Παράγοντες που συντελούν στον περιορισμό της ωφέλιμης υγρασίας είναι: α) Φυτικοί, όπως καλλιέργειες με επιπόλαιο, αραιό και αναπτυσσόμενο με βραδύ ρυθμό ριζικό σύστημα. Καλλιέργειες που η κύρια ανάπτυξή τους γίνεται την εποχή που η εξατμισοδιαπνοή είναι μέγιστη. β) Εδαφικοί, όπως αβαθή εδάφη με δομή που εμποδίζει την ανάπτυξη των ριζών. Συνεκτικά εδάφη με περιορισμένη διηθητικότητα και κακό αερισμό. Εδάφη με μικρή ικανότητα συγκρατήσεως νερού, αλατούχα, με υπερβολική γονιμότητα, με υψηλή θερμοκρασία. γ) Κλιματικοί, όπως συνθήκες που ευνοούν έντονο ρυθμό εξατμισοδιαπνοής, χωρίς βροχή κατά την κύρια περίοδο αναπτύξεως των καλλιεργειών. Παράγοντες που συντελούν σε αυξημένη ωφέλιμη υγρασία είναι: α) Φυτικοί, όπως καλλιέργειες με βαθύ, πυκνό και γρήγορα αναπτυσσόμενο ριζικό σύστημα, με ξηροφυτικά χαρακτηριστικά. β) Εδαφικοί, όπως εδάφη βαθειά, με καλή δομή, καλή διηθητικότητα και αερισμό, μεγάλης ικανότητας συγκρατήσεως νερού, μικρής περιεκτικότητας σε άλατα, υπόγειας στάθμης νερού λίγο κάτω από το ριζόστρωμα. γ) Κλιματικοί, όπως είναι ο βροχερός καιρός και αυτός που συνεπάγεται χαμηλή εξατμισοδιαπνοή κατά την περίοδο εντατικής αναπτύξεως των καλλιεργειών.
- 6) Διηθητικότητα: είναι η ταχύτητα με την οποία το έδαφος απορροφά το νερό που δίνεται στην επιφάνεια του εδάφους με βροχές ή άρδευση. Η ταχύτητα με την οποία το νερό διηθείται στο έδαφος δεν είναι σταθερή με το χρόνο. Αρχικά η ταχύτητα αυτή είναι πολύ μεγάλη, αλλά με την πάροδο του χρόνου, ελαττώνεται σημαντικά μέχρι κάποιο όριο που από εκεί και πέρα παραμένει σταθερή. Η ταχύτητα διηθήσεως στην αρχή του φαινομένου λέγεται αρχική διηθητικότητα και η σταθερή τιμή που παίρνει, μετά την παρέλευση αρκετού χρόνου, λέγεται τελική ή βασική διηθητικότητα. Η ταχύτητα διηθήσεως, σε οποιαδήποτε στιγμή, κατά τη διάρκεια του φαινομένου λέγεται στιγμιαία διηθητικότητα. Η ποσότητα του νερού που διηθείται στο έδαφος από την αρχή του φαινομένου μέχρι κάποιο χρόνο λέγεται αθροιστική διηθητικότητα. Οι καμπύλες της στιγμιαίας και αθροιστικής διηθητικότητας έχουν πρωταρχική σημασία στην

εφαρμογή των αρδεύσεων γιατί με βάση αυτές καθορίζεται ο ρυθμός εφαρμογής του νερού και η διάρκεια της αρδεύσεως. Τυπικές καμπύλες διηθητικότητας δίνονται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1: Τυπικές καμπύλες στιγμιαίας και αθροιστικής διηθητικότητας ομογενών εδαφών.

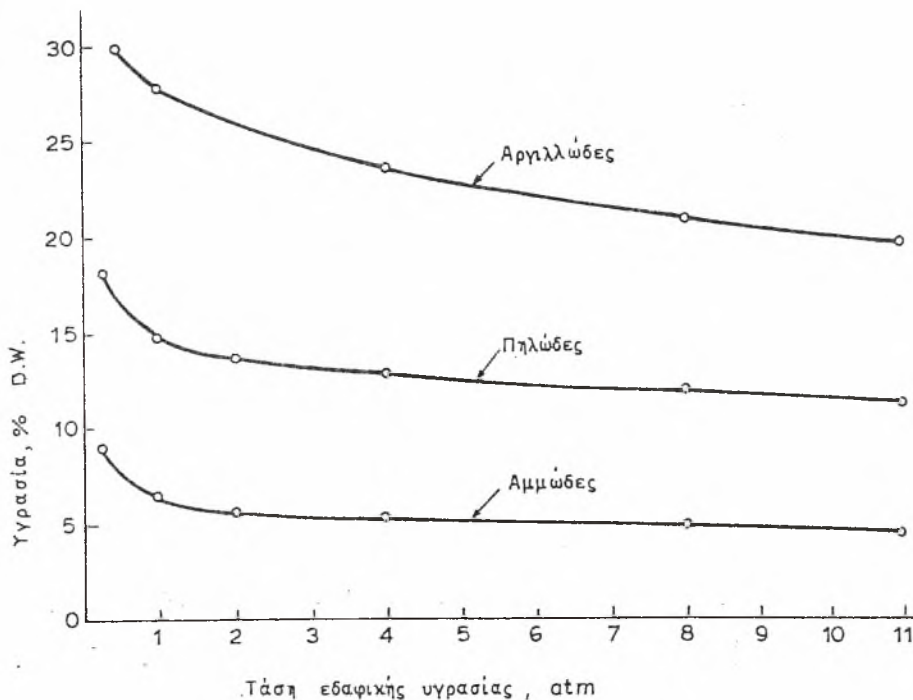
Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διηθητικότητα στα χωράφια είναι: η στεγανοποίηση της επιφάνειας του εδάφους, η θερμοκρασία του νερού, η περιεκτικότητα του αρδευτικού νερού σε άλατα, η ισοπέδωση και η διάβρωση του εδάφους, τα φερτά υλικά του αρδευτικού νερού, οι εδαφοκαλλιεργητικές εργασίες, η προσθήκη οργανικών υλικών και η δημιουργία υπεδάφιας αδιαπέρατης στρώσης.

7) Υγρασία του εδάφους: Οι δυνάμεις που συγκρατούν το νερό στο έδαφος εκφράζονται γενικά με τους ισοδύναμους όρους αρνητική πίεση ή τάση ή μύζηση, είναι ανάλογες προς την περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία και σχετίζονται με τα φαινόμενα της συνάφειας και της συνοχής. Οι δυνάμεις συνάφειας αντιπροσωπεύουν κατά κάποιο τρόπο την έλξη που ασκούν τα εδαφομόρια με την επιφάνειά τους πάνω στο νερό. Οι δυνάμεις συνοχής αντιπροσωπεύουν την έλξη που ασκούν τα μόρια του νερού το ένα στο άλλο. Η αρνητική πίεση ή τάση της εδαφικής υγρασίας είναι το μέτρο που δείχνει πόσο ισχυρά συγκρατείται το νερό στο έδαφος και είναι αντιπροσωπευτική του μεγέθους της δύναμης ανά μονάδα επιφάνειας που πρέπει να καταβληθεί για την απομάκρυνσή του από τους εδαφικούς πόρους. Η δύναμη αυτή εκφράζεται συνήθως σε atm ή σε ισοδύναμο ύψος υδάτινης στήλης. Μια συγκεκριμένη τάση δεν αντιπροσωπεύει μονότιμα την ποσότητα του νερού που υπάρχει σε οποιοδήποτε έδαφος,

ούτε κατ' επέκταση την ποσότητα του νερού που μπορεί ν' απομακρυνθεί από ένα έδαφος αν εφαρμοστεί μια δύναμη ίση και αντίθετη προς την τάση αυτή. Οι ποσότητες αυτές είναι συνάρτηση της υφής και της δομής του εδάφους.

Για να γίνει δυνατή η εκτίμηση της ποσότητας του νερού που μπορεί να συγκρατήσει ένα έδαφος κάτω από διαφορετικές τάσεις κατασκευάζονται καμπύλες που συνδέουν την υγρασία του εδάφους με τις αντίστοιχες τάσεις (πίεσεις). Οι καμπύλες αυτές είναι αντιπροσωπευτικές κάθε τύπου εδάφους και λέγονται χαρακτηριστικές καμπύλες. Στο σχήμα που ακολουθεί δίνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες τριών βασικών εδαφικών τύπων υφής.

Χαρακτηριστικές καμπύλες εδαφικής υγρασίας των τριών βασικών εδαφικών τύπων υφής.



1.5. ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΤΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Για τη συνεχή τροφοδότηση των φυτών με νερό παίζει ρόλο η ικανότητα με την οποία τα φυτά προσλαμβάνουν το νερό και η ευκολία με την οποία κινείται αυτό στο έδαφος. Το νερό κινείται στο έδαφος από τις περιοχές με υψηλότερο δυναμικό προς τις περιοχές με χαμηλότερο δυναμικό. Το δυναμικό καθορίζεται από διάφορες δυνάμεις όπως η βαρύτητα, η πίεση του αέρα, η ωσμωτική πίεση, η τάση συγκρατήσεως από τη στερεά φάση του εδάφους. Με την απορρόφηση του νερού από τις ρίζες δημιουργείται διαφορά δυναμικού μεταξύ του νερού που είναι σε

επαφή με τις ρίζες και εκείνου που είναι μακρύτερα, ώστε μεταφέρεται νερό από τις απομακρυσμένες περιοχές του εδάφους προς το έδαφος που είναι κοντά στις ρίζες.

Το νερό κινείται μέσω των τριχοειδών πόρων με τη βαρύτητα, τη θερμότητα και τις τριχοειδής δυνάμεις. Υπάρχει και η ανοδική τριχοειδής κίνηση του νερού που εξαρτάται από τη φυσική σύσταση του εδάφους. Σε πολύ αμμώδη εδάφη, με μόρια μεγαλύτερα από 2,5mm δεν παρουσιάζεται τριχοειδής άνοδος και στα αργιλώδη η κίνηση είναι βραδεία, αλλά μπορεί να υπερβεί το 1m. Γενικώς η κίνηση του νερού στο έδαφος δυσχεραίνεται από τα λεπτά συστατικά αυτού και ιδιαιτέρως από τα κολλοειδή της αργίλλου. Αν ξηρό έδαφος παρεμβληθεί στην ανοδική πορεία του νερού σταματάει η τριχοειδής κίνηση. Το φυτό για να ικανοποιήσει τις ανάγκες του σε νερό αναπτύσσει το ριζικό του σύστημα προς τα υγρότερα μέρη. Η κίνηση του νερού στο έδαφος και η ανάπτυξη των ριζών ευνοούνται σε εδάφη μέσης συστάσεως.

Η τροφοδότηση της ριζόσφαιρας με νερό γίνεται κυρίως με τη βροχή, την άρδευση και την τριχοειδή άνοδο του νερού από τυχόν υπόγεια στάθμη. Σε γυμνό έδαφος οι απώλειες σε νερό προκαλούνται από επιφανειακή απορροή (ανάλογη της κλίσεως του εδάφους), από βαθιά διήθηση και από εξάτμιση. Όταν στο έδαφος υπάρχει καλλιέργεια, υπάρχει επιπλέον απώλεια λόγω της πρόσληψης νερού από τα φυτά, του οποίου μέρος χρησιμοποιούν τα φυτά για να συνθέσουν το “σώμα” τους, ενώ το υπόλοιπο φεύγει προς την ατμόσφαιρα με τη διαπνοή. Όταν υπάρχει μεγάλη φυτοκάλυψη υπάρχει μικρή εξάτμιση και μεγάλη διαπνοή. Το ισοζύγιο του νερού στο περιβάλλον του φυτού εξαρτάται από τις παραπάνω προσθήκες και απώλειες.

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

2.1. ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Αντικειμενικός σκοπός της αρδεύσεως είναι ο εφοδιασμός των καλλιεργειών με το απαραίτητο νερό για:

- α)Κανονική ανάπτυξη
- β)Μεγιστοποίηση της αποδόσεώς τους
- γ)Βελτίωση ποιότητας προϊόντων.

Ένα φυτό σε ανάπτυξη προσλαμβάνει με τις ρίζες του νερό μαζί με τα διαλυμένα σ' αυτό θρεπτικά στοιχεία που μετά από μια διαδρομή μέσα στους φυτικούς ιστούς καταλήγει στα φύλλα. Από εκεί, όταν τα στόματα των φύλλων είναι ανοικτά, το νερό κινείται με τη μορφή υδρατμών προς την περιβάλλουσα το φύλλωμα ατμόσφαιρα. Νερό επίσης χάνεται από το χωράφι με τη διαδικασία της εξατμίσεως από την επιφάνεια του εδάφους. Τέλος, μετά από βροχή ή άρδευση με καταιονισμό, το νερό που συγκρατείται από τα υπέργεια μέρη του φυτού εξατμίζεται και αυτό προς την ατμόσφαιρα. Το νερό που απομακρύνεται από το χωράφι με όλες αυτές τις διαδικασίες αναφέρεται σαν εξατμισοδιαπνοή.

Η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής είναι ένα από τα βασικά στοιχεία που, μαζί με την ωφέλιμη υγρασία, αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο για το σωστό προγραμματισμό των αρδεύσεων. Το τελικό μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των φυτών και τις συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα που περιβάλλει το φύλλωμά τους.

2.2. ΦΥΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

α)Το είδος του φυτού:

Τα φυτά διαφέρουν μεταξύ τους ως προς 1)Το βάθος και πυκνότητα του ριζικού συστήματος 2)Την πυκνότητα και έκταση του φυλλώματος 3)Το ύψος 4)Την εποχή που αναπτύσσονται 5)Τον τρόπο σποράς και τις μεταξύ τους αποστάσεις. Βασίζόμενος στα παραπάνω ο Penman διαπίστωσε ότι καλλιεργείες με φύλλωμα σε χαμηλά επίπεδα, παραπλήσια χαρακτηριστικά που καλύπτουν όλο το έδαφος και που αναπτύσσονται σε χωράφια με επαρκή υγρασία έχουν την ίδια εξατμισοδιαπνοή που είναι ανεξάρτητη από το φυτικό είδος και τα χαρακτηριστικά του εδάφους στο οποίο καλλιεργούνται. Επίσης διαπίστωσε ότι το μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής εξαρτάται από τις επικρατούσες συνθήκες της ατμόσφαιρας στην περιοχή του φυλλώματος και μόνο απ' αυτές.

β)Η ανακλαστικότητα του φυλλώματος:

Η ανακλαστικότητα (albedo) είναι ο λόγος της ανακλώμενης ακτινοβολίας προς την προσπίπτουσα. Η ανακλαστικότητα επηρεάζεται από το χρώμα και την τραχύτητα της επιφάνειας που δέχεται την ακτινοβολία. Η ανακλαστικότητα του φυλλώματος, αλλά και του εδάφους επηρεάζει το ύψος της εξατμισοδιαπνοής. Για τις πυκνοφυτεμένες καλλιέργειες το albedo κυμαίνεται από 20-30%, ενώ για γυμνό έδαφος από 11-23%.

γ) Το ποσοστό καλύψεως του εδάφους από το φύλλωμα:

Η εξατμισοδιαπνοή γίνεται μέγιστη όταν η κάλυψη του εδάφους από το φύλλωμα είναι 100%. Αυτό όμως δεν αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση. Μετά από πολλές μακροχρόνιες παρατηρήσεις ισχύει ότι για τις περισσότερες καλλιέργειες, όταν το ποσοστό καλύψεως είναι 50-60% της επιφάνειας του εδάφους, η εξατμισοδιαπνοή λίγο διαφέρει από όταν το ποσοστό είναι 100%.

δ) Το ύψος των φυτών:

Από πειράματα αποδεικνύεται ότι τα ψηλά φυτά παρουσιάζουν πιο έντονη εξατμισοδιαπνοή από τα χαμηλά. Αυτό οφείλεται στο ότι τα ψηλά φυτά πέρα από την άμεση δέχονται περισσότερη έμμεση ανοδική ακτινοβολία από το έδαφος που χρησιμοποιείται για διαπνοή. Στην περίπτωση όμως όχι μεμονωμένων φυτών, αλλά καλλιεργειών που καλύπτουν όλη την επιφάνεια του εδάφους, δεν υπάρχει διαφοροποίηση στην ακτινοβολία κάθε προελεύσεως που δέχονται, με συνέπεια να μην παρατηρείται διαφοροποίηση στην εξατμισοδιαπνοή.

ε) Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος:

Σε υγρά εδάφη με ανοικτή δομή όπου τα φυτά έχουν άφθονη υγρασία στη διάθεσή τους, αβαθές και αραιό ριζικό σύστημα μπορούν να αντλούν το ίδιο εύκολα τις απαραίτητες ποσότητες νερού για την ικανοποίηση της μέγιστης εξατμισοδιαπνοής τους, όπως και τα φυτά με βαθιές και πυκνές ρίζες. Ενώ σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα και συνεκτικά εδάφη, φυτά με βαθιά και πυκνό ριζικό σύστημα εκμεταλλεύονται εύκολα όλη την εδαφική υγρασία, σε αντίθεση με φυτά που έχουν επιπόλαιο και αραιό ριζικό σύστημα, με συνέπεια τα πρώτα να παρουσιάζουν μεγαλύτερη εξατμισοδιαπνοή από τα δεύτερα.

στ) Το στάδιο αναπτύξεως της καλλιέργειας:

Η εξατμισοδιαπνοή αυξάνει με γρήγορο ρυθμό από το φύτευμα μέχρι την πλήρη ανάπτυξη της καλλιέργειας, διατηρείται σταθερή για ένα χρονικό διάστημα και μετά ελαττώνεται. Η ταχεία αύξηση κατά την περίοδο αναπτύξεως οφείλεται κατά κύριο λόγο στη μεταβολή του ποσοστού φυτοκαλύψεως του εδάφους που ξεκινάει από μηδέν και φτάνει στο 100%. Η ελάττωση στα τελευταία στάδια της βλαστικής περιόδου οφείλεται σε φυσιολογικές διαφοροποιήσεις των φυτών.

2.3. ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Δύο είναι οι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν ουσιαστικά το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής. Ο πρώτος είναι η διαθεσιμότητα ενέργειας (ηλιακής), γιατί χωρίς αυτή δεν μπορεί να γίνει εξάτμιση. Ο δεύτερος είναι η αεροδυναμική κατάσταση της ατμόσφαιρας που ρυθμίζει την ταχύτητα με την οποία απομακρύνονται οι υδρατμοί από την περιοχή του φυλλώματος και προσδιορίζει το ρυθμό της εξατμισοδιαπνοής.

Έτσι συμπεραίνουμε ότι η εξατμισοδιαπνοή από μια καλλιέργεια που αναπτύσσεται κανονικά και καλύπτει πρακτικά όλη την επιφάνεια του εδάφους, διαμορφώνεται από το κλίμα της περιοχής. Ποσοτική έκφρασή της είναι η σχέση $ET=LE/59$, όπου ET η εξατμισοδιαπνοή, ή οποία εκφράζεται σε mm πάχους υδάτινου στρώματος, LE η λανθάνουσα θερμότητα, η οποία εκφράζεται σε cal. Σύμφωνα με αυτή τη σχέση, η λανθάνουσα θερμότητα, που το μέγεθός της διαμορφώνεται από την καθαρή ακτινοβολία, την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία, τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, μια έκφραση των οποίων είναι η αεροδυναμική τραχύτητα.

Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις έχει αναπτυχθεί ένας αριθμός μεθόδων ποσοτικής εκτιμήσεως της εξατμισοδιαπνοής, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

1. Έμμεσες μικροκλιματικές μέθοδοι.
2. Έμμεσες εμπειρικές μέθοδοι.
3. Άμεσες μέθοδοι.
4. Βελτιωμένες μέθοδοι έμμεσου υπολογισμού της.

2.4. ΕΜΜΕΣΕΣ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στο ισοζύγιο ενέργειας και στις σχέσεις που περιγράφουν τους μηχανισμούς που απομακρύνουν τους υδρατμούς από την περιοχή του φυλλώματος των καλλιεργειών. Για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των μεθόδων αυτών η καλλιέργεια πρέπει να καλύπτει όλη την επιφάνεια του εδάφους και να έχει στη διάθεσή της όσο νερό χρειάζεται για την ικανοποίηση των αναγκών της. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ο όρος της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής. Συγκεκριμένα, δυναμική εξατμισοδιαπνοή (PET) είναι η ποσότητα του νερού που καταναλίσκεται από μια καλλιέργεια με μικρό και ομοιόμορφο ύψος, δυναμική ανάπτυξη, φύλλωμα που καλύπτει όλη την επιφάνεια του εδάφους και έχει πάντοτε στη διάθεσή της όσο νερό της χρειάζεται.

Οι μικροκλιματικές μέθοδοι που υπολογίζουν τη δυναμική εξατμισοδιαπνοή διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τις κλιματικές παραμέτρους που χρησιμοποιούν:

1. Οι αεροδυναμικές μέθοδοι που δίνουν κατά κύριο λόγο έμφαση στο μηχανισμό μεταφοράς των υδρατμών από την περιοχή του φυλλώματος των καλλιεργειών.
2. Οι μέθοδοι του ισοζυγίου ενέργειας που έχουν σα βάση την εκτίμηση της λανθάνουσας θερμότητας με την εξίσωση του ισοζυγίου ενέργειας.
3. Οι μικτές μέθοδοι που αποτελούν συνδυασμό των δύο προηγούμενων.

2.5. ΕΜΜΕΣΕΣ ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

Με τις έμμεσες μικροκλιματικές μεθόδους υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής διερευνήθηκαν ορισμένες σχέσεις με τις οποίες μπορεί να υπολογιστεί, με σχετική ακρίβεια, η ημερήσια ή ωριαία διακύμανση της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής. Στις σχέσεις αυτές χρησιμοποιούνται κλιματικές παράμετροι που η μέτρησή τους απαιτεί εξειδικευμένα και ευαίσθητα όργανα που είναι διαθέσιμα σε περιορισμένο αριθμό σταθμών σ' όλο τον κόσμο. Για το λόγο αυτό η χρήση τέτοιων μεθόδων περιορίζεται κυρίως στη μελέτη της επιδράσεως των διαφόρων παραμέτρων του κλίματος πάνω στη δυναμική εξατμισοδιαπνοή σε πειραματικά χωράφια.

Η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής σε περιοχές που πρόκειται για πρώτη φορά να κατασκευαστούν αρδευτικά έργα αποτελεί βασική προϋπόθεση για τον καθορισμό της εκτάσεως που μπορεί ν' αρδευτεί από μια δεδομένη πηγή νερού, όπως και για τον υπολογισμό της παροχής των κάθε τάξεως αγωγών μεταφοράς και εφαρμογής του νερού των έργων αυτών. Το ίδιο ισχύει και για την κατάστρωση προγραμμάτων αρδεύσεως σε περιοχές που ήδη λειτουργούν αρδευτικά δίκτυα. Στις περιοχές αυτές, κατά κανόνα, η διαθεσιμότητα κλιματικών στοιχείων είναι περιορισμένη σε αριθμό, ποιότητα και χρονική διάρκεια. Για τις περιπτώσεις αυτές έχουν διερευνηθεί κατά καιρούς εμπειρικές μέθοδοι που συσχετίζουν την εξατμισοδιαπνοή με μια ή περισσότερες κλιματικές παραμέτρους των οποίων υπάρχουν διαθέσιμες παρατηρήσεις. Είναι φυσικό τέτοιες μέθοδοι να δίνουν μόνο κατά προσέγγιση εκτιμήσεις.

Σκοπός των έμμεσων εμπειρικών μεθόδων είναι η εκτίμηση της μηνιαίας και εποχιακής εξατμισοδιαπνοής των πιο διαδεδομένων καλλιεργειών. Οι έμμεσες εμπειρικές μέθοδοι μπορούν να εφαρμοστούν

για υπολογισμούς της εξατμισοδιαπνοής σε μεγάλα γεωγραφικά διαμερίσματα και είναι:

1. Η μέθοδος του Thornthwaite.
2. Η μέθοδος των Blaney-Criddle.
3. Η μέθοδος των Jensen-Haise.
4. Άλλες μέθοδοι: Μέθοδος Penman, μέθοδος Makkink.

2.6. ΑΜΕΣΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

Οι διαδικασίες άμεσης εκτιμήσεως της εξατμισοδιαπνοής έχουν σαν αρχή την παρακολούθηση του νερού που μπαίνει στο έδαφος με άρδευση ή βροχή και τη μεταβολή της εδαφικής υγρασίας κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου ή μέρους αυτής. Με βάση την αρχή αυτή, έχουν κατά καιρούς αναπτυχθεί οι μέθοδοι που ακολουθούν:

1. Μέθοδος των πειραματικών αγροτεμαχίων.
2. Μέθοδος των διαδοχικών δειγματοληψιών.
3. Μέθοδος του ισοζυγίου υγρασίας.
4. Μέθοδος του λυσίμετρου.

2.7. ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΜΜΕΣΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

Οι έμμεσες εμπειρικές μέθοδοι είναι αυτές που κατά κύριο λόγο ενδιαφέρουν τις αρδεύσεις, είναι κατά βάση εμπειρικές και διερευνήθηκαν κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες κλίματος, εδάφους και καλλιέργειας. Είναι φυσικό, οι υπολογισμοί της εξατμισοδιαπνοής που δίνουν να αποκλίνουν από την πραγματική, όταν οι συνθήκες ενός τόπου διαφέρουν από αυτές που επικρατούσαν κατά το στάδιο της διερευνήσεώς τους. Το γεγονός αυτό δημιούργησε την ανάγκη προσφυγής σε πρόσθετες διαδικασίες που οδηγούν σε ακριβέστερη εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής κάτω από οποιοδήποτε συνδυασμό συνθηκών περιβάλλοντος, καλλιέργειας και γεωργικής πρακτικής.

Τελικός σκοπός κάθε προσπάθειας είναι η εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (ETc) μιας καλλιέργειας. Με τον όρο αυτόν εννοούμε το σύνολο του νερού που χάνεται από ένα καλλιεργημένο χωράφι, όπου νερό και έδαφος δεν αποτελούν περιοριστικούς παράγοντες, η καλλιέργεια είναι ελεύθερη από κάθε είδους ασθένεια και δίνει τη μέγιστη απόδοσή της κάτω από τις τοπικές συνθήκες του περιβάλλοντος και την εφαρμοζόμενη καλλιεργητική πρακτική. Η ETc αντιπροσωπεύει τις πραγματικές σε νερό ανάγκες μιας καλλιέργειας και το μέγεθός της διαμορφώνεται από: α) Τις κλιματικές συνθήκες. β) Τα χαρακτηριστικά της

καλλιέργειας και γ)Τις τοπικές συνθήκες και την καλλιεργητική πρακτική.

