

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Θέμα : “Αξιολόγηση της χρήσης υδατικών πόρων σε δυο γεωργικές περιοχές με τη μέθοδο EMERGY”**

**Φοιτητής : Μπακαλιάνος Δημήτρης**  
**Επιβλέπων : Λουκάς Αθανάσιος**  
**Ακαδημαϊκό έτος : 2006-2007**

*Αφιερωμένο  
στους γονείς μου*



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 5552/1  
Ημερ. Εισ.: 28-09-2007  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΠΜ  
2007  
ΜΠΑ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης αγροτικών περιοχών ζητούμενο είναι η διατήρηση της αρδευόμενης γεωργίας ως βασική οικονομική δραστηριότητα , παράλληλα όμως με αποδοτική χρήση των πόρων. Ειδικότερα , στόχος είναι η αποδοτική χρήση των ανανεώσιμων και μη πόρων, για την παράγωγή προϊόντων ποιότητας με την ελαχίστη δυνατή επίπτωση στο περιβάλλον. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η χρησιμοποίηση της Emergy ανάλυσης για την αξιολόγηση της χρήσης των υδατικών πόρων σε δυο γεωργικές περιοχές, την υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κάρλας και την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Σπερχειού. Από τα δεδομένα της Emergy ανάλυσης μπορεί να υπολογιστεί η τιμή ορισμένων δεικτών , ώστε να αξιολογηθεί η βιωσιμότητα του εξεταζομένου συστήματος . Η βιωσιμότητα στην ανάλυση Emergy καθορίζεται από το βαθμό εξάρτησης σε ανανεώσιμους πόρους και εισαγόμενη ενεργεία και από το φορτίο που διατίθεται στο περιβάλλον. Έτσι , το σύστημα δύναται να συγκριθεί με αλλά παρόμοια και μπορούν να αναγνωριστούν τάσεις στο χρόνο ,αλλά και να αξιολογηθούν εναλλακτικές και προτεινόμενες διεργασίες για την επιλογή της βέλτιστης. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι δείκτες της Emergy ανάλυσης των καλλιεργειών των λεκανών λίμνης Κάρλας και ποταμού Σπερχειού και η μεταβολή τους σε εναλλακτικά σενάρια της χρήσης των πόρων των δυο περιοχών.

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας του προγράμματος σπουδών του τμήματος Πολίτικων Μηχανικών του Πανεπιστήμιου Θεσσαλίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας και Αναπληρωτή Καθηγητή του τμήματος κ. Αθανάσιο Λουκά για την πολύτιμη καθοδήγηση όπως επίσης και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, κ. Δήμητρα Βαγιωνά και κ. Νικήτα Μυλόπουλο.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κ. Μάμαση Νικόλαο, λέκτορα του ΕΜΠ, κ. Καρτζιώτου Άννα ,γεωργικό σύμβουλο της Αγρομηχανικής ΑΕ και τον κ. Οικονόμου Δημήτρη από την εταιρία ΤΕ.ΠΕ.Μ ΟΕ. για τη βοήθειά τους στη συλλογή των στοιχείων.

Τέλος, ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Λάμπρο Βασιλειάδη για την υπερπολύτιμη συμβολή του στην εκπόνηση της διπλωματικής , και στον αγαπητό φίλο και συνεργάτη Λυμπέρη Νικόλαο.

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b>	I
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	II
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> : ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	1
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> : ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>	5
<b>2.1. ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ</b>	5
2.1.1. Γεωγραφική θέση	5
2.1.2. Η λίμνη Κάρλα	6
2.1.3. Κλίμα	8
2.1.4. Γεωλογία	9
2.1.5. Περιγραφή της μορφολογίας της λεκάνης της Κάρλας	9
2.1.6. Η αποξήρανση της λίμνης	10
2.1.7. Υφιστάμενα έργα	11
2.1.8. Βιοτικό επίπεδο πληθυσμού - Συνθήκες στεγασεως και διαβιώσεως	13
2.1.9. Μορφωτικό επίπεδο	14
2.1.10. Γεωργοτεχνική εκπαίδευση	14
2.1.11. Εργασιακή απασχόληση πληθυσμού	15
<b>2.2. ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ</b>	16
2.2.1. Γεωγραφική θέση	16
2.2.2. Κλίμα	18
2.2.3. Ο Σπερχειός ποταμός	19
2.2.4. Υπολεκάνες	20
2.2.5. Στερεοπαροχή	20
2.2.6. Υδροληψία για ύδρευση – άρδευση	21
2.2.7. Υπόγειοι υδατικοί πόροι	21
2.2.8. Υδροχημεία	22
2.2.9. Χαρακτηριστικά στοιχεία υδάτων	23
2.2.10. Οικονομικές – Κοινωνικές συνθήκες	24

<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> : ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>	26
3.1. ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ	26
3.1.1. Μετεωρολογικοί σταθμοί	26
3.1.2. Εκτίμηση και υπολογισμός των μετεωρολογικών δεδομένων	30
3.1.3. Καλλιέργειες	35
3.2 ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ	36
3.2.1. Μετεωρολογικοί σταθμοί	36
3.2.2. Συμπλήρωση και Επέκταση δειγμάτων σημειακής βροχόπτωσης και θερμοκρασίας	41
3.2.3. Εκτίμηση και υπολογισμός των μετεωρολογικών δεδομένων	43
3.2.4. Καλλιέργειες	51
<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ</b>	56
4.1. Εκτίμηση Υδατικών Αναγκών	56
4.1.1. Ζήτηση καλλιεργειών-εξατμισοδιαπνοή	58
4.1.2. Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργειών με τη μέθοδο Blaney Criddle	58
4.1.3. Ωφέλιμη (ενεργός) βροχόπτωση	59
4.1.4. Αποδοτικότητα Άρδευσης	60
4.2 Εισαγωγή στην Emergy ανάλυση	66
4.2.1. Σχεδιασμός του συστήματος προς ανάλυση	67
4.2.2. Emergy ανάλυση	69
4.2.3. Emergy δείκτες	70
4.2.4. Βήματα υπολογισμού Emergy	72
4.2.5. Συντελεστές Μετατροπής και Τύποι Υπολογισμού	72
4.3 Σενάρια	77
<b>Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	83
5.1 ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ	83
5.1.1 Εκτίμηση αρδευτικών αναγκών	83
5.1.2 Σενάριο 1 <sup>ο</sup> : Υφιστάμενη Κατάσταση	85
5.1.3 Σενάριο 2 <sup>ο</sup> : Κατασκευή ταμιευτήρα Κάρλας	90
5.1.4 Σενάριο 3 <sup>ο</sup> : Μηδενισμός των επιδοτήσεων	93
5.1.5 Σενάριο 4 <sup>ο</sup> : Αναδιάρθρωση καλλιεργειών	94

---

5.2 ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ	96
5.2.1 Εκτίμηση αρδευτικών αναγκών	96
5.2.2 Σενάριο 1 <sup>ο</sup> : Υφιστάμενη Κατάσταση	97
5.2.3 Σενάριο 2 <sup>ο</sup> : Μηδενισμός επιδοτήσεων	103
5.2.3 Σενάριο 3 <sup>ο</sup> : Αναδιάρθρωση καλλιεργειών	104
<b>Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> : ΣΥΓΚΡΙΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	106
6.1. ΣΕΝΑΡΙΟ 1 <sup>Ο</sup> : ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	106
6.2. ΣΕΝΑΡΙΟ 2 <sup>Ο</sup> : ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΣ ΕΠΙΔΟΤΗΣΕΩΝ	113
6.3. ΣΕΝΑΡΙΟ 3 <sup>Ο</sup> : ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	115
6.4. ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	116
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	118
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α</b>	120
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β</b>	142

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα θέματα που αφορούν τη δομή των καλλιεργειών και το σχεδιασμό στον γεωργικό τομέα απαιτούν μια πολυκριτηριακή ανάλυση, καθώς οι αποφάσεις που λαμβάνονται και οι νόρμες που ακολουθούνται έχουν σοβαρό αντίκτυπο στην οικονομία, στο περιβάλλον και ως εκ τούτου στην κοινωνία και την ανάπτυξη αυτής. Συνήθως τα ανεπαρκή διαθέσιμα δεδομένα και η έλλειψη γνώσεων και επιστημονικής κατάρτισης οδηγεί τους λήπτες αποφάσεων σε μια εμμονή στο να ακολουθούνται απλοϊκές τεχνικές και μεθοδολογίες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εύρεση μιας απλά ικανοποιητικής λύσης και όχι της βελτιστοποίησης της απόδοσης του σχεδιασμού.

Επιπλέον, στο πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης αγροτικών περιοχών ζητούμενο είναι η διατήρηση της αρδευόμενης γεωργίας ως βασική οικονομική δραστηριότητα, παράλληλα όμως με αποδοτική χρήση των πόρων. Ειδικότερα, στόχος είναι η αποδοτική χρήση των ανανεώσιμων και μη πόρων, για την παράγωγή προϊόντων ποιότητας με την ελαχίστη δυνατή επίπτωση στο περιβάλλον. Εξάλλου κρίνεται επιτακτική η ανάγκη αξιοποίησης εργαλείων που να εντάσσουν σε ένα κοινό πλαίσιο αξιολόγησης οικονομικούς, φυσικούς και ανθρωπογενείς πόρους. Ένα τέτοιο εργαλείο ανάλυσης των επιμέρους τομέων της γεωργικής δραστηριότητας είναι η Emergy ανάλυση.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η χρησιμοποίηση της Emergy ανάλυσης για την αξιολόγηση της χρήσης των υδατικών πόρων σε δυο γεωργικές περιοχές, την υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κάρλας και την υδρολογική λεκάνη του ποταμού Σπερχειού. Η ανάγκη που υπαγόρευσε αυτή τη μελέτη συνίσταται σε ένα πλήθος προβλημάτων που σχετίζονται

με την ανορθολογική χρήση των υδατικών πόρων των περιοχών και τα οποία χρήζουν άμεσης επίλυσης. Τα προβλήματα αυτά δεν είναι μόνο συνέπεια πραγματικής έλλειψης νερού ή ακραίων υδρολογικών καταστάσεων, αλλά οφείλονται κυρίως στην ανθρώπινη παρέμβαση.

Η βασική αρχή της μεθοδολογίας είναι πως τα οικονομικά και οικολογικά συστήματα μπορούν να περιγραφούν από ένα κοινό θερμοδυναμικό πλαίσιο, μιας και τόσο τα οικονομικά όσο και τα οικολογικά συστήματα αποτελούν συστήματα αυτό-οργάνωσης, και επομένως ακολουθούν τους νόμους της θερμοδυναμικής. Το κοινό αυτό πλαίσιο είναι η ηλιακή ενεργεία που απαιτείται για τη δημιουργία τους, που καλείται *emergy* και μονάδα μέτρησής της είναι το *sej* (solar emergy joules) ή τα *Emdollars* (Em\$), όταν αναφέρεται σε οικονομικά μεγέθη. Έτσι όλα τα μέρη των συστημάτων μπορούν να αποτιμηθούν ποσοτικά με μια κοινή μονάδα.

Το τελικό αποτέλεσμα της *emergy* ανάλυσης είναι ένας πίνακας που παρουσιάζει όλα τα εισερχόμενα και εξερχόμενα του συστήματος μελέτης. Αυτά μπορούν να ομαδοποιηθούν σε σύνολα, όπως ανανεώσιμοι πόροι, μη ανανεώσιμοι πόροι, οικονομικά αγαθά, απόδοση, προκειμένου να αξιολογείται η συνεισφορά κάθε ομάδας στην παραγωγική διαδικασία του συστήματος. Ανάλογα με το είδος του πόρου, η ποσότητα πολλαπλασιάζεται είτε με το συντελεστή μετατροπής για φυσικά αγαθά είτε με τους λόγους *emergy*/χρήμα για οικονομικά αγαθά, με αποτέλεσμα να εκφράζονται όλες οι παράμετροι σε ηλιακή *emergy*.

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την ολοκλήρωση της μελέτης είναι τα εξής::

- Αναζήτηση όλων των απαραίτητων δεδομένων, χαρτών, μελετών, άρθρων που αφορούν τις περιοχές μελέτης και τις μεθοδολογίες, στην βιβλιοθήκη του πανεπιστημίου, στο διαδίκτυο, σε άλλες βιβλιοθήκες, σε δημόσιες υπηρεσίες και ιδιωτικούς φορείς και καταγραφή αυτών.
- Επεξεργασία των βροχομετρικών και μετεωρολογικών δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση.
- Διαχωρισμός της λεκάνης του Σπερχειού ποταμού σε δυο περιοχές (υψηλή και χαμηλή περιοχή)
- Εκτίμηση των υδατικών αναγκών των καλλιεργειών κάθε περιοχής μελέτης
- Σχεδιασμός του συστήματος προς ανάλυση με τη μέθοδο *emergy*



- Ανάπτυξη εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης.
- Εισαγωγή όλης της βάσης δεδομένων στο σύστημα της emergy ανάλυσης και υπολογισμός των emergy δεικτών
- Σύγκριση των δυο περιοχών και εξαγωγή συμπερασμάτων

Αναλυτικότερα, στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο κρίθηκε απαραίτητο να γίνει μια περιγραφή των περιοχών μελέτης όπου παρατίθενται γενικές πληροφορίες για τη γεωγραφική θέση, κλίμα, τη μορφολογία των υδρολογικών λεκανών, τα υφιστάμενα εργάτης οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες και τους υδατικούς πόρους της κάθε περιοχής μελέτης.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφέρεται όλη η βάση δεδομένων που αξιοποιήθηκε για την εκπόνηση της μελέτης όπως εκτάσεις, μετεωρολογικά στοιχεία, στοιχεία καλλιεργειών, αλλά και διαδικασίες επεξεργασίας των μετεωρολογικών στοιχείων όπως επέκταση δεδομένων υετόπτωσης και θερμοκρασίας, εκτίμηση μέσης επιφανειακής υετόπτωσης και θερμοκρασίας, και υπολογισμός θερμοκρασιακής εξατμισοδιαπνοής.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναπτύσσονται οι μεθοδολογίες που ακολουθηθήκαν, δηλαδή η εκτίμηση αρδευτικών αναγκών και η emergy ανάλυση καθώς και τα εναλλακτικά σενάρια που διαμορφώθηκαν για τις περιοχές μελέτης.

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εκτίμησης άρδευσης και τα αποτελέσματα της emergy ανάλυσης για κάθε εναλλακτικό σενάριο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανάλυση των περιοχών μελέτης έγινε για τρεις περιόδους υετόπτωσης : για μέση, υγρή και ξηρή περίοδο.

Στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται η σύγκριση των δυο περιοχών μελέτης για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη χρήση των πόρων και τη βιωσιμότητα των υδρολογικών λεκανών.

Οι πηγές λήψης των αναγκαίων (γενικών και ειδικών) στοιχείων, που αφορούν ή αναφέρονται ή σχετίζονται με τις υπό μελέτη περιοχές και χρησιμοποιούνται για τη σύνταξη της παρούσας εργασίας, έχουν ως εξής:

- Οι Τεχνοοικονομικοί Δείκτες Φυτικής παράγωγης και τα στοιχεία των εκτάσεων των καλλιεργειών για τη λεκάνη της λίμνης Κάρλας που λήφθηκαν από την Διεύθυνση γεωργικής ανάπτυξης της Περιφέρειας Θεσσαλίας

- 
- Οι Τεχνοοικονομικοί Δείκτες Φυτικής παράγωγης και τα στοιχεία των εκτάσεων των καλλιεργειών για τη λεκάνη του ποταμού Σπερχειού που λήφθηκαν από την Διεύθυνση γεωργικής ανάπτυξης της Περιφέρειας Φθιώτιδος
  - Πληροφορίες σχετικές με τη χρήση και τα κόστη σπορών, φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων που λήφθηκαν από τις Ενώσεις Γεωργικών Συναιτερισμών Βόλου και Λάμιας
  - Πληροφορίες σχετικές με τη χρήση και τα κόστη σπορών, φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων που λήφθηκαν από την εταιρία Αγρομηχανική Βόλου ΑΕ
  - Μετεωρολογικά στοιχεία για την λεκάνη του Σπερχειού τα οποία προήλθαν από την εταιρία ΤΕ.ΠΕ.Μ.
  - Μετεωρολογικά στοιχεία για την λεκάνη του Σπερχειού τα οποία προήλθαν από τον κ. Μάμαση Νικόλαο Λέκτορα του ΕΜΠ

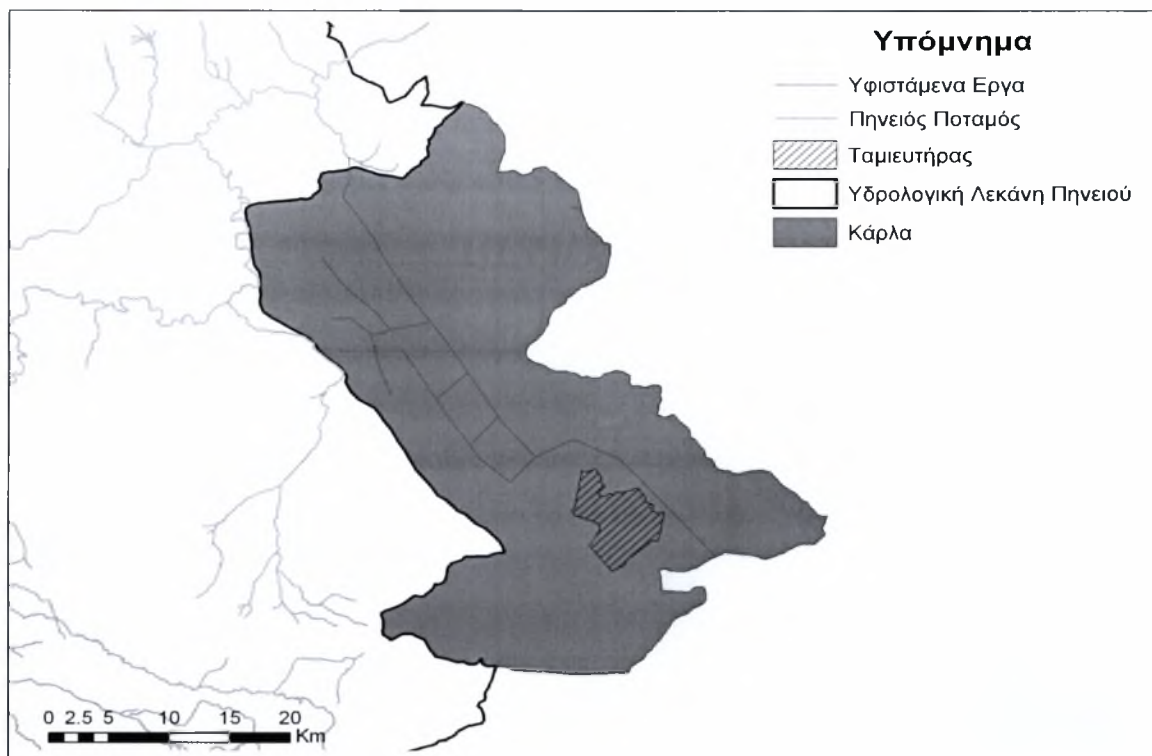
## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

#### 2.1 ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ

##### 2.1.1 Γεωγραφική θέση

Η λεκάνη της λίμνης Κάρλας βρίσκεται στο ΝΑ άκρο της πεδιάδας της Λάρισας και παρουσιάζει μορφή κλειστής επιμήκους λεκάνης μήκους 35 χλμ. και πλάτους 9- 15 χλμ. Η λεκάνη έχει όρια στο Βορρά τον ποταμό Πηνειό και τον ορεινό όγκο της Όσσας, στην Ανατολή τους ορεινούς όγκους του Μαυροβουνίου και του Πηλίου, στο Νότο το Χαλκοδόνιο όρος και το Μεγαβούνι και στη Δύση το Φυλλήιον όρος (Σχήμα 1.3). Η φυσική λεκάνη της λίμνης Κάρλας έχει συνολική έκταση 1663 τ. χλμ. Στο μέσο της λεκάνης αυτής βρίσκεται το βαθύτερο τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας, τα χαμηλότερα τμήματα της οποίας μέχρι το 1961, κάλυπταν τα νερά της λίμνης, που αποτελούσε πριν από την εκτέλεση των έργων και τον κύριο αποδέκτη της. Διοικητικά η περιοχή υπάγεται στους νομούς Λαρίσης και Μαγνησίας. Το μέγιστο βάθος της Κάρλας από 5,5 m που ήταν πριν από το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, μειώθηκε στα 2 μέτρα το 1950-51. Οι διακυμάνσεις της στάθμης, η απόπλυση των εδαφών, το ιδιόμορφο ιδιοκτησιακό καθεστώς και η μείωση των αλιευμάτων συνετέλεσαν στο να αποξηρανθεί εντελώς η Κάρλα, παρά τις σχετικές μελέτες που δεν προέβλεπαν κάτι τέτοιο.