Οι κλιματικές συνθήκες ενός τόπου διαμορφώνουν τη βασική εξατμισοδιαπνοή (ETr). Σαν ETr θεωρείται η εξατμισοδιαπνοή από ένα καλλιεργημένο χωράφι που έχει σημαντική έκταση, η επιφάνειά του καλύπτεται ολικά από χαμηλά φυτά που αναπτύσσονται δυναμικά και σε κανένα στάδιο της αναπτύξεώς τους δεν υποφέρουν από έλλειψη νερού. Η ETr είναι ανεξάρτητη απο' το φυτικό είδος που καλλιεργείται.

Η επίδραση των χαρακτηριστικών της καλλιέργειας στη διαμόρφωση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ETc αντιπροσωπεύεται από το φυτικό συντελεστή (kc). Ο συντελεστής αυτός είναι μια αναλογική σταθερά, που συνδέει τη βασική με την πραγματική εξατμισοδιαπνοή, δηλαδή

$$ETc = kc \cdot ETr \quad (1)$$

Οι τιμές του kc είναι ανεξάρτητες από τη μέθοδο υπολογισμού της βασικής εξατμισοδιαπνοής, είναι ενιαίες, αλλά όχι σταθερές, εξαρτώμενες από διάφορους παράγοντες όπως είναι τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, η εποχή σοράς ή φυτεύσεως, ο ρυθμός αναπτύξεως, η διάρκεια της περιόδου αναπτύξεως και οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε τόπο.

Το τελικό μέγεθος της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής επηρεάζεται από τις ιδιαίτερες συνθήκες και την καλλιεργητική πρακτική που επικρατούν σε κάθε τόπο. Παράγοντες που ανήκουν στην κατηγορία αυτή είναι το μέγεθος του χωραφιού, το υψόμετρο της περιοχής, η διαθεσιμότητα εδαφικής υγρασίας, η παθογένεια των εδαφών, ο τρόπος καλλιέργειας των χωραφιών και ο τρόπος εφαρμογής του αρδευτικού νερού. Η εκτίμηση της επιδράσεως των παραγόντων αυτών γίνεται χωριστά και ειδικά για κάθε τόπο, ανάλογα δε, διαμορφώνεται το τελικό μέγεθος της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, είτε προς τα κάτω είτε προς τα πάνω από αυτό που υπολογίζεται με τη σχέση (1). Παίρνοντας υπόψη τα παραπάνω, η πραγματική εξατμισοδιαπνοή από ένα χωράφι, στο οποίο αναπτύσσεται μια συγκεκριμένη καλλιέργεια γίνεται σε τρία στάδια, που κατά σειρά είναι:

- α) Ο υπολογισμός της βασικής εξατμισοδιαπνοής
- β) Ο προσδιορισμός του φυτικού συντελεστή
- γ) Η ποσοτική εκτίμηση της επιδράσεως που ασκούν οι επικρατούσες τοπικά συνθήκες και η καλλιεργητική πρακτική.

2.7.1. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

Τροποποιημένη μέθοδος των Blaney-Criddle

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής, με τη μέθοδο αυτή περιλαμβάνει την εκτίμηση ενός κλιματικού παράγοντα (F) με βάση τη

μέση θερμοκρασία του αέρα (T) και το ποσοστό που αντιπροσωπεύει ο αριθμός ωρών ημέρας ενός μήνα σε σχέση με τον αριθμό ωρών ημέρας του χρόνου (p). Ο κλιματικός παράγοντας F πολλαπλασιάζεται στη συνέχεια μ' ένα φυτικό συντελεστή (K) για την τελική εκτίμηση των αναγκών σε νερό μιας καλλιέργειας. Όμως η θερμοκρασία του αέρα και οι ώρες της ημέρας που υπάρχει φως δεν είναι αρκετά για να περιγράψουν ικανοποιητικά το κλίμα μιας περιοχής, το οποίο και μόνο διαμορφώνει καθοριστικά την κατανάλωση του νερού από τις καλλιέργειες. Άλλοι βασικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας, η ταχύτητα του αέρα και η ηλιακή ακτινοβολία.

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, καταβλήθηκε προσπάθεια για την εκτίμηση της βασικής εξατμισοδιαπνοής σαν συνάρτηση του κλιματικού παράγοντα F, παίρνοντας όμως υπόψη και τις επιδράσεις από τους άλλους κλιματικούς παράγοντες. Όπως διαπίστωσαν οι Pruitt (1960, 1964), Tanner (1967) κ.ά. (Ζ. Γ. Παπαζαφειρίου, Αρχές και πρακτική των Αρδεύσεων, 1984) σε ένα δεδομένο κλίμα υπάρχει ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στη βασική εξατμισοδιαπνοή και τον παράγοντα F. Οι Pruitt και Doorenbos (1977) επέκτειναν τη σχέση αυτή για οποιεσδήποτε κλιματικές συνθήκες, συνεκτιμώντας την επίδραση της μέσης ελάχιστης ημερήσιας σχετικής υγρασίας του αέρα (RH_{min}), της μέσης ηλιοφάνειας (που εκφράζεται με το λόγο n/N, όπου n είναι η πραγματική και N η θεωρητική ηλιοφάνεια) και της μέσης ημερήσιας ταχύτητας του αέρα 2m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους (U₂, m/sec). Η σχέση στην οποία κατέληξαν οι παραπάνω ερευνητές, χρησιμοποιώντας μεγάλο αριθμό παρατηρήσεων από πολλά μέρη του κόσμου, έχει τη μορφή

$$ET_r = a + bF \text{ mm/ημέρα} \quad (2)$$

όπου

$$F = p(0,46T + 8,16) \quad (3)$$

και

$$a = 0,0043(RH_{min}) - (n/N) - 1,41 \quad (4)$$

Οι τιμές του b δίνονται στον πίνακα 1 (Παρ. Α) σα συνάρτηση των RH_{min}, n/N και U₂. Στοιχεία σχετικής υγρασίας, ηλιοφάνειας και ταχύτητας ανέμου για μια περιοχή μπορεί να παρθούν από κλιματικά δελτία, με επέκταση παρατηρήσεων από γειτονικές περιοχές ή με επιτόπιες παρατηρήσεις. Ημερήσιες τιμές του p κατά μήνα για διάφορα γεωγραφικά πλάτη δίνονται στον πίνακα 2 (Παρ. Α).

Στη μέθοδο αυτή βασική κλιματική παράμετρος παραμένει η θερμοκρασία του αέρα. Για το λόγο αυτό η χρήση της πρέπει να γίνεται με πολύ περίσκεψη, ιδιαίτερα όταν πρόκειται να εφαρμοστεί:

α) Σε μικρά νησιά και παράκτιες περιοχές, όπου η θερμοκρασία του αέρα επηρεάζεται σημαντικά από αυτή της θάλασσας, σε αντίθεση

με τις εποχιακές διακυμάνσεις της ηλιακής ακτινοβολίας που δεν την επηρεάζουν ουσιαστικά.

β) Σε μεγάλα υψόμετρα, όπου η μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλή αν και η ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι υψηλή.

γ) Σε κλίματα που παρουσιάζουν έντονη διακύμανση της ηλιοφάνειας κατά τις μεταβατικές εποχές, όπως είναι η άνοιξη και το φθινόπωρο σε τόπους με μέσο γεωγραφικό πλάτος.

Στις περιπτώσεις αυτές συνιστάται η χρήση κάποιας μεθόδου ηλιακής ακτινοβολίας, που είναι προτιμότερη ακόμα και όταν δεν υπάρχουν τοπικές παρατηρήσεις, αλλά αυτές μπορεί να παρθούν από χάρτες ή άλλες πηγές στοιχείων που αναφέρονται στην ευρύτερη περιοχή.

Υπολογισμοί της μέσης ημερήσιας βασικής εξατμισοδιαπνοής πρέπει να γίνονται για περίοδο τουλάχιστον ενός μήνα. Δεδομένου ότι σε ένα τόπο οι κλιματικές συνθήκες, και κατ' επέκταση η βασική εξατμισοδιαπνοή, διαφέρουν από χρόνο σε χρόνο, η βασική εξατμισοδιαπνοή πρέπει να υπολογίζεται χωριστά για κάθε μήνα ημερολογιακού έτους και όχι με βάση τη μέση θερμοκρασία που βγαίνει από παρατηρήσεις μακράς σειράς ετών.

Τροποποιημένη μέθοδος του Penman

Η αρχική εξίσωση του Penman (1948, 1956) διερευνήθηκε για την εκτίμηση της εξατμίσεως (E_0) από μια ελεύθερη επιφάνεια νερού. Η υπολογιζόμενη εξάτμιση βρέθηκε ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής από χορτοτάπητες στην Αγγλία, αν πολλαπλασιαστεί με εμπειρικά διερευνημένους φυτικούς συντελεστές που κυμαίνονται από 0,6 για τους χειμερινούς μήνες μέχρι 0,8 για τους θερινούς.

Η εξίσωση του Penman αποτελείται από δύο μέρη:

α) Το πρώτο μέρος αναφέρεται στη διαθέσιμη ενέργεια (ακτινοβολία).

β) Το δεύτερο μέρος αναφέρεται στην αεροδυναμική κατάσταση της ατμόσφαιρας (ταχύτητα ανέμου, υγρασία).

Η επίδραση που ασκεί το κάθε μέρος είναι συνάρτηση των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν. Έτσι, όταν ο καιρός είναι ήρεμος, πιο σημαντικό είναι το πρώτο μέρος της εξίσωσης και αν χρησιμοποιηθεί σαν φυτικός συντελεστής το 0,8 η σχέση μπορεί να υπολογίσει με ακρίβεια τη βασική εξατμισοδιαπνοή. Αντίθετα, όταν φυσάει αέρας, το δεύτερο μέρος της σχέσεως που αντιπροσωπεύει την αεροδυναμική συμπεριφορά της ατμόσφαιρας είναι το πιο σημαντικό και η χρήση της τιμής 0,8 για το φυτικό συντελεστή συνεπάγεται κατά κανόνα σημαντικά σφάλματα.

Οι Doorenbos και Pruitt (1977) τροποποίησαν την αρχική σχέση του Penman και τη χρησιμοποίησαν για την εκτίμηση της βασικής εξατμισοδιαπνοής. Η σχέση τους έχει τη μορφή:

$$ET_r = c * [W * R_n + (1 - W) * f(u) * (e_a - e_d)], \text{ mm/ημέρα} \quad (5)$$

όπου W : είναι ένας σταθμιστικός παράγοντας.

R_n : είναι η καθαρή ακτινοβολία εκφρασμένη σε ισοδύναμο πάχος εξατμιζόμενου νερού σε mm/ημέρα.

$f(u)$: είναι μια συνάρτηση που εξαρτάται από την ταχύτητα του αέρα.

e_a : είναι η πίεση κορεσμού των υδρατμών στη μέση θερμοκρασία του αέρα σε mbar.

e_d : είναι η πραγματική πίεση των υδρατμών της ατμόσφαιρας σε mbar.

c : είναι ένας παράγοντας προσαρμογής ενδεικτικός της διαφοράς των καιρικών συνθηκών που επικρατούν τη μέρα και τη νύχτα.

Ο σταθμιστικός παράγοντας W αντιπροσωπεύει την επίδραση της ακτινοβολίας στη βασική εξατμισοδιαπνοή και οι τιμές του για διάφορες θερμοκρασίες και υψόμετρα δίνονται στον πίνακα 3 (Παρ. Α).

Ο παράγοντας $(1 - W)$ αντιπροσωπεύει την επίδραση του ανέμου και της υγρασίας της ατμόσφαιρας στη βασική εξατμισοδιαπνοή. Τιμές του παράγοντα αυτού για διάφορες θερμοκρασίες και υψόμετρα δίνονται στον πίνακα 4 (Παρ. Α).

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τη βασική εξατμισοδιαπνοή είναι η υγρασία του αέρα. Στη σχέση (5) η υγρασία αυτή εκφράζεται με τη διαφορά $(e_a - e_d)$. Παρατηρήσεις ατμοσφαιρικής υγρασίας δίνονται συνήθως με τη μορφή σχετικής υγρασίας (RH_{max} , RH_{min}), σαν ενδείξεις ξηρού και υγρού θερμομέτρου και σα σημεία δρόσου. Ανάλογα με τα διαθέσιμα στοιχεία, η διαφορά $(e_a - e_d)$, με τη βοήθεια των πινάκων 5 και 6 (Παρ. Α) μπορεί να υπολογιστεί με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

1. Όταν δίνεται η μέση θερμοκρασία και η μέση σχετική υγρασία του αέρα, η e_a υπολογίζεται από τον πίνακα 5 (Παρ. Α) με βάση τη μέση θερμοκρασία και η e_d υπολογίζεται με τη σχέση $e_d = e_a * RH_{mean} / 100$ (6)

2. Όταν δίνεται η μέση θερμοκρασία του αέρα και παρατηρήσεις του υγρού και ξηρού θερμομέτρου, η e_a βρίσκεται από τον πίνακα 5 (Παρ. Α) με τη βοήθεια της μέσης ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και η e_d βρίσκεται από τον πίνακα 6 (Παρ. Α). Ο πίνακας αυτός είναι χωρισμένος σε δύο υποπίνακες που ο καθένας τους χρησιμοποιείται ανάλογα με τον τύπο του ψυχρόμετρου (συσκευή ξηρού-υγρού θερμομέτρου). Αν το όργανο είναι με ανεμιστήρα (τύπος Assman) χρησιμοποιείται ο υποπίνακας 6α (Παρ. Α), αν όχι χρησιμοποιείται ο υποπίνακας 6β (Παρ. Α). Ακόμη, σε κάθε

υποπίνακα δίνονται χωριστά τιμές για υψόμετρα από 0-1000m και από 1000-2000m.

3. Όταν δίνεται η μέση θερμοκρασία του αέρα και το σημείο δρόσου, η e_a βρίσκεται από τον πίνακα 5 (Παρ. Α) με τη βοήθεια της μέσης θερμοκρασίας και η e_d από τον ίδιο πίνακα με τη βοήθεια του σημείου δρόσου.

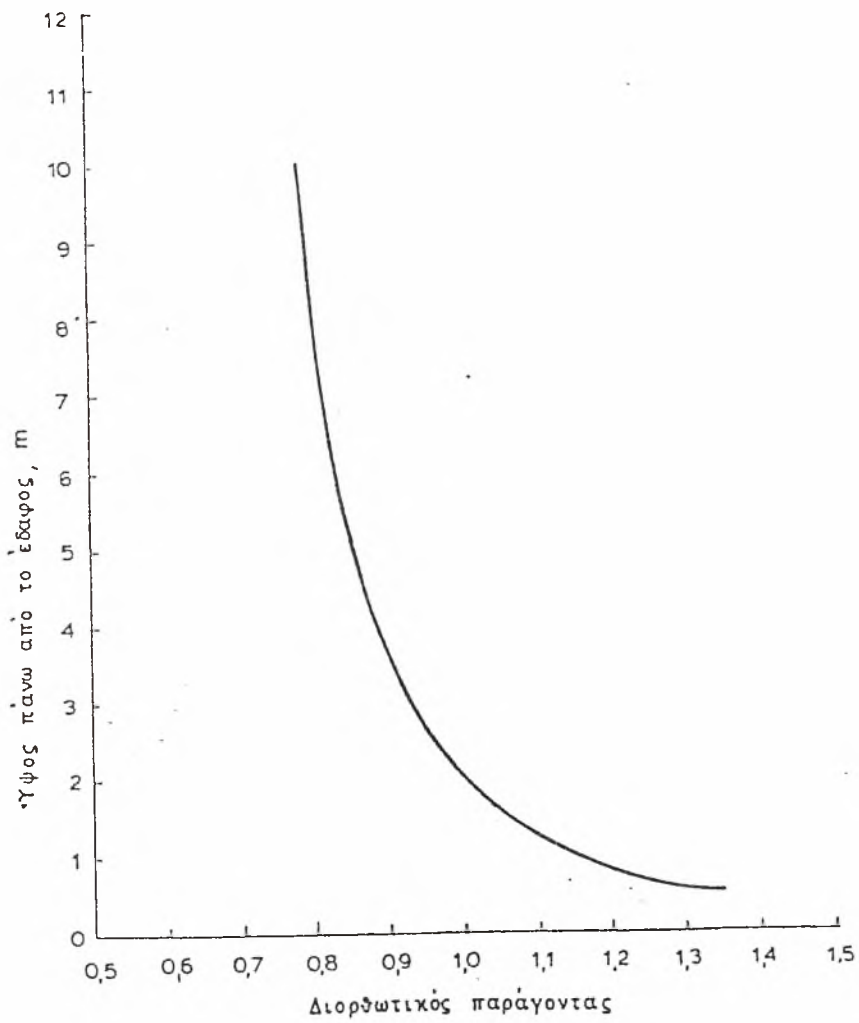
Η επίδραση του ανέμου στη βασική εξατμισοδιαπνοή, όπως δείχνουν πολλές μελέτες [Rijtema (1965), Aboukhaled (1972), Wright and Jensen (1972)] (Ζ. Γ. Παπαζαφειρίου, Αρχές και πρακτική των Αρδεύσεων, 1984), πρέπει να παίρνεται σοβαρά υπόψη. Η συνάρτηση $f(u)$ στη σχέση του Penman που εκφράζει την επίδραση αυτή έχει κατά καιρούς εκφραστεί με διάφορες σχέσεις, ανάλογα με τις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Για να ξεπεραστεί η δυσκολία αυτή οι Doorenbos και Pruitt (1977) κατέληξαν σε μια απλή σχέση που μπορεί να εφαρμόζεται κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες. Η σχέση αυτή έχει τη μορφή:

$$f(u) = 0,27 * (1 + U/100) \quad (7)$$

όπου U είναι η 24ωρη ταχύτητα του αέρα σε ύψος 2m από το έδαφος εκφρασμένη σε km/ημέρα. Τιμές της συναρτήσεως $f(u)$, για ταχύτητες ανέμου μετρημένες 2m πάνω από το έδαφος δίνονται στον πίνακα 7 (Παρ. Α). Σε περίπτωση που η ταχύτητα μετρείται σε ύψος διαφορετικό των 2m αναγωγή στα δύο μέτρα γίνεται με τη βοήθεια ενός διορθωτικού παράγοντα που βγαίνει από το διάγραμμα στο σχήμα 2.

Η καθαρή ακτινοβολία (R_n) είναι η διαφορά ανάμεσα στο σύνολο της ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης και σ' αυτήν που την εγκαταλείπει. Η R_n μπορεί να μετρηθεί απευθείας, αλλά τέτοιες παρατηρήσεις είναι πολύ σπάνιες. Μπορεί όμως η R_n να υπολογιστεί έμμεσα με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας, της ηλιοφάνειας, της θερμοκρασίας και της υγρασίας της ατμόσφαιρας.

Η ακτινοβολία που φθάνει στο απώτατο άκρο της ατμόσφαιρας (θεωρητική ηλιακή ακτινοβολία R_a) εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από το γεωγραφικό πλάτος και την ημέρα του έτους. Τιμές της ακτινοβολίας αυτής, για κάθε μήνα και για γεωγραφικά πλάτη που καλύπτουν τον ελληνικό χώρο, δίνονται στον πίνακα 8. Μέρος της R_a απορροφάται και διαχέεται στην ατμόσφαιρα. Το υπόλοιπο φθάνει στην επιφάνεια της γης και αποτελεί την πραγματική ηλιακή ακτινοβολία (R_s) και μπορεί να υπολογιστεί με τη σχέση $R_s = (0,25 + 0,50 * n/N) * R_a$ (8) σε συνάρτηση της R_a και του λόγου n/N . Μέρος της R_s ανακλάται από το έδαφος και τις καλλιέργειες και χάνεται στην ατμόσφαιρα.



Σχήμα 2: Διάγραμμα αναγωγής της ταχύτητας του ανέμου σε ύψος 2m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.

Η ανακλαστικότητα α εξαρτάται από τη φύση της επιφάνειας και είναι περίπου 5-7% για υδάτινες επιφάνειες, 11-23% για το γυμνό έδαφος και 20-30% για τις περισσότερες καλλιέργειες. Το ακριβές ποσοστό εξαρτάται από το βαθμό καλύψεως του εδάφους, από την καλλιέργεια και την υγρασία του γυμνού εδάφους. Το υπόλοιπο που απομένει είναι η καθαρή, μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία (R_{ns}). Σύμφωνα με τα παραπάνω, η R_{ns} μπορεί να υπολογιστεί σα συνάρτηση των R_s και α με τη σχέση:

$$R_{ns}=(1-\alpha)*R_s \quad (9)$$

Δεδομένου ότι, σύμφωνα με τα παραπάνω, η μέση ανακλαστικότητα των καλλιεργειών είναι $\alpha=0,25$, η σχέση (9) μπορεί να εκφραστεί με την απλοποιημένη μορφή:

$$R_{ns}=0,75*R_s \quad (10)$$

Από την επιφάνεια της γης έχουμε μια επιπρόσθετη απώλεια ενέργειας, αφού η γη ακτινοβολεί προς το διάστημα μέρος από την ενέργεια που απορροφά σαν ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος. Η γη επίσης δέχεται ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος απ' αυτή που βρίσκεται διάχυτη στο περιβάλλον. Η διαφορά ανάμεσα στις δύο αυτές μορφές ακτινοβολίας αποτελεί την καθαρή μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (R_{nl}) που κατά κανόνα είναι αρνητική. Η R_{nl} μπορεί να υπολογιστεί έμμεσα από τη σχέση:

$$R_{nl}=f(T)*f(e_d)*f(n/N) \quad (11)$$

όπου οι συναρτήσεις του δεύτερου μέρους μπορεί να υπολογιστούν από τις σχέσεις:

$$f(T)=\sigma*T_K^4 \quad (12)$$

όπου T_K είναι η θερμοκρασία του αέρα σε βαθμούς K

$$F(e_d)=0,34-0,044*(e_d)^{1/2} \quad (13)$$

όπου e_d είναι η πραγματική πίεση των υδρατμών σε mbar και

$$F(n/N)=0,1+0,9*(n/N) \quad (14)$$

όπου n/N είναι η ηλιοφάνεια (αδιάστατη).

Οι τιμές των συναρτήσεων αυτών δίνονται αντίστοιχα στους πίνακες 9, 10 και 11 (Παρ. Α). Η καθαρή ακτινοβολία R_n που χρησιμοποιείται στη σχέση βρίσκεται σαν η διαφορά:

$$R_n=R_{ns}-R_{nl} \quad (15)$$

Η εξίσωση υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής, κατά Penman, ισχύει όταν στην ατμόσφαιρα επικρατούν συνθήκες που χαρακτηρίζονται από επίπεδα ακτινοβολίας μέσα προς υψηλά, μέγιστη σχετική υγρασία μέσα προς υψηλή και μέτριο άνεμο που η ταχύτητά του την ημέρα είναι περίπου διπλάσια από αυτή της νύχτας. Οι συνθήκες όμως αυτές δεν επικρατούν πάντοτε. Στις παράλιες περιοχές, όπου την ημέρα επικρατούν θαλάσσιες αύρες και τη νύχτα έχουμε άπνοια, ο λόγος Ημέρα/Υνύχτα κυμαίνεται συνήθως από 3 μέχρι 5. Κάτω από τέτοιες συνθήκες, σε

συνδυασμό με RH_{max} που προσεγγίζει το 100% και υψηλή ακτινοβολία, η σχέση του $Penman$ υποεκτιμά τη βασική εξατμισοδιαπνοή κατά 15-30%. Αντίθετα η σχέση υπereκτιμά τη βασική εξατμισοδιαπνοή όταν επικρατεί μέτριος μέχρι ισχυρός άνεμος, με μικρή διαφορά εντάσεως ανάμεσα στην ημέρα και τη νύχτα και η RH_{max} και η R_n (καθαρή ακτινοβολία σε mm/ημέρα) είναι χαμηλές. Για το λόγο αυτό στην αρχική σχέση του $Penman$ χρησιμοποιείται ο διορθωτικός παράγοντας c . Τιμές του c σε συνάρτηση με τα R_s , RH_{max} , και $Υ_{\text{ημέρα/Υνύχτα}}$ δίνονται στον πίνακα 12 (Παρ. Α).

Παίρνοντας υπόψη τα παραπάνω, ο υπολογισμός της βασικής εξατμισοδιαπνοής με την εξίσωση 5 μπορεί να γίνει ακολουθώντας την παρακάτω διαδικασία:

1. Εκτίμηση της e_a από τον πίνακα 5 (Παρ. Α) με βάση τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.
2. Εκτίμηση της e_d : α) Με τη σχέση (6) όταν είναι γνωστή η μέση σχετική υγρασία, ή β) από τον πίνακα 5 (Παρ. Α) με βάση το σημείο δρόσου, ή γ) από τον πίνακα 6 (Παρ. Α) όταν υπάρχουν παρατηρήσεις θερμοκρασίας ξηρού και υγρού θερμομέτρου.
3. Εκτίμηση του σταθμιστικού παράγοντα $(1-W)$ από τον πίνακα 4 (Παρ. Α).
4. Εκτίμηση της συναρτήσεως $f(u)$ από τον πίνακα 7 (Παρ. Α) αν η ταχύτητα του αέρα μετράται σε ύψος $2m$ πάνω από το έδαφος. Αν το ύψος της μετρήσεως είναι διαφορετικό, χρήση της καμπύλης του σχήματος 2 για την εύρεση του κατάλληλου παράγοντα αναγωγής.
5. Εκτίμηση του σταθμιστικού παράγοντα W από τον πίνακα 3 (Παρ. Α).
6. Εύρεση της θεωρητικής ηλιακής ακτινοβολίας (R_a) με τη βοήθεια του γεωγραφικού πλάτους του τόπου από τον πίνακα 8 (Παρ. Α).
7. Εύρεση της θεωρητικής ηλιοφάνειας (N) από τον πίνακα 13 (Παρ. Α).
8. Υπολογισμός της πραγματικής ηλιακής ακτινοβολίας (R_s) με τη σχέση (8).
9. Υπολογισμός της R_{ns} με τη σχέση (10).
10. Εύρεση της τιμής της $f(T)$ από τον πίνακα 9 (Παρ. Α) ή τη σχέση (12).
11. Εύρεση της τιμής της $f(e_d)$ από τον πίνακα 10 (Παρ. Α) ή τη σχέση (13).
12. Εύρεση της τιμής της $f(n/N)$ από τον πίνακα 11 (Παρ. Α) ή τη σχέση (14).
13. Υπολογισμός της R_{nl} με τη σχέση (11).
14. Υπολογισμός της R_n με τη σχέση (15).