Σχήμα 2.1.1 Η θέση της πρώην λίμνης Κάρλας.

### 2.1.2 Η λίμνη Κάρλα

Η λίμνη Κάρλα, ή αρχαία Βοιβηίς καταλάμβανε μέχρι το 1962 το χαμηλότερο σημείο της Θεσσαλικής πεδιάδας. Η λίμνη δεχόταν σημαντικές εισροές γλυκού νερού διότι, πέρα από τα νερά της λεκάνης απορροής της, ήταν αποδέκτης μέρους της πλημμυρικής παροχής του Πηνειού μέσω του ρεύματος Ασμάκι. Οι εκροές νερού από τη λίμνη οφείλονταν κυρίως στην εξάτμιση και τις απώλειες νερού από τον πυθμένα και τις όχθες τις. Η εισροή σημαντικών όγκων νερού, σε συνδυασμό με το μικρό βάθος της λίμνης, ευνοούσαν την ιχθυοπαραγωγή, την υδρόβια βλάστηση και τη φιλοξενία υδρόβιων πτηνών. Αν υπήρχε σήμερα η Κάρλα, θα ήταν ένας από τους πέντε σημαντικότερους υγροτόπους στην Ελλάδα

Η μικρή κλίση του πυθμένα της λίμνης, είχε ως αποτέλεσμα, ανάλογα με τη σχέση εισροών-εκροών, το εμβαδόν της να κυμαίνεται μεταξύ 40 και 180 km<sup>2</sup>. Αυτό είχε ως επακόλουθο η παγίδευση πλημμυρικών υδάτων στη λίμνη να συνοδεύεται από την κατάκλυση μεγάλων γεωργικών εκτάσεων γύρω από αυτή, ενώ παράλληλα προκαλούσε προβλήματα στράγγισης και αλατότητας στα εδάφη της γύρω περιοχής.

Η ανάγκη για την αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής και την απόκτηση γεωργικών εκτάσεων, αποτέλεσαν την αιτία για την εκπόνηση διαφόρων μελετών που πραγματοποιήθηκαν μετά την απελευθέρωση της Θεσσαλίας, το 1881. Σύμφωνα με αυτές τις μελέτες, η αξιοποίηση της περιοχής συνδεόταν με την κατασκευή αντιπλημμυρικών και αποστραγγιστικών έργων, την αποξήρανση της λίμνης μέσω σήραγγας προς τον Παγασητικό κόλπο, και την κατασκευή ενός ταμιευτήρα σε τμήμα της παλιάς λίμνης. Ο ταμιευτήρας αυτός θα χρησίμευε για την ανάσχεση πλημμυρών και την αποταμίευση μέρους της χειμερινής παροχής του Πηνειού για άρδευση.

Με την ολοκλήρωση των πρώτων έργων αντιπλημμυρικής προστασίας το 1949, που περιελάμβαναν τους ορεινούς συλλεκτήρες και τα αναχώματα του Πηνειού, περιορίστηκε η λεκάνη απορροής της κατά το 1/3 και αποκόπηκε η τροφοδοσία της από τον ποταμό. Συνέπεια αυτού ήταν η μείωση των εισροών και η υποβάθμιση του υγροτόπου.

Η τελική αποστράγγιση της λίμνης το 1962, με την κατασκευή της σήραγγας αποστράγγισης και μέρους του αποστραγγιστικού δικτύου, δεν έλυσε πλήρως τα προβλήματα διότι δεν κατασκευάστηκαν: 1) ο προβλεπόμενος από τις μελέτες ταμιευτήρας και 2) τα έργα που συνδέονταν με αυτόν. Ο ταμιευτήρας αυτός δεν κατασκευάστηκε λόγω αντιρρήσεων όσον αφορά τη θέση εγκατάστασης, την έκταση που θα καταλάμβανε και το κατά πόσο πέραν από την αντιπλημμυρική προστασία θα χρησίμευε και για την αποθήκευση νερού για άρδευση. Τελικά, ύστερα από σειρά μελετών ο ταμιευτήρας αυτός βρίσκεται σήμερα στη φάση κατασκευής.

Η αναστολή των έργων κατασκευής του ταμιευτήρα δεν επέτρεψε να ολοκληρωθούν τα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας και αποθήκευσης νερού, με αποτέλεσμα την εμφάνιση των εξής περιβαλλοντικών συνεπειών:

- εξάντληση και πτώση της στάθμης των υπόγειων υδροφορέων, ανεπάρκεια αρδευτικού νερού,
- κατακλύσεις των χαμηλών περιοχών και πλημμυρική στράγγιση,
- ρύπανση του Παγασητικού με βιομηχανικούς και γεωργικούς ρύπους που εισέρχονται στις αποστραγγιστικές τάφρους.

Με την αποξήρανση της λίμνης χάθηκε η πλούσια ιχθυοπαραγωγή, καταστράφηκε το ενδιαίτημα εκατοντάδων χιλιάδων υδρόβιων και παρυδάτιων πουλιών και αποκόπηκε ο σπουδαιότερος κρίκος μεταξύ των υγροτόπων της Βόρειας και Νότιας Ελλάδας. Επίσης, η

περιοχή έχασε την οικολογική της ταυτότητα και την μοναδική πολιτιστική της κληρονομιά, η οποία συνδεόταν με το υγρό στοιχείο.

Μεγάλο μέρος των προβλημάτων που υφίστανται σήμερα στην περιοχή προήλθε από την απώλεια των πολύτιμων λειτουργιών του υδροτόπου. Οι λειτουργίες αυτές ήταν:

- ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων,
- η παγίδευση των πλημμυρικών νερών,
- η απομάκρυνση και η μετατροπή των θρεπτικών στοιχείων,
- η κατακράτηση των ιζημάτων και των τοξικών ουσιών,
- η αποθήκευση και ελευθέρωση της θερμότητας,
- η δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας
- η στήριξη των τροφικών αλυσίδων.

Οι άμεσες και έμμεσες αξίες του υδροτόπου, που απορρέουν από τις λειτουργίες του και αποτελούν τη δυναμική του ενέργεια είναι

- η αποταμίευση νερού
- η βελτίωση της ποιότητάς του νερού
- η βιολογική ποικιλότητα,
- η αλιευτική,
- η θηραματική κ.α.

### 2.1.3 Κλίμα

Το κλίμα στην περιοχή κατατάσσεται στο ηπειρωτικό ημίξηρο χαρακτηριζόμενο από θερμό και ξηρό καλοκαίρι και ψυχρό και υγρό χειμώνα. Η μέση θερμοκρασία είναι πάντα πάνω από το μηδέν, αλλά η χαμηλότερη θερμοκρασία που παρατηρήθηκε κατά το χειμώνα είναι  $-21,6^{\circ}\text{C}$ . Η μέγιστη θερμοκρασία που παρατηρήθηκε το καλοκαίρι ήταν  $45,2^{\circ}\text{C}$ . Επίσης, στην περιοχή παρατηρούνται παγετοί κατά την περίοδο Δεκεμβρίου-Μαρτίου και σπανιότερα κατά τους μήνες Νοέμβριο και Απρίλιο. Η μέση σχετική υγρασία στην περιοχή είναι 66%.

#### 2.1.4 Γεωλογία

Η περιοχή της Κάρλας αποτελεί τεκτονικό βύθισμα που σχηματίστηκε κατά τους πρόσφατους γεωλογικούς χρόνους. Ακολούθησε πλήρωση με υλικά που μετέφερε ο Πηνειός και οι γύρω από αυτόν χείμαρροι από τις λεκάνες απορροής τους. Το κεντρικό τμήμα, στη μεγαλύτερη του έκταση αποτελείται από μεγάλου πάχους λεπτόκοκκες νεογενείς αποθέσεις, ενώ στην περιμετρική ζώνη επικρατούν μικρότερου πάχους στρώσεις αδρομερέστερων υλικών. Οι ορεινοί όγκοι που περιβάλλουν την πεδιάδα από ΒΑ αποτελούνται από κρυσταλλικά πετρώματα ταλκικών σχιστολίθων και χλωριτικών γνεύσιων που φθάνουν μέχρι την περιοχή του Καλαμακίου και στη συνέχεια από καρστικοποιημένα μάρμαρα. Σχιστόλιθοι με ενστρώσεις μαρμάρων εμφανίζονται και στα βόρεια και νότια του χωριού Κανάλια, ενώ οι ίδιοι σχηματισμοί συνεχίζονται και στα ΝΑ. Στο ΝΔ τμήμα η πεδιάδα καλύπτεται από αργιλικές αποθέσεις της Πλειόκαινου.

#### 2.1.5 Περιγραφή της μορφολογίας της λεκάνης της Κάρλας

Η μορφολογία της λεκάνης απορροής της Κάρλας μπορεί να περιγραφεί από τα παρακάτω στοιχεία.

- Το έδαφος είναι ομαλό με κλίσεις μικρότερες του 1%, ενώ στα άκρα συναντώνται κλίσεις μέχρι και 5%
- Στην περιοχή της πρώην λίμνης οι κλίσεις του εδάφους είναι πρακτικά ανύπαρκτες.
- Το χαμηλότερο υψόμετρο της περιοχής της Κάρλας είναι +44 που είναι το ελάχιστο υψόμετρο της Θεσσαλικής πεδιάδας.
- Τα μέγιστα υψόμετρα της περιοχής της Κάρλας φθάνουν στο +52 και κατά τόπους μέχρι +56 και +58.
- Ο πυθμένας της λίμνης παρουσιάζει καλή στεγανότητα, ενώ παρουσιάζονται διαρροές σε τμήματα της φυσικής περιμέτρου της λίμνης.
- Ο ταμιευτήρας των 38 km<sup>2</sup> χωροθετείται στο χαμηλότερο τμήμα της πρώην λίμνης Κάρλας κοντά στο χωριό Κανάλια.
- Ο ταμιευτήρας καταλαμβάνει σε μέγιστο ποσοστό εκτάσεις του Δημοσίου και έτσι δεν υπάρχει πρόβλημα απαλλοτριώσεων.



- Τα εδάφη που θα κατακλύσει είναι υποβαθμισμένα και κατώτερης ποιότητας.

### 2.1.6 Η αποξήρανση της λίμνης

Το μέγιστο βάθος της Κάρλας από 5,5 m που ήταν πριν από το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, μειώθηκε στα 2 μέτρα το 1950-51. Οι διακυμάνσεις της στάθμης, η απόπλυση των εδαφών, το ιδιόμορφο ιδιοκτησιακό καθεστώς και η μείωση των αλιευμάτων συνετέλεσαν στο να αποξηρανθεί εντελώς η Κάρλα, παρά τις σχετικές μελέτες που δεν προέβλεπαν κάτι τέτοιο.

Το 1954 ο μηχανικός Παπαδάκης παρουσιάζει μια μελέτη εγχειροβελτιωτικών έργων της Παρακάρλιου περιοχής που του είχε ανατεθεί από το Υπουργείο Γεωργίας. Η μελέτη αυτή αφορούσε στην αξιοποίηση του μεγαλύτερου τμήματος της Παρακάρλιου περιοχής που εκτείνεται μεταξύ της Ν.Δ. όχθης της λίμνης και της παλαιάς Εθνικής οδού Βόλου-Λάρισας, Β.Δ. μέχρι την οδό Λάρισας- Αγιάς και Ν.Α. ορίζεται από το κοινοτικό όριο του χωριού Ριζόμυλος. Η συνολική έκταση της περιοχής αυτής είναι 197 km<sup>2</sup>.

Η μελέτη προέβλεπε την κατασκευή αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου αποτελούμενου από τάφρους και διώρυγες. Η λίμνη θα περιοριζόταν σε μια έκταση 64,7 km<sup>2</sup> στο Ν.Α. τμήμα της. Στο δυτικό όριο της λίμνης θα κατασκευαζόταν ανάχωμα για την προστασία της περιοχής από υπερχειλίσεις της λίμνης. Η λίμνη θα χρησιμοποιούνταν για άρδευση με δίκτυο από διώρυγες και αρδευτικά κανάλια και θα τροφοδοτούνταν από το υδρολογικό δίκτυο της απομένουσας λεκάνης απορροής. Προβλεπόταν ακόμη η δυνατότητα τροφοδοσίας της λίμνης με νερά που θα αντλούνταν από τον Πηνειό. Το νερό της περιοχής που θα συλλεγόταν με δίκτυο αποστραγγιστικών τάφρων θα εκκενώνονταν στον Παγασητικό Κόλπο μέσω σήραγγας μήκους 11,5 km, παροχетеυτικής ικανότητας 8,5 m<sup>3</sup>/s. Υπήρχε ακόμη πρόβλεψη η υπερχειλίση της λίμνης να αποχετεύεται στη σήραγγα. Με την κατασκευή της σήραγγας, που άρχισε τον Ιανουάριο του 1957 και τέλειωσε τον Οκτώβριο του 1960, άρχισε η εκκένωση της λίμνης η οποία ολοκληρώθηκε το 1962.

Πρέπει να τονιστεί ότι στην παραπάνω μελέτη δεν προβλεπόταν η ολική αποξήρανση της Κάρλας, ενώ αντίθετα προβλεπόταν η κατασκευή ταμιευτήρα. Η κατασκευή του ταμιευτήρα σε τμήματα της τέως λίμνης θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί μετά την αποξήρανση και την απομάκρυνση των επιβαρηνμένων με άλατα νερών της λίμνης. Τα μελετημένα, όμως, έργα για την Κάρλα δεν κατασκευάστηκαν στο σύνολό τους και οι



προτάσεις της εγκεκριμένης μελέτης σχετικά με τη διαχείριση των έργων και το καθεστώς της περιοχής δεν υιοθετήθηκαν.

Βεβαίως, δεν είχε προηγηθεί μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η διεθνής εμπειρία από παρόμοια έργα, καθώς και το επίπεδο της επιστημονικής γνώσης στον τομέα αυτό τη δεκαετία 1950-60 ήταν σε εμβρυακό ακόμα στάδιο. Έτσι, στην αποξήρανση δεν υπήρξε αντίλογος ούτε από τους ενδιαφερόμενους πληθυσμούς, ούτε από επιστημονικούς ή άλλους φορείς. Ένα τέτοιο μεγάλο τεχνικό έργο που έγινε χωρίς πρακτικά να έχει μελετηθεί ή, θα λέγαμε, ενάντια στις προτάσεις των μελετητών, είχε σοβαρές περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

### 2.1.7 Υφιστάμενα έργα

#### *Αναχώματα Πηνειού από Λάρισα μέχρι Γυρτώνη*

Πρόκειται για αναχώματα εγκιβωτισμού του ποταμού Πηνειού τα οποία κατασκευάστηκαν με σκοπό την προστασία της πεδιάδας Λάρισας-Κάρλας από τα νερά του ποταμού που ξεχειλίζουν και κατέκλυζαν μεγάλες εκτάσεις. Η διαμόρφωση των αναχωμάτων αυτών στο τμήμα του ποταμού από Λάρισα μέχρι Γυρτώνη έχει γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε η δημιουργούμενη κοίτη να έχει παροχευτική ικανότητα 2000 μ<sup>3</sup>/δλ. Τα αναχώματα αυτά λειτουργούν ικανοποιητικά από της κατασκευής τους μέχρι σήμερα και προστατεύουν την περιοχή από τις πλημμύρες του Πηνειού.

#### *Συλλεκτήρας Σ1*

Ο Συλλεκτήρας Σ1, συλλέγει τα νερά των περισσότερων ρευμάτων της Ν.Δ. λεκάνης και τα κατευθύνει στον ποταμό Πηνειό, στις βόρειες παρυφές της Λάρισας. Το συνολικό μήκος του Συλλεκτήρα αυτού είναι 37 χλμ περίπου. Στον Συλλεκτήρα Σ1 συμβάλλουν : α) ο Συλλεκτήρας Ι8 της ΒΟΟΤ και β) ο χειμάρρος Νέας Λεύκης, ο οποίος λίγο προ της συμβολής του στον Σ1, δέχεται τα νερά του χειμάρρου Νέας Καρυάς. Ο Συλλεκτήρας αυτός διευρύνθηκε από τη Χ.Θ. 0+200 έως την Χ.Θ. 11+925 με ενιαία κατά μήκος κλίση πυθμένα  $J=0.06\%$  και πλάτος πυθμένα κυμαινόμενο από  $b=30$  μ ως  $b=35$  μ. Αλλά και η διευρυμένη διατομή του Συλλεκτήρα δε φαίνεται να εξασφαλίζει την πλήρη προστασία της περιοχής, κυρίως στο τελευταίο τμήμα του αμέσως ανάντη της συμβολής του με τον ποταμό Πηνειό. Υπάρχει επομένως ανάγκη επανεξέτασης του στο τμήμα μεταξύ της

διασταύρωσής του με τη Σιδηροδρομική Γραμμή μέχρι την εκβολή του στον ποταμό Πηνειό.

#### *Τάφρος 1T*

Η Τάφρος 1T ή Κύρια Τάφρος της Κάρλας συλλέγει τα νερά των χαμηλών εκτάσεων της πεδιάδας και τα κατευθύνει στην Σήραγγα της Κάρλας. Στο αρχικό τμήμα της Τάφρου συμβάλλουν οι Τάφροι 8T και 9T. Η Τάφρος αυτή κατασκευάστηκε μεταγενέστερα από τις Τάφρους 2T κ.λ.π. και οι διαστάσεις της κοίτης της αποδείχθηκαν επαρκείς για την εκπλήρωση των σκοπών της.

#### *Τάφρος 2T*

Η Τάφρος 2T ή Κύρια Τάφρος της Νίκης συλλέγει τα νερά των Ν.Δ. μεσαίων εκτάσεων της πεδιάδας και τα κατευθύνει στην Σήραγγα της Κάρλας. Στην Τάφρο αυτή συμβάλλουν οι Τάφροι 3T, 4T, 5T, 6T και 7T που συγκεντρώνουν τα νερά διάφορων τμημάτων όλης της έκτασης. Αργότερα οι διατομές των τάφρων διευρύνθηκαν, με αποτέλεσμα να έχουν σήμερα επαρκή αποχετευτική ικανότητα.

#### *Σήραγγα Κάρλας*

Η Σήραγγα της Κάρλας κατασκευάστηκε με βάση μελέτη της Υπηρεσίας Υδραυλικών Έργων του Υπουργείου Δημοσίων Έργων και αποτελεί την μοναδική διέξοδο για τα νερά της κλειστής λεκάνης της πεδιάδας Λάρισας –Κάρλας, τα οποία κατευθύνει στον Παγασητικό Κόλπο.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της σήραγγας που κατασκευάστηκε είναι:

- Μήκος: 10,12 m
- Επιφάνεια πεταλοειδούς διατομής: 4,35 m<sup>2</sup>
- Υψόμετρο εισόδου: 38,23 m
- Κλίση: 0,15%
- Παροχετευτική ικανότητα: 8,5 m<sup>3</sup>/s

Η παροχετευτική ικανότητα της Σήραγγας Κάρλας είναι τελείως ανεπαρκής για την απομάκρυνση όλων των υδάτων της λεκάνης απορροής της περιοχής Κάρλας που δεν

μπορούν να κατευθυνθούν προς τον ποταμό Πηνειό και συγκεντρώνονται στις δύο κύριες Τάφρους 1Τ και 2Τ.

### *Αρδευτικά έργα*

Στην ευρύτερη περιοχή της πεδιάδας Κάρλας δεν υπάρχουν συστηματικά αρδευτικά έργα, δηλαδή έργα που περιλαμβάνουν δίκτυα άρδευσης, αποχέτευσης-στράγγισης και αγροτικής οδοποιίας. Τα υπάρχοντα αρδευτικά έργα είναι απλά έργα (κινητά σωληνωτά δίκτυα, χάνδακες, μικρά αντλιοστάσια κ.λ.π.) που αποτελούν ατομικές ή ομαδικές προσπάθειες για άρδευση περιορισμένων εκτάσεων με τη χρησιμοποίηση νερού ιδιωτικών γεωτρήσεων ή γεωτρήσεων του Π.Α.Υ.Υ.Θ. ή του νερού των αποχετευτικών και αποστραγγιστικών τάφρων. Επίσης χρησιμοποιείται το νερό ορισμένων υδατοδεξαμενών που έχουν κατασκευασθεί πρόσφατα. Οι υδατοδεξαμενές αυτές είναι οι εξής :

- Οι υδατοδεξαμενές Ελευθερίου και Δήμητρας που καλύπτουν έκταση 0,3 km<sup>2</sup> και έχουν ωφέλιμη χωρητικότητα 0,7 hm<sup>3</sup> η κάθε μία.
- Η υδατοδεξαμενή Πλατύκαμπου που καλύπτει έκταση 0,25 km<sup>2</sup> και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 1,95 hm<sup>3</sup>.
- Η υδατοδεξαμενή Ναμάτων που καλύπτει έκταση 0,57 km<sup>2</sup> και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 1,5 hm<sup>3</sup>.
- Η υδατοδεξαμενή Στεφανοβικείου που καλύπτει έκταση 4 km<sup>2</sup> και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 10 hm<sup>3</sup>.
- Η υδατοδεξαμενή Καλαμακίου που καλύπτει έκταση 2 km<sup>2</sup> και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 6 hm<sup>3</sup>

### **2.1.8 Βιοτικό επίπεδο πληθυσμού - Συνθήκες στεγασεως και διαβίωσης**

Οι οικιστικές συνθήκες της περιοχής βελτιώνονται σταθερά από πλευράς ανέσεως και ευκολιών των αγροτικών νοικοκυριών. Σε αυτό βοήθησε σοβαρά η ευχέρεια διαθέσεως στεγαστικών δανείων από την Αγροτική Τράπεζα. Οι κατοικίες είναι συγκεντρωμένες σε οργανωμένους οικισμούς με σχετικά καλό δίκτυο κοινοτικών και επαρχιακών δρόμων. Η αύξηση του αγροτικού εισοδήματος τα τελευταία χρόνια συνετέλεσε στην βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης του αγροτικού πληθυσμού, ιδιαίτερα από απόψεως διατροφής, ενδυμασίας και υγιεινής περίθαλψης. Στον τομέα της

ψυχαγωγίας η διάδοση της τηλεόρασης έπαιξε σημαντικό ρόλο. Όλες οι κοινότητες εξυπηρετούνται για την ύδρευση τους με κλειστά εσωτερικά δίκτυα διανομής νερού. Η ηλεκτροδότηση των κατοίκων σε όλους ανεξαιρέτων του οικισμού έχει πραγματοποιηθεί από χρόνια μετά τη διασύνδεσή τους με το Εθνικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικού ρεύματος (ΔΕΗ). Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για φωτισμό των οικιών και των αγροτικών εγκαταστάσεων για τη λειτουργία των οικιακών συσκευών και τελευταία άρχισε με γοργά βήματα η χρησιμοποίησή της για τη λειτουργία αντλητικών συγκροτημάτων και άλλων γεωργικών μηχανημάτων

### **2.1.9 Μορφωτικό επίπεδο**

Κατά τα τελευταία 20 χρόνια το μορφωτικό επίπεδο του πληθυσμού της περιοχής γενικότερα, και του αγροτικού πληθυσμού ειδικότερα, έχει βελτιωθεί σημαντικά και κυρίως των ατόμων νεώτερων ηλικιών. Το ποσοστό των αγραμμάτων είναι μικρό και περιορίζεται κυρίως σε άτομα μεγάλης ηλικίας και ιδιαίτερα στις γυναίκες. Η εκπαίδευση παρέχεται από τα σχολεία στοιχειώδους εκπαίδευσης, που λειτουργούν σ' όλους τους οικισμούς της περιοχής, τα Γυμνάσια και Λύκεια που υπάρχουν στις πόλεις της περιοχής και τα ανώτερα ή ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα που λειτουργούν στην ευρύτερη περιοχή.

### **2.1.10 Γεωργοτεχνική εκπαίδευση**

Η γεωργοτεχνική εκπαίδευση και κατάρτιση του αγροτικού πληθυσμού της περιοχής συνεχώς βελτιώνεται κατά τα τελευταία χρόνια. Προς τούτο συνέβαλαν η γενίκευση της εκμηχάνισης των γεωργικών εργασιών η ανάπτυξη των συγκοινωνιών, η τηλεόραση, η άνοδος του μορφωτικού επιπέδου του πληθυσμού, η προσπάθεια και τα προγράμματα που εφαρμόζονται από τους Γεωπόνους Γεωργικής ανάπτυξης και ΑΤΕ και τέλος από την ασκούμενη γενικότερα από το κράτος Αγροτική Πολιτική. Η χρήση των λιπασμάτων και των βελτιωμένων σπόρων και φυτών, η εφαρμογή των βελτιωμένων μεθόδων άρδευσης, όπου αυτή είναι δυνατή, τεχνικά και οικονομικά, η καταπολέμηση των ασθενειών των καλλιεργειών και των ζιζανίων, καθώς επίσης και η καλυτέρευση των συνθηκών διατροφής και σταυλισμού των ζώων έχει γίνει συνείδηση στους παραγωγούς και εφαρμόζεται σε μεγάλη κλίμακα. Θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθεί η μεγάλη και

θετική συμβολή στην γεωργοτεχνική κατάρτιση του αγροτικού πληθυσμού της περιοχής των ιδιωτών Γεωπόνων εμπόρων.

### 2.1.11 Εργασιακή απασχόληση πληθυσμού

Ο συνολικός αριθμός των ημερών εργασίας του αγροτικού πληθυσμού στην ύπαιθρο υπολογίζεται, μετά την αφαίρεση από το σύνολο, των ημερών βροχής, χιονιού, πολύ χαμηλών θερμοκρασιών, αργιών, Κυριακών, ασθενειών κλπ, σε 228 ημέρες. Ο αγροτικός πληθυσμός, μπορεί να απασχοληθεί σε εργασίες κάτω από στέγη μέχρι 65 ημέρες το χρόνο, οι οποίες μοιράζονται κυρίως κατά την διάρκεια των φθινοπωρινών και χειμερινών μηνών. Με βάση τις ημέρες εργασίας υπαίθρου, την κατανομή του αγροτικού πληθυσμού κατά φύλλο και ομάδες ηλικιών και τη χρησιμοποίηση των συντελεστών μετατροπής των διαφόρων κατηγοριών ημερομισθίων σε ακέραιες εργασιακές μονάδες, υπολογίζεται το διαθέσιμο εργατικό δυναμικό του αγροτικού πληθυσμού της ευρύτερης περιοχής του έργου σε 4.889 ημερομίσθια για κάθε μία εργάσιμη ημέρα και 1.114.692 ημερομίσθια για όλο το χρόνο.

Λαμβανομένου υπόψη ότι στην περιοχή του έργου υπάρχουν 1.845 Γεωργικές εκμεταλλεύσεις, προκύπτει ότι σε κάθε αγροτική εκμετάλλευση αντιστοιχούν 604 ακέραιες εργασιακές μονάδες το χρόνο ή 2,65 ακέραιες εργασιακές μονάδες την ημέρα.. Με βάση τα στοιχεία και το συνολικά διαθέσιμο εργασιακό δυναμικό, προκύπτει ότι μόνο το 50,6% του εργασιακού δυναμικού της περιοχής απορροφάται.

## 2.2 ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

### 2.2.1 Γεωγραφική θέση

Η λεκάνη απορροής, με έκταση περίπου 1907 km<sup>2</sup>, βρίσκεται στη βορειοανατολική πλευρά της Στερεάς Ελλάδας και ανήκει στο Νομό Φθιώτιδας (ένα πολύ μικρό του μέρος στην Φωκίδα, περίπου 2%). Ανήκει στο υδατικό διαμερισμό της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας. Ενώ συνορεύει με της εξής λεκάνες απορροής:

- ✓ Βόρεια, του Πηνειού Θεσσαλίας
- ✓ Νότια, του Ευήνου, του Μόρνου και του Βοιωτικού Κηφισού
- ✓ Δυτικά του Αχελώου, ενώ ανατολικά εκβάλλει στον Μαλιακό κόλπο



Σχήμα 2.1.1 Γεωγραφική θέση της λεκάνης του Σπερχειού

Τα γεωγραφικά της όρια καθορίζονται από τους εξής ορεινούς όγκους:

- ✓ Βόρεια: από το νότιο υδροκρίτη της Θεσσαλικής πεδιάδας που σχηματίζεται από το όρος Όρθυς στο ανατολικό άκρο, και τις διακλαδώσεις της οροσειράς Πίνδου στο υπόλοιπο μήκος του ορίου αυτού.



- ✓ Νότια : από το όρος Καλίδρομο στο ανατολικό άκρο, 70 όρος Οίτη στο κέντρο, και τα όρη Βαρδουσίων στο δυτικό άκρο
- ✓ Δυτικά : από το όρος Τυμφρηστός από όπου πηγάζει ο Σπερχειός
- ✓ Ανατολικά : από τον Μαλιακό κόλπο όπου τελικά απορρέει ο Σπερχειός. και από τους υδροκρίτες που χωρίζουν την λεκάνη από τις γειτονικές υπολεκάνες, βόρεια και νότια του κόλπου.

Πιο αναλυτικά , το ανάγλυφο του Νομού διαμορφώνεται από τη χρονοειδή λεκάνη ρηξιγενούς αιτιολογίας του Σπερχειού ποταμού, η οποία διανοίγεται προς το Μαλιακό κόλπο, ενώ και στις άλλες τρεις πλευρές της κλείνεται από όρη. Προς βορρά, στα σύνορα με το νομό Μαγνησίας εκτείνεται η οροσειρά της Όθρυς, με την υψηλότερη κορυφή της (Γερακοβούνι, 1.726 m), στα όρια ακριβώς των δύο νομών. Η Όθρυς αποτελεί και τον κύριο υδροκρίτη με το Νομό Μαγνησίας. Στα ΒΔ του νομού καταλήγει η Νότια Πίνδος (κορυφή Λυκομνήματα, 1.522 m), στα όρια με το νομό Ευρυτανίας. Νοτιότερα υψώνεται ο όγκος του Τυμφρηστού, ο οποίος ανήκει κυρίως στην Ευρυτανία (η υψηλότερη κορυφή του Βελούχι, 2.315 m βρίσκεται κοντά στα σύνορα με το νομό Φωκίδας). Νοτιότερα ακόμα υψώνονται οι κορυφές Κοκκάλια (1.720 m, στα σύνορα με την Ευρυτανία) και Οξυά (1.926 m στο σημείο όπου συναντιούνται οι νομοί Ευρυτανίας, Αιτωλοακαρνανίας και Φωκίδας) και μετά αρχίζει η οροσειρά των Βαρδουσίων, η οποία εκτείνεται περισσότερο στο Νομό Φωκίδας. Στα όρια των δύο νομών βρίσκονται οι κορυφές Μηλιά (1.791 m), Σινάνι (2.059 m) και Μεγάλη Χούνη (2.286 m). Ύστερα αρχίζει, ως ανατολική συνέχεια των Βαρδουσίων, η Οίτη (Πύργος 2.152 m, Καταβόθρα 1.789 m), μεσολαβεί μετά ο χαμηλός αυχένος του Μπράλου και ύστερα αρχίζει το Καλλίδρομο (1.372 m), το οποίο με κατεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, παράλληλη προς την ακτή, εκτείνεται σε όλη την επαρχία Λοκρίδας, με τις προεκτάσεις του: Παλιοαηλιάς (925 m), Βαρβάς (831 m), Χλωμό Όρος (1.081 m). Νότια του Καλλιδρόμου βρίσκεται ο Παρνασσός, ο οποίος ανήκει περισσότερο στους νομούς Βοιωτίας και Φωκίδας. Από την άλλη πλευρά του Καλλιδρόμου και κοντά στην ακτή βρίσκονται τα χαμηλότερα όρη Κνημιάς (938 m), πάνω από τα Καμένα Βούρλα και Προφήτης Ηλίας (726 m).

Στην κοιλάδα του Σπερχειού και μάλιστα προς την έξοδό της, σχηματίζονται και οι πιο αξιόλογες πεδινές εκτάσεις του νομού. Άλλες πεδινές εκτάσεις απαντώνται στην περιοχή της Αταλάντης και στην επαρχία Δομοκού και είναι κυρίως εκείνες οι οποίες οφείλονται στην αποξήρανση της λίμνης Ξυνιάδας.

Όσον αφορά τον ποταμό Σπερχειό αυτός πηγάζει από τον Τυμφρηστό (με 2327μ) και μετά από 82,5 km ροής μέσω ισχυρών και πεδινών κλίσεων εκβάλλει στον Μαλιακό κόλπο. Το παραπάνω έντονο ανάγλυφο της περιοχής κάνουν τον Σπερχειό και τους χείμαρρους του στα 2/3 της διαδρομής χειμαρρώδη με μεγάλες στερεοπαροχές. Στο τελευταίο τρίτο της διαδρομής του μετατρέπεται σταδιακά σε πεδινό, διασχίζοντας χαμηλές περιοχές που υπόκεινται σε συχνές κατακλύσεις.) Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης ανέρχεται σε 625.7 m

### 2.2.2 Κλίμα

Η περιοχή της κοιλάδας του Σπερχειού βρίσκεται στην υποτροπική μεσογειακή ζώνη και χαρακτηρίζεται υπό θερμό και ξηρό καλοκαίρι και ήπιο, υγρό χειμώνα,. Οι σημαντικές βροχοπτώσεις παρατηρούνται συνήθως μεταξύ Σεπτεμβρίου και Απριλίου-Μαΐου. λόγω των επικρατούντων δυτικών και βορειοδυτικών ανέμων από την Αδριατική-Βαλκανική. Η ξηρή περίοδος διαρκεί τέσσερις μήνες, από Μάιο, μέχρι Σεπτέμβριο, και χαρακτηρίζεται από χαμηλή υγρασία, υψηλή εξατμισοδιαπνοή και μέση μηνιαία θερμοκρασία 20-27 °C. Ο αριθμός των βιολογικά ξηρών ημερών, κατά τις οποίες υποφέρει η βλάστηση και έχει σοβαρή επίπτωση ιδιαίτερα στις βοσκές, υπολογίζεται σε 95 ημέρες. Η γεωμορφολογία της ευρύτερης λεκάνης και η επίδραση της θάλασσας, δημιουργούν μικρό κλιματικές διαφοροποιήσεις. Το κλίμα κοντά στον Μαλιακό κόλπο είναι τυπικό Μεσογειακά, ενώ στο εσωτερικό της λεκάνης εμφανίζει δύο παραλλαγές: πεδινό ηπειρωτικό στην κοιλάδα του Σπερχειού, και ορεινό ηπειρωτικό σε περιοχές με υψόμετρο άνω των 500 m περίπου.

Στο δυτικό άκρο της λεκάνης στις ορεινές περιοχές της Οίτης και της Πηνειού, η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι χαμηλότερη και η βροχόπτωση μεγαλύτερη λόγω του υψομέτρου. Οι ετήσιες βροχοπτώσεις είναι κατά μέσο όρο 200 mm και τοπικά 1700 mm. Τον Οκτώβριο, το μεγαλύτερο μέρος των κατακρημνισμάτων είναι υπό την μορφή χιονιού στις περιοχές με υψόμετρο πάνω από 000-1500 m.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία παραμένει χαμηλή στις περιοχές λόγω του χιονιού και της νεφοκάλυψης. Η μέγιστη μέση θερμοκρασία είναι τον Ιούλιο με 26,9° C και η μέση ελάχιστη 7,2 ° C τον Ιανουάριο. Η απόλυτη θερμοκρασία κυμαίνεται από 46,5 ° C {μέγιστη Ιούλιος) σε -7° C (ελάχιστη Δεκέμβριος) Το στρώμα χιονιού στο βόρειο τμήμα της κοιλάδας είναι λεπτότερο από εκείνο τον νότιοι), οπότε λιώνει νωρίτερα και με



ταχύτερο ρυθμό λόγω της έκθεσης ίων βορείων πλαγιών από το νότο. Αντίθετα στα βουνά του νότιου και δυτικού ορίου της κοιλάδας, το τελευταίο χιόνι λιώνει τον Ιούνιο.

Η μέση ετήσια σχετική υγρασία του αέρα είναι 68,5%. Η ελάχιστη κυμαίνεται από 49% τον Ιούλιο, μέχρι 52,5% τον Αύγουστο, ενώ η μέγιστη από 76% τον Δεκέμβριο έως 76% τον Δεκέμβριο έως 74,5 % τον Φεβρουάριο. Η μέση ετήσια ηλιοφάνεια είναι 299 ημέρες·

Επικρατέστεροι άνεμοι είναι οι Δ(20%). Α(18%). ΝΑ(17%) και Δ(13%), ενώ το ποσοστό άπνοιας είναι 20%. Το καλοκαίρι επικρατούν κυρίως οι Α και το χειμώνα οι ΒΔ άνεμοι- Η ένταση των ανέμων στην πεδινή περιοχή είναι γενικά μικρή και κυμαίνεται περίπου 3 μποφόρ γεγονός που διευκολύνει τους αεροψεκασμούς και την μέθοδο της τεχνητής βροχής.

### 2.2.3 Ο Σπερχειός ποταμός

Ο κύριος άξονας του Σπερχειού ποταμού αρχίζει στη θέση Άγιος Γεώργιος, και έχει μήκος 82,5km. Στη θέση του μερίστη(κατάντη της Κοινότητας Κόμματος),διχάζεται σε δύο κοίτες;

**α)** την τεχνητή Νέα κοίτη ή Εκτροπή του Σπερχειού, μια σχεδόν ευθύγραμμη κοίτη που οδηγεί τα πλημμυρικά νερά του Σπερχειού από τον συντομότερο δρόμο προς την θάλασσα,

**β)** και την φυσική κοίτη της Αλαμάνας.

Το υδρογραφικό δίκτυο του Σπερχειού έχει έκταση 1907km, με μήκος περίπου 60km και πλάτους περίπου 25km, ενώ τροφοδοτείται από συνολικά 63 χείμαρρους μόνιμης και περιοδικής ροής, των οποίων οι λεκάνες έχουν κατά κανόνα μεγαλύτερη έκταση των 25km<sup>2</sup>. Τα σημαντικότερα συμβάλλοντα ρέματα έχουν κατεύθυνση από Νότο προς Βορά,(νότια ρεύματα και σχηματίζονται στα ψηλά βουνά του Νότιου ορίου της λεκάνης, προβάλλοντας κατά πλειοψηφία μέσα από στενές και βαθιές χαράδρες. Τα βόρεια ρέματα με κατεύθυνση από Β προς Ν ανήκουν σε μικρότερες υπολεκάνες και διασχίζουν μια σχετικά πλατιά λωρίδα ομαλού εδάφους που χρησιμοποιείται ως γεωργική γη .

#### 2.2.4 Υπολεκάνες

Τα σπουδαιότερα ρέματα που συμβάλλουν στον Σπερχειό είναι από τα ανάντη στα κατάντη

- Ο Ρουστιανίτης με λεκάνη  $54\text{km}^2$  και μέσο υψόμετρο 980m
- Η Βίστριζα με λεκάνη  $343\text{km}^2$  και μέσο υψόμετρο 934 m
- Ο Γοργοπόταμος με λεκάνη  $58\text{km}^2$  και μέσο υψόμετρο 119 m
- Ο Ασωπός με λεκάνη  $40\text{km}^2$  και μέσο υψόμετρο 651 μ
- Ο Ξεριάς Λαμίας με λεκάνη  $14\text{km}^2$  και μέσο υψόμετρο 651 m

Το μεγαλύτερο μέρος των πλημμύρων και των φερτών υλικών προέρχονται από τα νότια ρέματα. Επίσης τα νότια κυρίως ρέματα τροφοδοτούν τον Σπερχειό με τη θερινή ροή. Τόσο ο Ρουστιανίτης όσο και κυρίως η Βίστριζα συμβάλλουν κατά σημαντικό μέρος στον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων της κοιλάδας, αλλά και στη φυσική Θερινή ροή του χαμηλού τμήματος του Σπερχειού. Σημαντική συμμετοχή έχει και ο Γοργοπόταμος -, και αυτός από τη νότια πλευρά λόγω των πηγών που αναβλύζουν σε αυτόν.

Η υδρολογική δίαιτα του Σπερχειού και των παραποτάμων του λοιπόν είναι χειμαρρώδης με μεγάλες διακυμάνσεις των παροχών. Κατά τους θερινούς μήνες οι παροχές του Σπερχειού στη γέφυρα Κομποτάδων κατέρχονται και κάτω των  $10\text{ m}^3/\text{s}$ , ενώ σε ορισμένους παραχειμάρρους σχεδόν μηδενίζονται.