15. Εύρεση του διορθωτικού παράγοντα c από τον πίνακα 12 (Παρ. Α).
16. Υπολογισμός της βασικής εξατμισοδιαπνοής με τη σχέση (5).

2.7.2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ BLANEY-CRIDDLE ΚΑΙ PENMAN

Η τροποποιημένη μέθοδος Blaney-Criddle απαιτεί τα εξής στοιχεία για την εύρεση της βασικής εξατμισοδιαπνοής:

1. Ο λόγος p/N (δηλαδή ο λόγος της πραγματικής προς τη θεωρητική ηλιοφάνεια).
2. Η μέση ημερήσια θερμοκρασία T ($^{\circ}C$) της ατμόσφαιρας κατά τη χρονική περίοδο για την οποία θέλουμε να υπολογίσουμε την εξατμισοδιαπνοή.
3. Η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου (m/sec) σε απόσταση $2m$ από το έδαφος.
4. Η μέση ελάχιστη ημερήσια σχετική υγρασία του αέρα RH_{min} .

Η τροποποιημένη μέθοδος Penman απαιτεί τα εξής στοιχεία για την εύρεση της βασικής εξατμισοδιαπνοής:

1. Ο λόγος της πραγματικής προς τη θεωρητική ηλιοφάνεια p/N .
2. Η μέση ημερήσια θερμοκρασία T ($^{\circ}C$) της ατμόσφαιρας κατά τη χρονική περίοδο για την οποία θέλουμε να υπολογίσουμε την εξατμισοδιαπνοή.
3. Η μέση σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας RH_{mean} κατά την ίδια επίσης χρονική περίοδο %.
4. Η μέση 24ωρη ταχύτητα του ανέμου (km/day) σε απόσταση $2m$ από το έδαφος.
5. Η μέση μέγιστη ημερήσια σχετική υγρασία του αέρα RH_{max} .
6. Ο λόγος $U_{\eta\mu\epsilon\rho\alpha\varsigma}/U_{\nu\chi\tau\alpha\varsigma}$.
7. Η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου (m/sec) σε απόσταση $2m$ από το έδαφος.

Όπως βλέπουμε από τα παραπάνω η τροποποιημένη μέθοδος των Blaney-Criddle δε χρησιμοποιεί σε σχέση με την τροποποιημένη μέθοδο Penman τα εξής στοιχεία: τη μέση σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας RH_{mean} , τη μέση 24ωρη ταχύτητα του ανέμου σε απόσταση $2m$ από το έδαφος, τη μέση μέγιστη ημερήσια σχετική υγρασία του αέρα και το λόγο $U_{\eta\mu\epsilon\rho\alpha\varsigma}/U_{\nu\chi\tau\alpha\varsigma}$.

Ακόμη μια διαφορά στις δύο μεθόδους εντοπίζεται και στους τύπους υπολογισμού της βασικής εξατμισοδιαπνοής. Έτσι:

Η τροποποιημένη μέθοδος Blaney-Criddle έχει τύπο:

$$E_{tr} = (0,0043 * RH_{mean} - p/N - 1,41) + b * [p * (0,46T + 8,16)] \text{ mm/day} \quad (16)$$

Η τροποποιημένη μέθοδος Penman έχει τύπο:

$$E_{tr} = c * [W * R_n + (1 - W) * f(u) * (e_a - e_d)] \text{ mm/day} \quad (5)$$

Από τη σύγκριση των δύο τύπων παρατηρούμε ότι η σχέση (16) δεν περιλαμβάνει την επίδραση της καθαρής ακτινοβολίας R_n , την πίεση κορεσμού των υδρατμών $e_a - e_d$, το διορθωτικό παράγοντα c τα οποία υπάρχουν στη σχέση (5).

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η τροποποιημένη μέθοδος του Penman είναι πιο ολοκληρωμένη και ακριβέστερη μέθοδος υπολογισμού της βασικής εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργειών απ' ό,τι η μέθοδος των Blaney-Criddle. Γι' αυτό το λόγο η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της βασικής εξατμισοδιαπνοής, στην παρούσα πτυχιακή διατριβή, είναι η τροποποιημένη μέθοδος Penman.

2.7.3. ΦΥΤΙΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ

Η βασική εξατμισοδιαπνοή (E_{Tr}) είναι ανεξάρτητη από το είδος της καλλιέργειας και το μέγεθός της διαμορφώνεται από κλιματικούς και μόνο παράγοντες. Η βασική εξατμισοδιαπνοή αποτελεί έναν από τους κύριους παράγοντες που διαμορφώνουν τις πραγματικές ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό. Ο δεύτερος παράγοντας που χρειάζεται στη διαδικασία εκτιμήσεως της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (E_{Tc}), που αντιπροσωπεύει την επίδραση της καλλιέργειας, είναι ο φυτικός συντελεστής (k_c). Οι φυτικοί συντελεστές διαφέρουν από καλλιέργεια σε καλλιέργεια και για την ίδια καλλιέργεια δεν έχουν μια μόνο τιμή. Παράγοντες που επηρεάζουν και διαμορφώνουν τις τιμές του k_c είναι τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, η διάρκεια της βλαστικής περιόδου και οι κλιματικές συνθήκες. Για τις ετήσιες καλλιέργειες επιπρόσθετοι παράγοντες είναι ο χρόνος σποράς ή φυτεύσεως, ο τρόπος αναπτύξεως και η συχνότητα των βροχών ή αρδεύσεων κατά το αρχικό στάδιο αναπτύξεως. Για τις πολυετείς χορτοδοτικές καλλιέργειες επίδραση ασκεί ο χρόνος κοπής και ο αριθμός των κοπών.

Οι τιμές των φυτικών συντελεστών που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής είναι για τις καλλιέργειες που εξυπηρετούνται από τα αρδευτικά δίκτυα του νομού Καρδίτσας και φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί (Ζ. Παπαζαφειρίου, Προσδιορισμός φυτικών συντελεστών προσαρμοσμένων στις ελληνικές συνθήκες, Υπουργείο Γεωργίας, σελ. 28, 1991).

Μηνιαίες τιμές των φυτικών συντελεστών για τις καλλιέργειες του Ν. Καρδίτσας.

ΕΙΔΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
ΒΑΜΒΑΚΙ	0,32	0,56	0,84	0,9	0,48
ΜΗΔΙΚΗ	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
ΚΑΠΝΟΣ	0,52	1	0,99	0,96	
ΤΕΥΤΛΑ	0,45	0,8	0,85	0,85	0,82
ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	0,4	0,71	0,85	0,81	0,29
ΔΕΝΤΡΑ	0,45	0,5	0,8	0,65	0,6
ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	0,6	0,72	0,72	0,72	0,6
ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	0,58	0,72	0,83	0,8	0,7

2.7.4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

Μετά τον υπολογισμό της βασικής εξατμισοδιαπνοής και την επιλογή του κατάλληλου φυτικού συντελεστή η πραγματική εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται με τη σχέση: $E_{Tc} = E_{Tr} \cdot k_c$ (1) όπου E_{Tc} είναι η πραγματική εξατμισοδιαπνοή, E_{Tr} η βασική εξατμισοδιαπνοή και k_c ο φυτικός συντελεστής. Το ύψος της εξατμισοδιαπνοής που δίνει τη σχέση αυτή πρέπει στη συνέχεια να προσαρμοστεί προς τις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν σε κάθε τόπο.

Είναι κοινή πρακτική, κατά τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, να χρησιμοποιούνται οι μέσες τιμές των κλιματικών παραμέτρων ενός τόπου. Λόγω της αποκλίσεως από τη μέση τιμή που παρουσιάζουν οι παράμετροι αυτές από χρόνο σε χρόνο, το ετήσιο ύψος της E_{Tc} σε κλίματα παρόμοια προς το ελληνικό μπορεί να παρουσιάζει απόκλιση μέχρι 25%.

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή επηρεάζεται, τόσο σε μέγεθος, όσο και σε κατανομή από την ύπαρξη υψηλής υπόγειας στάθμης νερού. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει διαφοροποίηση της E_{Tc} τόσο κατά το πρώτο στάδιο όσο και κατά τα επόμενα στάδια αναπτύξεως των καλλιεργειών.

Το ύψος της E_{Tc} επηρεάζεται επίσης από τη μέθοδο με την οποία εφαρμόζεται το νερό στο χωράφι. Κατά την άρδευση με αυλάκια, μέρος μόνο της επιφάνειας του εδάφους υγραίνεται. Αυτό δε φαίνεται να έχει ουσιαστική επίδραση στην εξατμισοδιαπνοή, εκτός από την περίπτωση που η ύγρανση δεν ξεπερνά το 30% και το φύλλωμα της καλλιέργειας καλύπτει σχετικά περιορισμένη επιφάνεια του χωραφιού. Κατά την άρδευση με καταιονισμό, η διαπνοή των φυτών περιορίζεται δραστικά κατά τη διάρκεια της αρδεύσεως, που όμως αντισταθμίζεται από αυξημένη εξάτμιση από τα υγρά φύλλα και το έδαφος. Ουσιαστική επίδραση κατά την εφαρμογή της μεθόδου ασκεί η ταχύτητα του ανέμου. Οι απώλειες του νερού φτάνουν το 15%, όταν η ταχύτητα φτάσει τα 5m/sec. Η άρδευση με καταιονισμό πρέπει να διακόπτεται όταν η

ταχύτητα του ανέμου ξεπερνά την ταχύτητα αυτή. Κατά τη χρησιμοποίηση της στάγδην άρδευσης η διαφοροποίηση είναι ασήμαντη όταν η καλλιέργεια καλύπτει όλη την επιφάνεια του εδάφους. Αντίθετα η ΕΤε περιορίζεται ουσιαστικά όταν υπάρχει μερική μόνο κάλυψη της επιφάνειας από τα φυτά που γίνεται μεγαλύτερη όταν το έδαφος είναι ελαφρό και οι κλιματικές συνθήκες ευνοούν έντονους ρυθμούς εξατμισοδιαπνοής.

3. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ

Ως απαίτηση σε νερό μιας αρδευόμενης καλλιέργειας μπορεί να οριστεί η ποσότητα νερού η οποία είναι απαραίτητη για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση αυτής της καλλιέργειας. Για τις χειμερινές καλλιέργειες η άρδευση εφαρμόζεται σπανίως. Μπορεί όμως να χρειαστεί μερικές φορές, όταν το φθινόπωρο είναι πολύ ξηρό και δεν μπορεί να γίνει σπορά, ή την άνοιξη όταν δεν υπάρχει επαρκής υγρασία για την ανάπτυξη των φυτών. Για τις ανοιξιάτικες όμως καλλιέργειες, που αναπτύσσονται κατά την ξηρή περίοδο του έτους, η άρδευση αποτελεί σπουδαία καλλιεργητική εργασία, που συμβάλλει αποφασιστικώς, στην αύξηση της παραγωγής.

Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα της άρδευσης είναι περιληπτικά τα εξής:

- 1) Αύξηση της αποδόσεως και στις περισσότερες περιπτώσεις και βελτίωση της ποιότητας της παραγωγής.
- 2) Δυνατότητα εντατικοποίησης της καλλιέργειας.
- 3) Δυνατότητα εντατικοποίησης της γεωργίας γενικότερα με τη χρησιμοποίηση πλέον δυναμικών καλλιεργειών και πιο παραγωγικών ποικιλιών.

Τα πλεονεκτήματα της άρδευσης έχουν γίνει αντιληπτά στη σύγχρονη γεωργία γι' αυτό και στη χώρα μας καταβάλλεται προσπάθεια για επέκταση των αρδευόμενων εκτάσεων. Ειδικότερα για την Ελλάδα, που έχει σχετικώς μακρά βλαστική περίοδο, για πολλές καλλιέργειες και ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και ηλιοφάνειας, η επέκταση της άρδευσης αποτελεί δείκτη της εντατικοποίησης της γεωργίας. Από τα 39 περίπου εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμης έκτασης αρδύονται σήμερα περίπου το 33% αυτών, ενώ το υδατικό δυναμικό υπολογίζεται ότι επαρκεί για το 40-45% αυτής της έκτασης (Σ. Γαλανοπούλου-Σενδουκά, Γενική Γεωργία, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, 1995).

Η απαίτηση των καλλιεργειών σε νερό εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η εξατμισοδιαπνοή και οι παράγοντες οι οποίοι την επηρεάζουν (θερμοκρασία, σχετική υγρασία κ.ά.), οι βροχές, η έκταση της αρδευόμενης καλλιέργειας κ.ά.

Οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό προσδιορίζονται από την πραγματική εξατμισοδιαπνοή. Με φυσικό τρόπο οι ανάγκες αυτές μπορούν να καλυφθούν από τη βροχή, το υπόγειο νερό και το νερό που είναι αποθηκευμένο στο έδαφος, στη ζώνη του ριζοστρώματος. Σε περίπτωση που οι τρεις παραπάνω πηγές είναι ανεπαρκείς, είναι αναγκαίο για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών να δοθεί πρόσθετο νερό με άρδευση. Έτσι οι καθαρές σε αρδευτικό νερό ανάγκες (In) μπορούν να υπολογιστούν με τη σχέση:

$$I_n = ET_c - (P_e + G_w + S_M) \quad (17)$$

όπου

ET_c : είναι η πραγματική εξατμισοδιαπνοή

P_e : είναι το μέρος εκείνο της βροχής που μπορεί ν' αξιοποιηθεί από τις καλλιέργειες και λέγεται ωφέλιμη βροχή

G_w : είναι η συμβολή του υπόγειου νερού

S_M : είναι το νερό που είναι αποθηκευμένο στη ζώνη του ριζοστρώματος, στην αρχή της βλαστικής περιόδου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες.

Ωφέλιμη βροχή

Από τη βροχή που πέφτει σ' ένα χωράφι, μέρος της μπορεί να χαθεί με επιφανειακή απορροή, βαθιά διήθηση ή εξάτμιση. Εκείνο που απομένει αποτελεί την ωφέλιμη βροχή. Το ποσοστό που αντιπροσωπεύει η ωφέλιμη βροχή δεν είναι σταθερό, αλλά εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της βροχής και το βαθμό καλύψεως του εδάφους από την καλλιέργεια. Έτσι η ωφέλιμη βροχή αντιπροσωπεύει μικρό σχετικά μέρος μιας βροχής που έχει σημαντικό ύψος και μεγάλη ένταση. Αντίθετα, συχνές ελαφρές βροχές που συγκρατούνται στο σύνολό τους από το φύλλωμα μιας καλλιέργειας που καλύπτει πλήρως την επιφάνεια του χωραφιού είναι σχεδόν 100% ωφέλιμες.

Η μέθοδος που προτάθηκε από την υπηρεσία U. S. Bureau of Reclamation (Stamm, 1967) (Ζ. Παπαζαφειρίου, Αρχές και πρακτική των Αρδεύσεων, 1984) φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα και αναφέρεται σε μηνιαίες τιμές.

Υπολογισμός της μηνιαίας ωφέλιμης βροχόπτωσης

Μηνιαία βροχόπτωση (mm)	Ποσοστό ωφέλιμης βροχόπτωσης (%)
0-25,4	90-100
25,4-50,8	85-95
50,8-76,2	75-90
76,2-101,6	50-80
101,6-127	30-60
127-152,4	10-40
>152,4	0-10

Το υπόγειο νερό

Η συμβολή του υπόγειου νερού στην κάλυψη των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών εξαρτάται από το βάθος που βρίσκεται η υπόγεια στάθμη, τα χαρακτηριστικά του υπερκείμενου εδάφους και την υγρασία

στη ζώνη του ριζοστρώματος. Γενικά χρειάζονται πολύ λεπτομερείς μετρήσεις για να υπολογιστεί η ποσοτική συμβολή του υπόγειου νερού σε κάθε περιοχή που πρόκειται να αρδευτεί.

Το αποθηκευμένο νερό στο έδαφος

Οι βροχές του χειμώνα, η τήξη του χιονιού την άνοιξη και η κατάκλιση με νερό των χωραφιών σαν αποτέλεσμα πλημμυρών των χωραφιών, έχουν σα συνέπεια να ανεβάζουν την υγρασία της ζώνης του ριζοστρώματος μέχρι την υδατοϊκανότητα στην αρχή της βλαστικής περιόδου. Η υγρασία αυτή είναι ισοδύναμη με μια πλήρη άρδευση και πρέπει να αφαιρείται κατά τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών.

Στη συγκεκριμένη πτυχιακή διατριβή οι καθαρές μηνιαίες απαιτήσεις σε νερό υπολογίστηκαν αφαιρώντας από την πραγματική εξατμισοδιαπνοή την ωφέλιμη βροχόπτωση, χωρίς τη συμβολή του υπόγειου και του αποθηκευμένου νερού στο έδαφος.

3.1. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΥΔΑΤΟΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

Είναι πολλοί οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση του νερού στις καλλιέργειες, οι οποίοι δρουν είτε μεμονωμένα είτε συνδυαζόμενοι μεταξύ τους. Η επίδραση των παραγόντων αυτών δεν είναι απαραίτητως σταθερή, αλλά συνήθως διαφέρει από τόπο σε τόπο και από έτος σε έτος. Σημαντική είναι η επίδραση του κλίματος, του εφαρμοζόμενου νερού, του εδάφους και της τοπογραφικής διαμορφώσεως της περιοχής. Συγκεκριμένα οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την υδατοκατανάλωση είναι:

- 1) Η θερμοκρασία: Η ποσότητα νερού η οποία καταναλώνεται από τις καλλιέργειες κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου επηρεάζεται κυρίως από τη θερμοκρασία περισσότερο από κάθε άλλο παράγοντα. Οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν λήθαργο των φυτών ενώ οι χαμηλές προκαλούν ανακοπή της αναπτύξεως των φυτών. Λόγω σημαντικών παρεκκλίσεων της κανονικής εποχιακής κατανομής της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας, η κατανάλωση είναι δυνατόν να διαφέρει αρκετά ακόμη και σε έτη.
- 2) Υγρασία: Η εξάτμιση και η διαπνοή επηρεάζονται από την υγρασία του περιβάλλοντος. Όταν αυτή είναι μικρή η εξάτμιση και η διαπνοή είναι μεγαλύτερες, ενώ όταν η υγρασία του περιβάλλοντος είναι μεγάλη αυτές είναι μικρότερες.

- 3) Άνεμος: Όταν οι αέριες μάζες βρίσκονται σε κίνηση, η εξάτμιση από το έδαφος και τα φυτά γίνεται γρηγορότερα σε σχέση με την περίπτωση που οι αέριες μάζες βρίσκονται σε ακινησία. Αύξηση της κατανάλωσης των καλλιεργειών σε νερό έχουμε όταν πνέουν θερμοί και ξηροί άνεμοι κατά τη διάρκεια αναπτύξεως των φυτών.
- 4) Γεωγραφικό πλάτος και ηλιακό φως: Ως συνέπεια της κίνησης της γης και της αξονικής της απόκλισης, οι ώρες της ημέρας κατά τους θερινούς μήνες είναι περισσότερες στα βόρεια πλάτη απ' ότι στον Ισημερινό. Η ηλιακή ενέργεια είναι αυτή η οποία προκαλεί αφ' ενός μεν τη φωτοσύνθεση στα φυτά αφ' ετέρου δε την εξάτμιση του νερού. Έτσι η μεγάλη μέρα κάτω απ' αυτές τις συνθήκες επιτρέπει στη διαπνοή των φυτών να συνεχίζεται περισσότερες ώρες και έτσι το αποτέλεσμα που παράγεται να ισοδυναμεί με επιμήκυνση της περιόδου αναπτύξεως, την αύξηση της καταναλώσεως του νερού από τα φυτά.
- 5) Φυτοκάλυψη: Επηρεάζει περισσότερο από όλους τους παράγοντες την υδατοκατανάλωση. Το είδος των καλλιεργούμενων φυτών, η πυκνότητα του φυλλώματος, το ποσοστό καλύψεως των αγρών από καλλιέργειες καθώς και το στάδιο αναπτύξεώς τους επιδρούν στην καταναλισκόμενη από τα φυτά ποσότητα νερού.

3.2. ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Με τον όρο αρδευτικό δίκτυο εννοούμε το σύνολο των έργων μεταφοράς, εφαρμογής και ρυθμίσεως-μετρήσεως της ροής που πρέπει να κατασκευαστούν ώστε το νερό, ξεκινώντας από την πηγή του να φτάνει σε κάθε χωράφι της υπό άρδευση περιοχής με την απαιτούμενη παροχή στο χρόνο που χρειάζεται. Για να είναι δυνατή η σχεδίαση και στη συνέχεια η κατασκευή και λειτουργία ενός τέτοιου έργου με τις καλύτερες δυνατές προϋποθέσεις από άποψη οικονομική και λειτουργική, πρέπει προκαταρκτικά να γίνει η εκτίμηση του διατεθειμένου για άρδευση νερού, του κλίματος και των εδαφολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής.

Η υδρολογική μελέτη της ευρύτερης περιοχής έχει σαν τελικό σκοπό τη διερεύνηση της δίαυσης των επιφανειακών υδάτινων ρευμάτων και των υπόγειων υδροφορέων, εκτιμώντας την ποσότητα και τη χρονική κατανομή του νερού που είναι διαθέσιμο και την ανάγκη ή μη της κατασκευής έργων αποθηκείσεως. Η εδαφολογική μελέτη της περιοχής του έργου περιλαμβάνει την έκταση, την κατανομή και τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των εδαφικών τύπων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στους προσδιορισμούς της διηθητικότητας, της υδροπερατότητας, της υδατοϊκανότητας, του σημείου μαράνσεως και της διαθέσιμης και

ωφέλιμης υγρασίας. Το κλίμα μελετάται με βάση τις παρατηρήσεις θερμοκρασίας, ανέμου, υγρασίας, ηλιοφάνειας, ηλιακής ακτινοβολίας, εξάτμισης και βροχόπτωσης. Με τα στοιχεία αυτά, και ό,τι άλλα επιπρόσθετα χρειαστούν, όπως είναι η διαθεσιμότητα εργατικών χεριών και οικονομικών μέσων, η κοινωνική κατάσταση, η ύπαρξη αγορών για την απορρόφηση των προϊόντων που θα παραχθούν κ.ά., γίνεται η επιλογή των καλλιεργειών και η εκτίμηση των αναγκών τους σε νερό, υπολογίζονται οι ποσότητες νερού που χρειάζονται για έκπλυση των αλάτων, επιλέγεται η μέθοδος αρδύσεως, καταστρώνονται τα προγράμματα αρδύσεως κατά καλλιέργεια και εκτιμάται η αποδοτικότητα λειτουργίας του δικτύου σε σύνολο.

Παράλληλα προς το αρδευτικό πρέπει να κατασκευάζεται και το στραγγιστικό δίκτυο της περιοχής. Ένα τέτοιο δίκτυο πρέπει να εξυπηρετεί τρεις σκοπούς: 1) Να απομακρύνει από τα χωράφια το νερό που κατά περιόδους μπορεί να λιμνάζει στην επιφάνειά τους. 2) Να απομακρύνει το νερό που πλεονάζει στο εσωτερικό του εδάφους. 3) Να απομακρύνει το νερό που προέρχεται από υπερχειλίση ή εκκένωση των αρδευτικών διωρύγων.

Οι επικοινωνίες μέσα στην υπό άρδευση περιοχή εξασφαλίζονται με το οδικό δίκτυο. Το δίκτυο αυτό πρέπει να είναι απόλυτα εναρμονισμένο με τα διαμήκη έργα της περιοχής, να εξασφαλίζει άνετη επιθεώρηση και συντήρηση των έργων αυτών και να επιτρέπει απρόσκοπτη προσπέλαση όλων των αγροκτημάτων από ανθρώπους και μηχανήματα.

Τα αρδευτικά δίκτυα του νομού Καρδίτσας είναι υπό την επιτήρηση της Τ.Ο.Ε.Β. Παρακάτω αναφέρονται τα αρδευτικά δίκτυα και οι περιοχές τις οποίες εξυπηρετούν:

- 1) ΤΟΕΒ Σελάνων. Εξυπηρετεί τις καλλιέργειες των περιοχών: Προάστιο, Πεδινό, Σερβώτα, Μαραθέα, Καρδά, Αγ. Τριάδα, Καλογριανά, Αγναντερό, Ριζοβούνι, Μαγούλα, Αγ. Ανάργυροι, Φανάρι, Μακρυχώρι, Ψαθοχώρα.
- 2) ΤΟΕΒ Τιτανίου. Εξυπηρετεί τις καλλιέργειες των περιοχών: Παλαμάς, Καλυβάκια, Κοσκινά, Μεταμόρφωση, Βλοχός, Ερνήτου, Αστρίτσα, Ιτέα, Πέτρινος, Μηλιά, Φύλλο, Ορφανά, Λεύκη, Αμπελώνα.
- 3) ΤΟΕΒ Ταυρωπού. Εξυπηρετεί τις καλλιέργειες των περιοχών: Καρδίτσα, Αγ. Ανάργυροι, Αρτεσιανό, Γεωργικό, Κανάλι, Κρύα Βρύση, Λοξάδα, Μητρόπολη, Ξυνονέρι, Παλαιοκκλήσι, Ρούσσο, Φανάρι, Φράγκο.
- 4) ΤΟΕΒ Θεσσαλιώτιδος. Εξυπηρετεί τις καλλιέργειες των περιοχών: Σοφάδες, Πασχαλίτσα, Κυψέλη, Αγ. Βησσάριος, Γεφύρια, Νέο Ικόνιο, Γραμματικό, Ασημοχώρι, Λεοντάρι,

Αχλαδιά, Ανάβρα, Κέδρος, Μαβραχάδες, Καππαδοκικό, Φίλια, Ανώγειο.

5) ΤΟΕΒ Γελάνθης. Εξυπηρετεί τις καλλιέργειες των περιοχών: Γελάνθη, Μαγουλίτσα.

6) ΤΟΕΒ Λαζαρίνας. Εξυπηρετεί τις καλλιέργειες των περιοχών: Λαζαρίνα.

Στον πίνακα 14 (Παρ. Α) δίνονται οι στρεμματικές εκτάσεις των καλλιεργειών που υπάρχουν στο κάθε αρδευτικό δίκτυο του νομού Καρδίτσας, οι οποίες ελήφθησαν από τη στατιστική καλλιεργειών για το έτος 1994 της Διεύθυνσης Γεωργίας.

Από τον πίνακα 14 (Παρ. Α), ο οποίος πάρθηκε από την κατανομή των καλλιεργειών και αποδόσεων στα αρδευτικά έργα (πίνακας Α2) βλέπουμε ότι οι συνολικές αρδευόμενες εκτάσεις ανά αρδευτικό δίκτυο είναι: αρδευτικό δίκτυο Ταυρωπού 108.940 στρέμματα, αρδευτικό δίκτυο Θεσσαλιώτιδος 56.043 στρέμματα, αρδευτικό δίκτυο Σελλάνων 30.400 στρέμματα, αρδευτικό δίκτυο Τιτανίου 8.925 στρέμματα, αρδευτικό δίκτυο Γελάνθης 3.480 στρέμματα, αρδευτικό δίκτυο Λαζαρίνας 4.950 στρέμματα.