#### 2.2.5 Στερεοπαροχή

Το συνολικό ετήσιο φορτίο φορτίο φερτών υλών που παράγεται στη λεκάνη, όπως έχει προαναφερθεί, έχει υπολογιστεί σε  $2.655.909\text{ m}^3$ . Την μεγαλύτερη ποσότητα παράγουν κυρίως οι νοτιοδυτικοί χείμαρροι που λόγω της μεγάλης τους κλίσης και της μεγάλης ποσότητας υδάτων που απορρέουν συμπαρασύρουν ταυτόχρονα και μεγάλη ποσότητα ιζημάτων. Τη μεγαλύτερη ποσότητα παράγουν οι χείμαρροι:

- Δυτική Βίστριζα :  $625,675\text{ m}^3$
- Ανατολική Βίστριζα :  $533.184\text{ m}^3$
- Ρουστιανίτης :  $184.645\text{ m}^3$
- Λουγγιές :  $156.701\text{ m}^3$

Το φορτίο της Βίστριζας μαζί με αυτό των εκατέρωθεν χειμάρρων, Ξηριά Υπάτης και Ρουστιανίτη παράγει το 56% του συνολικού φορτίου της λεκάνης, ενώ οι υπόλοιπες

υπολεκάνες καταλαμβάνουν μόνο το 30% της έκτασης. Οι χείμαρροι αυτοί παίζουν καθοριστικό ρόλο στη δίαιτα του ποταμού, και ασκούν φανερή επίδραση στη μορφολογία της κεντρικής κοίτης του ποταμού, η οποία ακολουθεί τοξοειδή πορεία στις τρίχες όπου συμβάλλουν

Η λιθολογική σύσταση των υλικών που μεταφέρουν οι χείμαρροι αυτοί είναι ιδιαίτερα αδρομερής.(χοντροί λίθοι). Συνολικά λοιπόν οι χείμαρροι του Σπερχειού μπορούν να ιεραρχηθούν με βαθμό φθίνουσας επικινδυνότητας ως εξής: Δυτική Βίστριζα. 2)Ανατολική Βίστριζα. 3) Ρουστιανίτης. 4)Λουγγιές , 5)Κατής, 6) Παλαιόκάστρου,7) Ασωπός, 8) Γοργοπόταμος. Αυτά παράγουν το 76% της συνολικής φερτών υλών του ποταμού.

### 2.2.6 Υδροληψία για ύδρευση – άρδευση

Οι νότιες αγροτικές περιοχές εκμεταλλεύονται κατά κύριο λόγο πηγαία ύδατα και γεωτρήσεις για άρδευση, ενώ οι βόρειες περιοχές της κοιλάδας καλύπτονται απευθείας από τον Σπερχειό. Όσον αφορά την ύδρευση η συντριπτική πλειοψηφία των οικισμών χρησιμοποιούν πηγαία ύδατα, όπως η Λαμία από τις πηγές Γοργοποτάμου, κα σε περίοδο έλλειψης συμπληρωματικά από τον ίδιο τον ποταμό.

### 2.2.7 Υπόγειοι υδατικοί πόροι

Η κοιλάδα του Σπερχειού είναι πλούσια σε πηγαία ύδατα και κυρίως στην επαφή των διαρρηγμένων ασβεστόλιθων της νότιας περιοχής , όπου εμφανίζονται πολλές καρστικές πηγές υπερχειλίσσεως . Στη λεκάνη υπάρχουν θερμές πηγές που συνδέονται με τον τεκτονισμό της περιοχής . Έντονο φαινόμενο είναι αυτό του αρτενισμού , στο οποίο το νερό που υπάρχει μεταξύ δυο αδιαπέραστων στρωμάτων βρίσκει διέξοδο σε κάποιο σημείο και στη συνέχεια εκτοξεύεται (υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες). Αυτό οφείλεται στα κατά καιρούς προσχηματικά στρώματα που έχουν δημιουργηθεί από τις προσχώσεις του Σπερχειού. Παρόλα αυτά λόγω των περιορισμένων μελετών δεν γνωρίζεται επακριβείς το υπάρχον υπόγειο υδατικό δυναμικό. Οι σπουδαιότερες πηγές που μπορούν να αξιοποιηθούν για αρδευτικούς και υδρευτικούς σκοπούς είναι :

- Η πηγή Μαυρονέρια Βαρδατών με παροχή 1.600 m<sup>3</sup>/h,
- Η πηγή Μεγάλης Βρύσης -Αγίας Παρασκευής με παροχή 1160 m<sup>3</sup>/h,
- Η πηγή Κεφαλόβρυσο Μεξιατών με παροχή 960 m<sup>3</sup>/h,

- Η πηγή Κεφαλόβρυσο Μαυρίλου με παροχή 330 m<sup>3</sup>/h,
- Η πηγή Μύλων με παροχή 600 m<sup>3</sup>/h,

Η ύπαρξη των πηγών αυτών οφείλεται στην ύπαρξη 2 μεγάλων καρστικών συστημάτων και μιας ενότητας που εκφορτίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές όπως:

- Το καρστικό σύστημα Λάμιας-Στυλίδας περιλαμβάνει τους ασβεστόλιθους της Όρθυος και εκφορτίζεται στις πηγές της Αγίας Παρασκευής, Σφαγείων και Μαυρομαντήλας
- Το καρστικό σύστημα της Οίτης, με σημαντικότερες εκφορτίσεις στο συγκρότημα των πηγών Κομποτάδων-Μεξιάτων
- Η καρστική ενότητα Καλλίδρομου-Οίτης που εκφορτίζεται μέσω των πηγών Μαυρονέρια

Από τις θερμές πηγές, (10 μέσα στη λεκάνη του Σπερχειού), οι κυριότερες είναι:

- Η πηγή Υπάτης με θερμοκρασία 32° C ανήκει στην κατηγορία των υδροθειοχλωριονατριούχων και αλκαλικών γαιών οξυπηγών, είναι δε σπανιότατη ως προς την περιεκτικότητα της σε ορισμένο στοιχείο.
- Η πηγή Αρχανίου με μέση θερμοκρασία 27° C και PH = 11,45 θεωρείται η δεύτερη αλκαλική πηγή της Ευρώπης.
- Οι πηγές Θερμοπυλών και Ψωρονερίου με μεγάλες παροχές και υψηλές θερμοκρασίες.
- Οι πηγές της γεωθερμικής περιοχής Πλατύστομου

Εκτός της λεκάνης του Σπερχειού βρίσκονται οι χλωριονατριούχες, ραδιενεργές και θερμομεταλλικές πηγές Καμένων Βούρλων

### 2.2.8 Υδροχημεία

Τα υπόγεια νερά της λεκάνης χαρακτηρίζονται ως ανθρακικά, καλής μέχρι μέτριας ποσότητας και εξαιρετικής ποιότητας για άρδευση. Εξαιρέση αποτελούν τα υπόγεια νερά του ανατολικού και δελταικού τμήματος που είναι υποβαθμισμένα λόγω φυσικών φαινομένων. Αυτό οφείλεται α) στην επίδραση των νερών των θερμό μεταλλικών πηγών με πλευρικές διαλύσεις προς τις προσχώσεις και β) στη διείσδυση του θαλασσινού νερού

Τα μόνιμα ή γεωλογικά αποθέματα για την περιοχή εκτιμήθηκαν εμπειρικά γύρω στα  $2757 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  και αν σε αυτά προστεθούν  $15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  των υπό πίεση υδροφόρων οριζόντων τότε το συνολικό ποσό κυμαίνεται στα  $2772 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

### 2.2.9 Χαρακτηριστικά στοιχεία υδάτων

Τα χαρακτηριστικά των υδάτων είναι :

- Οι θερμοκρασίες των υδάτινων μαζών παρουσιάζουν ετήσια διακύμανση της τάξης των  $10^\circ \text{C}$ , (από  $12^\circ \text{C}$  έως  $22^\circ \text{C}$ )

- Οι αλατότητες δείχνουν επίσης εποχιακή διακύμανση, των επιφανειακών κυρίως στρωμάτων με χειμερινές τιμές περί τα 35 ppt και καλοκαιρινές 37,4 ppt ,

- Τα νερά του Μαλιακού είναι πολύ καλά οξυγονωμένα καθόλο το έτος.

- Οι περιεκτικότητες σε θρεπτικά άλατα είναι σε κανονικό έως χαμηλά επίπεδα με σχετικά αυξημένες τιμές αμμωνίας το Φθινόπωρο σε σταθμούς του εσωτερικού κόλπου (λόγω κυρίως των αποπλύσεων των αζωτούχων λιπασμάτων), Ο λόγος όμως ασώτου προς φωσφόρου (N/P), παρουσιάζει διακύμανση και απόκλιση με από την ιδανική για την αύξηση του φυτοπλαγκτού τιμή του 15/1. Σε αυτή την διακύμανση τον ρόλο του περιοριστικού παράγοντα κατά την χειμερινή περίοδο που τα νερά είναι εμπλουτισμένα σε άζωτο παίζει ο Φώσφορος, ενώ αντίθετα κατά την θερινή περίοδο τον ρόλο φαίνεται να τον παίζει το ανόργανο άζωτο

- Ως προς την κατάσταση της πρωτογενούς παραγωγής και της ανάπτυξης του φυτοπλαγκτού, ο Μαλιακός κόλπος μπορεί να θεωρηθεί ως μεσοτροφική και δυνητικά ευτροφική περιοχή με ευμετάβλητο οικολογικό χαρακτήρα,

- Στην ανάπτυξη του ζωοπλαγκτού η θολερότητα των νερών δρα ανασταλτικά, κυρίως λόγω των αιρούμενων λεπτόκοκκων φερτών υλικών, Έτσι ο Μαλιακός εμφανίζει γενικά (εκτός της εποχής του Μαρτίου), χαμηλής τιμές αφθονίας και κυρίως στο έσω Μαλιακό σε σχέση με τον έξω.

- Τα ιζήματα του βυθού του κόλπου είναι σχεδόν σε όλη την έκταση ομοιόμορφοι ιλύες και ιλυάργιλλοι σαν αποτέλεσμα της επίδρασης του Σπερχειού με τις φερτές ύλες που εισάγει. Ο ρυθμός ιζηματογένεσης χαρακτηρίζεται γενικά υψηλός .

Όσον αφορά το βιοτικό περιβάλλον συνοπτικά αναφέρουμε τα εξής:

- Στο φυτοβένθος της παράκτιας ζώνης παρατηρείται σε ορισμένα μόνο σημεία μία μείωση του αριθμού των ειδών και επικράτηση ορισμένων άλλων ειδών δεικτών

ευτροφικής ρύπανσης.

- Το ζωοβένθος συνθέτει την λεγόμενη βιοκοινωνία της παράκτιας χερσονήσου ιλύος και χαρακτηρίζεται από μικρό αριθμό ειδών, μικρό δείκτη ποικιλότητας και ομοιομορφίας που είναι συνέπεια του γρήγορου ρυθμού ιζηματογένεσης που επικρατεί στον κόλπο

- Η ιχθυοπανίδα της ευρύτερης περιοχής αποτελείται από ατλαντομεσογειακά ενδημικά και κοσμοπολίτικα είδη της μεσογείου θάλασσης. Οι πληθυσμοί του κόλπου δεν φαίνονται να βρίσκονται σε κατάσταση υπεραλίευσης και ο κόλπος προσφέρει ακόμη καλύτερες δυνατότητες αλιευτική εκμετάλλευσης.

### 2.2.10 Οικονομικές – Κοινωνικές συνθήκες

Οι οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες της λεκάνης του Σπερχειού είναι οι παρακάτω :

- Από άποψη ιδιοκτησίας, κυριαρχεί ο δημόσιος χαρακτήρας της περιοχής, οι δε λίγες ιδιοκτησίες βρίσκονται συγκεντρωμένες στο ευρύ κοιλαδικό ανάπτυγμα.

- Η κυριαρχούσα δασοπονική μορφή είναι εκείνη των θαμνώνων (συμπαγών και μη), οι οποίες βρίσκονται εκτός διαχείρισης.

- Η γεωργία στον περιμετρικό του χειμάρρου χώρο, είναι έντονα παραγωγική. Η παραγωγικότητά της εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά, από την επάρκεια ή μη αρδευτικού νερού, ιδιαίτερα κατά τα ξηροθερμικά έτη.

- Οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι του χειμάρρου, αποτελούν σημαντικό υδατικό απόθεμα, το οποίο μπορεί, εάν ορθολογικά διαχειρισθεί, να επιλύσει πολλά από τα πιεστικά προβλήματα της περιοχής.

- Η άσκηση της κτηνοτροφίας περιορίζεται μόνο στην ποιμενική και αυτή σε μικρή κλίμακα.

- Στο χώρο της λεκάνης, δεν καταγράφεται καμιά άλλη αξιόλογη εδαφοπονική δραστηριότητα.

- Οι συνθήκες εργασίας του πρωτογενούς αγροτικού τομέα, που από άποψη συνθηκών, είναι σχετικά καλές, έχουν την ιδιαιτερότητα της αναζήτησης πολλών εργατικών χεριών κατά την εποχή της συγκομιδής . Η αναζήτηση εργατικών χεριών στρέφεται σε αθίγγανους, πομάκους, εργάτες από άλλες ελλαδικές περιοχές και εσχάτως σε αλλοδαπούς (Αλβανούς, Ινδούς, Κούρδους, Βούλγαρους κ.λπ.).



- Η υδατική οικονομία, αποτελεί ουσιαστικά το αποκλειστικό στοιχείο διατήρησης της γενικής, της οικογενειακής και της ατομικής οικονομίας της περιοχής.
- Το συνολικό οικογενειακό εισόδημα των κατοίκων, το οποίο είναι αρκετά ικανοποιητικό (περίπου 12.000 €/έτος), έχει το στοιχείο της αστάθειας, η οποία αυξάνει με την αύξηση της λειψυδρίας.
- Οι συγκοινωνιακές συνθήκες της περιοχής, είναι καλές χωρίς να παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

#### 3.1 ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ

##### 3.1.1 Μετεωρολογικοί σταθμοί

Για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης στη λεκάνη της Κάρλας αξιοποιήθηκαν οι μετρήσεις συνολικά 11 σταθμών. Οι τιμές των περισσότερων σταθμών αφορούσαν μηνιαίες υδατοπτώσεις ενώ για τους σταθμούς για τους οποίους υπήρχαν ημερήσια δεδομένα έγινε συνάθροιση των δεδομένων σε μηνιαία και ετήσια βάση. Στον Πίνακα 3.1.1 παρουσιάζονται οι σταθμοί υετόπτωσης με τις κυριότερες γενικές πληροφορίες τους.

**Πίνακας 3.1.1** Σταθμοί υετόπτωσης υδρολογικής λεκάνης της Κάρλας

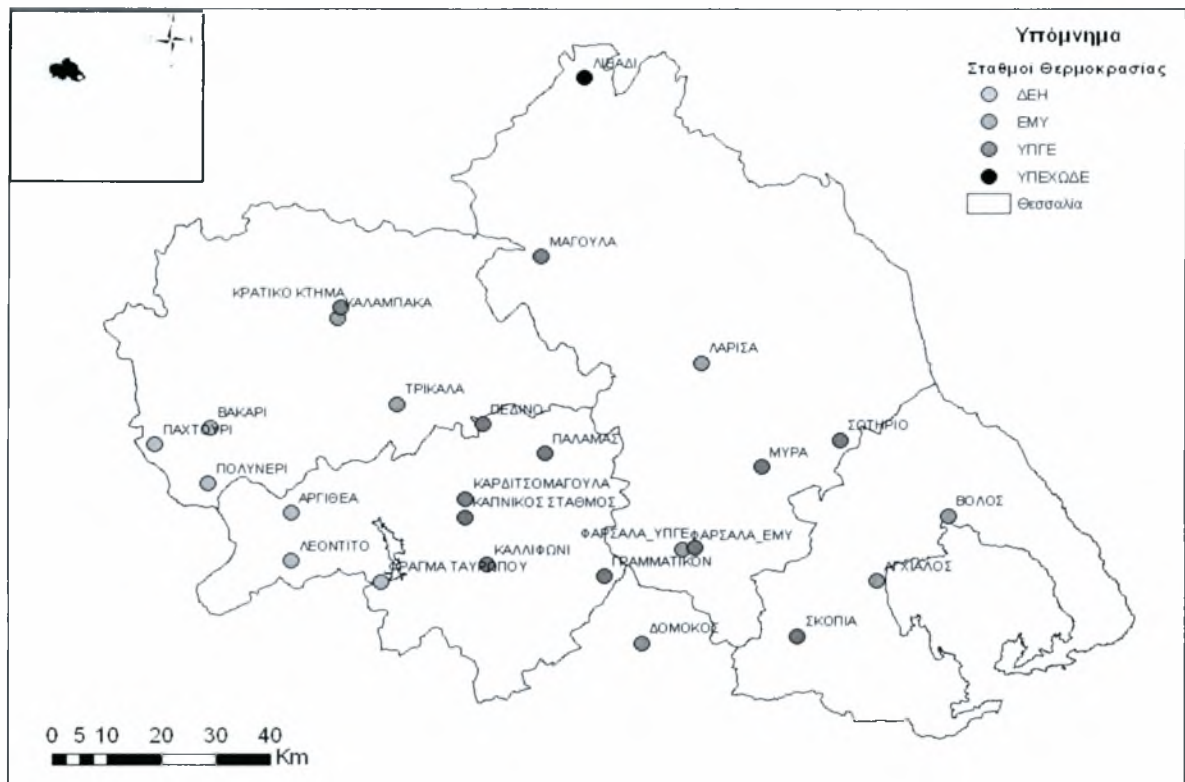
Όνομα σταθμού	Υψόμετρο (m)	Νομός
Αγιά	180	Λάρισας
Αγκιάλος	15	Μαγνησίας
Βόλος	3	Μαγνησίας
Λάρισα	73	Λάρισας
Μακρυνίτσα	690	Μαγνησίας
Μύρα	320	Λάρισας
Πολυδένδρι	100	Λάρισας
Σέκφο	80	Λάρισας
Σπηλιά	813	Λάρισας
Στεφανοβίκειο	80	Μαγνησίας
Σωτήριο	51	Λάρισας





Πίνακας 3.1.2 Σταθμοί θερμοκρασίας υδρολογικής λεκάνης της Κάρλας

Όνομα σταθμού	Νομός	Υψόμετρο (m)
Αγγιάλος	Μαγνησίας	15
Αργιθέα	Καρδίτσας	980
Βακάρι	Τρικάλων	1150
Βόλος	Μαγνησίας	3
Γραμματικόν	Καρδίτσας	95
Δομοκός	Φθιώτιδος	615
Καλαμπάκα	Τρικάλων	222
Καλλιφώνι	Καρδίτσας	100
Καπνικός Σταθμός	Καρδίτσας	110
Καρδιτσομαγούλα	Καρδίτσας	95
Κρατικό Κτήμα Καλαμπάκας	Τρικάλων	532
Λάρισα	Λάρισας	73
Λεοντίτο	Καρδίτσας	950
Λιβάδι	Λάρισας	1183
Μαγούλα	Λάρισας	180
Μύρα	Λάρισας	320
Παλαμάς	Καρδίτσας	95
Παχτούρι	Τρικάλων	950
Πεδινόν	Καρδίτσας	95
Πολυνέρι	Τρικάλων	730
Σκοπιά	Λάρισας	580
Σωτήριο	Λάρισας	51
Φράγμα Ταυρωπού	Καρδίτσας	850
Τρίκαλα	Τρικάλων	149
Φάρσαλα	Λάρισας	148
Φάρσαλα	Λάρισας	434



**Σχήμα 3.1.2** Σταθμοί θερμοκρασίας υδρολογικής λεκάνης της Κάρλας

Οι μετρήσεις νετόπτωσης και θερμοκρασίας των σταθμών βρίσκονται στο παράρτημα Α. Το κλίμα στην περιοχή κατατάσσεται στο ηπειρωτικό ημίξηρο χαρακτηριζόμενο από θερμό και ξηρό καλοκαίρι και ψυχρό και υγρό χειμώνα. Η μέση θερμοκρασία είναι πάντα πάνω από το μηδέν, αλλά η χαμηλότερη θερμοκρασία που παρατηρήθηκε κατά το χειμώνα είναι  $-21,6^{\circ}\text{C}$ . Η μέγιστη θερμοκρασία που παρατηρήθηκε το καλοκαίρι ήταν  $45,2^{\circ}\text{C}$ . Επίσης, στην περιοχή παρατηρούνται παγετοί κατά την περίοδο Δεκεμβρίου- Μαρτίου και σπανιότερα κατά τους μήνες Νοέμβριο και Απρίλιο. Η μέση σχετική υγρασία στην περιοχή είναι 66%. Το απόλυτο μέγιστο μηνιαίο ύψος στη λεκάνη της Κάρλας, ανήλθε στα 276 mm και σημειώθηκε τον Σεπτέμβριο του 1978, ενώ το απόλυτο ελάχιστο μηνιαίο ύψος ήταν 3,3 mm και σημειώθηκε τον Αύγουστο του 1974. Η χαμηλότερη μέση μηνιαία θερμοκρασία είναι  $0,2^{\circ}\text{C}$  το μήνα Ιανουάριο του 1981 και η μέγιστη  $27,2,0^{\circ}\text{C}$  τον μήνα Αύγουστο του 1999 .

### 3.1.2 Εκτίμηση και υπολογισμός των μετεωρολογικών δεδομένων

Από τους διαθέσιμους μετεωρολογικούς σταθμούς με κοινή περίοδο δεδομένων Οκτώβριος 1960 έως Σεπτέμβριος 2002 υπολογίστηκε η μέση επιφανειακή υετόπτωση, μέση επιφανειακή θερμοκρασία και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή της λεκάνης της Κάρλας.

#### Εκτίμηση και υπολογισμός μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης

Η μέση επιφανειακή βροχόπτωση της λεκάνης του Σπερχειού εκτιμήθηκε με τη μέθοδο της τροποποιημένης μεθόδου Thiessen. χρησιμοποιώντας τους σταθμούς που βρίσκονται μέσα στην περιοχή της λεκάνης απορροής ή κοντά στα όρια αυτής. . Με τη μέθοδο των πολυγώνων Thiessen υπολογίστηκαν οι συντελεστές στάθμισης για κάθε σταθμό που αντιστοιχούν στα εμβαδά των πολυγώνων επηρεασμού των σταθμών όπως προκύπτει με τη χάραξη των μεσοκαθέτων επί των αποστάσεων των σταθμών μεταξύ τους. Η μέση επιφανειακή βροχόπτωση της λεκάνης μελέτης  $P_o$  προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους μηνιαίων υψών βροχόπτωσης  $P_i$  των σταθμών πολλαπλασιασμένες επί τους αντίστοιχους συντελεστές στάθμισης, σύμφωνα με την Εξίσωση :

$$P_o = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + P_3 A_3 + \dots + P' A'}{A} = \sum \left( \frac{A_1}{A} P_1 + \frac{A_2}{A} P_2 + \frac{A_3}{A} P_3 + \dots + \frac{A'}{A} P' \right)$$

όπου,  $P_1, P_2, P_3 \dots P'$  το μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης των σταθμών ,  $\frac{A_1}{A}$  το ποσοστό εκτάσεως επηρεασμού του σταθμού με μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης  $P_1$ ,  $\frac{A_2}{A}$  το ποσοστό εκτάσεως επηρεασμού του σταθμού με μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης  $P_2$ ,  $\frac{A_3}{A}$  το ποσοστό εκτάσεως επηρεασμού του σταθμού με μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης  $P_3$  κτλ. .

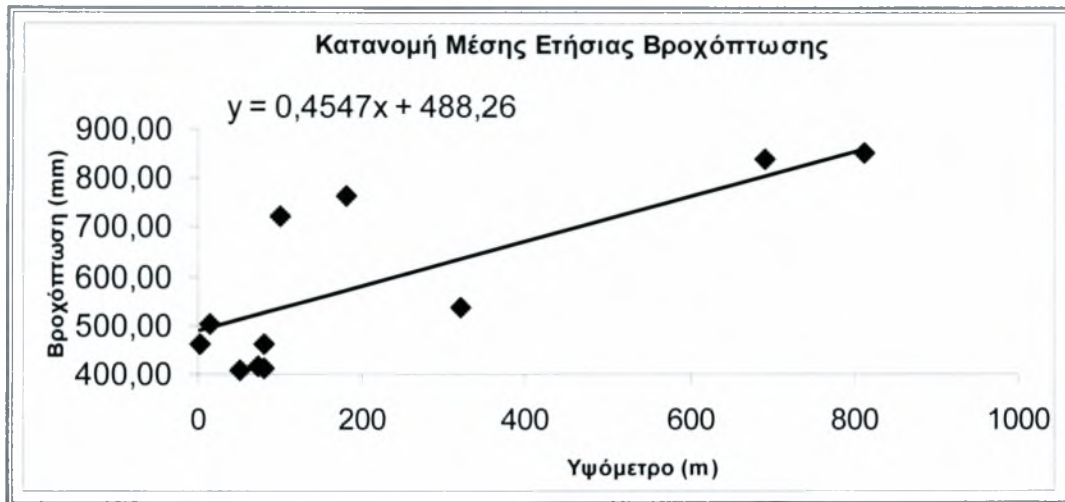
Στον πίνακα 3.1.3 φαίνονται τα εμβαδά των πολυγώνων σε αντιστοιχία με τους σταθμούς .

Πίνακας 3.1.3 Πολύγωνα Thiessen λεκάνης της λίμνης Κάρλας

Όνομα σταθμού	Έκταση(Km <sup>2</sup> )	Έκταση(%)	Υετόπτωση
Αγιά	171,5	14,8	764,31
Αγγιάλος	22,9	2,0	501,72
Βόλος	7,2	0,6	460,68
Λάρισα	114,3	9,8	414,67
Μακρυνίτσα	8,3	0,7	836,88
Μύρα	57,1	4,9	535,48
Πολυδένδρι	18,5	1,6	724,15
Σέκφο	46,0	4,0	412,74
Σπηλιά	146,8	12,6	848,79
Στεφανοβίκειο	200,1	17,2	463,72
Σωτήριο	369,2	31,8	409,02

Η τροποποιημένη μέθοδος Thiessen ολοκληρώνεται με τη βοήθεια της μεθόδου της βροχοβαθμίδας. Η υψομετρική μέθοδος ή μέθοδος της βροχοβαθμίδας βασίζεται στην παρατήρηση ότι το ύψος βροχής αυξάνει με την αύξηση του υψόμετρου και χρησιμοποιεί τη βροχοβαθμίδα που είναι ο όρος που περιγράφει την αύξηση του ετήσιου βροχομετρικού ύψους ανά 100 m αύξηση του υψόμετρου. Η μέθοδος χρησιμοποιεί μία απλή γραμμική σχέση της μορφής  $P=\alpha Y+\beta$ , που συσχετίζει τα υψόμετρα των σταθμών με το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κάθε σταθμού και εφόσον υπάρχει ικανοποιητική συσχέτιση, η σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του ύψους βροχής σε οποιοδήποτε υψόμετρο.

Ιδιαίτερη σημασία για τις υδρολογικές εφαρμογές έχει η ολοκλήρωση των σημειακών πληροφοριών στην επιφάνεια που καλύπτει το βροχομετρικό δίκτυο, δηλαδή ο υπολογισμός του ισοδύναμου ομοιόμορφου βροχομετρικού ύψους. Ο υπολογισμός αυτός επιτυγχάνεται με την μέθοδο της βροχοβαθμίδας. Σύμφωνα με τα παραπάνω καθορίστηκαν οι σχέσεις μεταξύ του μηνιαίου ύψους βροχής και του υψόμετρου του σταθμού για κάθε μήνα των 42 ετών



**Σχήμα 3.1.3.** Γραμμική σχέση μέσης ετήσιας βροχόπτωσης με το υψόμετρο των μετεωρολογικών σταθμών στη λεκάνη της λίμνης Κάρλας

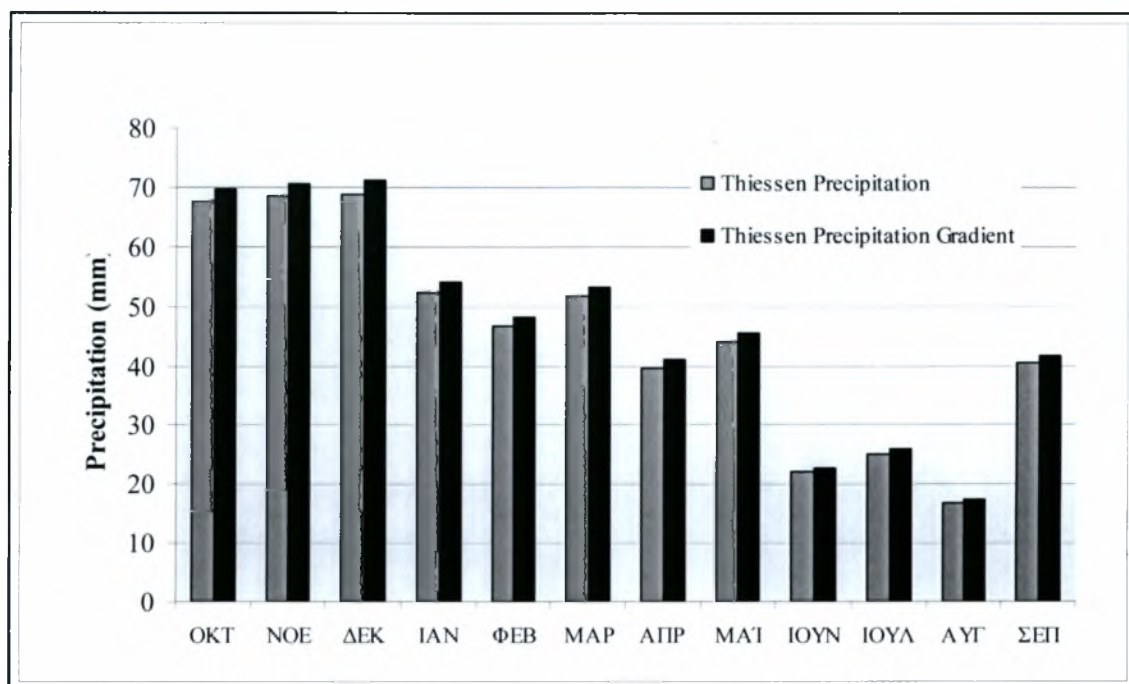
Η εκτίμηση των μηνιαίων υψών βροχόπτωσης που αντιστοιχούν στο μέσο υψόμετρο (256 m) της λεκάνης της Κάρλας για κάθε έτος, γίνεται με τις σχέσεις:

$$P_k = P_{T(k)} - \frac{-38,69 * 45,47}{100}, \text{ και}$$

$$P_i^k = \frac{P_k * P_{T(i)}^k}{P_{T(k)}}$$

όπου,  $P_{T(k)}$  το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης που προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους μηνιαίων υψών βροχόπτωσης από την σχέση, κατά το έτος k σε mm,  $P_k$  το ετήσιο ύψος της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης στη λεκάνη, κατά το έτος k σε mm,  $P_i^k$  το μηνιαίο ύψος επιφανειακής βροχόπτωσης, κατά το μήνα i και το έτος k, στη λεκάνη σε mm,  $P_{T(i)}^k$  το μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης, κατά το μήνα i και το έτος k, από τα πολύγωνα Thiessen σε mm, 45,47 η βροχοβαθμίδα που υπολογίστηκε με τη Εξίσωση, 38,69 η διαφορά ανάμεσα στο υψόμετρο των 217,31 m που είναι το μέσο υψόμετρο των σταθμών της λεκάνης και του μέσου υψόμετρου της λεκάνης.





Σχήμα 3.1.4 Υπολογιζόμενη ετήσια βροχόπτωση στη λεκάνη της λίμνης της Κάρλας

### Εκτίμηση και υπολογισμός μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας

*Μέθοδος Θερμοβαθμίδας:* Η μέθοδος της θερμοβαθμίδας βασίζεται στην παρατήρηση ότι η θερμοκρασία μειώνεται με την αύξηση του υψόμετρου και χρησιμοποιεί τη ετήσια θερμοβαθμίδα που περιγράφει την μείωση της ετήσιας θερμοκρασίας ανά 100 m αύξηση του υψόμετρου. Υπολογίστηκε θερμοβαθμίδα χρησιμοποιώντας τους σταθμούς θερμοκρασίας της Κάρλας. Για την εκτίμηση της μέσης θερμοκρασίας της λεκάνης απορροής της λίμνης Κάρλας χρησιμοποιούνται τα δεδομένα του σταθμού του Σωτηρίου ο οποίος επιλέχθηκε ως σταθμός. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής υπολογίστηκε με τη χρήση του ΓΣΠ ArcView 3.2 και είναι 256 m. Η εκτίμηση των μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας που αντιστοιχούν στο μέσο υψόμετρο (256 m) της λεκάνης απορροής της λίμνης Κάρλας, για κάθε υδρολογικό έτος, γίνεται με τις σχέσεις:

$$T_k = T_{T(k)} - \frac{205 * 0.73}{100}$$

και

$$T_i^k = \frac{\Gamma_k * T_{T(i)}^k}{T_{T(k)}}$$

όπου:

$T_{T(k)}$  = μέση ετήσια θερμοκρασία στο σταθμό του Σωτηρίου , κατά το έτος k, σε °C,

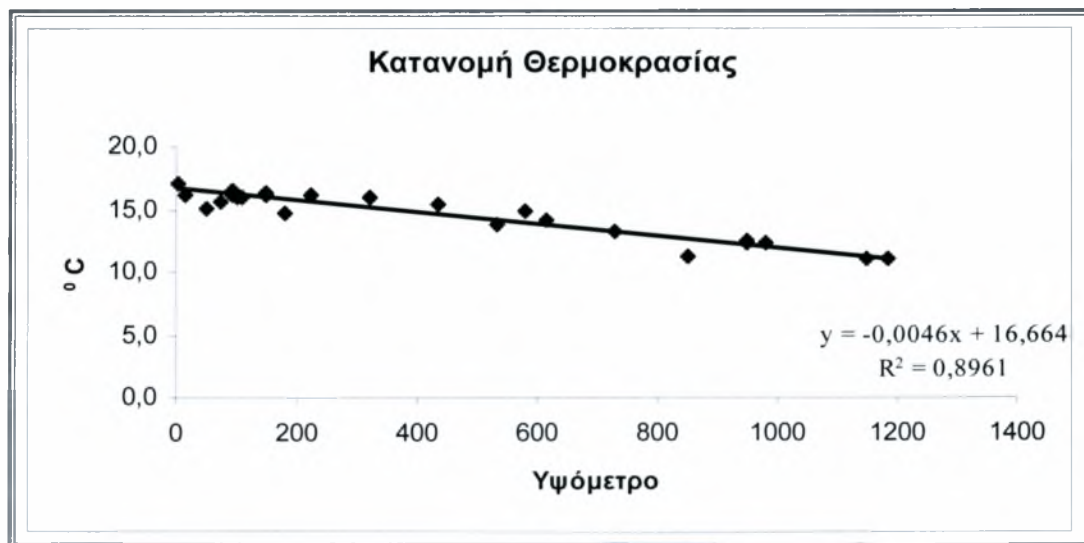
$T_k$  = μέση ετήσια θερμοκρασία στη λεκάνη της λίμνης Κάρλας , κατά το έτος k, σε °C,

$T_i^k$  = μέση μηνιαία θερμοκρασία, κατά το μήνα i και κατά το έτος k, στη λεκάνη της λίμνης Κάρλας , σε °C,

$T_{T(i)}^k$  = μέση μηνιαία θερμοκρασία, κατά το μήνα i και κατά το έτος k, στο σταθμό του Σωτηρίου , σε °C,

0.46 = Θερμοβαθμίδα (-0.46 °C ανά 100 μέτρα), και

205 = διαφορά ανάμεσα στο υψόμετρο του σταθμού του Σωτηρίου και του μέσου υψόμετρου της λεκάνης της λίμνης Κάρλας (51-256 m)



**Σχήμα 3.1.5.** Γραμμική σχέση μέσης ετήσιας θερμοκρασίας το υψόμετρο των μετεωρολογικών σταθμών στη λεκάνη της Κάρλας

### Εκτίμηση και υπολογισμός μέσης επιφανειακής δυνητικής εξατμισοδιαπνοής

Η μέθοδος εκτίμησης της μέσης επιφανειακής δυνητικής εξατμισοδιαπνοής έγινε με τη μέθοδο Thornthwaite η οποία περιγράφεται στην παράγραφο 3.2.3 (λεκάνη του Σπερχειού)

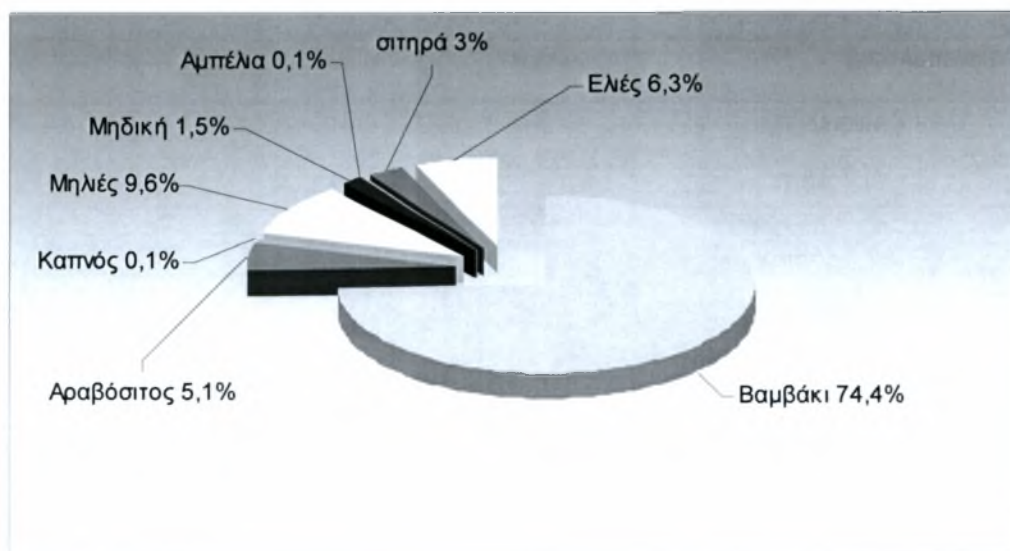


### 3.1.3 Καλλιέργειες

Στοιχεία καλλιεργειών στη λεκάνη της Κάρλας συλλέχτηκαν για το έτος 2005. Η καλλιεργούμενη έκταση εκτιμάται στα 375394 στρέμματα . Επικρατούσα καλλιέργεια είναι το βαμβάκι όπου καταλαμβάνει το 74,4% της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης της λεκάνης ενώ σημαντική είναι και η καλλιέργεια των μηλιών. Η κατανομή των εκτάσεων φαίνεται στον πίνακα 3.1.4 και στο σχήμα 3.1.6.

Πίνακας 3.1.4 Εκτάσεις της λεκάνης της λίμνης Κάρλας

Καλλιέργεια	Έκταση (στρ.)	Έκταση (%)
<b>Βαμβάκι</b>	279273	74,4
<b>Αραβόσιτος</b>	19173	5,1
<b>Καπνός</b>	277	0,1
<b>Μηλιές</b>	35892	9,6
<b>Μηδική</b>	5560	1,5
<b>Αμπέλια</b>	441	0,1
<b>σιτηρά</b>	11101	3,0
<b>Ελιές</b>	23678	6,3
<b>Σύνολο</b>	375394	100,0



Σχήμα 3.1.6. Κατανομή των εκτάσεων της λεκάνης της λίμνης Κάρλας

Επίσης, αξιοποιήθηκαν στοιχεία που σχετίζονται με τα διάφορα κόστη της κάθε καλλιέργειας όπως λιπάσματα, φυτοφάρμακα, εργατικά, καύσιμα, σπόροι κτλ. Οι πηγές λήψης των στοιχείων αυτών ήταν: η Διεύθυνση Γεωργίας και Αγροτικής Ανάπτυξης Θεσσαλίας, η Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών Θεσσαλίας. Σε περιπτώσεις που κάποιοι δείκτες χωρίζονταν σε υποκατηγορίες λήφθηκε ο μέσος όρος σαν τελική τιμή του εκάστου δείκτη. Εξάλλου, στις πολυετείς καλλιέργειες χρησιμοποιήθηκε ο πινάκας ετησίας απόσβεσης. Τα στοιχεία των Δεικτών συμπληρώθηκαν και διασταυρώθηκαν από αντίστοιχα τα οποία προέρχονταν από ιδιωτικούς φορείς και από εμπειρικές αναλύσεις γεωπόνων για μεγαλύτερη αξιοπιστία και ακρίβεια. Οι δείκτες αυτοί περιλαμβάνουν τιμές για τις μεταβλητές δαπάνες κάθε καλλιέργειας όπως: σπόρους, λιπάσματα, μηχανική συλλογή, ώρες εργασίας μηχανών και ανθρωπινού δυναμικού, φυτοφάρμακα, τέλη άρδευσης. Επίσης, περιλαμβάνουν πληροφορίες για την παραγωγικότητα κάθε καλλιέργειας, την τιμή των προϊόντων και την επιδότηση. Παρακάτω αναφέρονται κάποιες παραδοχές που πάρθηκαν για την πιο αντιπροσωπευτική χρήση των δεικτών συναρτήσει πάντα της φύσης κάθε καλλιέργειας.

- Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται είναι Μεικτό 11-15-15, Μεικτό 20-10-10, Μεικτό 12-12-18 (συμφωνά με τους γεωπόνους της Διεύθυνσης Γεωργίας είναι αυτά που προτιμούνται από τους παραγωγούς).

- Για το κόστος καυσίμων επιλέχθηκε 1 γεωργικοί ελκυστήρας ισχύος 100 HP, τιμή καύσιμου 0,8 €/lt και κατανάλωση :  $0,11 \times \text{HP} \times \text{Ωρες. λειτουργίας}$

- Εργατικά : 2.6 €/hr (ανεπίδευτοι εργάτες)

- Για την καλλιέργεια της ελιάς :

Ελαιώνες βρώσιμης ελιάς όπου 5 kg καρπού → 1 kg λαδιού

Ελιές βρώσιμες 40 % & ελαιοποίηση 60 %

Αριθμός δένδρων ανά ha : 215 δένδρα

Παραγωγικότητα : 5000 kg καρπού = 2000 kg καρπού + 600 kg λαδιού (=3000 kg καρπού)

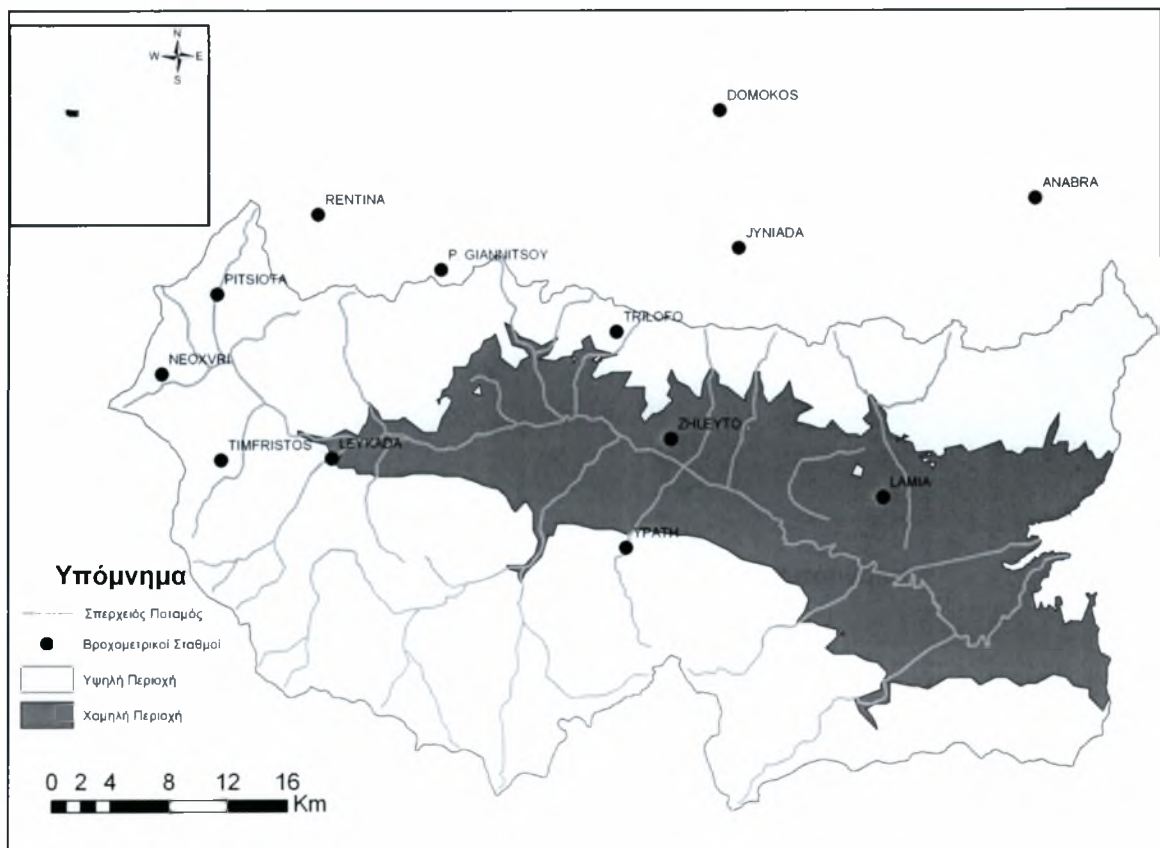
Επιδότηση :  $0,3761 \text{ €/kg} = 0,13(\text{καρπός}) * 0,77 + 1,2(\text{λάδι}) * 0,23$

- Αριθμός καπνόφυτων ανά ha : 25000 δενδρύλλια

### 3.2 ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

#### 3.2.1 Μετεωρολογικοί σταθμοί

Για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης στη λεκάνη του Σπερχειού αξιοποιήθηκαν οι μετρήσεις συνολικά 12 σταθμών. Οι τιμές των περισσότερων σταθμών αφορούσαν μηνιαίες υδατοπτώσεις ενώ για τους σταθμούς για τους οποίους υπήρχαν ημερήσια δεδομένα έγινε συνάθροιση των δεδομένων σε μηνιαία και ετήσια βάση. Οι σταθμοί δεν βρίσκονται όλοι μέσα στα όρια της επικείμενης λεκάνης μελέτης αλλά ορισμένοι και εκτός αυτής με σκοπό την ακριβέστερη και πιο ολοκληρωμένη χωρική κάλυψη της περιοχής μελέτης. Στον Πίνακα 3.2.1 παρουσιάζονται οι σταθμοί υετόπτωσης με τις κυριότερες γενικές πληροφορίες τους. Οι θέσεις των σταθμών απεικονίζονται στο Σχήμα 3.2.1



Σχήμα 3.2.1 Βροχομετρικοί σταθμοί στη λεκάνη του Σπερχειού

Πίνακας 3.2.1 Σταθμοί υετόπτωσης υδρολογικής λεκάνης Σπερχειού

Όνομα σταθμού	Υψόμετρο (m)	Νομός
Ανάβρα	700	Μαγνησίας
Δομοκός	615	Φθιώτιδος
Ξυνιάδα	456	Φθιώτιδος
Παλαιά Γιαννιτσού	960	Φθιώτιδος
Πιτσιωτά	800	Φθιώτιδος
Ρεντίνα	903	Φθιώτιδος
Τρίλοφο	580	Καρδίτσας
Υπάτη	500	Φθιώτιδος
Λαμία	144	Φθιώτιδος
Λευκάδα	390	Φθιώτιδος
Ζηλευτό	120	Φθιώτιδος
Νεοχώρι	800	Φθιώτιδος
Τυμφρηστός	724	Φθιώτιδος

Από τα δεδομένα των σταθμών Δομοκού και Παλαιάς Γιαννιτσούς, που αξιολογούνται ως τα πιο αντιπροσωπευτικά για την λεκάνη προκύπτει, ότι το μέσο ετήσιο ύψος βροχής φθάνει στο σταθμό Δομοκού στα 609,5 mm και στο σταθμό Παλαιάς Γιαννιτσούς στα 620,5 mm. Το ελάχιστο ετήσιο ύψος βροχής, καταγράφηκε και στους δύο σταθμούς το 1977 και ανήλθε αντίστοιχα σε 403,9 mm και σε 326,3 mm. Το μέσο μηνιαίο ελάχιστο ύψος βροχής, σημειώθηκε το μήνα Αύγουστο στο σταθμό Δομοκού με 26,1 mm και το μήνα Αύγουστο στο σταθμό Παλαιάς Γιαννιτσούς με 15,2 mm. Το απόλυτο μέγιστο μηνιαίο ύψος στο σταθμό Δομοκού, ανήλθε στα 229 mm και σημειώθηκε τον Ιανουάριο του 1981, ενώ το απόλυτο ελάχιστο μηνιαίο ύψος ήταν 2 mm και σημειώθηκε τον Ιούλιο του 1981. Αντίστοιχα, το απόλυτο μέγιστο και το απόλυτα ελάχιστο μηνιαίο του σταθμού Παλαιάς Γιαννιτσούς, σημειώθηκαν τους μήνες Νοέμβριο του 1993(μέγιστο), Ιούλιο του 1974 και 1993 και Αύγουστο του 1988 και 1993(ελάχιστο), με τα σημειωθέντα ύψη βροχής να ανέρχονται σε 294,0 mm και 0,0 mm αντίστοιχα. Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι μετρήσεις ενός σταθμού ενώ οι υπόλοιποι παρατίθενται στο παράρτημα Α.

Πίνακας 3.2.2 Μέσες μηνιαίες και μέσες ετήσιες υετοπτώσεις στο Μ.Σ. Παλαιάς Γιαννιτσού

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1960-61	41,2	40,7	88,9	49,5	9,2	70,1	59,7	45,6	33,3	23,4	9,1	14,9	485,6
1961-62	126,2	51,6	73,2	42,7	43,4	58,1	34,7	40,6	30,1	13,3	8,8	75,3	598,0
1962-63	106,5	140,6	79,9	46,8	66,7	57,0	60,2	66,6	24,7	39,1	14,7	15,7	718,5
1963-64	174,2	55,4	60,5	45,6	10,4	70,2	39,1	82,7	28,1	20,0	7,3	9,2	602,7
1964-65	60,5	86,1	63,7	46,5	49,2	64,6	48,6	63,7	23,8	43,3	8,1	9,2	567,3
1965-66	45,9	97,6	56,8	57,2	13,6	63,8	45,1	53,0	37,3	6,6	19,0	19,1	515,0
1966-67	38,9	181,4	54,4	47,5	20,1	52,5	44,0	83,8	21,1	32,5	9,3	28,7	614,2
1967-68	38,5	52,1	76,1	52,5	44,6	60,0	35,9	74,5	25,4	5,8	17,6	15,1	498,1
1968-69	122,4	87,2	103,3	48,8	64,3	76,2	34,0	27,4	20,9	5,8	6,6	29,6	626,5
1969-70	30,3	53,2	86,2	45,8	27,7	63,7	32,3	45,7	24,7	38,6	22,5	18,0	488,7
1970-71	57,1	58,9	59,9	48,3	61,7	81,8	49,1	23,0	25,5	18,3	10,0	22,2	515,8
1971-72	73,4	63,5	56,9	52,0	68,6	55,1	81,4	35,5	34,3	35,8	26,0	28,0	610,5
1972-73	100,5	38,7	45,7	51,0	42,9	41,2	46,1	37,6	24,4	9,7	19,0	16,0	472,8
1973-74	195,0	75,0	32,0	75,0	87,0	88,0	116,0	42,5	23,0	0,0	7,0	25,0	765,5
1974-75	42,0	88,0	26,0	26,0	133,0	47,0	75,5	67,1	0,0	16,0	35,0	3,5	559,1
1975-76	33,5	101,5	67,7	54,0	74,0	64,0	34,6	30,5	24,6	18,3	0,0	6,5	509,2
1976-77	52,7	52,7	38,6	28,2	22,8	24,5	18,5	10,8	21,5	7,0	3,0	46,0	326,3
1977-78	61,0	18,0	56,4	36,0	26,0	33,0	48,3	15,8	11,0	5,0	2,0	55,0	367,5
1978-79	36,0	33,0	33,7	63,9	63,4	24,5	40,9	62,6	18,6	35,0	18,2	13,6	443,4
1979-80	97,6	64,9	31,0	10,5	100,7	83,9	71,4	58,8	60,0	5,5	5,5	15,0	604,8
1980-81	212,0	98,2	70,6	27,0	23,5	14,0	59,5	11,0	14,5	5,0	9,0	14,0	558,3
1981-82	37,5	45,0	43,5	39,9	62,0	29,5	40,0	127,0	10,0	5,0	10,5	30,0	479,9
1982-83	75,0	60,5	72,0	15,0	29,0	36,5	10,5	11,0	134,0	25,9	20,5	19,7	509,6
1983-84	116,7	53,0	95,5	24,5	51,0	56,5	148,0	70,0	14,5	21,5	82,5	9,5	743,2
1984-85	5,5	99,9	95,0	120,7	26,8	97,0	97,0	26,5	7,0	10,2	6,6	2,5	594,7
1985-86	145,0	213,0	57,5	60,5	109,0	112,5	40,5	86,0	39,5	31,0	12,0	55,0	961,5
1986-87	186,5	70,0	36,5	22,0	19,0	157,0	109,0	56,0	20,0	1,0	46,0	7,0	730,0
1987-88	163,0	138,0	79,0	99,0	71,0	69,0	74,0	38,0	20,0	2,0	0,0	19,0	772,0
1988-89	67,0	182,0	44,0	22,0	0,0	140,0	0,0	76,0	10,0	81,0	0,0	0,0	622,0
1989-90	60,6	97,0	110,0	5,0	21,0	30,0	56,0	82,0	9,0	0,0	41,0	25,0	536,6
1990-91	48,0	161,0	124,0	58,0	75,0	140,0	132,0	89,0	18,0	61,0	43,0	6,0	955,0
1991-92	87,0	92,0	21,0	62,3	105,3	48,0	65,0	122,0	83,0	91,0	0,0	11,0	787,6
1992-93	81,0	86,0	81,0	70,0	52,0	75,0	62,0	155,0	71,0	0,0	0,0	15,0	748,0
1993-94	29,0	294,0	95,0	146,0	201,0	51,0	95,0	97,0	33,0	0,0	0,0	0,0	1041,0
1994-95	251,5	83,5	65,6	54,2	18,2	71,0	50,1	50,9	20,5	37,5	15,9	43,3	762,3
1995-96	44,4	28,5	71,8	50,6	83,5	69,1	43,0	38,5	29,8	25,4	30,1	36,8	551,5
1996-97	105,2	24,2	65,5	51,8	30,7	57,8	79,6	56,3	29,8	21,3	11,3	14,4	547,9
1997-98	83,1	41,5	76,2	47,3	71,7	63,2	34,9	118,1	29,8	21,3	6,6	43,0	636,6
1998-99	42,4	319,1	76,2	48,5	73,5	85,0	55,4	71,7	29,9	27,7	14,3	22,2	866,0
1999-00	65,8	87,7	66,2	47,7	72,6	57,5	54,8	43,1	29,7	26,4	6,6	35,5	593,7
2000-01	63,8	42,9	59,7	55,1	58,9	54,5	69,1	60,1	29,5	55,2	16,5	9,2	574,4
2001-02	34,2	34,3	68,1	48,1	34,9	73,9	87,1	72,8	29,6	38,8	17,2	60,1	598,9
<b>Μέση Τιμή</b>	<b>84,2</b>	<b>90,3</b>	<b>65,8</b>	<b>50,1</b>	<b>55,2</b>	<b>65,9</b>	<b>59,0</b>	<b>60,1</b>	<b>29,2</b>	<b>23,0</b>	<b>15,2</b>	<b>22,5</b>	<b>620,5</b>
<b>Τυπ. Αποκ.</b>	<b>56,5</b>	<b>66,2</b>	<b>23,1</b>	<b>25,8</b>	<b>38,2</b>	<b>30,1</b>	<b>30,5</b>	<b>32,5</b>	<b>22,6</b>	<b>21,1</b>	<b>15,8</b>	<b>17,3</b>	<b>153,3</b>



Σχετικά με τη θερμοκρασία, διαπιστώθηκε ότι τέτοιες καταγραφές διαθέτουν μόνο οι σταθμοί Δομοκού, Λεύκας, Λαμίας και Φουρνά. Το κλίμα της υδρολογικής λεκάνης του Σπερχειού χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακό ηπειρωτικού χαρακτήρα, με μέσο ετήσιο θερμομετρικό εύρος 19,9° C, με υγρό και ψυχρό χειμώνα και θερμό και ξηρό θέρος, με μέση ετήσια θερμοκρασία 15,8° C. Η μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία παρατηρείται τον Ιανουάριο και είναι 6,2° C ενώ η μέση μέγιστη τον Ιούλιο και είναι 26,3° C. Κατά τη διάρκεια των παρατηρήσεων του σταθμού Λαμίας σημειώθηκε η απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία των 3,9° C το μήνα Ιανουάριο και η απόλυτη μέγιστη των 29,1° C τον μήνα Ιούλιο. Στον σταθμό Δομοκού που θεωρήθηκε ως πιο αξιόπιστος λόγω του μεγάλου εύρους της χρονοσειράς των καταγραφόντων μετρήσεων η χαμηλότερη μέση μηνιαία θερμοκρασία είναι 1,9° C το μήνα Ιανουάριο του 1981 και η μέγιστη 26,0° C τον μήνα Ιούλιο του 1976.

**Πίνακας 3.2.3** Μέσες μηνιαίες και μέσες ετήσιες θερμοκρασίες στο Μ.Σ. Δομοκού

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
1960-61	17,0	12,3	9,1	4,9	4,7	10,0	14,8	17,9	22,6	24,4	24,7	20,6	15,3
1961-62	15,2	11,9	5,7	5,1	3,4	9,2	12,6	19,3	22,5	25,4	26,3	22,0	14,9
1962-63	15,0	12,6	4,7	4,3	5,9	6,8	12,1	16,3	22,3	25,2	26,0	22,1	14,4
1963-64	14,9	11,9	7,1	3,4	4,7	8,4	12,1	16,2	21,6	23,5	23,7	19,4	13,9
1964-65	16,5	11,1	7,0	5,4	1,5	7,8	11,2	16,1	21,9	25,1	22,6	21,5	14,0
1965-66	13,5	10,1	7,3	4,1	9,6	8,2	13,9	16,8	21,0	25,4	25,9	20,7	14,7
1966-67	19,6	11,5	6,7	4,1	3,7	8,5	12,0	17,5	20,9	23,2	25,2	20,5	14,5
1967-68	16,6	10,8	6,6	2,3	7,1	7,2	14,1	19,6	20,8	24,5	23,5	20,9	14,5
1968-69	14,1	11,0	6,1	4,3	7,2	7,5	11,1	19,5	22,6	23,5	24,6	21,2	14,4
1969-70	13,8	11,2	7,1	6,4	7,3	9,1	14,8	15,8	22,0	23,9	24,7	20,3	14,7
1970-71	14,5	11,6	6,4	6,1	4,3	6,6	11,8	19,1	23,2	22,6	24,0	18,3	14,0
1971-72	12,6	10,5	6,8	4,0	4,4	8,9	13,5	17,5	23,2	23,5	23,0	18,8	13,9
1972-73	11,3	11,1	3,6	2,9	5,9	4,8	11,7	19,7	21,8	25,1	22,2	20,5	13,4
1973-74	14,8	9,0	6,3	3,6	6,3	7,6	10,0	16,4	21,8	24,5	23,7	20,3	13,7
1974-75	16,1	9,5	5,9	4,8	3,3	10,3	13,6	18,2	21,1	23,8	22,3	21,7	14,2
1975-76	14,7	8,4	4,9	6,2	3,7	6,7	12,8	15,8	20,4	23,1	20,9	19,4	13,1
1976-77	15,2	9,7	5,8	5,4	11,0	10,3	12,9	19,4	23,1	26,2	24,8	18,3	15,2
1977-78	14,0	12,4	4,0	2,7	7,2	9,2	11,6	17,0	23,0	24,9	24,0	18,1	14,0
1978-79	12,6	7,4	8,1	4,8	6,4	10,8	10,8	17,4	23,3	23,6	23,3	20,6	14,1
1979-80	13,5	10,1	7,6	2,7	4,1	7,9	10,7	15,2	21,9	25,4	23,9	20,1	13,6
1980-81	16,0	12,5	6,5	1,9	4,7	11,3	13,1	16,1	24,3	23,6	23,3	20,7	14,5
1981-82	17,7	7,9	8,3	5,4	2,5	6,9	10,8	16,2	23,5	23,9	24,3	21,3	14,1
1982-83	14,8	8,3	7,0	5,2	2,9	8,2	14,8	18,7	19,2	23,5	22,2	19,2	13,7
1983-84	12,9	7,4	5,1	5,8	3,9	6,0	9,1	17,5	20,8	23,5	21,5	20,9	12,9
1984-85	17,9	9,6	4,2	4,5	3,0	6,3	14,0	18,9	22,5	24,2	24,5	20,1	14,1
1985-86	12,6	11,2	7,9	5,9	5,4	6,9	14,4	16,7	21,5	23,6	24,7	20,6	14,3
1986-87	14,4	7,5	4,0	5,7	5,7	3,8	11,2	15,2	21,9	25,7	23,5	23,2	13,5