4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ

Για την εκτίμηση των συνολικών απαιτήσεων σε νερό των καλλιεργειών χρειάζεται να υπολογιστούν τα εξής στοιχεία:

- 1) Η βασική εξατμισοδιαπνοή.
- 2) Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή.
- 3) Η ωφέλιμη βροχόπτωση.
- 4) Οι καθαρές μηνιαίες απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό.

4.1. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ PENMAN ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

Για τον υπολογισμό της βασικής εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά στοιχεία από το 1972 ως το 1994 των μετεωρολογικών σταθμών: Καπνικού σταθμού Καρδίτσας, Πεδινού, Γραμματικού, Παλαμά, Καλλιφόνιου, Λουτροπηγής, Καρδίτσομαγούλας. Τα μετεωρολογικά αυτά στοιχεία, με τη χρήση προγράμματος επεξεργασίας σε Η/Υ, έδωσαν ως αποτέλεσμα, με την τροποποιημένη μέθοδο Penman, τη βασική εξατμισοδιαπνοή των καλλιεργειών του Νομού Καρδίτσας.

Σύμφωνα με την τροποποιημένη μέθοδο Penman, ο υπολογισμός της βασικής εξατμισοδιαπνοής έγινε με τρεις τρόπους:

- 1) Με τον πρώτο τρόπο, υπολογίστηκε η μέση ET_g για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου και κάθε έτους, από τις μέσες μηνιαίες τιμές των κλιματικών παραμέτρων. Για τους μήνες που δεν υπήρχαν στοιχεία, δεν έγινε υπολογισμός της ET_g. Τέλος, υπολογίστηκε η μέση τιμή ET_g όλης της χρονοσειράς για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου.
- 2) Με το δεύτερο τρόπο συμπληρώθηκαν τα κενά των κλιματικών παραμέτρων της κάθε χρονοσειράς με τη μέση τιμή των υπάρχοντων στοιχείων της χρονοσειράς και εκτιμήθηκε η μέση ET_g για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου και κάθε έτους. Τέλος, υπολογίστηκε η μέση τιμή όλης της χρονοσειράς για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου.
- 3) Με τον τρίτο τρόπο υπολογίστηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές όλων των κλιματικών παραμέτρων και με βάση τις τιμές αυτές εκτιμήθηκε η μέση ET_g για κάθε μήνα της χρονοσειράς.

Στις περιπτώσεις που κάποιοι σταθμοί δε διέθεταν το σύνολο των απαραίτητων κλιματικών παραμέτρων, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία γειτονικών σταθμών. Η διαδικασία αυτή, παρόλο που εισάγει κάποιο

σφάλμα στον υπολογισμό της ET_p για τη συγκεκριμένη θέση του σταθμού, θεωρήθηκε ότι είναι προτιμότερη στη δημιουργία χαρτών ίσων τιμών ET_p από το να αγνοηθούν τελείως τα υπάρχοντα στοιχεία του σταθμού.

Στους πίνακες 15, 16 και 17 (Παρ. Α) δίνονται, στο μεν πρώτο το υψόμετρο, στο δεύτερο ποιοι κλιματικοί παράγοντες υπήρχαν σε κάθε μετεωρολογικό σταθμό πριν την προσθήκη μετεωρολογικών στοιχείων ή μέσων όρων αυτών, ενώ στον τρίτο δίνονται οι κλιματικοί παράγοντες των ανωτέρω στοιχείων.

Στους πίνακες 18 (στους σταθμούς που δεν υπάρχουν οι μέσες τιμές της βασικής εξατμισοδιαπνοής, δεν έγινε ο υπολογισμός της), 19 και 20 (Παρ. Α) δίνονται οι μέσες τιμές της βασικής εξατμισοδιαπνοής με τον πρώτο, δεύτερο και τρίτο τρόπο ανά σταθμό αντίστοιχα, ενώ στον πίνακα 21 (Παρ. Α) δίνονται οι μέσες τιμές της βασικής εξατμισοδιαπνοής και με τους τρεις τρόπους ανά σταθμό. Στα ιστογράμματα 1-7 (Παρ. Β) παρουσιάζεται η σύγκριση των τριών τρόπων ανά μετεωρολογικό σταθμό (όπου στον οριζόντιο άξονα παρουσιάζονται οι μήνες της αρδευτικής περιόδου, ενώ στον κάθετο άξονα οι μέσες τιμές της βασικής εξατμισοδιαπνοής).

4.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Για να υπολογιστεί η πραγματική εξατμισοδιαπνοή για κάθε καλλιέργεια ανά αρδευτικό δίκτυο πρέπει να πολλαπλασιαστεί η βασική εξατμισοδιαπνοή κάθε αρδευτικού δικτύου (πίνακας 22, Παρ. Α) με το φυτικό συντελεστή κάθε καλλιέργειας (πίνακας φυτικών συντελεστών, κεφ. 2). Τ' αποτελέσματα της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής παρουσιάζονται στους πίνακες 23-27 (Παρ. Α).

4.2.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Για να υπολογιστεί η βασική εξατμισοδιαπνοή για κάθε αρδευτικό δίκτυο είναι απαραίτητο να γίνουν οι καμπύλες ίσων τιμών εξατμισοδιαπνοής για όλον το νομό Καρδίτσας. Οι καμπύλες αυτές παράγονται με την απεικόνιση πάνω σε χάρτη της περιοχής, με τη χρήση Η/Υ (χάρτες 1-5, Παρ. Γ), των μέσων μηνιαίων τιμών της βασικής εξατμισοδιαπνοής (3ος τρόπος). Τα αποτελέσματα της βασικής εξατμισοδιαπνοής για κάθε αρδευτικό δίκτυο απεικονίζονται στον πίνακα 22 (Παρ. Α).

4.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΩΦΕΛΙΜΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Γίνεται σύμφωνα με την προαναφερθείσα μέθοδο που προτάθηκε από την υπηρεσία U. S. Bureau of Reclamation (Stamm, 1967), με τη χρήση του πίνακα 15 (Παρ. Α), και της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης (πίνακας 28, Παρ. Α).

Για να υπολογιστεί η ωφέλιμη βροχόπτωση για κάθε αρδευτικό δίκτυο είναι απαραίτητο να γίνουν οι καμπύλες ίσων τιμών βροχόπτωσης για όλον το νομό Καρδίτσας (χάρτες 6-10, Παρ. Γ). Οι καμπύλες αυτές παράγονται με την απεικόνιση πάνω σε χάρτη της περιοχής, με τη χρήση Η/Υ, των μέσων μηνιαίων τιμών της βροχόπτωσης (πίνακας 28, Παρ. Α). Τα αποτελέσματα της ωφέλιμης βροχόπτωσης για κάθε αρδευτικό δίκτυο απεικονίζονται στον πίνακα 29 (Παρ. Α).

4.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΑΘΑΡΩΝ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ



Οι καθαρές μηνιαίες απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό υπολογίζονται με την αφαίρεση των τιμών της ωφέλιμης βροχόπτωσης από τις τιμές της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής κάθε καλλιέργειας ανά αρδευτικό δίκτυο. Τ' αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 30-34 (Παρ. Α).

4.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ ΑΝΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ

Οι συνολικές απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό ανά αρδευτικό δίκτυο (m^3) στο νομό Καρδίτσας υπολογίζονται πολλαπλασιάζοντας τις καθαρές μηνιαίες απαιτήσεις των καλλιεργειών κάθε δικτύου με τις στρεμματικές εκτάσεις που περιλαμβάνει το κάθε δίκτυο.

Στους πίνακες 35-39 (Παρ. Α) παρουσιάζονται τ' αποτελέσματα των συνολικών απαιτήσεων κάθε μήνα ενώ στον πίνακα 40 (Παρ. Α) παρουσιάζονται οι συνολικές απαιτήσεις όλων των καλλιεργειών για όλη την αρδευτική περίοδο. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και στα ιστογράμματα 8-13 (Παρ. Β), όπου στον οριζόντιο άξονα απεικονίζονται οι καλλιέργειες, ενώ στον κατακόρυφο παρουσιάζονται οι συνολικές απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό (m^3).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το νερό, οπωσδήποτε, απαιτείται για την ανάπτυξη των φυτών. Ως απαίτηση σε νερό μιας αρδευόμενης καλλιέργειας μπορεί να εννοηθεί η ποσότητα νερού η οποία είναι απαραίτητη για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση αυτής της καλλιέργειας. Το νερό που παρέχεται στις καλλιέργειες, μέσω της άρδευσης αυξάνει τις αποδόσεις, βελτιώνει την ποιότητα των προϊόντων, εντατικοποιεί τη γεωργία με τη χρήση δυναμικών καλλιεργειών και παραγωγικών ποικιλιών. Γι' αυτό καταβάλλεται έντονη προσπάθεια για επέκταση των αρδευόμενων εκτάσεων της χώρας μας.

Η ανάπτυξη της γεωργίας προσκρούει περισσότερο από οποιονδήποτε άλλον παράγοντα στην ξηρασία και της πλήρους σχεδόν ανομβρίας κατά τους θερινούς μήνες. Οι ετήσιες βροχοπτώσεις δεν μπορούν να καλύψουν επαρκώς τις ανάγκες σε νερό των εαρινών καλλιεργειών. Την ανεπάρκεια αυτή επιτείνει η ανομοιομορφία κατανομής των βροχών κατά τη διάρκεια του έτους. Έτσι η ξηρασία το καλοκαίρι συνοδεύεται από υψηλές θερμοκρασίες και μεγάλες και πολύ φωτεινές ημέρες. Οι παράγοντες αυτοί δρουν δυσμενώς στις διάφορες καλλιέργειες.

Ο υπολογισμός με οποιονδήποτε τρόπο της καταναλισκόμενης ποσότητας νερού κατά τη βλαστική περίοδο των διαφόρων καλλιεργειών, αποτελεί παράγοντα εξέχουσας σημασίας για τη μελέτη και τη σχεδίαση ενός αρδευτικού δικτύου. Εκτός από αυτό, κατά τη διάρκεια λειτουργίας ενός δικτύου, οι υπολογισμοί που έγιναν είναι απαραίτητοι για την κατάρτιση των διαφόρων προγραμμάτων άρδευσης των καλλιεργειών και γενικά για τη διαχείριση του αρδευτικού νερού. Ιδίως σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές πρώτου προβούμε στην αναζήτηση των υδατικών πόρων οι οποίοι θα μας εξασφαλίσουν τις απαραίτητες για την άρδευση ποσότητες νερού είναι απαραίτητο να προηγηθεί προσεκτική μελέτη και υπολογισμός της αναγκαίας από τα φυτά κατανάλωσης νερού.

Όσο οι προς άρδευση εκτάσεις και οι κύριες πηγές οι οποίες προμηθεύουν τις απαραίτητες για την άρδευση αυτών ποσότητες νερού περιορίζονται, νέες πηγές νερού περισσότερο δαπανηρές αναζητούνται, για την κάλυψη των πρόσθετων αυτών αναγκών. Ο λόγος αυτός μας επιβάλλει περισσότερο προσεκτικούς υπολογισμούς των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό. Επιβάλλεται η επιλογή της ενδεδειγμένης διαδικασίας για τον υπολογισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό να γίνεται με την κατάλληλη μέθοδο. Έτσι η κυριότερη μέθοδος βασίζεται σε κλιματικούς παράγοντες οι οποίοι απ' τη φύση τους επηρεάζονται τόσο από τη διαπνοή όσο και από την εξάτμιση.

Όλα τα παραπάνω αποτέλεσαν τη βασική ιδέα για την οποία εκπονήθηκε η συγκεκριμένη πτυχιακή διατριβή. Ειδικότερα από τη διαδικασία για τον υπολογισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό για το νομό Καρδίτσας συμπεραίνουμε τα ακόλουθα:

- Για τη συλλογή τόσων κλιματικών δεδομένων οι υπάρχοντες μετεωρολογικοί σταθμοί είναι λίγοι και ανομοιόμορφα κατανεμημένοι. Επίσης το περιορισμένο προσωπικό και η έλλειψη επαρκούς μηχανογράφησης δυσχεραίνουν τη λήψη και επεξεργασία των στοιχείων. Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα την ελλιπή καταγραφή κλιματικών δεδομένων, κάτι που δυσχεραίνει την εφαρμογή των κατάλληλων μεθόδων για τον προσδιορισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό.

- Από τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στους πίνακες 23-27 (Παρ. Α) διαπιστώνεται ότι ο καπνός παρουσιάζει τη μεγαλύτερη πραγματική εξατμισοδιαπνοή. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι ο καπνός είναι πλατύφυλλο φυτό, με συνέπεια να εμφανίζεται το παραπάνω λόγω της μεγαλύτερης φυλλικής επιφάνειας.

- Οι συνολικές απαιτήσεις σε νερό της κάθε καλλιέργειας είναι (σε m^3): για την αρδευτική περίοδο Μαΐου-Σεπτεμβρίου στο βαμβάκι 67.498.899,82 για τη μηδική 4.045.195 για τον καπνό 1.372.734,8 για τα τεύτλα 780.288,83 για το καλαμπόκι 7.432.646,33 για τα δένδρα 62.359,88 για τα κηπευτικά 1.657.974,05 και για τις λοιπές καλλιέργειες 289.763,5. Οι συνολικές απαιτήσεις για όλες τις καλλιέργειες και όλα τα αρδευτικά δίκτυα του νομού Καρδίτσας είναι $83.139.862m^3$ και η μέση κατανάλωση $390m^3/στρέμμα$ και αν συνυπολογίσουμε τις απώλειες της τάξης του 20% αυτή ανέρχεται περίπου σε $468m^3/στρέμμα$. Τις μεγαλύτερες ανάγκες σε νερό έχει η καλλιέργεια του βαμβακιού, ενώ τις λιγότερες έχουν τα δένδρα. Οι ανάγκες σε νερό αυξάνουν από το Μάιο μέχρι τον Ιούλιο (τον Ιούλιο παρουσιάζεται το μέγιστο των απαιτήσεων για όλες τις καλλιέργειες) και μειώνονται από Αύγουστο προς Σεπτέμβριο. Το κρατικό αρδευτικό δίκτυο Ταυρωπού καλύπτει τις μεγαλύτερες απαιτήσεις, ενώ το κρατικό αρδευτικό δίκτυο Λαζαρίνας τις λιγότερες για το νομό Καρδίτσας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'

Πίνακας 1
Τιμές του συντελεστή b στη σχέση 2 των Pruitt-Doorenbos (1977)

n/N	RHmin. %						Ταχύτητα ανέμου, m/sec
	0	20	40	60	80	100	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0.0	0.84	0.80	0.74	0.64	0.52	0.38	$U_2 = 0$
0.2	1.03	0.95	0.87	0.76	0.63	0.48	
0.4	1.22	1.10	1.01	0.88	0.74	0.57	
0.6	1.38	1.24	1.13	0.99	0.85	0.66	
0.8	1.54	1.37	1.25	1.09	0.94	0.75	
1.0	1.68	1.50	1.36	1.18	1.04	0.84	
0.0	0.97	0.90	0.81	0.68	0.54	0.40	$U_2 = 2$
0.2	1.19	1.08	0.96	0.84	0.66	0.50	
0.4	1.41	1.26	1.11	0.97	0.77	0.60	
0.6	1.60	1.42	1.25	1.09	0.89	0.70	
0.8	1.79	1.59	1.39	1.21	1.01	0.79	
1.0	1.98	1.74	1.52	1.31	1.11	0.89	
0.0	1.08	0.98	0.87	0.72	0.56	0.42	$U_2 = 4$
0.2	1.33	1.18	1.03	0.87	0.69	0.52	
0.4	1.56	1.38	1.19	1.02	0.82	0.62	
0.6	1.78	1.56	1.34	1.15	0.94	0.73	
0.8	2.00	1.74	1.50	1.28	1.05	0.83	
1.0	2.19	1.90	1.64	1.39	1.16	0.92	
0.0	1.18	1.06	0.92	0.74	0.58	0.43	$U_2 = 6$
0.2	1.44	1.27	1.10	0.91	0.72	0.54	
0.4	1.70	1.48	1.27	1.06	0.85	0.64	
0.6	1.94	1.67	1.44	1.21	0.97	0.75	
0.8	2.18	1.86	1.59	1.34	1.09	0.85	
1.0	2.39	2.03	1.74	1.46	1.20	0.95	

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1 (Συνέχεια)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0.0	1,26	1,11	0,96	0,76	0,60	0,44	U ₂ = 8
0.2	1,52	1,34	1,14	0,93	0,74	0,55	
0.4	1,79	1,56	1,32	1,10	0,87	0,66	
0.6	2,05	1,76	1,49	1,25	1,00	0,77	
0.8	2,30	1,96	1,66	1,39	1,12	0,87	
1.0	2,54	2,14	1,82	1,52	1,24	0,98	
0.0	1,29	1,15	0,98	0,78	0,61	0,45	U ₂ = 10
0.2	1,58	1,38	1,17	0,96	0,75	0,56	
0.4	1,86	1,61	1,36	1,13	0,89	0,68	
0.6	2,13	1,83	1,54	1,28	1,03	0,79	
0.8	2,39	2,03	1,71	1,43	1,15	0,89	
1.0	2,63	2,22	1,86	1,56	1,27	1,00	

Πίνακας 2

Ημερήσια ποσοστά του ετήσιου αριθμού ωρών ημέρας (ρ) για βόρεια πλάτη από 32° μέχρι 42°.

Μήνας	Βόρειο πλάτος					
	32°	34°	36°	38°	40°	42°
Ιανουάριος	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21
Φεβρουάριος	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24
Μάρτιος	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Απρίλιος	0,29	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30
Μάιος	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32	0,33
Ιούνιος	0,32	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34
Ιούλιος	0,32	0,32	0,32	0,33	0,33	0,33
Αύγουστος	0,30	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31
Σεπτέμβριος	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Οκτώβριος	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Νοέμβριος	0,24	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22
Δεκέμβριος	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21

Πίνακας 3

Τιμές του σταθμιστικού παράγοντα W , που αντιπροσωπεύει την επίδραση της R_s στην ΕΤγ, για διάφορες θερμοκρασίες και υψόμετρα.

Θερμο- κρασία. °C	Υψόμετρο. m				Θερμο- κρασία. °C	Υψόμετρο. m			
	0	500	1000	2000		0	500	1000	2000
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2	0,43	0,45	0,46	0,49	22	0,71	0,72	0,73	0,75
4	0,46	0,48	0,49	0,52	24	0,73	0,74	0,75	0,77
6	0,49	0,51	0,52	0,55	26	0,75	0,76	0,77	0,79
8	0,52	0,54	0,55	0,58	28	0,77	0,78	0,79	0,81
10	0,55	0,57	0,58	0,61	30	0,78	0,79	0,80	0,82
12	0,58	0,60	0,61	0,64	32	0,80	0,81	0,82	0,84
14	0,61	0,62	0,64	0,66	34	0,82	0,82	0,84	0,85
16	0,64	0,65	0,66	0,69	36	0,83	0,84	0,85	0,86
18	0,66	0,67	0,69	0,71	38	0,84	0,85	0,86	0,87
20	0,68	0,70	0,71	0,73	40	0,85	0,86	0,87	0,88

Πίνακας 4

Τιμές του σταθμιστικού παράγοντα $(1-W)$, που αντιπροσωπεύει την επίδραση του ανέμου και της υγρασίας στην ΕΤγ, για διάφορες θερμοκρασίες και υψόμετρα.

Θερμο- κρασία. °C	Υψόμετρο. m				Θερμο- κρασία. °C	Υψόμετρο. m			
	0	500	1000	2000		0	500	1000	2000
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(4)	(5)	
2	0,57	0,55	0,54	0,51	22	0,29	0,28	0,27	0,25
4	0,54	0,52	0,51	0,48	24	0,27	0,26	0,25	0,23
6	0,51	0,49	0,48	0,45	26	0,25	0,24	0,23	0,21
8	0,48	0,46	0,45	0,42	28	0,23	0,22	0,21	0,19
10	0,45	0,43	0,42	0,39	30	0,22	0,21	0,20	0,18
12	0,42	0,40	0,39	0,36	32	0,20	0,19	0,18	0,16
14	0,39	0,38	0,36	0,34	34	0,19	0,18	0,17	0,15
16	0,36	0,35	0,34	0,31	36	0,17	0,16	0,15	0,14
18	0,34	0,33	0,31	0,29	38	0,16	0,15	0,14	0,13
20	0,32	0,30	0,29	0,27	40	0,15	0,14	0,13	0,12

Πίνακας 5

Πίεση κορεσμού υδρατμών (e_a) για διάφορες θερμοκρασίες του αέρα (T), σε mbar. Ο πίνακας δίνει και την πραγματική πίεση υδρατμών (e_d) αν αντί της T χρησιμοποιηθεί το σημείο δρόσου (D_p).

Θερμο- κρασία. °C	e_a . mbar	Θερμο- κρασία. °C	e_a . mbar	Θερμο- κρασία. °C	e_a . mbar	Θερμο- κρασία. °C	e_a . mbar
(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
0	6,1	10	12,3	20	23,4	30	42,4
1	6,6	11	13,1	21	24,9	31	44,9
2	7,1	12	14,0	22	26,4	32	47,6
3	7,6	13	15,0	23	28,1	33	50,3
4	8,1	14	16,0	24	29,8	34	53,2
5	8,7	15	17,1	25	31,7	35	56,2
6	9,3	16	18,2	26	33,6	36	59,4
7	10,0	17	19,4	27	35,7	37	62,8
8	10,7	18	20,6	28	37,8	38	66,3
9	11,5	19	22,0	29	40,1	39	69,9

Πίνακας 6α

Πραγματική πίεση υδρατμών (e_a) σε mbar από παρατηρήσεις θερμοκρασίας ξηρού (T_d) και υγρού (T_w) θερμομέτρου (ψυχρόμετρο με αερισμό).

$T_d - T_w$, °C	Θερμοκρασία Ξηρού θερμομέτρου, °C																	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
1. Υψόμετρο από 0 μέχρι 1000 m																		
0	9,3	10,7	12,3	14,0	16,0	18,2	20,6	23,4	26,4	29,8	33,6	37,8	42,4	47,5	53,2	59,4	66,3	73,8
2	6,8	8,0	9,4	10,9	12,7	14,6	16,8	19,3	22,0	25,1	28,5	32,3	36,5	41,1	46,2	51,9	58,1	64,9
4	4,4	5,5	6,7	8,1	9,6	11,4	13,3	15,5	18,0	20,7	23,5	27,2	30,9	35,1	39,8	44,9	50,5	56,8
6	2,1	3,1	4,1	5,3	6,7	8,3	10,0	12,0	14,2	16,6	19,4	22,4	25,8	29,6	33,8	38,4	43,6	49,2
8		0,8	1,7	2,8	4,0	5,4	6,9	8,7	10,6	12,8	15,3	18,0	21,1	24,5	28,3	32,5	37,1	42,2
10					1,5	2,7	4,1	5,6	7,4	9,3	11,5	14,0	16,7	19,8	23,2	26,9	31,1	35,8
12							1,4	2,7	4,3	6,0	8,0	10,2	12,6	15,4	18,4	21,8	25,6	29,8
14									1,4	2,9	4,7	6,7	8,8	11,3	14,0	17,1	20,5	24,3
16											1,6	3,4	5,3	7,5	10,0	12,7	15,8	19,2
18														4,0	6,2	8,6	11,4	14,4
20																4,9	7,3	10,1
22																		6,0
2. Υψόμετρο από 1000 μέχρι 2000 m																		
0	9,3	10,7	12,3	14,0	16,0	18,2	20,6	23,4	26,4	29,8	33,6	37,8	42,4	47,5	53,2	59,4	66,3	73,8
2	7,0	8,2	9,6	11,2	12,9	14,9	17,1	19,5	22,3	25,3	28,7	32,5	36,7	41,3	46,4	52,1	58,2	65,2
4	4,8	5,8	7,0	8,4	10,0	11,7	13,7	15,9	18,3	21,1	24,1	27,5	31,3	35,5	40,1	45,2	50,9	57,1
6	2,7	3,7	4,7	5,9	7,3	8,9	10,6	12,6	14,3	17,2	20,0	23,0	26,4	30,2	34,4	39,0	44,1	49,8
8	0,7	1,6	2,6	3,6	4,8	6,2	7,8	9,5	11,5	13,9	16,1	18,9	21,9	25,3	29,9	33,3	37,9	43,0
10			0,4	1,4	2,4	3,6	5,0	6,6	8,3	10,3	12,5	14,9	17,7	20,7	24,1	32,1	36,7	41,8
12					0,3	1,3	2,5	3,9	5,5	7,2	9,2	11,4	13,8	16,6	19,6	23,0	26,8	31,0
14							0,1	1,3	2,7	4,3	6,0	8,0	10,2	12,6	15,4	18,4	21,8	25,6
16									0,2	1,6	3,2	4,9	6,9	9,1	11,5	14,3	17,3	20,7
18											0,5	2,1	3,8	5,8	8,0	10,4	13,2	16,2
20													0,9	2,6	4,6	6,8	9,2	12,0
22															1,5	3,5	5,7	8,1

Πίνακας 6β

Πραγματική πίεση υδρατμών (e_a) σε mbar από παρατηρήσεις θερμοκρασίας ξηρού (T_d) και υγρού (T_w) θερμομέτρου (ψυχρόμετρο χωρίς αερισμό).