1987-88	12,7	9,6	6,2	6,4	5,3	7,7	11,3	17,8	23,2	26,3	25,3	20,8	14,4
1988-89	13,9	5,5	4,2	3,6	6,4	10,1	15,3	16,0	20,7	21,5	23,9	20,4	13,5
1989-90	13,6	9,3	6,1	3,8	7,3	11,5	13,7	17,0	22,5	25,2	23,1	20,0	14,4
1990-91	15,7	11,3	5,0	3,3	3,7	8,8	10,2	14,2	23,0	23,2	22,2	20,6	13,4
1991-92	15,6	9,9	0,7	4,6	4,5	7,4	13,1	15,0	21,3	22,4	25,0	19,5	13,3
1992-93	18,6	11,1	3,9	4,7	2,1	7,7	12,9	16,9	22,9	24,9	25,1	20,9	14,3
1993-94	17,4	7,8	7,7	6,0	3,5	10,6	13,4	17,8	22,0	22,6	24,4	22,3	14,6
1994-95	16,4	8,4	5,3	4,2	8,5	8,2	12,3	18,0	24,0	23,6	22,7	20,1	14,3
1995-96	17,8	6,6	8,6	5,0	4,7	4,8	11,2	19,0	23,0	24,0	23,7	12,3	13,4
1996-97	12,7	10,5	7,0	4,7	5,7	7,2	9,0	19,1	24,0	25,3	23,2	19,8	14,0
1997-98	12,7	10,4	6,1	5,4	7,3	6,4	14,5	16,6	21,8	25,7	24,9	20,0	14,3
1998-99	15,4	9,7	4,0	5,2	3,9	8,2	13,7	20,4	24,6	24,6	24,9	20,2	14,6
1999-00	16,5	10,4	6,9	2,9	5,4	8,0	14,8	19,1	22,7	25,6	24,1	21,1	14,8
2000-01	14,2	12,5	8,4	5,6	6,3	13,4	13,0	17,8	22,9	25,6	24,7	21,6	15,5
2001-02	16,9	8,4	1,6	2,5	8,5	10,6	11,9	18,1	23,5	25,6	24,3	19,0	14,2
<b>Μέση Τιμή</b>	15,0	10,0	6,0	4,5	5,3	8,2	12,5	17,4	22,3	24,3	23,9	20,2	14,2
<b>Τυπ. Αποκ.</b>	1,9	1,8	1,8	1,2	2,0	1,9	1,6	1,5	1,1	1,1	1,2	1,7	0,6

### 3.2.2 Συμπλήρωση και Επέκταση δειγμάτων σημειακής βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

Η συμπλήρωση και επέκταση των σημειακών δειγμάτων ενός σταθμού γίνεται από δείγμα γειτονικού σταθμού με στατιστικά σημαντική συσχέτιση, και με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης. Σε κάθε ομάδα σταθμών υπολογίσθηκαν οι συντελεστές συσχέτισης των μηνιαίων και των ετήσιων τιμών υετόπτωσης για όλους τους δυνατούς συνδυασμούς σταθμών ανά δύο. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στο Παράρτημα στους Πίνακες έως και έχουν σχολιασθεί προηγουμένως. Στη συνέχεια επιλέχθηκε για κάθε ομάδα ένας σταθμός βάσης, ο οποίος κρίνεται αξιόπιστος, και διαθέτει συνεχή δεδομένα για όλη την περίοδο Οκτωβρίου 1960 έως Σεπτεμβρίου 2002. Η γραμμή παλινδρόμησης έχει τη μορφή:

$$P_s = a \cdot P_b + b$$

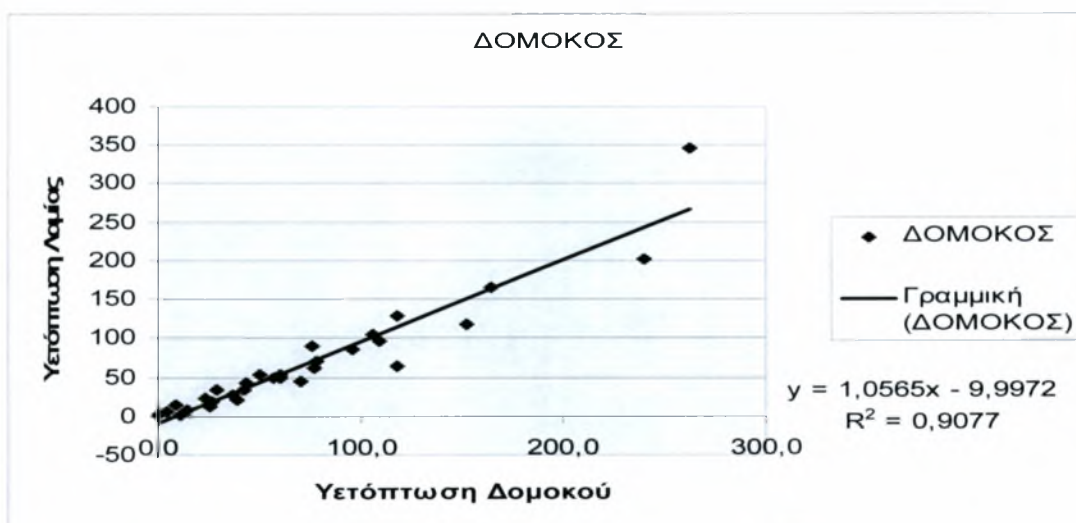
όπου,  $P_s$  είναι το μηνιαίο ύψος υετόπτωσης του προς συμπλήρωση ή/και επέκταση σταθμού,  $a$  είναι η κλίση της ευθείας παλινδρόμησης,  $b$  είναι η σταθερά της ευθείας παλινδρόμησης, και  $P_b$  είναι το μηνιαίο ύψος υετόπτωσης του σταθμού βάσης.

Οι παράμετροι της γραμμής παλινδρόμησης (κλίση και σταθερά) για κάθε μήνα και κάθε ζεύγος σταθμών βρέθηκαν για την κοινή περίοδο δεδομένων του σταθμού βάσης και του προς συμπλήρωση σταθμού. Για κάθε μηνιαία γραμμή παλινδρόμησης και για κάθε

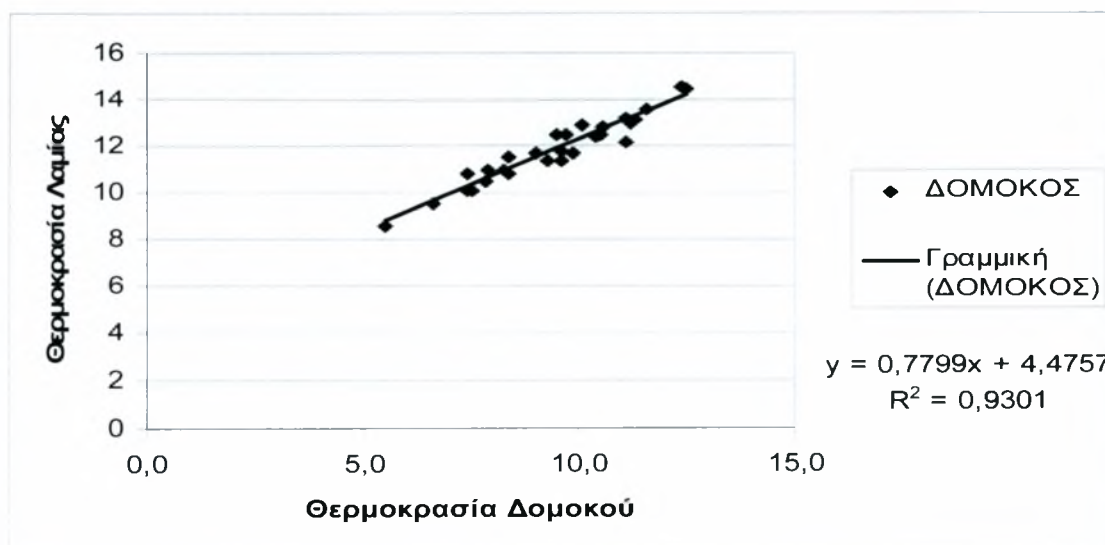


ζεύγος σταθμών ελέγχθηκε η τιμή του συντελεστή συσχέτιση των δύο δειγμάτων με την κρίσιμη τιμή του. Οι περιπτώσεις συμπλήρωσης όπου δεν ήταν στατιστικά σημαντικός ο συντελεστής συσχέτισης ήταν ελάχιστες.

Σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει η δυνατότητα να συμπληρωθούν οι ελλείπουσες τιμές με τη μέση τιμή του δείγματος, αλλά στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε να γίνει η συμπλήρωση με βάση την εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης. Η μεθοδολογία αυτή καταλήγει στα ίδια περίπου αποτελέσματα εφόσον δεν υπάρχουν συντελεστές συσχέτισης που είναι αρνητικοί και στατιστικά διάφοροι του μηδενός. Σχηματικά παραδείγματα συσχέτισης παρατίθενται παρακάτω.



Σχήμα 3.2.2 Διάγραμμα συσχέτισης μετρήσεων υετόπτωσης Δομοκού-Λάμιας



Σχήμα 3.2.3 Διάγραμμα συσχέτισης μετρήσεων θερμοκρασίας Δομοκού-Λάμιας

### 3.2.3 Εκτίμηση και υπολογισμός των μετεωρολογικών δεδομένων

Από τους διαθέσιμους μετεωρολογικούς σταθμούς με κοινή περίοδο δεδομένων Οκτώβριος 1960 έως Σεπτέμβριος 2002 υπολογίστηκε η μέση επιφανειακή υετόπτωση, μέση επιφανειακή θερμοκρασία και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή της λεκάνης του Σπερχειού. Στις παρακάτω παραγράφους παρουσιάζονται οι μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν.

#### Εκτίμηση και υπολογισμός μέσης επιφανειακής υετόπτωσης

Η μέση επιφανειακή βροχόπτωση της λεκάνης του Σπερχειού εκτιμήθηκε με τη μέθοδο της τροποποιημένης μεθόδου Thiessen. χρησιμοποιώντας τους σταθμούς που βρίσκονται μέσα στην περιοχή της λεκάνης απορροής ή κοντά στα όρια αυτής. Κρίθηκε σκόπιμο για την περαιτέρω επεξεργασία τους λόγω της μεγάλης διαφοράς υψόμετρου να χωριστεί η λεκάνη απορροής σε δυο υπολεκάνες, με βάση το μέσο υψόμετρο. Οι υπολεκάνες αυτές είναι:

- Η υψηλή περιοχή (highland) όπου περιλαμβάνει εκτάσεις άνω των 300 μέτρων και η οποία καταλαμβάνει συνολικά έκταση 1246,6 τ. χλμ.
- Η χαμηλή περιοχή (lowland) όπου περιλαμβάνει εκτάσεις κάτω των 300 μέτρων έκτασης 581,7 τ. χλμ.

Όλοι οι σταθμοί βρίσκονται στην υψηλή περιοχή της λεκάνης απορροής, αλλά οι μετρήσεις τους επηρεάζουν και χρησιμοποιήθηκαν και για την χαμηλή περιοχή. Με τη μέθοδο των πολυγώνων Thiessen υπολογίστηκαν οι συντελεστές στάθμισης για κάθε σταθμό που αντιστοιχούν στα εμβαδά των πολυγώνων επηρεασμού των σταθμών όπως προκύπτει με τη χάραξη των μεσοκαθέτων επί των αποστάσεων των σταθμών μεταξύ τους. Η μέση επιφανειακή βροχόπτωση της λεκάνης μελέτης  $P_o$  προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους μηνιαίων υψών βροχόπτωσης  $P_i$  των σταθμών πολλαπλασιασμένες επί τους αντίστοιχους συντελεστές στάθμισης, σύμφωνα με την Εξίσωση :

$$P_o = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + P_3 A_3 + \dots + P' A'}{A} = \sum \left( \frac{A_1}{A} P_1 + \frac{A_2}{A} P_2 + \frac{A_3}{A} P_3 + \dots + \frac{A'}{A} P' \right)$$

όπου,  $P_1, P_2, P_3 \dots P'$  το μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης των σταθμών,  $\frac{A_1}{A}$  το ποσοστό εκτάσεως επηρεασμού του σταθμού με μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης  $P_1$ ,  $\frac{A_2}{A}$  το ποσοστό εκτάσεως επηρεασμού του σταθμού με μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης  $P_2$ ,  $\frac{A_3}{A}$  το ποσοστό εκτάσεως επηρεασμού του σταθμού με μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης  $P_3$  κτλ. .

Στους παρακάτω πίνακες 3.2.4 και 3.2.5 φαίνονται τα εμβαδά των πολυγώνων σε αντιστοιχία με τους σταθμούς και για τις δυο υπολεκάνες . Ο διαχωρισμός των περιοχών φαίνεται στο σχήμα 3.2.1

**Πίνακας 3.2.4** Πολύγωνα Thiessen υπολεκάνης highland

Όνομα σταθμού	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Έκταση(%)	Υετόπτωση (mm)
Ανάβρα	55,2	4,4	631,3
Ξυνιάδα	23,6	1,9	470,9
Παλαιά Γιαννιτσού	238,9	19,2	585,8
Πιτσιωτά	245,1	19,7	899,4
Ρεντίνα	36,5	2,9	1729,0
Τρίλοφο	65,9	5,3	620,5
Υπάτη	66,5	5,3	1287,6
Λαμία	9,8	0,8	1253,7
Λευκάδα	102,4	8,2	1043,3
Ζηλευτό	50,4	4,0	632,5
Νεοχώρι	333,3	26,7	755,8
Τυμφορηστός	19,1	1,5	527,8
<b>Σύνολο</b>	<b>1246,6</b>	<b>100,0</b>	<b>10437,7</b>

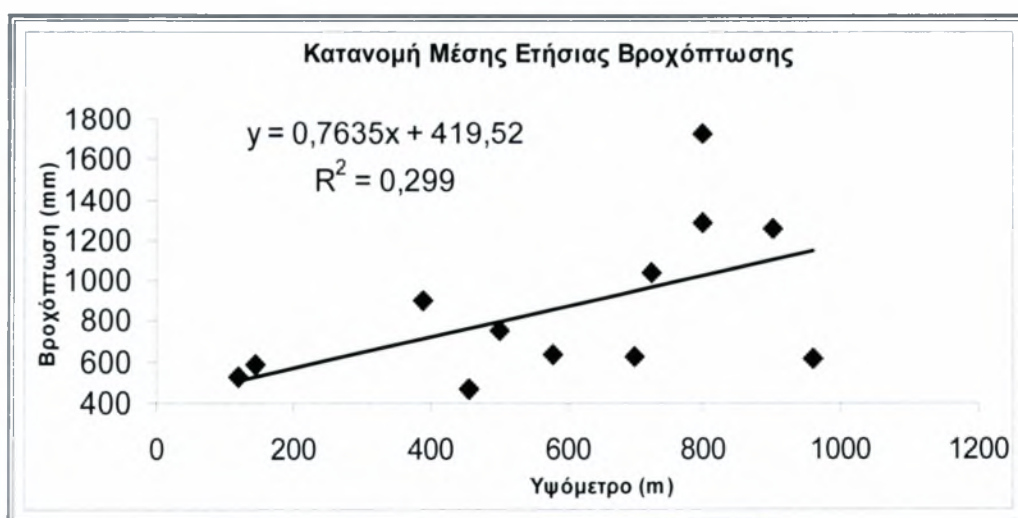
**Πίνακας 3.2.5** Πολύγωνα Thiessen υπολεκάνης highland

Όνομα σταθμού	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Έκταση(%)	Υετόπτωση (mm)
Λαμία	320,5	55,1	585,8
Λευκάδα	40,4	6,9	899,4
Παλαιά Γιαννιτσού	14,3	2,4	620,5
Τρίλοφο	42,3	7,3	632,5
Υπάτη	58,7	10,1	755,8
Ζηλευτό	105,6	18,2	527,8
<b>Σύνολο</b>	<b>581,7</b>	<b>100,0</b>	<b>4021,9</b>

### Μέθοδος βροχοβαθμίδας

Η τροποποιημένη μέθοδος Thiessen ολοκληρώνεται με τη βοήθεια της μεθόδου της βροχοβαθμίδας. Η υψομετρική μέθοδος ή μέθοδος της βροχοβαθμίδας βασίζεται στην παρατήρηση ότι το ύψος βροχής αυξάνει με την αύξηση του υψόμετρου και χρησιμοποιεί τη βροχοβαθμίδα που είναι ο όρος που περιγράφει την αύξηση του ετήσιου βροχομετρικού ύψους ανά 100 m αύξηση του υψόμετρου. Η μέθοδος χρησιμοποιεί μία απλή γραμμική σχέση της μορφής  $P=\alpha Y+\beta$ , που συσχετίζει τα υψόμετρα των σταθμών με το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κάθε σταθμού και εφόσον υπάρχει ικανοποιητική συσχέτιση (συντελεστής συσχέτισης  $r > 0.70$ ), η σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του ύψους βροχής σε οποιοδήποτε υψόμετρο.

Η συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων των σταθμών ενός βροχομετρικού δικτύου καταλήγει σε σημειακές υδρολογικές πληροφορίες. Σε πληροφορίες δηλαδή που αναφέρονται σε συγκεκριμένα σημεία μιας επιφάνειας, όπου είναι εγκατεστημένοι οι σταθμοί. Ιδιαίτερη σημασία για τις υδρολογικές εφαρμογές έχει η ολοκλήρωση των σημειακών πληροφοριών στην επιφάνεια που καλύπτει το βροχομετρικό δίκτυο, δηλαδή ο υπολογισμός του ισοδύναμου ομοιόμορφου βροχομετρικού ύψους. Ο υπολογισμός αυτός επιτυγχάνεται με την μέθοδο της βροχοβαθμίδας. Σύμφωνα με τα παραπάνω καθορίστηκαν οι σχέσεις μεταξύ του μηνιαίου ύψους βροχής και του υψόμετρου του σταθμού για κάθε μήνα των 42 ετών .