$T_d - T_w$, °C	Θερμοκρασία Ξηρού θερμομέτρου, °C																	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
1. Υψόμετρο από 0 μέχρι 1000 m																		
0	9,3	10,7	12,3	14,0	16,0	18,2	20,6	23,4	26,4	29,8	33,6	37,8	42,4	47,5	53,2	59,4	66,3	73,8
2	6,5	7,7	9,1	10,7	12,4	14,4	16,6	19,0	21,8	24,8	28,2	32,0	36,2	40,8	45,9	51,6	57,8	64,7
4	3,9	4,9	6,1	7,5	9,1	10,8	12,8	15,0	17,4	20,2	23,2	26,6	30,4	34,6	39,2	44,4	50,0	56,2
6	1,5	2,3	3,3	4,6	5,9	7,5	9,2	11,2	13,4	15,8	18,6	21,6	25,0	28,8	33,0	37,6	42,8	48,4
8			0,7	1,7	3,0	4,3	5,9	7,6	9,6	11,8	14,2	17,0	20,0	23,4	27,2	31,4	36,0	41,2
10					0,1	1,4	2,7	4,3	6,0	8,0	10,2	12,6	15,4	18,4	21,8	25,6	29,8	34,4
12								1,1	2,7	4,4	6,4	8,6	11,0	13,8	16,8	20,2	24,0	28,2
14										1,1	2,8	4,8	7,0	9,4	12,2	15,2	18,6	22,4
16												1,2	3,2	5,4	7,8	10,6	13,6	17,0
18														1,6	3,8	6,2	9,0	12,0
20																2,2	4,6	7,4
22																	0,6	3,0
2. Υψόμετρο από 1000 μέχρι 2000 m																		
0	9,3	10,7	12,3	14,0	16,0	18,2	20,6	23,4	26,4	29,8	33,6	37,8	42,4	47,5	53,2	59,4	66,3	73,8
2	6,7	7,9	9,3	10,9	12,6	14,6	16,8	19,2	22,0	25,0	28,4	32,2	36,4	41,0	46,1	51,8	58,0	64,9
4	4,4	5,4	6,7	8,0	9,6	11,3	13,3	15,5	17,9	20,7	23,7	27,1	30,9	35,1	39,7	44,8	50,5	56,7
6	2,0	3,0	4,0	5,2	6,6	8,2	9,9	11,9	14,1	16,5	19,3	22,3	25,7	29,5	33,7	38,3	43,4	49,1
8		0,6	1,6	2,6	3,8	5,2	6,8	8,5	10,5	12,7	15,1	17,9	20,9	24,3	28,1	32,3	36,9	42,0
10				0,3	1,3	2,5	3,9	5,5	7,2	9,2	11,4	13,8	16,6	19,6	23,0	26,8	31,0	35,6
12							1,1	2,5	4,1	5,8	7,8	10,0	12,4	15,2	18,2	21,2	25,4	29,6
14									1,2	2,8	4,5	6,5	8,7	11,1	13,9	16,9	20,3	24,1
16											1,4	3,1	5,1	7,3	9,7	12,5	15,5	18,9
18													1,7	3,7	5,9	8,3	11,1	14,1
20														0,4	2,4	4,6	7,0	9,8
22																1,0	3,2	5,6

Πίνακας 7

Τιμές της συναρτήσεως $f(u)$ υπολογισμένες με τη σχέση 7, για ταχύτητες ανέμου σε km/ημέρα μετρημένες σε ύψος 2m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.

Ταχύτητα ανέμου. Km/ημ.	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	—	0,30	0,32	0,35	0,38	0,41	0,43	0,46	0,49	0,51
100	0,54	0,57	0,59	0,62	0,65	0,67	0,70	0,73	0,76	0,78
200	0,81	0,84	0,86	0,89	0,92	0,94	0,97	1,00	1,03	1,05
300	1,08	1,11	1,13	1,16	1,19	1,21	1,24	1,27	1,30	1,32
400	1,35	1,38	1,40	1,43	1,46	1,49	1,51	1,54	1,57	1,59
500	1,62	1,65	1,67	1,70	1,73	1,76	1,78	1,81	1,84	1,86
600	1,89	1,92	1,94	1,97	2,00	2,02	2,05	2,08	2,11	2,13
700	2,16	2,19	2,21	2,24	2,27	2,29	2,32	2,35	2,38	2,40
800	2,43	2,46	2,48	2,51	2,54	2,56	2,59	2,62	2,64	2,67
900	2,70									

Πίνακας 8

Θεωρητική ηλιακή ακτινοβολία (R_a), για κάθε μήνα και βόρεια γεωγραφικά πλάτη από 32° μέχρι 42°, εκφρασμένη σε ισοδύναμο πάχος εξατμιζόμενου νερού σε mm/ημέρα.

Μήνας	Βόρειο πλάτος					
	32°	34°	36°	38°	40°	42°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ιανουάριος	8,3	7,9	7,4	6,9	6,4	5,9
Φεβρουάριος	10,2	9,8	9,4	9,0	8,6	8,1
Μάρτιος	12,8	12,4	12,1	11,8	11,4	11,0
Απρίλιος	15,0	14,8	14,7	14,5	14,3	14,0
Μάιος	16,5	16,5	16,4	16,4	16,4	16,2
Ιούνιος	17,0	17,1	17,2	17,2	17,3	17,3
Ιούλιος	16,8	16,8	16,7	16,7	16,7	16,7
Αύγουστος	15,6	15,5	15,4	15,3	15,2	15,0
Σεπτέμβριος	13,6	13,4	13,1	12,8	12,5	12,2
Οκτώβριος	11,2	10,8	10,6	10,0	9,6	9,1
Νοέμβριος	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5
Δεκέμβριος	7,8	7,2	6,6	6,1	5,7	5,2

Πίνακας 9

Τιμές της συνάρτησης $f(T)$ που εκφράζει την επίδραση της θερμοκρασίας στην ακτινοβολία μεγάλου κύματος (R_{nl}).

T, °C	f (T)	T, °C	f (T)	T, °C	f (T)	T, °C	f (T)	T, °C	f (T)
(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
0	11,0	8	12,4	16	13,8	24	15,4	32	17,2
2	11,4	10	12,7	18	14,2	26	15,9	34	17,7
4	11,7	12	13,1	20	14,6	28	16,3	36	18,1
6	12,0	14	13,5	22	15,0	30	16,7	38	18,6

Πίνακας 10

Τιμές της συνάρτησης $f(e_d)$ που εκφράζει την επίδραση της πίεσεως των υδρατμών στην ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος (R_{nl}).

e_d mbar	f (e_d)	e_d mbar	f (e_d)	e_d mbar	f (e_d)	e_d mbar	f (e_d)	e_d mbar	f (e_d)
(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
6	0,23	14	0,18	22	0,13	30	0,10	38	0,07
8	0,22	16	0,16	24	0,12	32	0,09	40	0,06
10	0,20	18	0,15	26	0,12	34	0,08	42	0,06
12	0,19	20	0,14	28	0,11	36	0,08	44	0,05

Πίνακας 11

Τιμές της συνάρτησης $f(n/N)$ που εκφράζει την επίδραση της ηλιοφάνειας στην ακτινοβολία μεγάλου κύματος (R_{nl}).

n/N	f (n/N)	n/N	f (n/N)	n/N	f (n/N)	n/N	f (n/N)	n/N	f (n/N)	n/N	f (n/N)
(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
0	0,10	0,20	0,28	0,40	0,46	0,60	0,64	0,80	0,82	1,00	1,00
0,05	0,15	0,25	0,33	0,45	0,51	0,65	0,69	0,85	0,87		
0,10	0,19	0,30	0,37	0,50	0,55	0,70	0,73	0,90	0,91		
0,15	0,24	0,35	0,42	0,55	0,60	0,75	0,78	0,95	0,96		

Πίνακας 12

Διορθωτικός παράγοντας (c) που βρίσκεται εφαρμογή στη σχέση 5 του Penman.

U ημέρας m/sec	RHmax = 30%				RHmax = 60%				RHmax = 90%			
	Ηλιακή ακτινοβολία (Rs). mm/ημέρα											
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
1. Υμέρα/Υνύχτα = 1.0												
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.64	0.71	0.82	0.89	0.78	0.86	0.94	0.99	0.85	0.92	1.01	1.05
6	0.43	0.53	0.68	0.79	0.62	0.70	0.84	0.93	0.72	0.82	0.95	1.00
9	0.27	0.41	0.59	0.70	0.50	0.60	0.75	0.87	0.62	0.72	0.87	0.96
2. Υμέρα/Υνύχτα = 2.0												
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.69	0.76	0.85	0.92	0.83	0.91	0.99	1.05	1.89	0.98	1.10	1.14
6	0.53	0.61	0.74	0.84	0.70	0.80	0.94	1.02	0.79	0.92	1.05	1.12
9	0.37	0.48	0.65	0.76	0.59	0.70	0.84	0.95	0.71	0.81	0.96	1.06
3. Υμέρα/Υνύχτα = 3.0												
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.76	0.81	1.88	1.94	0.87	0.96	1.06	1.12	0.94	1.04	1.18	1.28
6	0.61	0.68	0.81	0.88	0.77	0.88	1.02	1.10	0.86	1.01	1.15	1.22
9	0.46	0.56	0.72	0.82	0.67	0.79	0.88	1.05	0.78	0.92	1.06	1.18
4. Υμέρα/Υνύχτα = 4.0												
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.79	0.84	0.92	0.97	0.92	1.00	1.11	1.19	0.99	1.10	1.27	1.32
6	0.68	0.77	0.87	0.93	0.85	0.96	1.11	1.19	0.94	1.10	1.26	1.33
9	0.55	0.65	0.78	0.90	0.76	0.88	1.02	1.14	0.88	1.01	1.16	1.27

Πίνακας 13

Μέση ημερήσια θεωρητική ηλιοφάνεια (N), για κάθε μήνα και βόρεια γεωγραφικά πλάτη από 32° μέχρι 42°, εκφρασμένη σε ώρες.

Μήνας	Βόρεια πλάτος					
	32°	34°	36°	38°	40°	42°
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ιανουάριος	10,3	10,2	10,0	9,8	9,6	9,4
Φεβρουάριος	11,3	11,0	10,9	10,8	10,7	10,6
Μάρτιος	12,0	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9
Απρίλιος	13,0	13,1	13,1	13,2	13,3	13,4
Μάιος	13,8	13,9	14,1	14,3	14,4	14,6
Ιούνιος	14,2	14,4	14,6	14,8	15,0	15,2
Ιούλιος	14,1	14,2	14,4	14,6	14,7	14,9
Αύγουστος	13,3	13,4	13,5	13,6	13,7	13,9
Σεπτέμβριος	12,4	12,4	12,4	12,5	12,5	12,6
Οκτώβριος	11,4	11,3	11,3	11,2	11,2	11,1
Νοέμβριος	10,5	10,4	10,2	10,1	10,0	9,8
Δεκέμβριος	10,0	9,9	9,7	9,5	9,3	9,1

Πίνακας 14

Στρεμματικές εκτάσεις των καλλιεργειών ανά αρδευτικό δίκτυο.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	87256	2050	1239	265
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	53722	550	1015	399
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	22500	4100		
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	8904			21
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	2100	100	600	420
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	1950	600		550
ΣΥΝΟΛΟ	176432	7400	2854	1655
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	17925	130	75	
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	232	48	77	
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	550		3250	
ΤΙΤΑΝΙΟΥ				
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	80		180	
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	800		400	650
ΣΥΝΟΛΟ	19587	178	3982	650

Πίνακας 15

Υψόμετρο μετεωρολογικών σταθμών στο Νομό Καρδίτσας.

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)
Καπνικός Καρδίτσας	100
Γραμματικό	90
Πεδινό	90
Καρδίτσομαγούλα	100
Καλλιφόνιο	115
Παλαμά	90
Λουτροπηγή	180

Πίνακας 16

Κλιματικοί παράγοντες των μετεωρολογικών σταθμών πριν την προσθήκη στοιχείων.

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	T _{mean} (°C)	RH _{mean} (%)	Μέση βροχόπτωση (mm)	Ταχύτητα ανέμου (km/h)	Ωρες ηλιοφάνειας (h)
Καπνικός Καρδίτσας	+	+	+	+	+
Γραμματικό	+		+		
Πεδινό	+		+		
Καρδίτσομαγούλα	+		+		
Καλλιφόνιο	+		+		
Παλαμά	+		+		
Λουτροπηγή	+	+	+	+	+

Πίνακας 17

Κλιματικοί παράγοντες των μετεωρολογικών σταθμών μετά την προσθήκη στοιχείων.

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	T _{mean} (°C)	RH _{mean} (%)	Μέση βροχόπτωση (mm)	Ταχύτητα ανέμου (km/h)	Ωρες ηλιοφάνειας (h)
Καπνικός Καρδίτσας	+	+	+	+	+
Γραμματικό	+	+	+	+	+
Πεδινό	+	+	+	+	+
Καρδίτσομαγούλα	+	+	+	+	+
Καλλιφόνιο	+	+	+	+	+
Παλαμά	+	+	+	+	+
Λουτροπηγή	+	+	+	+	+

Πίνακας 18

Μέσες τιμές της βασικής εξατμισοδιαπνοής με τον πρώτο τρόπο ανά μετεωρολογικό σταθμό.

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	ΜΑΪΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
Καπνικός Καρδίτσας	139,19	173,4	177,01	166,78	111,9
Γραμματικό					
Πεδινό					
Καρδίτσομαγούλα					
Καλλιφόνιο					
Παλαμάς					
Λουτροπηγή	128,65	156,6	168,64	151,9	99,3

Πίνακας 19

Μέσες τιμές της βασικής εξατμισοδιαπνοής με το δεύτερο τρόπο ανά μετεωρολογικό σταθμό.

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	ΜΑΪΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
Καπνικός Καρδίτσας	140,74	173,7	177,63	168,02	111
Γραμματικό	142,91	181,5	179,8	175,77	117,3
Πεδινό	143,53	173,4	176,7	169,26	114,6
Καρδίτσομαγούλα	142,6	178,5	179,49	171,74	116,1
Καλλιφόνιο	139,5	177,3	176,08	168,33	113,7
Παλαμάς	140,12	176,4	175,77	167,09	113,4
Λουτροπηγή	119,04	152,1	169,57	143,53	96

Πίνακας 20

Μέσες τιμές της βασικής εξατμισοδιαπνοής με τον τρίτο τρόπο ανά μετεωρολογικό σταθμό.

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	ΜΑΪΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
Καπνικός Καρδίτσας	144,77	174,3	181,97	166,78	112,8
Γραμματικό	147,25	182,1	183,83	174,84	119,4
Πεδινό	147,87	173,4	180,42	167,4	115,5
Καρδίτσομαγούλα	144,77	186,3	186,93	177,32	120
Καλλιφόνιο	143,22	177	180,11	166,78	114
Παλαμάς	143,84	175,5	179,49	165,54	114,9
Λουτροπηγή	119,35	155,7	172,98	144,46	96,3

Πίνακας 21

Μέσες τιμές της βασικής εξατμισοδιαπνοής και με τους τρεις τρόπους.

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	ΜΑΪΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
Καπνικός Καρδίτσας					
1ος τρόπος	139,19	173,4	177,01	166,78	111,9
2ος τρόπος	140,74	173,7	177,63	168,02	111
3ος τρόπος	144,77	174,3	181,97	166,78	112,8
Γραμματικό					
1ος τρόπος					
2ος τρόπος	142,91	181,5	179,8	175,77	117,3
3ος τρόπος	147,25	182,1	183,83	174,84	119,4
Πεδινό					
1ος τρόπος					
2ος τρόπος	143,53	173,4	176,7	169,26	114,6
3ος τρόπος	147,87	173,4	180,42	167,4	115,5
Καρδίτσομαγούλα					
1ος τρόπος					
2ος τρόπος	142,6	178,5	179,49	171,74	116,1
3ος τρόπος	144,77	186,3	186,93	177,32	120
Καλλιφόνιο					
1ος τρόπος					
2ος τρόπος	139,5	177,3	176,08	168,33	113,7
3ος τρόπος	143,22	177	180,11	166,78	114
Παλαμάς					
1ος τρόπος					
2ος τρόπος	140,12	176,4	175,77	167,09	113,4
3ος τρόπος	143,84	175,5	179,49	165,54	114,9
Λουτροπηγή					
1ος τρόπος	128,65	156,6	168,64	151,9	99,3
2ος τρόπος	119,04	152,1	169,57	143,53	96
3ος τρόπος	119,35	155,7	172,98	144,46	96,3

Πίνακας 22

Μέσες τιμές βασικής εξατμισοδιαπνοής ανά αρδευτικό δίκτυο.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	142,6	175,5	182,9	167,4	115,5
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	139,5	175,5	184,4	173,6	114
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	142,6	175,5	182,9	170,5	121,5
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	147,2	178,5	182,9	173,6	118,5
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	137,9	172,5	176,7	164,3	117
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	137,9	172,5	176,7	164,3	118,5

Πίνακας 23

Πραγματική εξατμισοδιαπνοή για κάθε αρδευτικό δίκτυο Μαΐου.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	45,63	121,21	74,15	64,17	57,04
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	44,64	118,57	72,54	62,77	55,8
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	45,63	121,21			57,04
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	47,1			66,24	
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	44,12	117,21	71,7	62,05	55,16
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	44,12	117,21		62,05	55,16
Μ.Ο.	45,2	119,08	72,79	63,45	56,04
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.		
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	64,17	85,56			
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	62,77	83,7			
ΣΕΛΛΑΝΩΝ		85,56			
ΤΙΤΑΝΙΟΥ					
ΓΕΛΑΝΘΗΣ		82,74			
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ		82,74	79,98		
Μ.Ο.	63,47	84,06	79,98		

Πίνακας 24

Πραγματική εξατμισοδιαπνοή για κάθε αρδευτικό δίκτυο Ιουνίου.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	98,28	149,17	175,5	140,4	124,6
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	98,28	149,17	175,5	140,4	124,6
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	98,28	149,17			124,6
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	99,96			142,8	
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	96,6	146,62	172,5	138	122,47
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	96,6	146,62		138	122,47
Μ.Ο.	98	148,15	174,5	139,92	123,74
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.		
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	87,75	126,36			
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	87,75	126,36			
ΣΕΛΛΑΝΩΝ		126,36			
ΤΙΤΑΝΙΟΥ					
ΓΕΛΑΝΘΗΣ		124,2			
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ		124,2	124,2		
Μ.Ο.	87,75	125,49	124,2		

Πίνακας 25

Πραγματική εξαμυσοδιαπνοή για κάθε αρδευτικό δίκτυο Ιουλίου.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	153,63	155,46	181,07	155,46	155,46
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	154,89	156,74	182,55	156,74	156,74
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	153,63	155,46			155,46
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	153,63			155,46	
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	148,42	150,19	174,93	150,19	150,19
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	148,42	150,19		150,19	150,19
Μ.Ο.	152,1	153,6	179,5	153,6	153,6
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.		
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	146,32	131,68			
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	147,52	132,76			
ΣΕΛΛΑΝΩΝ		131,68			
ΤΙΤΑΝΙΟΥ					
ΓΕΛΑΝΘΗΣ		127,22			
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ		127,22	146,66		
Μ.Ο.	146,92	130,11	146,66		

Πίνακας 26

Πραγματική εξαμυσοδιαπνοή για κάθε αρδευτικό δίκτυο Αυγούστου.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	150,66	142,29	160,7	142,29	135,59
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	156,24	147,56	166,65	147,56	140,61
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	153,45	144,92			138,1
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	156,24			147,56	
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	147,87	139,65	157,72	139,65	133,08
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	147,87	139,65		139,65	133,08
Μ.Ο.	152,05	142,81	161,69	143,34	136,09
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.		
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	108,81	120,52			
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	112,84	124,99			
ΣΕΛΛΑΝΩΝ		122,76			
ΤΙΤΑΝΙΟΥ					
ΓΕΛΑΝΘΗΣ		118,29			
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ		118,29	131,44		
Μ.Ο.	110,82	120,97	131,44		

Πίνακας 27

Πραγματική εξατμισοδιαπνοή για κάθε αρδευτικό δίκτυο Σεπτεμβρίου.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	55,44	98,17		94,71	33,49
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	54,72	96,9		93,48	33,06
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	58,32	103,27			35,23
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	56,88			97,17	
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	56,16	99,45		95,94	33,93
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	56,88	100,72		97,17	34,36
Μ.Ο.	56,4	99,7		95,69	34,01
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.		
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	69,3	69,3			
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	68,4	68,4			
ΣΕΛΛΑΝΩΝ		72,9			
ΤΙΤΑΝΙΟΥ					
ΓΕΛΑΝΘΗΣ		70,2			
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ		71,1	82,95		
Μ.Ο.	68,85	70,38	82,95		

Πίνακας 28

Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	50	28	17	23	17
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	53	28	16	21	17
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	52	25	17	20	15
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	49	24	17	19	19
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	51	23	17	21	17
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	51	23	17	21	15

Πίνακας 29

Τιμές ωφέλιμης βροχόπτωσης για κάθε αρδευτικό δίκτυο.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	46,27	26,47	16,15	21,85	16,15
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	48,8	26,47	15,2	19,95	16,15
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	47,98	23,75	16,15	19	14,25
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	45,37	22,8	16,15	18,05	18,05
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	47,15	21,85	16,15	19,95	16,15
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	47,15	21,85	16,15	19,95	14,25

Πίνακας 30

Καθαρές απαιτήσεις των καλλιεργειών κατά το μήνα Μάιο.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ		74,94	27,88	17,9	10,77
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ		69,77	23,74	13,97	7
ΣΕΛΛΑΝΩΝ		73,23			9,06
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	1,73			20,87	
ΓΕΛΑΝΘΗΣ		70,06	24,55	14,9	8,01
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ		70,06		14,9	8,01
Μ.Ο.	1,73	71,61	25,39	16,5	8,57
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.		
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	17,9	39,29			
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	13,97	34,9			
ΣΕΛΛΑΝΩΝ		37,58			
ΤΙΤΑΝΙΟΥ					
ΓΕΛΑΝΘΗΣ		35,59			
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ		35,59	32,79		
Μ.Ο.	15,93	36,59	32,79		

Πίνακας 31

Καθαρές απαιτήσεις των καλλιεργειών κατά το μήνα Ιούνιο.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	71,81	122,7	149,03	113,93	98,13
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	71,81	122,7	149,03	113,93	98,13
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	74,53	125,42			100,85
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	77,16			120	
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	74,75	124,77	150,65	116,15	100,62
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	74,75	124,77		116,15	100,62
Μ.Ο.	74,13	124,07	149,57	116,03	99,67
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.		
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	61,28	99,89			
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	61,28	99,89			
ΣΕΛΛΑΝΩΝ		103,56			
ΤΙΤΑΝΙΟΥ					
ΓΕΛΑΝΘΗΣ		102,35			
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ		102,35	102,35		
Μ.Ο.	61,28	101,6	102,35		

Πίνακας 32

Καθαρές απαιτήσεις των καλλιεργειών κατά το μήνα Ιούλιο.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	137,48	139,31	164,92	139,31	139,31
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	139,69	141,54	167,35	141,54	141,54
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	137,48	139,31	167,35		139,31
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	137,48			139,31	
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	132,27	134,04	158,78	134,04	134,04
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	132,27	134,04		134,04	134,04
M.O.	136,11	137,64	164,6	137,74	137,64
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.		
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	130,17	115,53			
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	132,32	117,56			
ΣΕΛΛΑΝΩΝ		115,53			
ΤΙΤΑΝΙΟΥ					
ΓΕΛΑΝΘΗΣ		111,07			
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ		111,07	130,51		
M.O.	131,24	114,15	130,51		

Πίνακας 33

Καθαρές απαιτήσεις των καλλιεργειών κατά το μήνα Αύγουστο.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	128,81	120,44	138,85	120,4	113,74
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	136,29	127,61	146,7	127,62	120,66
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	134,45	125,92			119,1
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	138,19			129,52	
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	127,92	119,7	137,77	119,7	113,13
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	127,92	119,7		119,7	113,13
M.O.	132,26	122,67	141,1	123,38	115,95
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.		
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	86,96	98,67			
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	92,89	105,04			
ΣΕΛΛΑΝΩΝ		103,76			
ΤΙΤΑΝΙΟΥ					
ΓΕΛΑΝΘΗΣ		98,34			
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ		68,34	111,44		
M.O.	89,92	94,83	111,44		

Πίνακας 34
Καθαρές απαιτήσεις των καλλιεργειών κατά το μήνα Σεπτέμβριο.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	39,29	82,02		78,56	17,34
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	38,57	80,75		77,33	16,91
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	44,07	89,02			20,98
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	38,83			79,12	
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	40,01	83,3		79,79	17,78
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	42,63	86,47		89,82	20,11
Μ.Ο.	40,56	84,31		80,92	18,62
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.		
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	53,15	53,15			
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	52,25	52,25			
ΣΕΛΛΑΝΩΝ		58,65			
ΤΙΤΑΝΙΟΥ					
ΓΕΛΑΝΘΗΣ		54,05			
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ		56,85	68,7		
Μ.Ο.	52,7	54,99	68,7		

Πίνακας 35
Συνολικές απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό Μαΐου.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ		153627	34543,32	4743,5
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ		38373,5	24096,1	5574,03
ΣΕΛΛΑΝΩΝ		300243		
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	15403,92			438,27
ΓΕΛΑΝΘΗΣ		7006	14730	6258
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ		42036		8195
ΣΥΝΟΛΟ	15403,92	541285,5	73369,42	25208,8
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	193052,25	2327	2946,75	
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	1624	670,56	2687,3	
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	4983		122135	
ΤΙΤΑΝΙΟΥ				
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	640,8		6406,2	
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	6408		14236	21313,5
ΣΥΝΟΛΟ	206708,05	2997,56	148411,25	21313,5

Πίνακας 36

Συνολικές απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό Ιουνίου.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	6265853,36	251535	184648,17	30191,45
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	3857776,82	67485	151265,45	45458,07
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	1676925	514222		
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	687032,64			2520
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	156975	12477	90390	48783
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	145762,5	74862		63882,5
ΣΥΝΟΛΟ	12790325,32	920581	426303,62	190835,02
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	1758980,25	7966,4	7491,75	
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	22766,16	2941,44	7691,53	
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	55467,5		336570	
ΤΙΤΑΝΙΟΥ				
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	8049,6		18423	
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	80496		40940	66527,5
ΣΥΝΟΛΟ	1925759,51	10907,84	411116,3	66527,5

Πίνακας 37

Συνολικές απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό Ιουλίου.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	11995954,88	285585,5	204335,88	36917,15
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	7504426,18	77847	169860,25	56474,46
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	3093300	571171		
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	1224121,92			2925,51
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	277767	13404	95268	56296,8
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	257926,5	80424		73722
ΣΥΝΟΛΟ	24353496,48	1028431,5	469464,1	226335,92
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	2497131,75	16922,1	8664,75	
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	32837,28	6351,36	9052,12	
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	76620,5		375472,5	
ΤΙΤΑΝΙΟΥ				
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	10723,2		19992,6	
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	107232		44428	84831,5
ΣΥΝΟΛΟ	2724544,73	23273,46	457610	84831,5

Πίνακας 38

Συνολικές απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό Αυγούστου.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	11239445,36	246902	172035,15	31916,6
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	7321771,38	70185,5	148900,5	50916,39
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	3025125	516272		
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	1230443,76			2719,71
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	268632	11970	82662	50274
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	249444	71820		65835
ΣΥΝΟΛΟ	23334861,5	917149,5	403597,65	201661,7
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	2038789,5	11304,8	7400,25	
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	27993,12	4458,72	8088,08	
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	65505		337220	
ΤΙΤΑΝΙΟΥ				
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	9050,4		17701,2	
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	90504		39336	72436
ΣΥΝΟΛΟ	2231842,02	15763,52	409745,5	72436

Πίνακας 39

Συνολικές απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό Σεπτεμβρίου.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	3428288,24	168141		20818,4
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	2072057,54	44412,5		30854,67
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	991575	364982		
ΤΙΤΑΝΙΟΥ	345742,32			1661,52
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	84021	8330		33511,8
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	83128,5	51882		49401
ΣΥΝΟΛΟ	7004812,6	637747,5		136247,39
ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.
ΤΑΥΡΩΠΟΥ	310819,5	6909,5	3986,25	
ΘΕΣΣΑΛΙΩΤΙΔΟΣ	3923,12	2508	4023,25	
ΣΕΛΛΑΝΩΝ	11539		190612,5	
ΤΙΤΑΝΙΟΥ				
ΓΕΛΑΝΘΗΣ	1422,4		9729	
ΛΑΖΑΡΙΝΑΣ	16088		22740	44655
ΣΥΝΟΛΟ	343792,02	9417,5	231091	44655

Πίνακας 40

Συνολικές απαιτήσεις σε νερό ανά καλλιέργεια στο νομό Καρδίτσας.

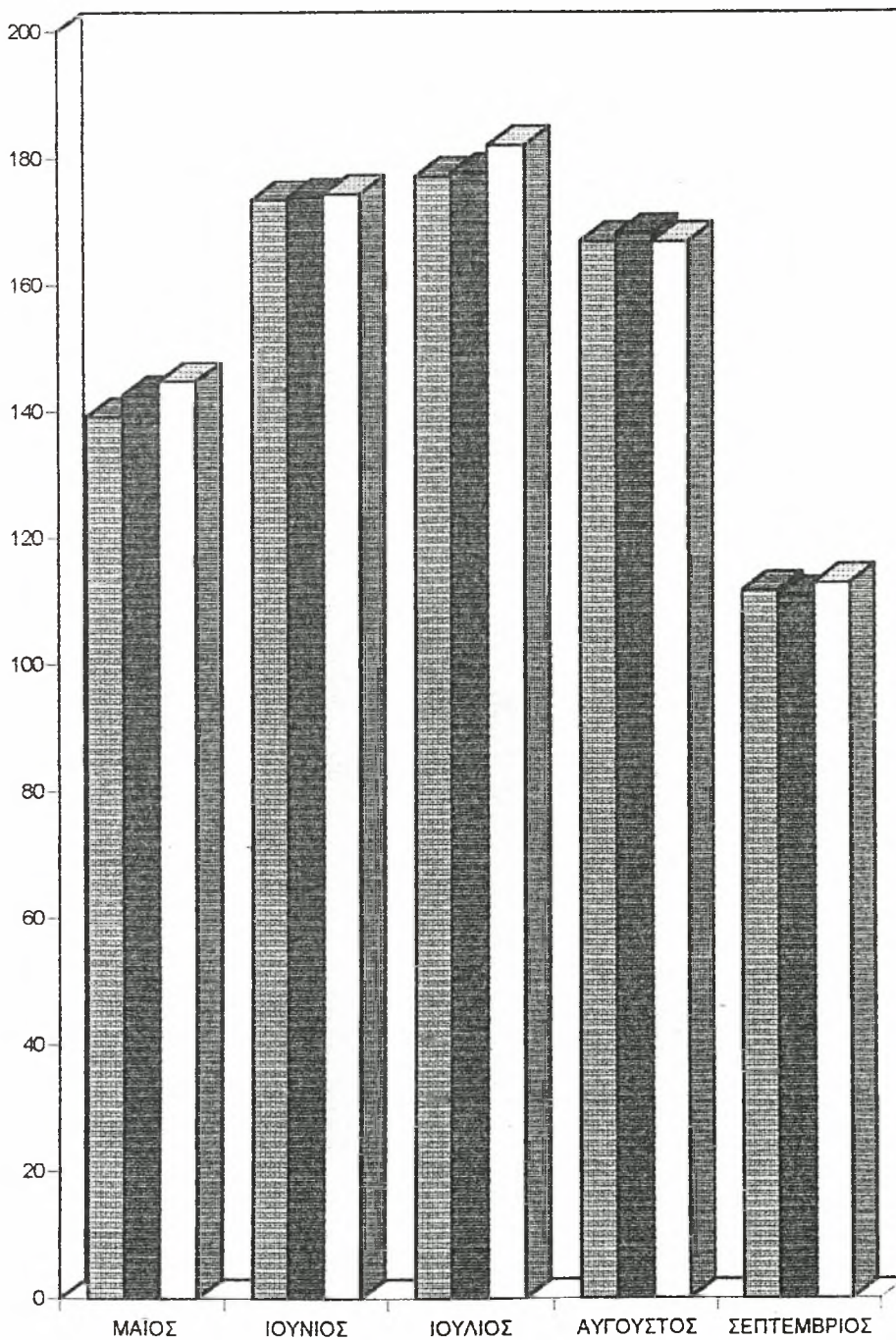
	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΑΠΝΟΣ	ΤΕΥΤΛΑ
ΜΑΪΟΣ	15403,92	541285,5	73369,42	25208,8
ΙΟΥΝΙΟΣ	12790325,32	920581	426303,62	190835,02
ΙΟΥΛΙΟΣ	24353496,48	1028431,5	469464,1	226335,92
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	23334861,5	917149,5	403597,65	201661,7
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	7004812,6	637747,5		136247,39
ΣΥΝΟΛΟ	67498899,82	4045195	1372734,8	780288,83
	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΔΕΝΔΡΑ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΛΟΙΠΕΣ ΚΑΛ.
ΜΑΪΟΣ	206708,05	2997,56	148411,25	21313,5
ΙΟΥΝΙΟΣ	1925759,51	10907,84	411116,3	66527,5
ΙΟΥΛΙΟΣ	2724544,73	23273,46	457610	84831,5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2231842,02	15763,52	409745,5	72436
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	343792,02	9417,5	231091	44655
ΣΥΝΟΛΟ	7432646,33	62359,88	1657974,05	289763,5
ΟΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ				83139862

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄

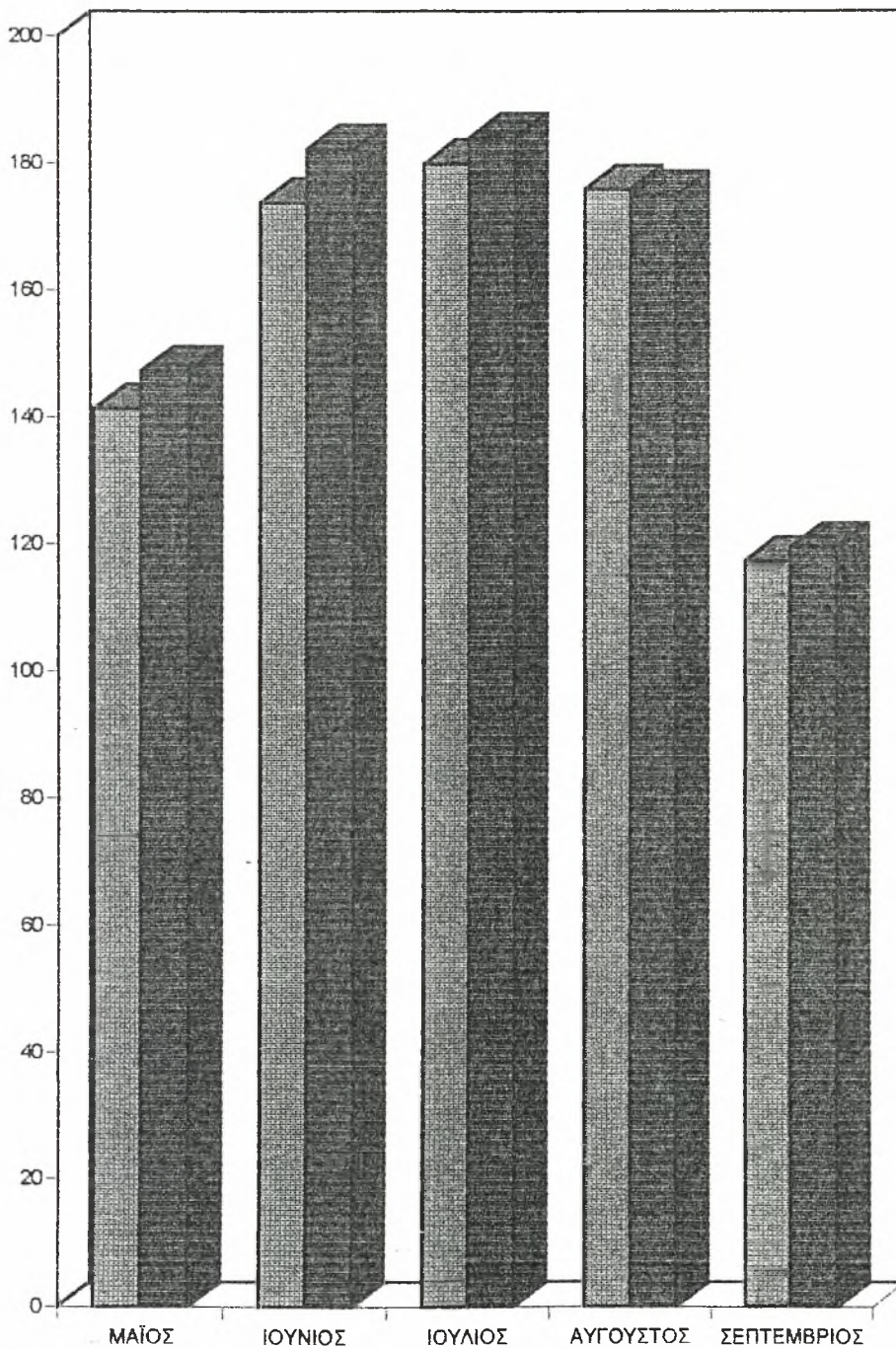
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 1

Σύγκριση των τριών τρόπων εύρεσης της βασικής εξατμισοδιαπνοής στον Καπνικό σταθμό Καρδίτσας.

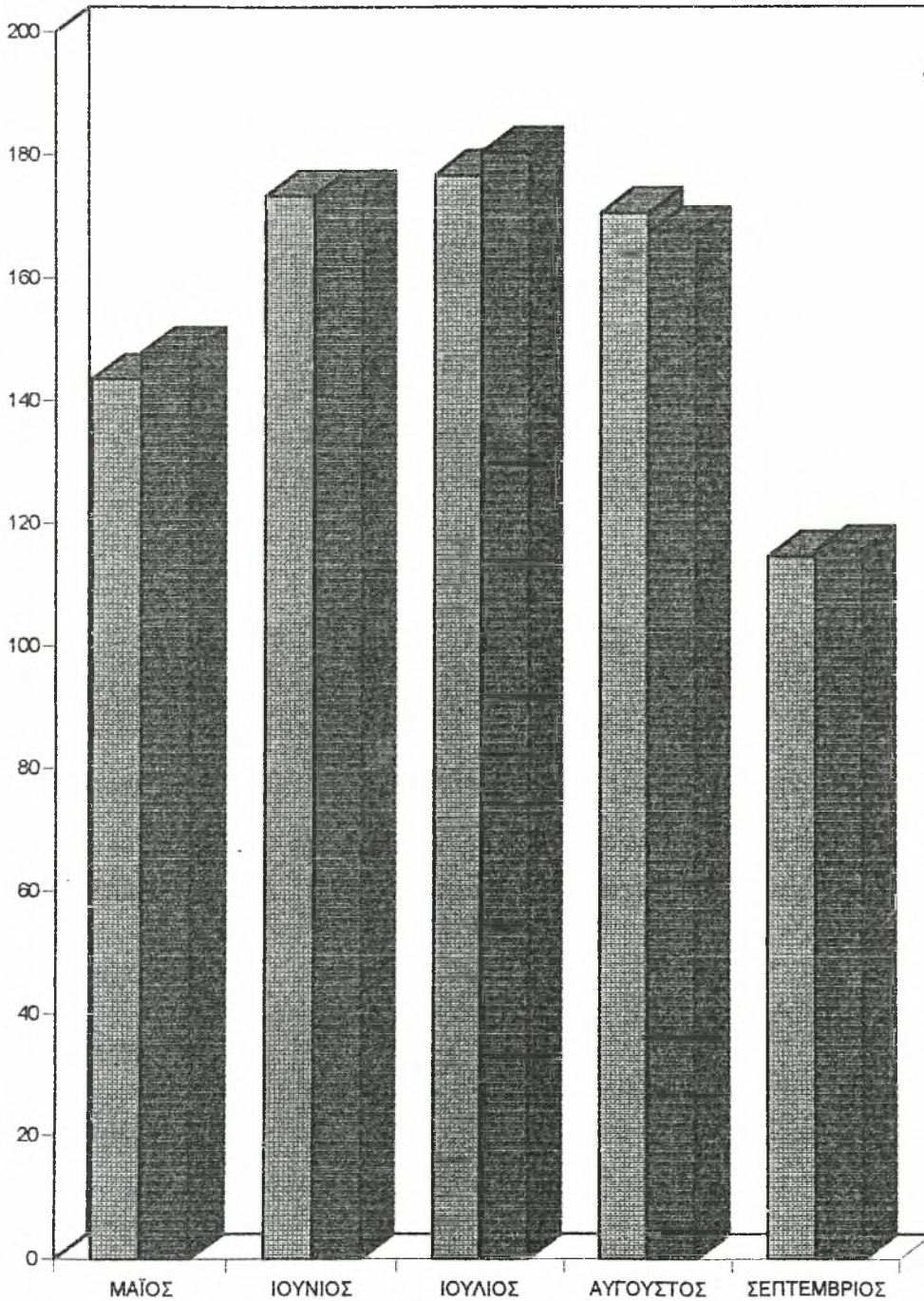
* 1ος τρόπος * 2ος τρόπος * 3ος τρόπος



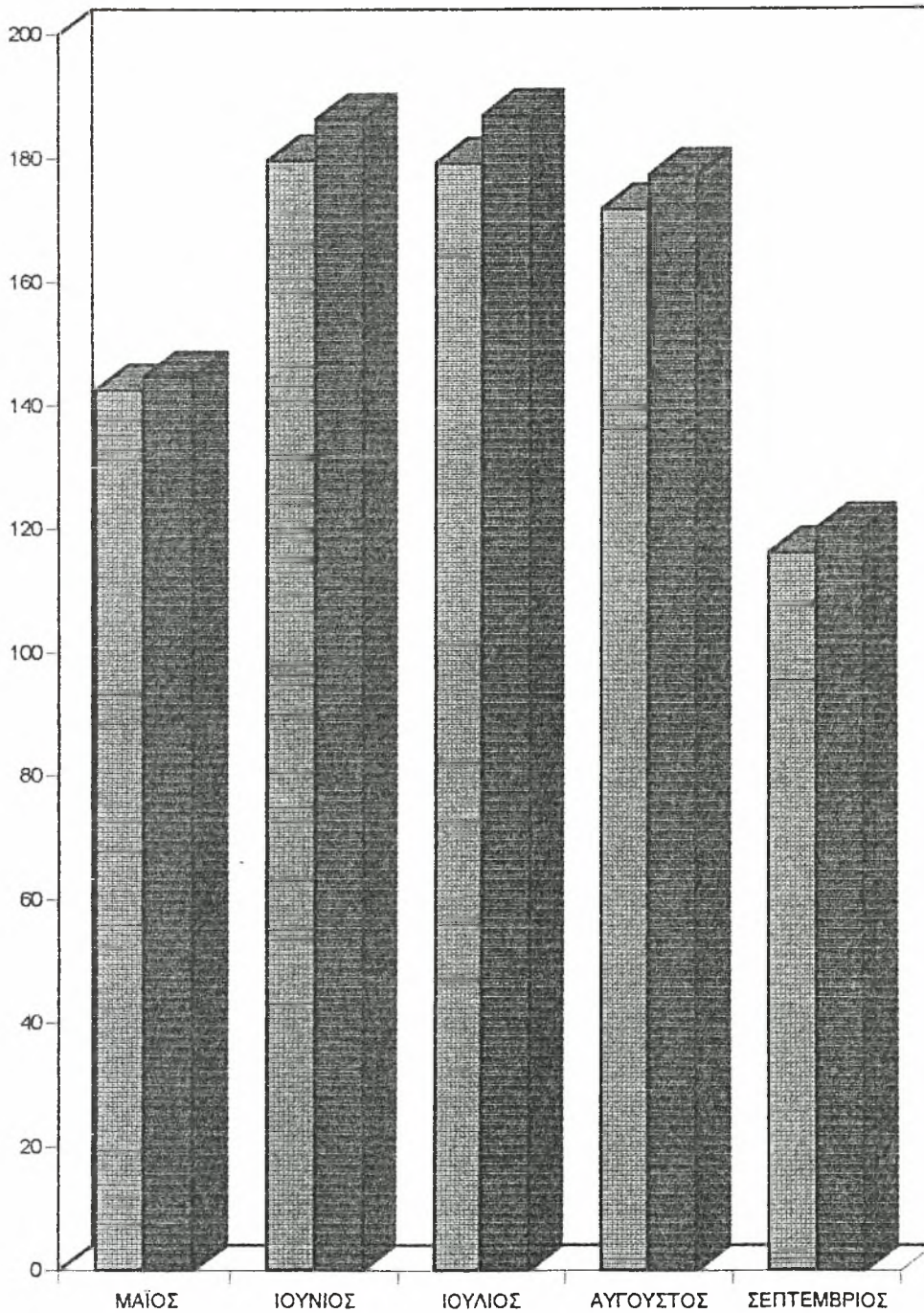
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 2
Σύγκριση των δύο τρόπων εύρεσης της βασικής
εξατμισοδιαπνοής στο σταθμό του Γραμματικού
* 2ος τρόπος * 3ος τρόπος



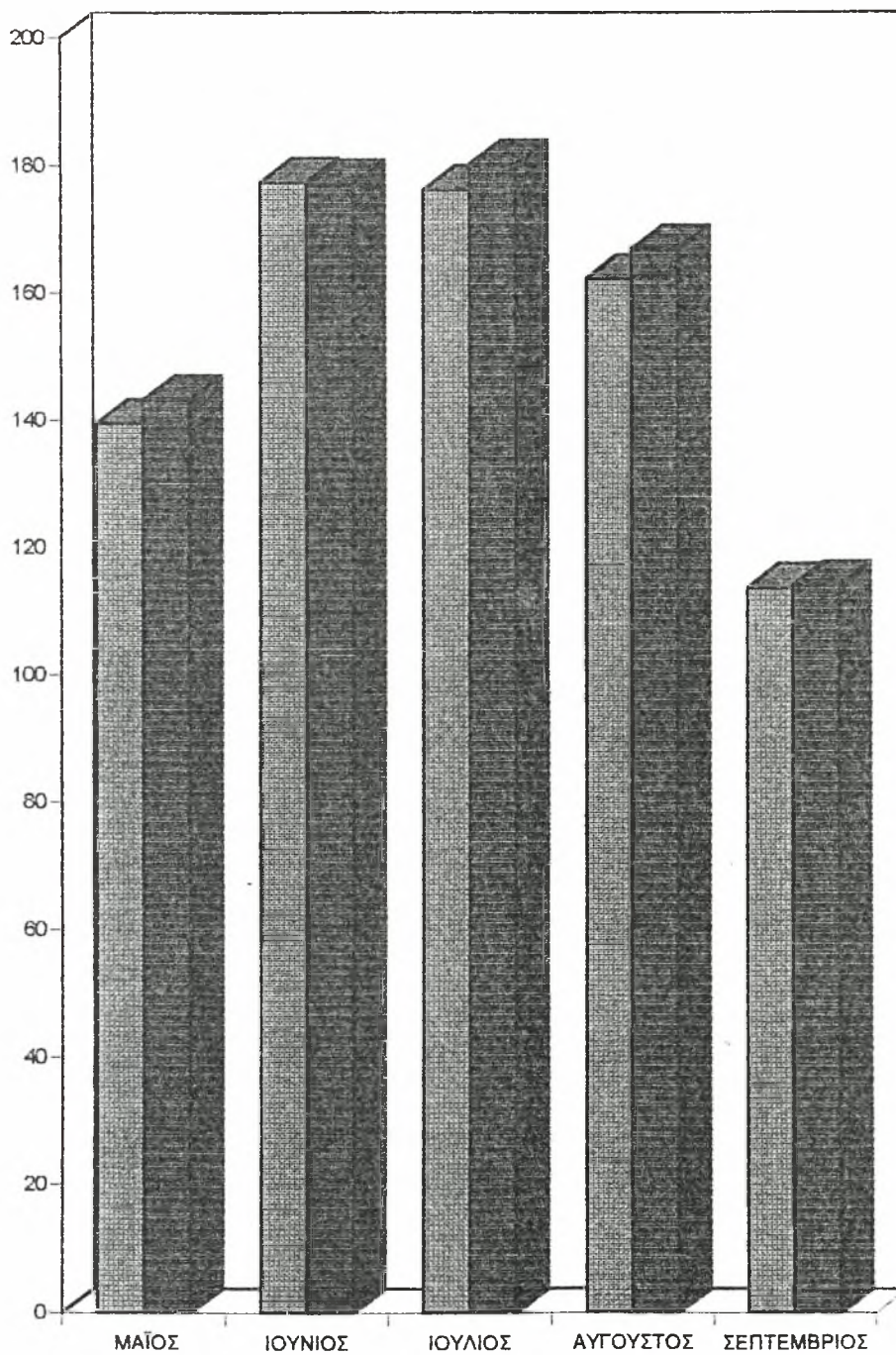
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 3
Σύγκριση των δύο τρόπων εύρεσης της βασικής
εξατμισοδιαπνοής στο σταθμό Πεδινού.
* 2ος τρόπος * 3ος τρόπος



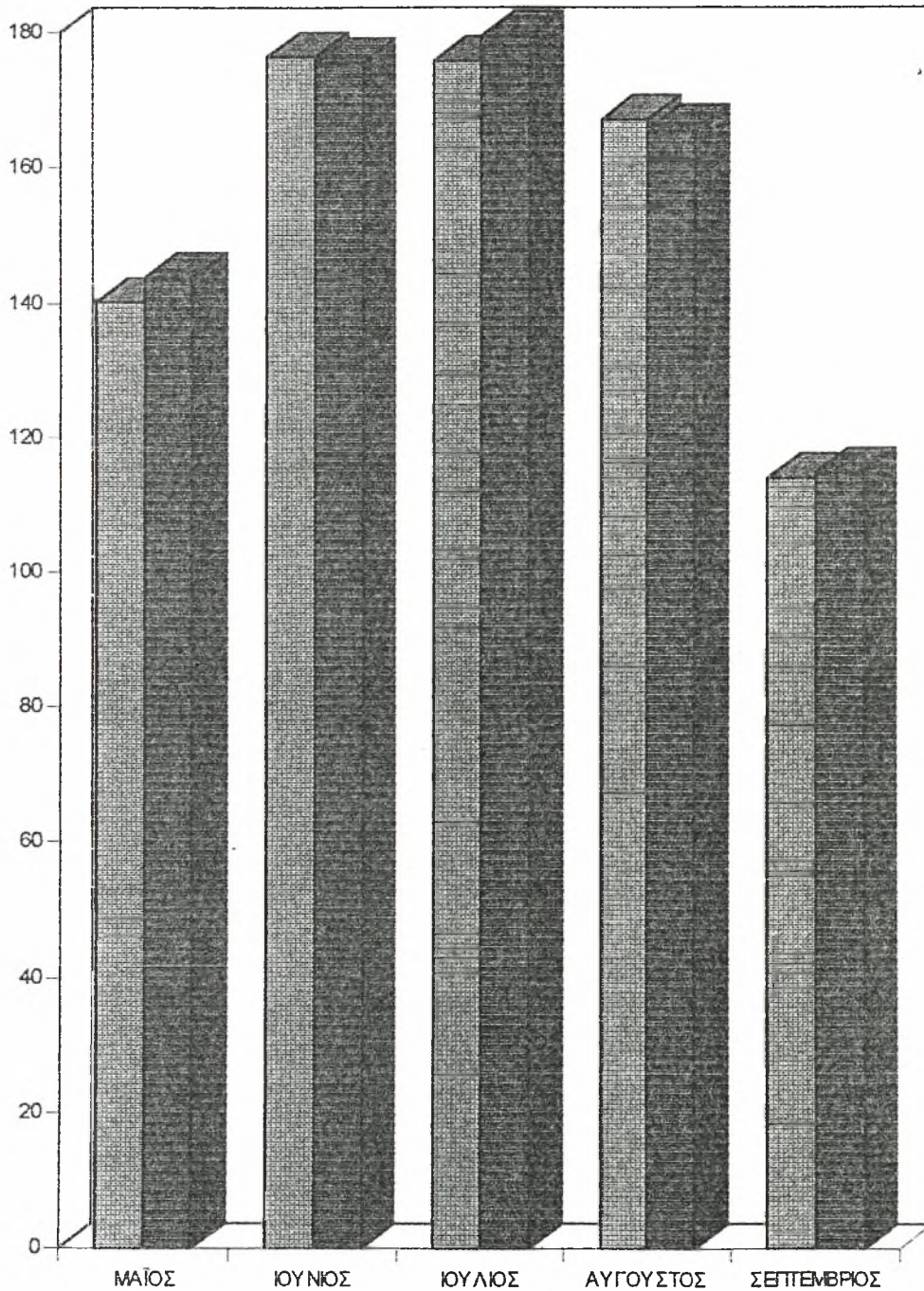
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 4
Σύγκριση των δύο τρόπων εύρεσης της βασικής
εξατμισοδιαπνοής στο σταθμό Καρδισομαγούλας.
* 2ος τρόπος * 3ος τρόπος



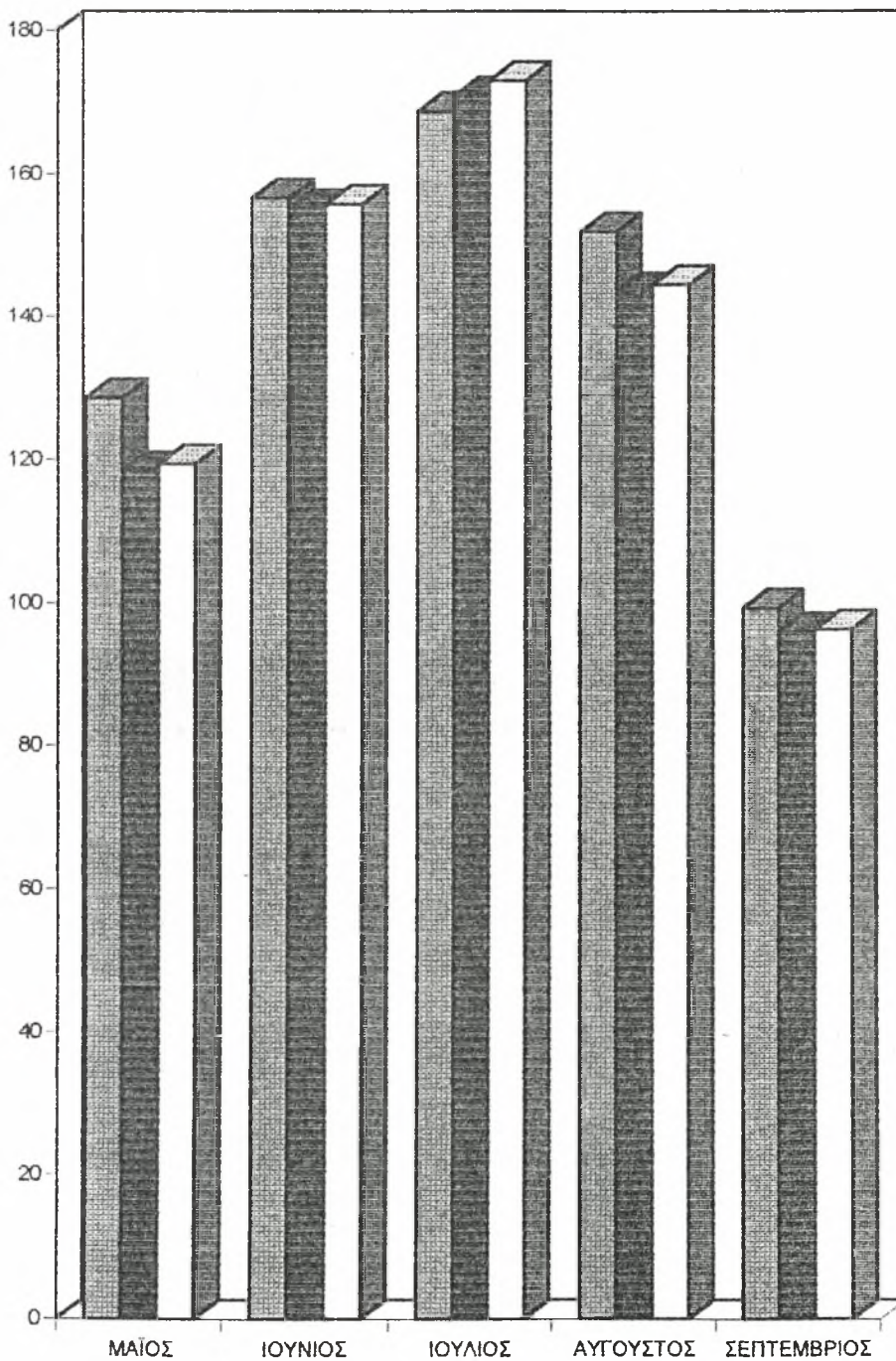
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 5
Σύγκριση των δύο τρόπων εύρεσης της βασικής
εξαμισοδιαπνοής στο σταθμό Καλλιφονίου.
* 2ος τρόπος * 3ος τρόπος



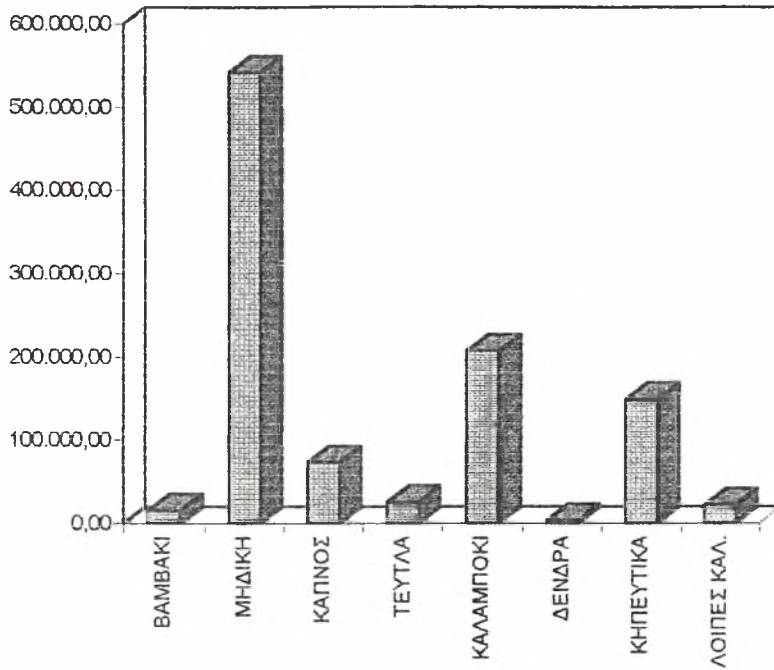
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 6
Σύγκριση των δύο τρόπων εύρεσης της βασικής
εξατμισοδιαπνοής στο σταθμό Παλαμά.
* 2ος τρόπος * 3ος τρόπος



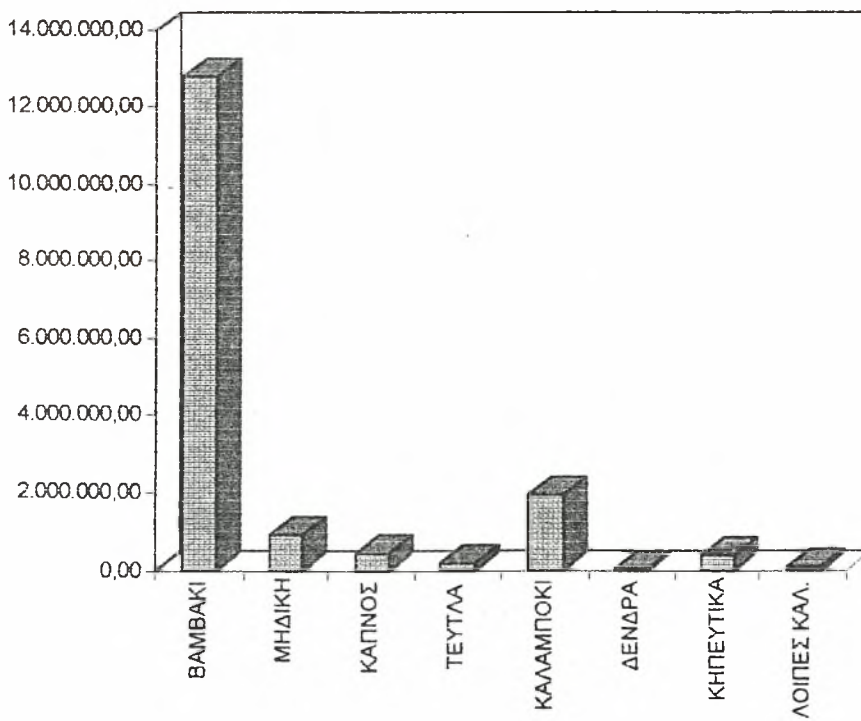
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 7
Σύγκριση των τριών τρόπων εύρεσης της βασικής
εξαμμισοδιαπνοής στο σταθμό Λουτροπηγής.
* 1ος τρόπος * 2ος τρόπος * 3ος τρόπος



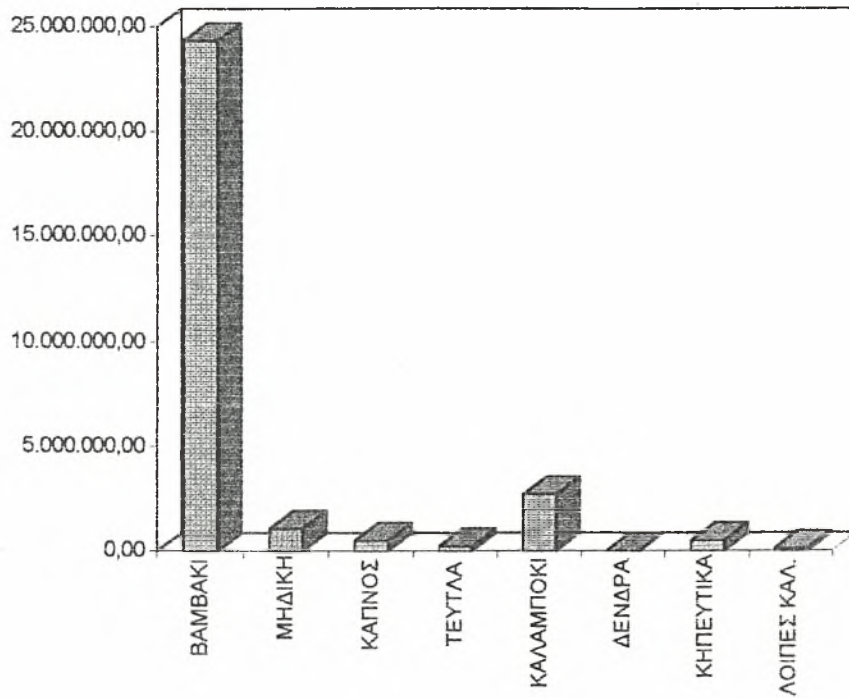
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 8
Συνολικές απαιτήσεις ανά καλλιέργεια Μαΐου



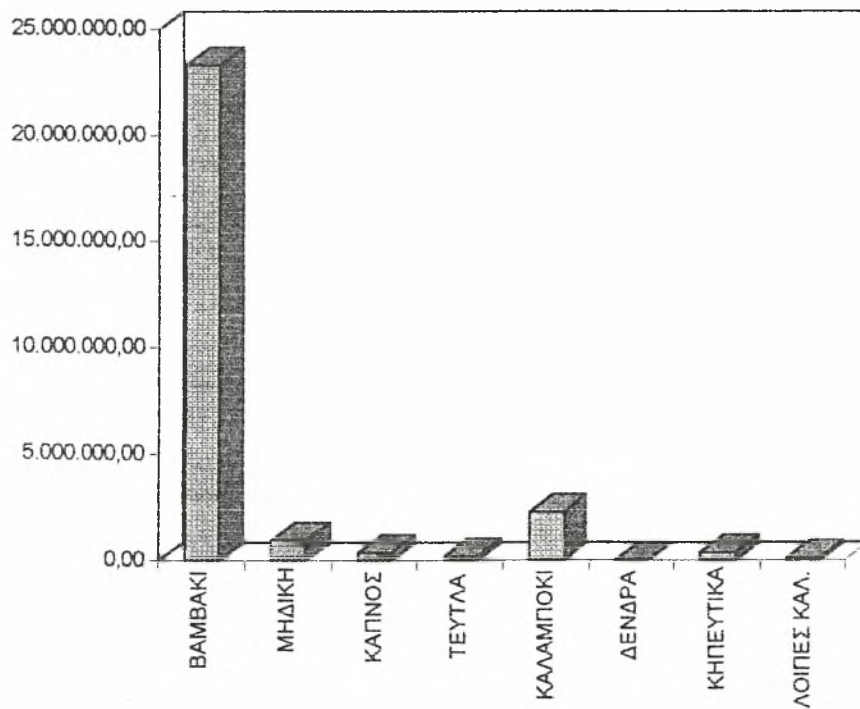
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 9
Συνολικές απαιτήσεις ανά καλλιέργεια Ιουνίου



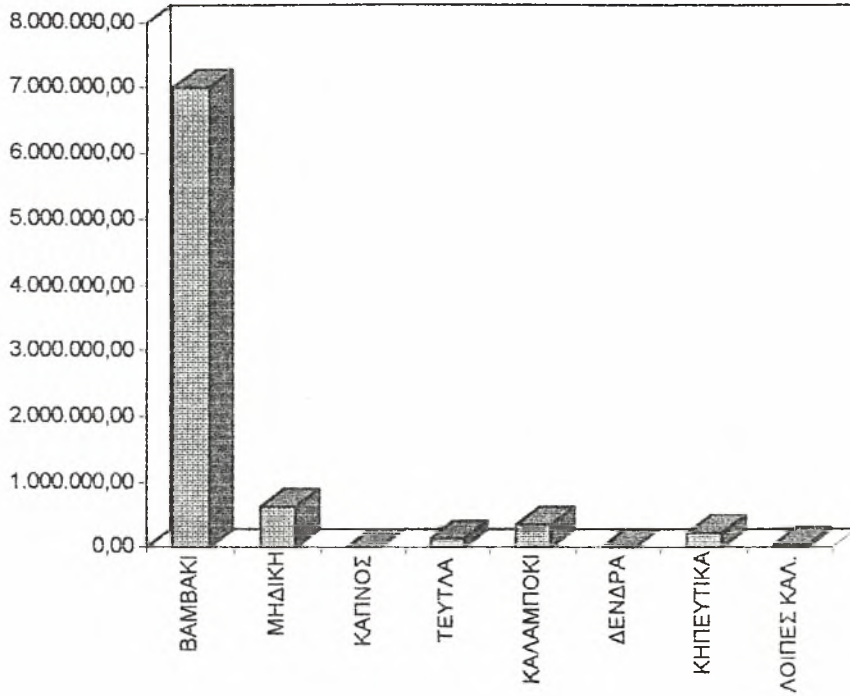
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 10
Συνολικές απαιτήσεις ανά καλλιέργεια Ιουλίου



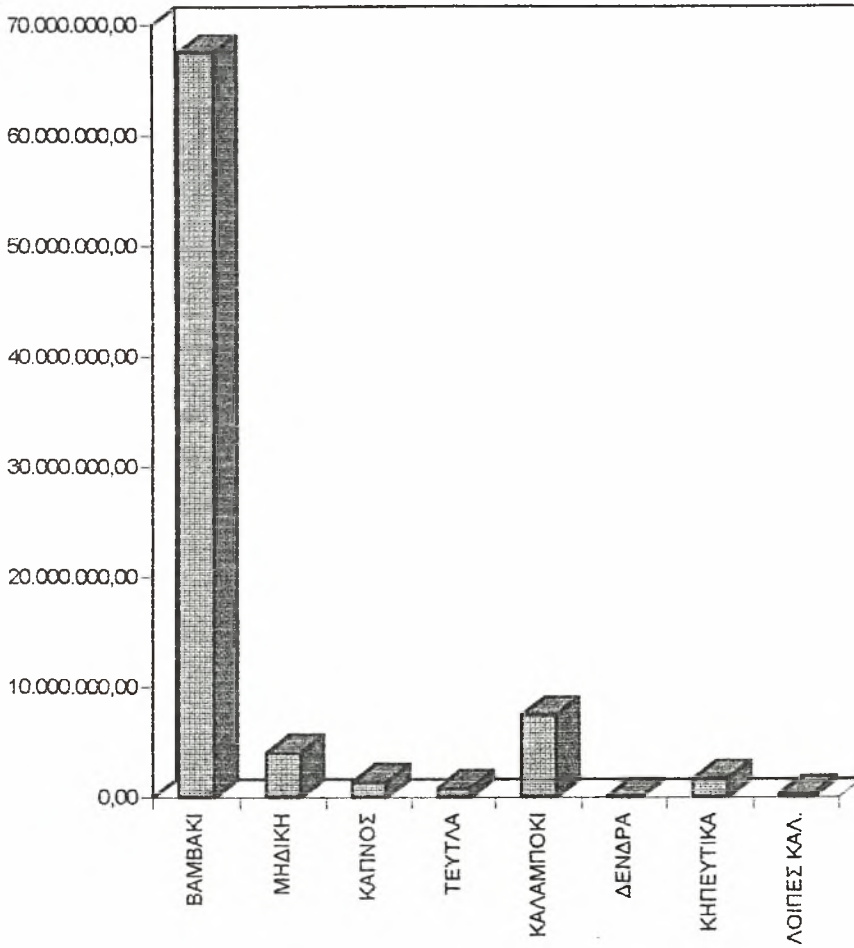
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 11
Συνολικές απαιτήσεις ανά καλλιέργεια Αυγούστου



ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 12
Συνολικές απαιτήσεις ανά καλλιέργεια Σεπτεμβρίου

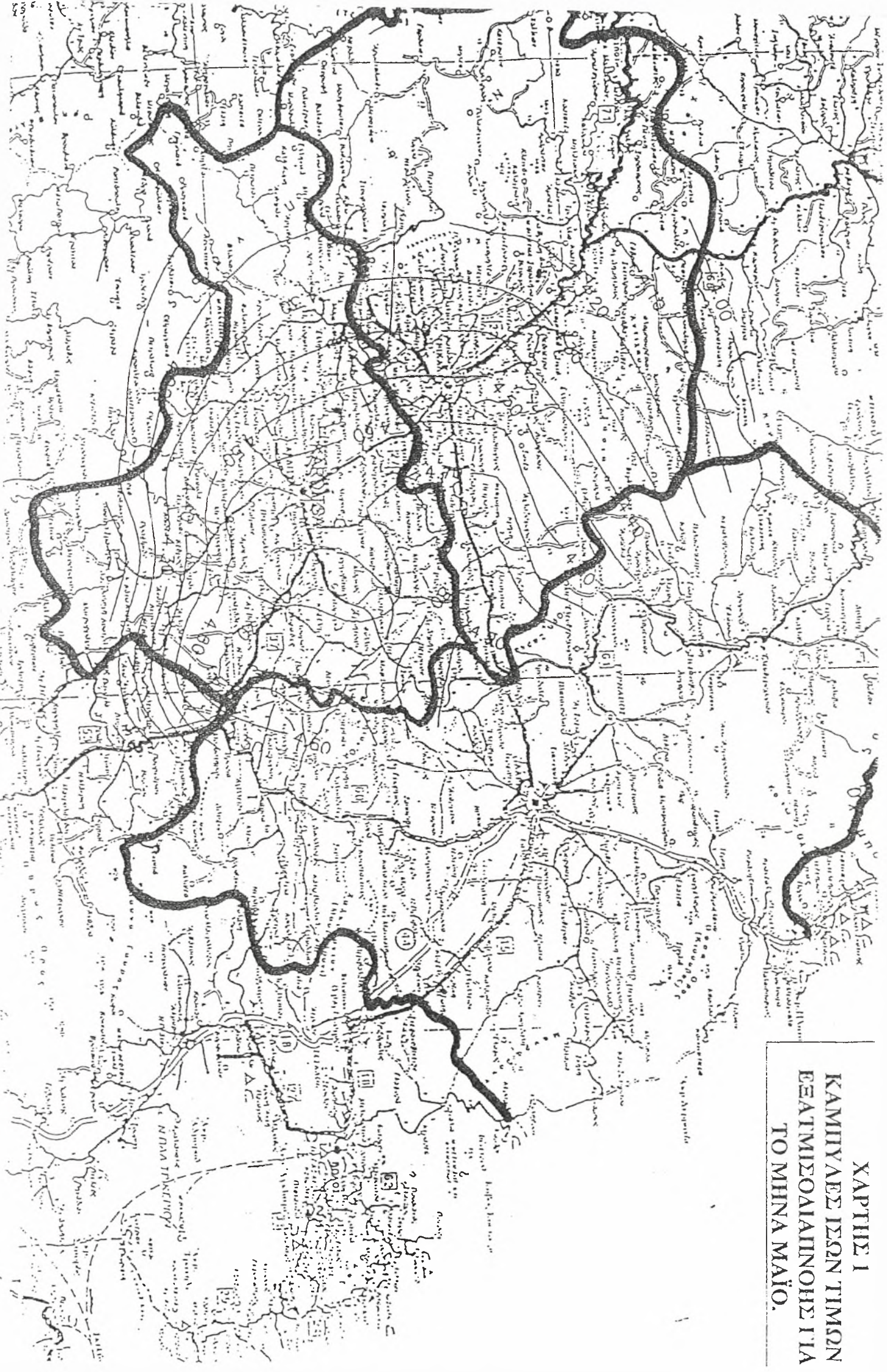


ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ 13
Συνολικές απαιτήσεις των καλλιεργειών στο Νομό Καρδίτσας

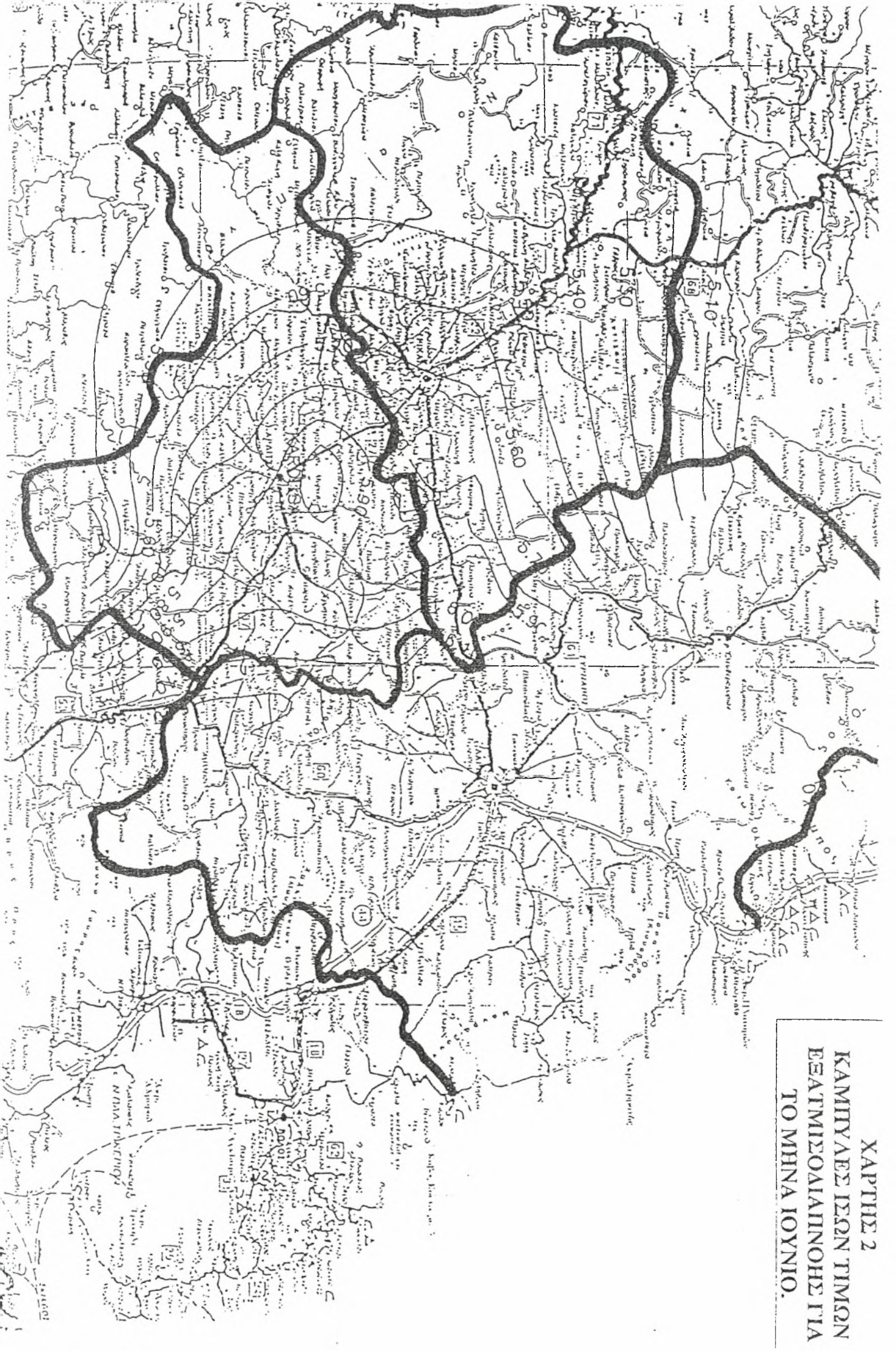


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ'

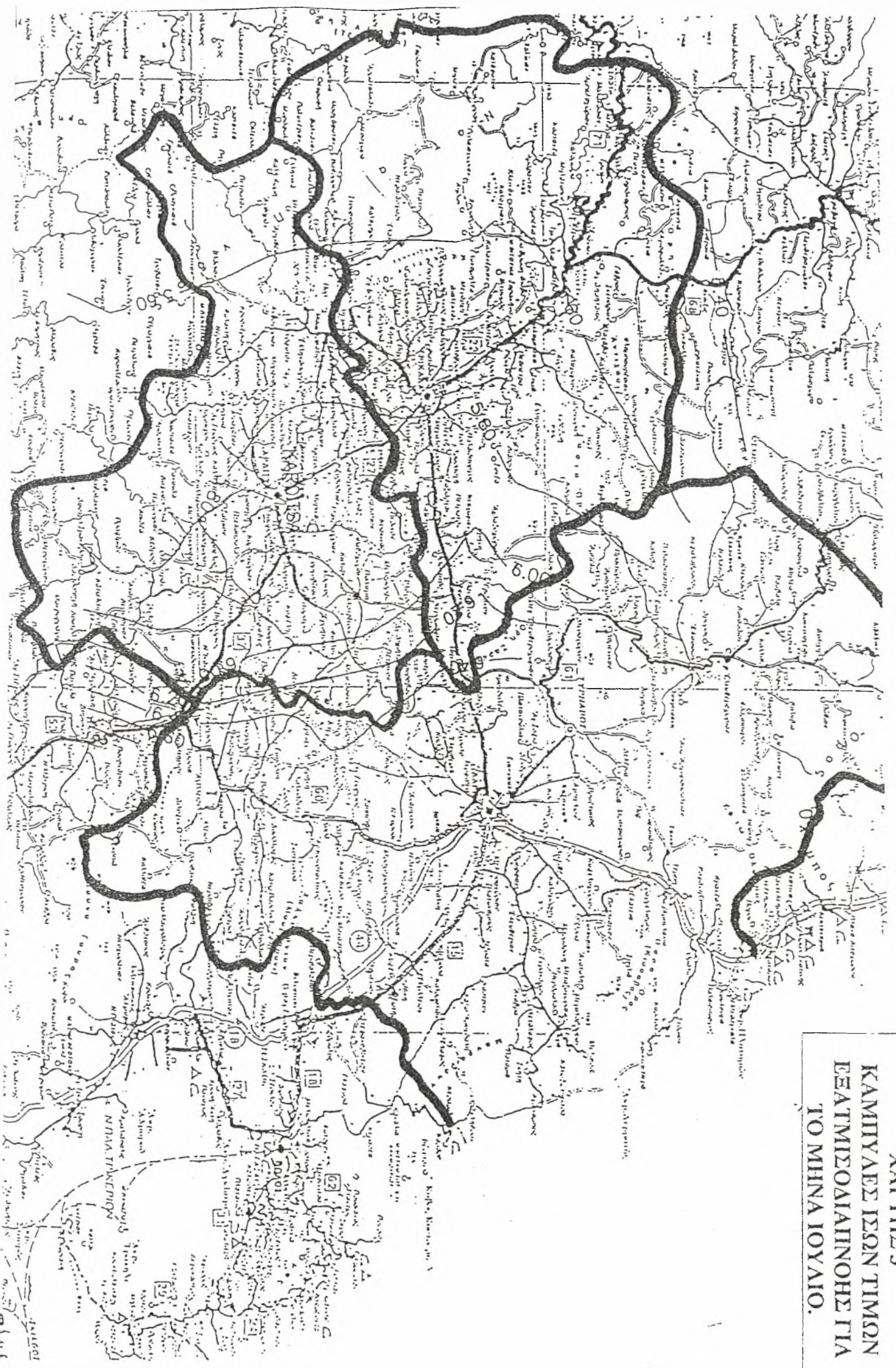
ΚΑΡΤΗ 1
ΚΑΜΠΥΛΕ ΊΣΩΝ ΤΙΜΩΝ
ΕΑΤΜΙΣΘΑΙΛΙΝΘΗΣ ΙΙΑ
ΤΟ ΜΗΝΑ ΜΑΪΟ.



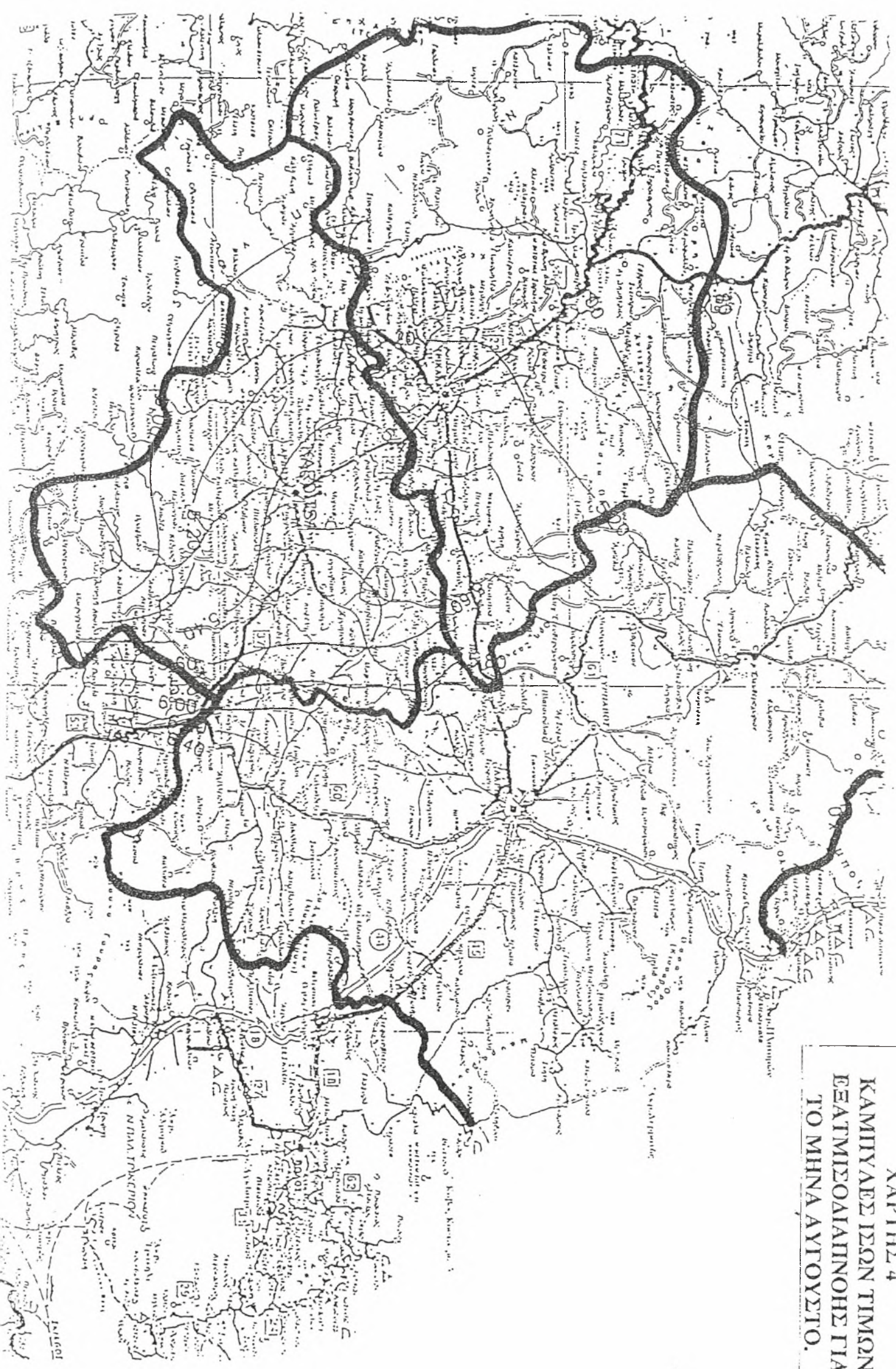
ΧΑΡΤΗ 2
ΚΑΜΠΥΑΕΙ ΔΕΞΝ ΤΙΜΩΝ
ΕΑΤΜΙΔΑΙΜΝΟΗΣ ΠΙΑ
ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΟΥΝΙΟ.



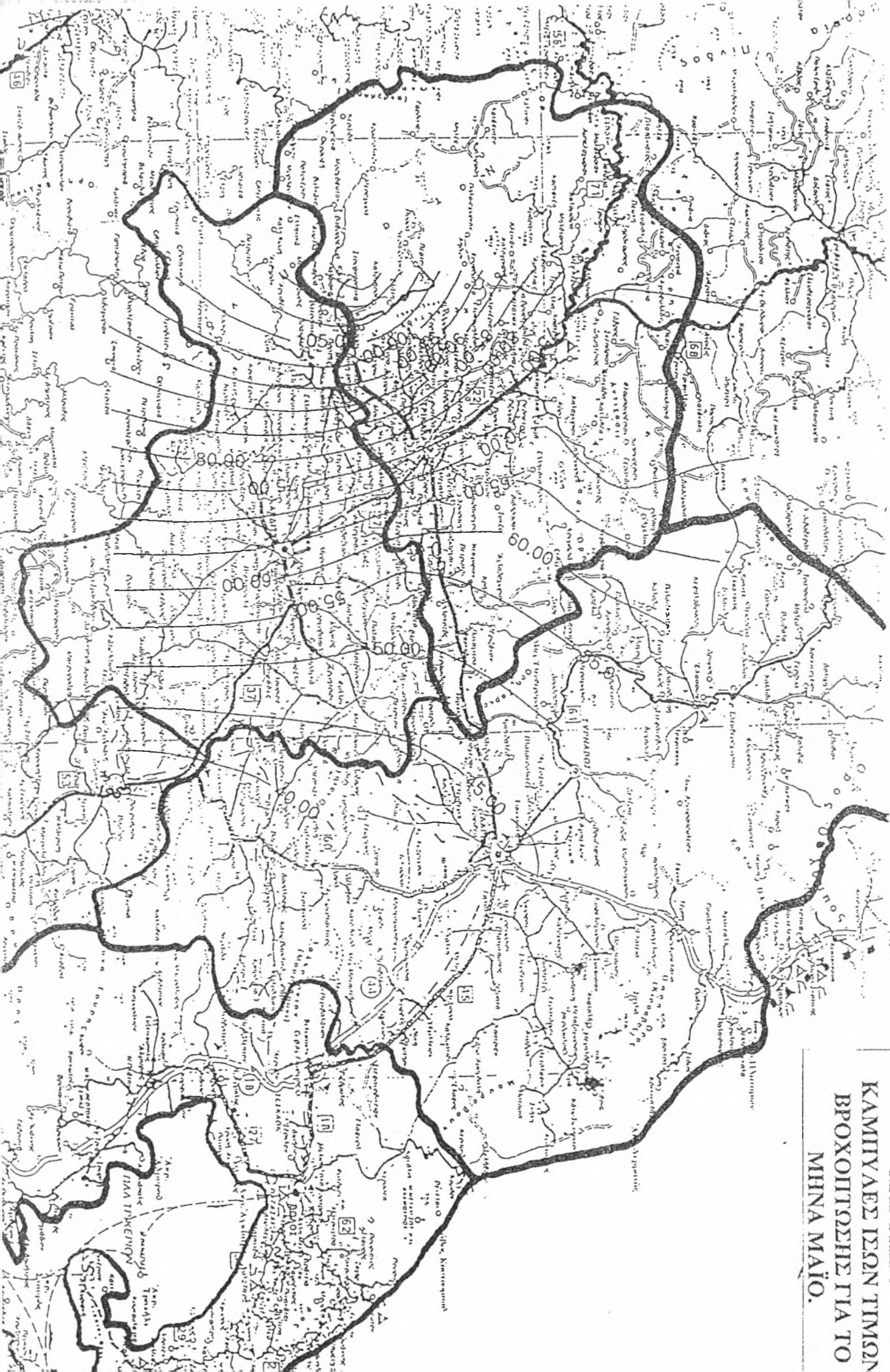
ΧΑΡΤΗΣ 5
ΚΑΜΠΥΑΕΙ ΕΣΩΝ ΤΙΜΩΝ
ΕΑΤΜΕΩΝΑΙΠΟΗΣ ΓΙΑ
ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΟΥΛΙΟ.



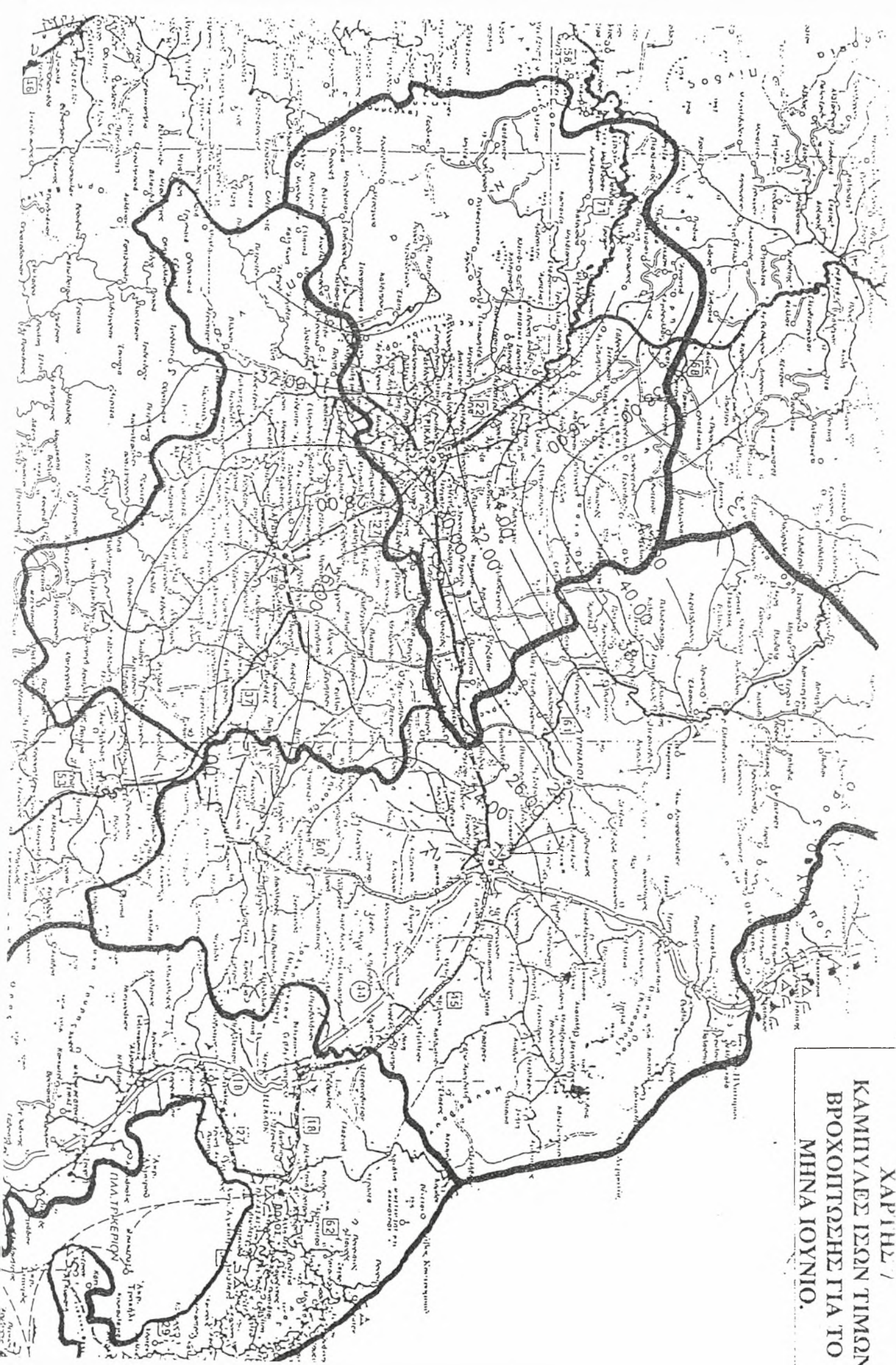
MAP 1112 4
KAMITYAEE IEEIN TIMON
EEATMISOAIITHOHE FIA
TO MHNA AYTOYSTO.



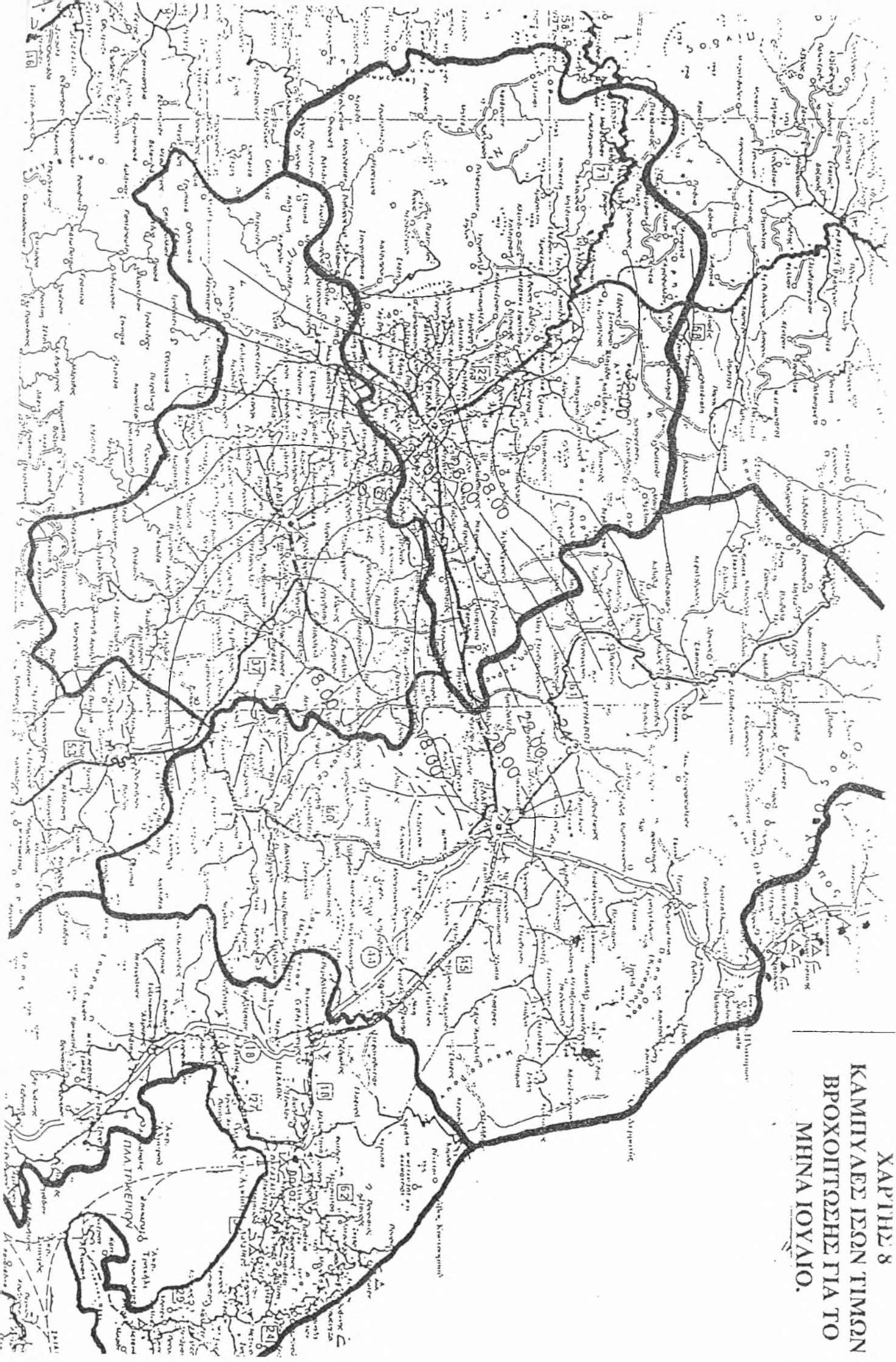
XAPHH 2 6
KAMIYAEI ISON TIMON
BPOXOITSEIHE TIA TO
MHNA MAIO.



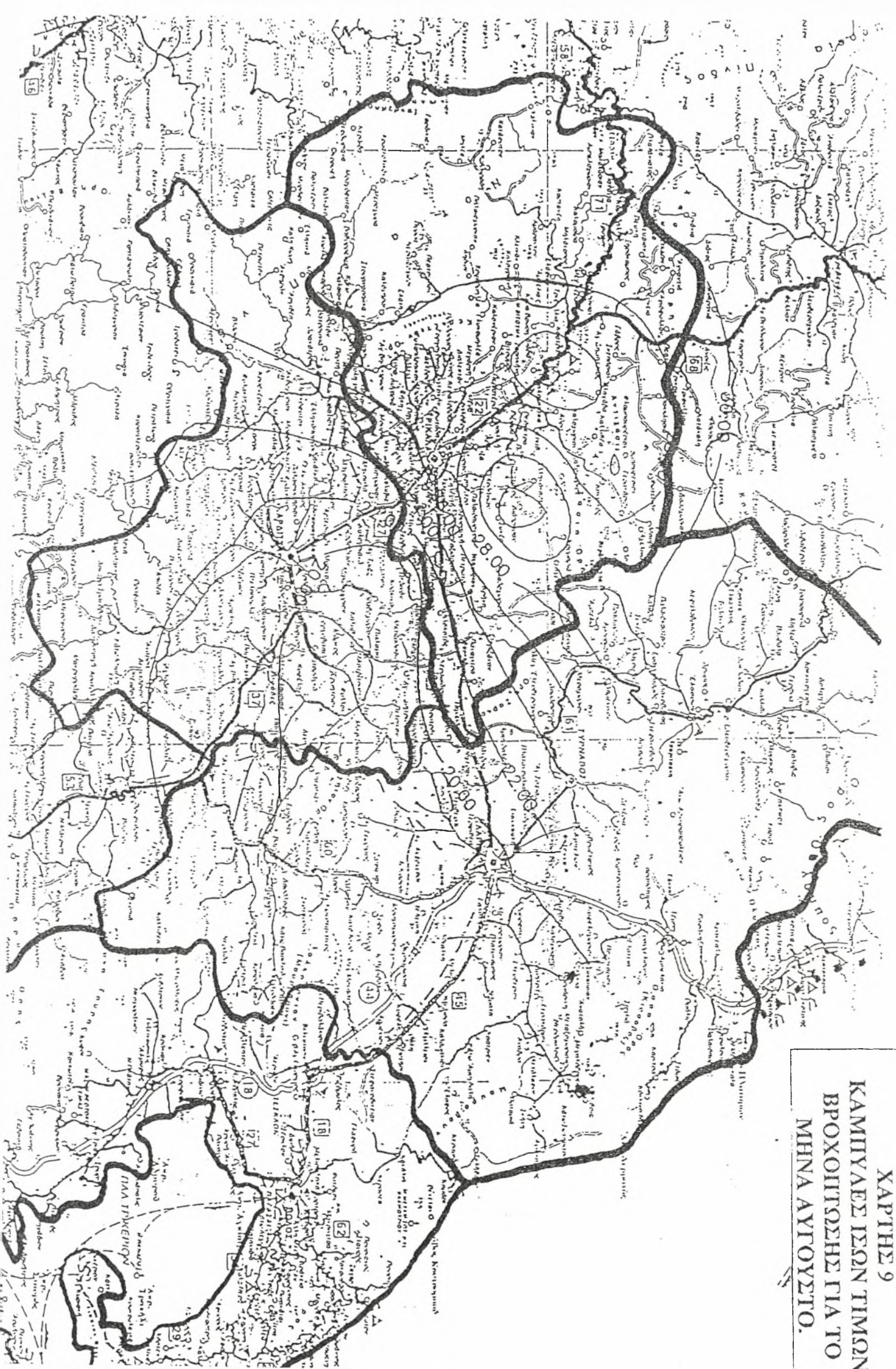
ΚΑΡΤΗ 1
ΚΑΜΠΥΑΕΣ ΞΕΣΤΙΝ ΤΙΜΩΝ
ΒΡΟΧΟΠΤΕΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ
ΜΗΝΑ ΙΟΥΝΙΟ.



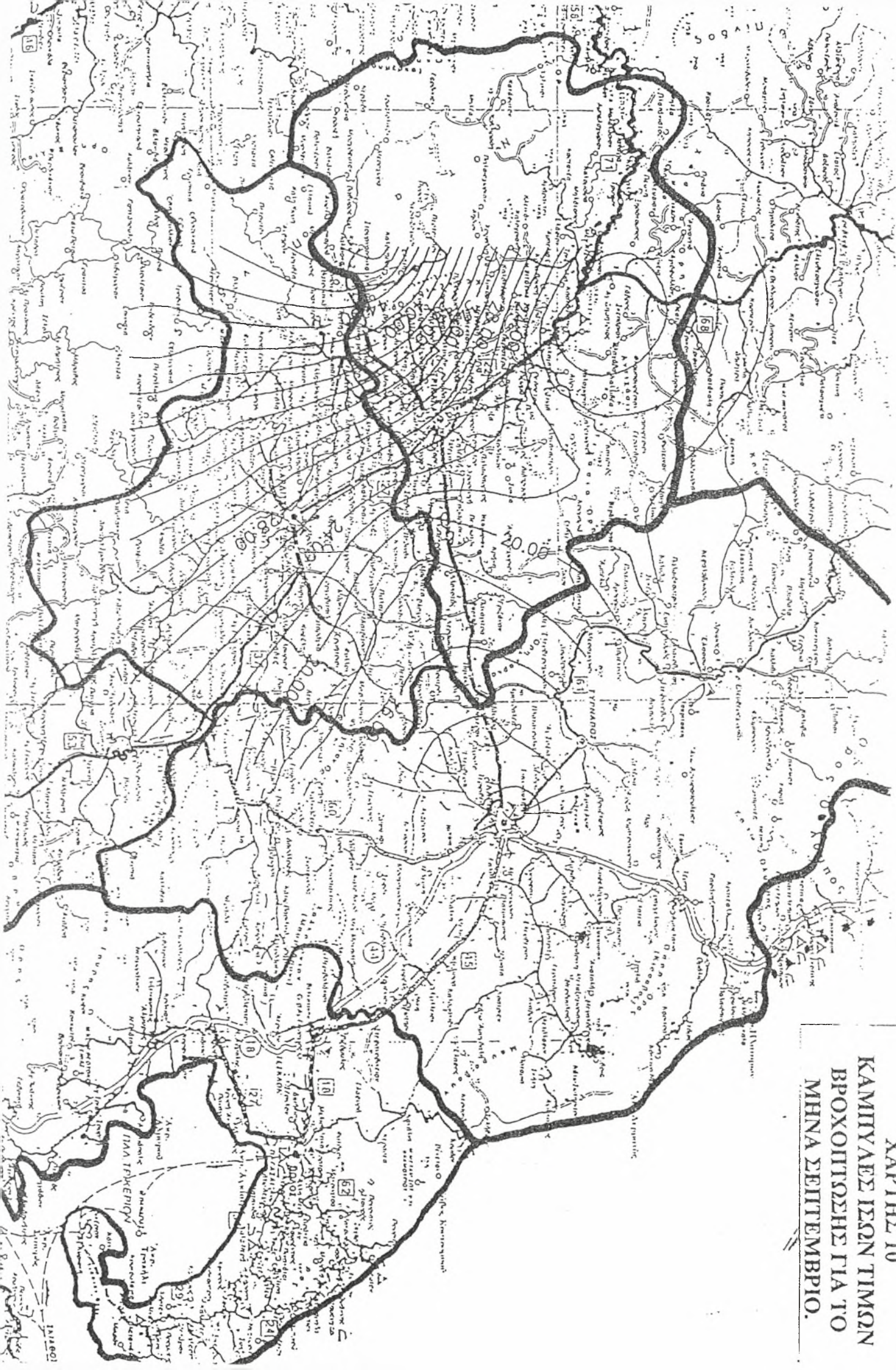
ΧΑΡΤΗΣ 8
ΚΑΜΠΥΑΕΙ ΞΕΣΝ ΤΙΜΩΝ
ΒΡΟΧΟΙΤΣΕΣΗ ΠΙΑ ΤΟ
ΜΗΝΑ ΙΟΥΛΙΟ.



ΧΑΡΤΗΣ 9
ΚΑΜΙΥΑΕΙ ΞΕΝ ΤΙΜΟΝ
ΒΡΟΧΟΠΤΕΣΗ ΠΙΑ ΤΟ
ΜΗΝΑ ΑΥΤΟΥΣΤΟ.



ΧΑΡΤΗΣ 10
ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΙΣΩΝ ΤΙΜΩΝ
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ
ΜΗΝΑ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟ.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΥ-ΣΕΝΔΟΥΚΑ Σ., 1995. Γενική Γεωργία, Πανεπιστημιακές σημειώσεις.
2. DOORENBOS, J. and W.O., Pruitt, 1975. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irr. and Drain. Paper No 24, FAO, Rome, Italy, 179 pp.
3. DOORENBOS, J. and W.O., Pruitt, 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 24, 2nd ed., FAO Rome, Italy, 156 pp.
4. ΠΑΠΑΖΑΦΕΙΡΙΟΥ, Ζ. Γ., 1984. Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 127-226.
5. ΠΑΠΑΖΑΦΕΙΡΙΟΥ, Ζ. Γ., 1991. Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 127-226.
6. ΠΑΠΑΖΑΦΕΙΡΙΟΥ, Ζ. Γ., 1991. Προσδιορισμός φυτικών συντελεστών προσαρμοσμένων στις ελληνικές συνθήκες. Υπουργείο Γεωργίας, σελ. 28.
7. PENMAN, H. L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc. London, A193: 120-146.
8. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ Μ. κ.ά., 1996. Χάρτες κατανομής μέσης μηνιαίας εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και βροχόπτωσης στους Νομούς Καρδίτσας και Τρικάλων. Διεθνές Επιστημονικό Συνέδριο «Διαχείριση υδατικών πόρων», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Περιφερειακό Τμήμα Κεντρικής και Δυτικής Θεσσαλίας, Λάρισα.