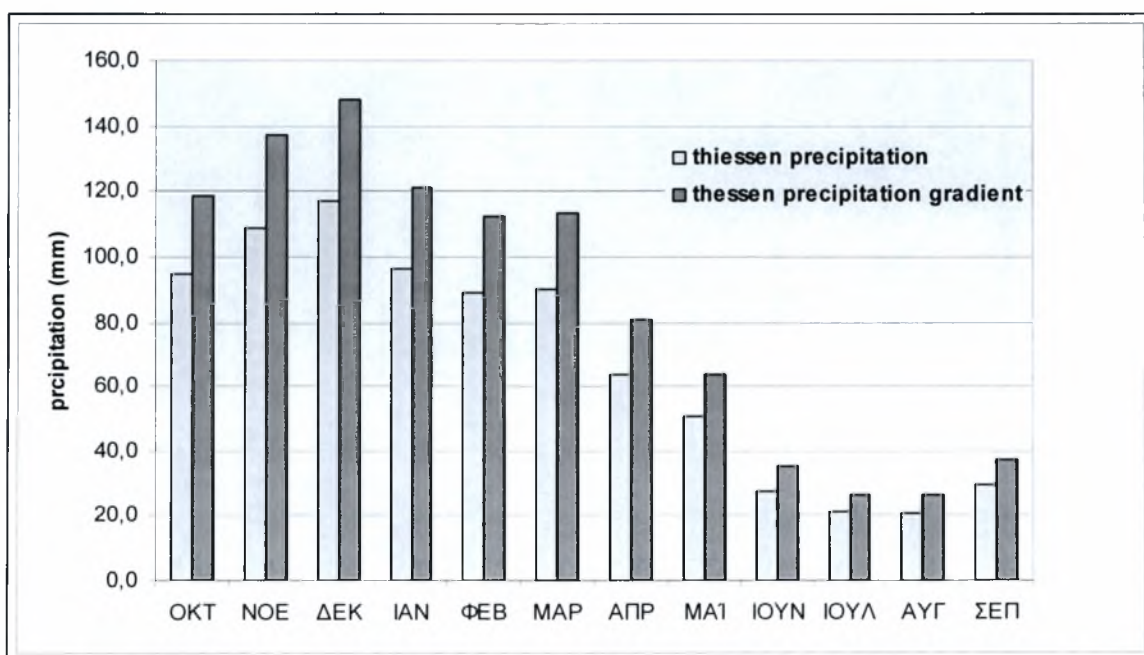
Σχήμα 3.2.4. Γραμμική σχέση μέσης ετήσιας βροχόπτωσης με το υψόμετρο των μετεωρολογικών σταθμών στην υψηλή περιοχή

Η εκτίμηση των μηνιαίων υψών βροχόπτωσης που αντιστοιχούν στο μέσο υψόμετρο (867 m) της υψηλής υπολεκάνης του Σπερχειού για κάθε έτος, γίνεται με τις σχέσεις:

$$P_k = P_{T(k)} - \frac{-277.25 * 76.35}{100}, \text{ και}$$

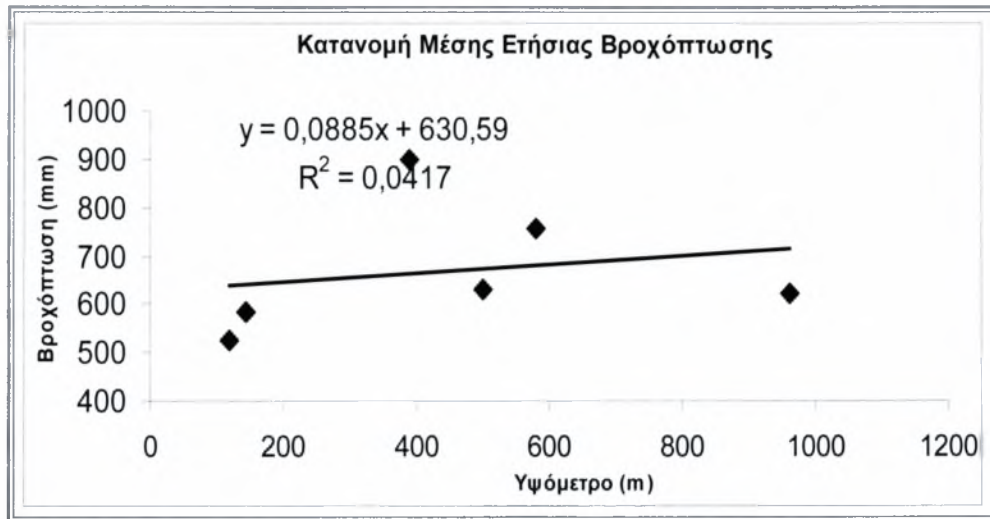
$$P_i^k = \frac{P_k * P_{T(i)}^k}{P_{T(k)}}$$

όπου,  $P_{T(k)}$  το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης που προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους μηνιαίων υψών βροχόπτωσης από την σχέση (1), κατά το έτος k σε mm,  $P_k$  το ετήσιο ύψος της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης στη υψηλή περιοχή, κατά το έτος k σε mm,  $P_i^k$  το μηνιαίο ύψος επιφανειακής βροχόπτωσης, κατά το μήνα i και το έτος k, στη υψηλή υπολεκάνη σε mm,  $P_{T(i)}^k$  το μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης, κατά το μήνα i και το έτος k, από τα πολύγωνα Thiessen σε mm, 76.35 η βροχοβαθμίδα που υπολογίστηκε με τη Εξίσωση 2, 277.25 η διαφορά ανάμεσα στο υψόμετρο των 589.75 m που είναι το μέσο υψόμετρο των σταθμών της λεκάνης και του μέσου υψομέτρου της υψηλής υπολεκάνης.



Σχήμα 3.2.5 Υπολογιζόμενη μηνιαία υετόπτωση με τη μέθοδο των πολυγώνων Thiessen για την υψηλή περιοχή





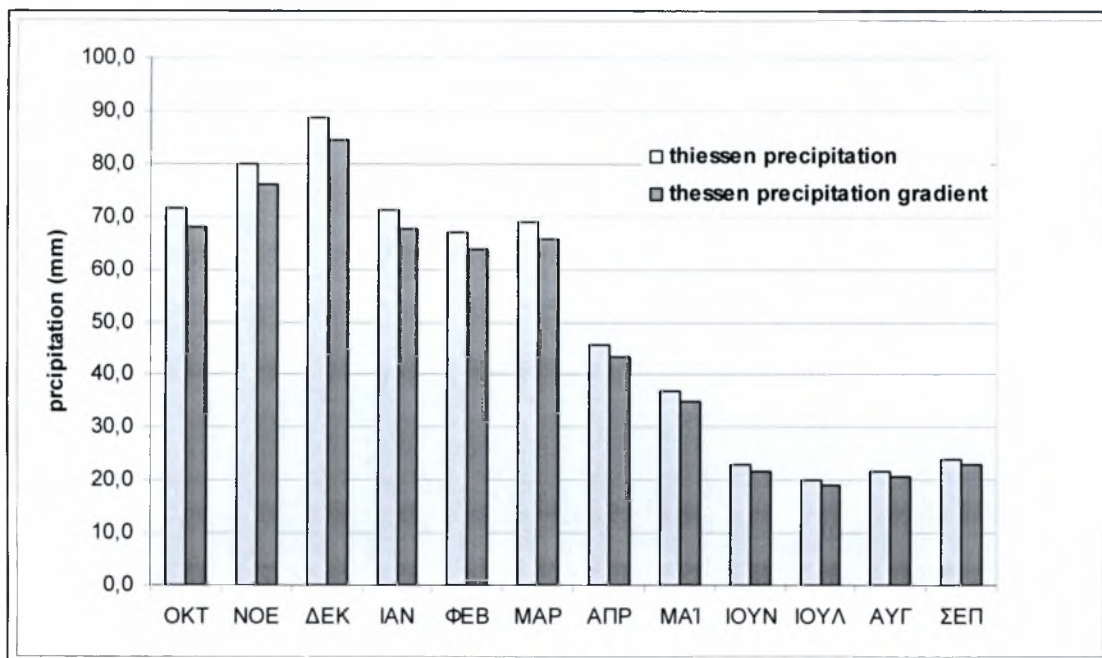
**Σχήμα 3.2.6** Γραμμική σχέση μέσης ετήσιας βροχόπτωσης με το υψόμετρο των μετεωρολογικών σταθμών στην χαμηλή περιοχή

Η εκτίμηση των μηνιαίων υψών βροχόπτωσης που αντιστοιχούν στο μέσο υψόμετρο (110 m) της χαμηλής υπολεκάνης του Σπερχειού, για κάθε έτος, γίνεται με τις σχέσεις:

$$P_k = P_{T(k)} - \frac{339 * 8.85}{100}, \text{ και}$$

$$P_i^k = \frac{P_k * P_{T(i)}^k}{P_{T(k)}}$$

όπου,  $P_{T(k)}$  το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης που προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους μηνιαίων υψών βροχόπτωσης από την σχέση (1), κατά το έτος k σε mm,  $P_k$  το ετήσιο ύψος της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης στη χαμηλή υπολεκάνη, κατά το έτος k σε mm,  $P_i^k$  το μηνιαίο ύψος επιφανειακής βροχόπτωσης, κατά το μήνα i και το έτος k, στη χαμηλή υπολεκάνη σε mm,  $P_{T(i)}^k$  το μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης, κατά το μήνα i και το έτος k, από τα πολύγωνα Thiessen σε mm, 8.85 η βροχοβαθμίδα που υπολογίστηκε με τη Εξίσωση 149 η διαφορά ανάμεσα στο υψόμετρο των 449 m που είναι το μέσο υψόμετρο των σταθμών και του μέσου υψόμετρου της χαμηλής υπολεκάνης.



**Σχήμα 3.2.7** Υπολογιζόμενη μηνιαία υετόπτωση με τη μέθοδο των πολυγώνων Thiessen για την χαμηλή περιοχή

### Εκτίμηση και υπολογισμός μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας

*Μέθοδος Θερμοβαθμίδας:* Η μέθοδος της θερμοβαθμίδας βασίζεται στην παρατήρηση ότι η θερμοκρασία μειώνεται με την αύξηση του υψομέτρου και χρησιμοποιεί τη ετήσια θερμοβαθμίδα που περιγράφει την μείωση της ετήσιας θερμοκρασίας ανά 100 m αύξηση του υψομέτρου. Υπολογίστηκε θερμοβαθμίδα χρησιμοποιώντας τους σταθμούς θερμοκρασίας του Σπερχειού. Για την εκτίμηση της μέσης θερμοκρασίας της λεκάνης απορροής του Σπερχειού χρησιμοποιούνται τα δεδομένα του σταθμού του Δομοκού ο οποίος επιλέχθηκε ως σταθμός βάσης λόγω του εύρους και της αξιοπιστίας των μετρήσεων του. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής υπολογίστηκε με τη χρήση του ΓΣΠ ArcView 3.2 και είναι 625,7 m. Η εκτίμηση των μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας που αντιστοιχούν στο μέσο υψόμετρο (625,7 m) της λεκάνης απορροής του Σπερχειού, για κάθε υδρολογικό έτος, γίνεται με τις σχέσεις:

$$T_k = T_{T(k)} - \frac{10.7 * 0.73}{100}$$



και

$$T_i^k = \frac{T_k * T_{T(i)}^k}{T_{T(k)}}$$

όπου:

$T_{T(k)}$  = μέση ετήσια θερμοκρασία στο σταθμό του Δομοκού , κατά το έτος k, σε °C,

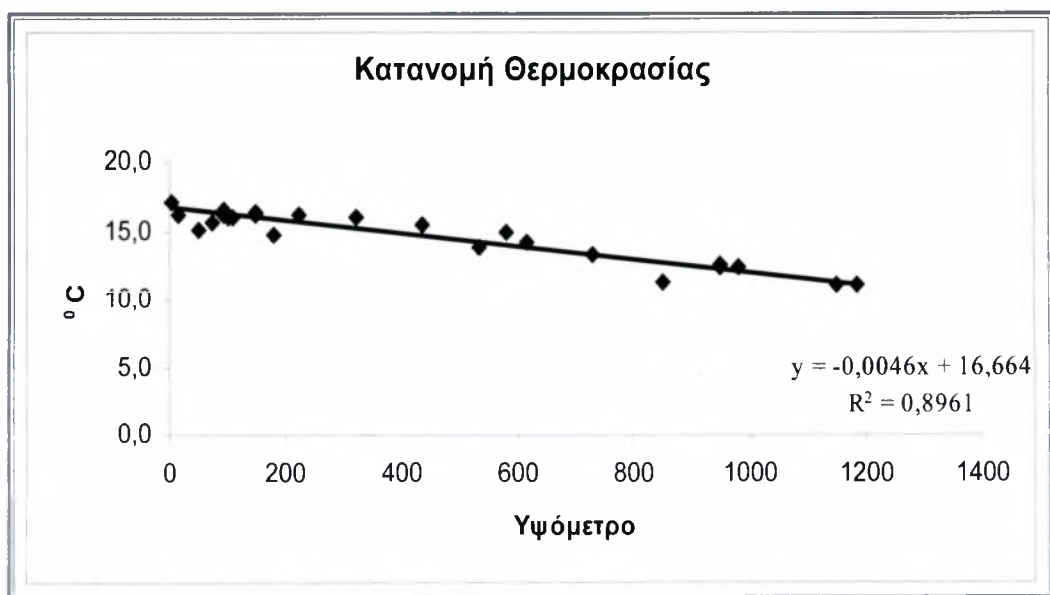
$T_k$  = μέση ετήσια θερμοκρασία στη λεκάνη του Σπερχειού , κατά το έτος k, σε °C,

$T_i^k$  = μέση μηνιαία θερμοκρασία, κατά το μήνα i και κατά το έτος k, στη λεκάνη του Σπερχειού, σε °C,

$T_{T(i)}^k$  = μέση μηνιαία θερμοκρασία, κατά το μήνα i και κατά το έτος k, στο σταθμό του Δομοκού , σε °C,

0.73 = Θερμοβαθμίδα (-0.73 °C ανά 100 μέτρα), και

10,7 = διαφορά ανάμεσα στο υψόμετρο του σταθμού του Δομοκού και του μέσου υψόμετρου της λεκάνης του Σπερχειού (615-625,7 m)



**Σχήμα 3.2.8** Γραμμική σχέση μέσης ετήσιας βροχόπτωσης με το υψόμετρο των μετεωρολογικών σταθμών στην υψηλή περιοχή

Με την εφαρμογή των Σχέσεων και υπολογίζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες που αντιστοιχούν στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης του Σπερχειού . Η μέση επιφανειακή θερμοκρασία που υπολογίστηκε με τη μέθοδο της θερμοβαθμίδας για τη λεκάνη παρουσιάζεται στο Παράρτημα Α . Η μέση ετήσια θερμοκρασία για την λεκάνη απορροής του Σπερχειού ανέρχεται σε 14.1 °C με διακύμανση από 12,8 °C μέχρι 15,4 °C. Οι ακραίες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες της λεκάνης απορροής του Σπερχειού κυμαίνονται από 0,7 °C (μέση μηνιαία θερμοκρασία Δεκεμβρίου 1991) έως 26.2 °C (μέση μηνιαία θερμοκρασία Ιουλίου 1977). Οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες κυμαίνονται από 4,51 °C (μέση μηνιαία θερμοκρασία Ιανουαρίου) έως 24,2 °C (μέση μηνιαία θερμοκρασία Ιουλίου)

### **Εκτίμηση και υπολογισμός μέσης επιφανειακής δυνητικής εξατμισοδιαπνοής**

Η μέθοδος εκτίμησης της μέσης επιφανειακής δυνητικής εξατμισοδιαπνοής περιγράφεται στις παρακάτω παραγράφους.

#### **Μέθοδος Thornthwaite**

Ο Thornthwaite (1948) περιέγραψε τη βιολογική και φυσική σημασία της εξατμισοδιαπνοής στην κλιματική ταξινόμηση και ανέπτυξε μια εξίσωση για την εκτίμηση της δυνατής εξατμισοδιαπνοής:

$$E_p = 16 L_d ( 10 T_a / I )^{\alpha}$$

όπου,  $T_a$  η μέση μηνιαία θερμοκρασία της λεκάνης απορροής σε °C,  $I$  ο δείκτης θερμότητας που δίνεται από την σχέση:

$$I = \sum_{n=1}^{12} \left( \frac{T_n}{5} \right)^{1.514}$$

όπου,  $T_n$  η κανονική θερμοκρασία κάθε μήνα,  $L_d$  ένας διορθωτικός συντελεστής που υπολογίζεται από μετεωρολογικούς πίνακες ως συνάρτηση του μήνα και του γεωγραφικού πλάτους και  $\alpha$  ένας συντελεστής που υπολογίζεται από τη σχέση:

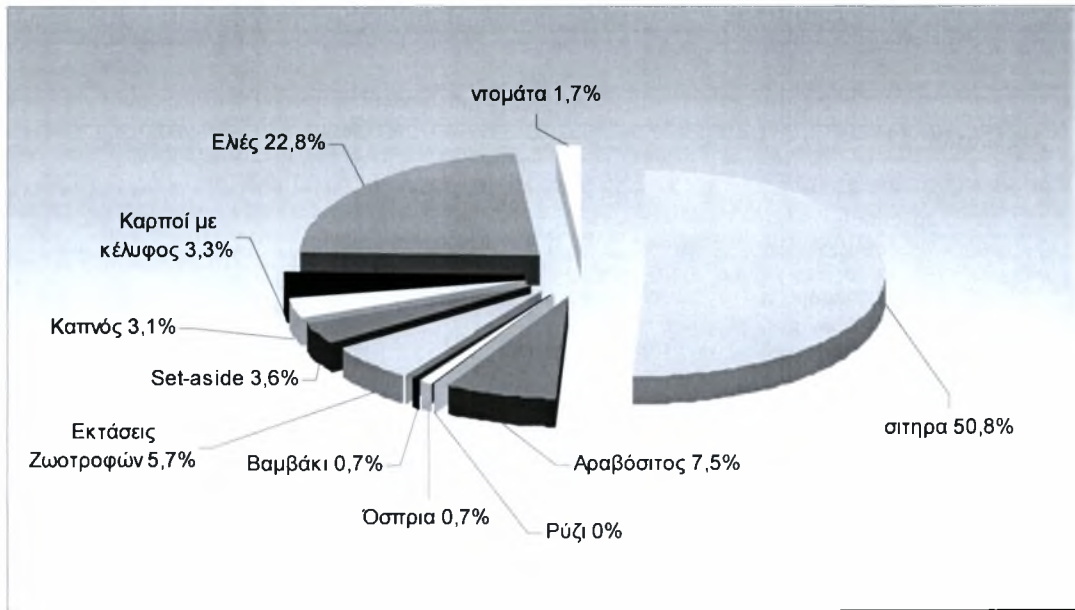
$$\alpha = 0.000000675 I^3 - 0.000077 I^2 + 0.01792 I + 0.49239$$

Η μέθοδος Thornthwaite παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα, αφού η υπολογιζόμενη εξατμισοδιαπνοή υποεκτιμάται, όταν η ακτινοβολία που προσλαμβάνει η γη έχει τη μέγιστη τιμή της, δηλαδή στη διάρκεια του καλοκαιριού, και κατά συνέπεια είναι εκτός φάσης το φθινόπωρο. Αυτό αποδίδεται στην χρονική υστέρηση που παρουσιάζει η ετήσια πορεία της θερμοκρασίας ως προς την ακτινοβολία. Μεγάλη υποεκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής με αυτή την μέθοδο διαφαίνεται στα ξηρά και ημίξηρα κλίματα. Επίσης η χρησιμοποίηση της μεθόδου για μικρά χρονικά διαστήματα δεν είναι κατάλληλη επειδή η μέση θερμοκρασία μικρών χρονικών περιόδων δεν αποτελεί κατάλληλο μέτρο για την ενέργεια που διατίθεται στο φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής. Είναι περισσότερο επιτυχής η μέθοδος για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, όπως μηνιαία, και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τόσο η θερμοκρασία όσο και η εξατμισοδιαπνοή είναι όμοιες συναρτήσεις της καθαρής ακτινοβολίας και ως εκ τούτου αυτοσυσχετίζονται όταν οι θεωρούμενες χρονικές περίοδοι είναι μεγάλες.

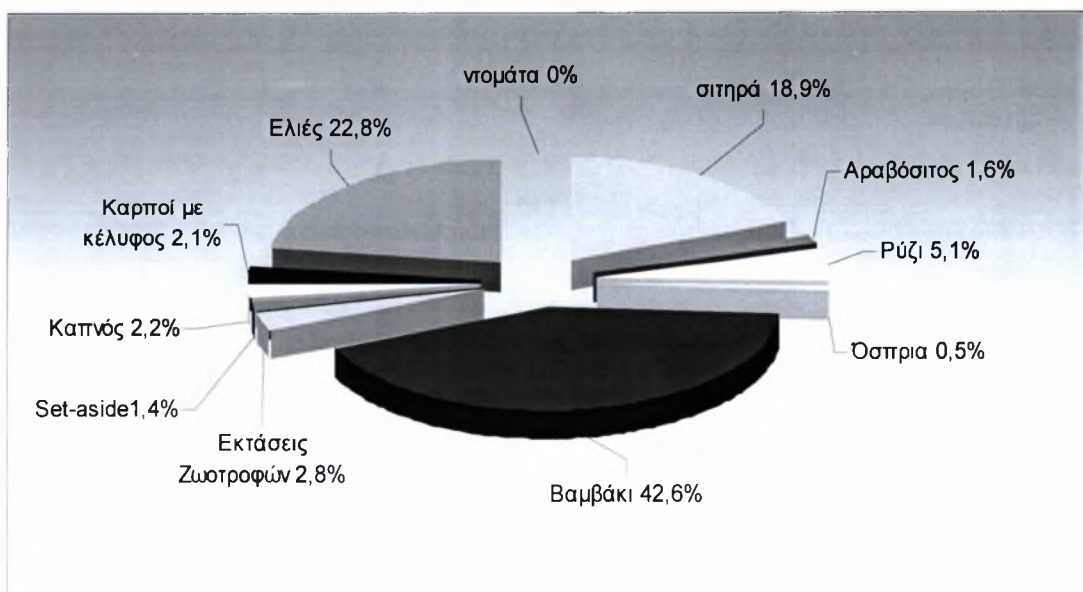
### 3.2.4 Καλλιέργειες

Στοιχειά καλλιεργειών στη λεκάνη του Σπερχειού συλλέχτηκαν για το έτος 2005. Η καλλιεργούμενη έκταση εκτιμάται στα 594071 στρέμματα . Επικρατούσες καλλιέργειες χαρακτηρίζονται οι ελιές , το βαμβάκι και τα σιτηρά με 101730 στρ., 97915 στρ. και 154732 στρ. αντίστοιχα. . Κατά το διαχωρισμό της λεκάνης του Σπερχειού στην υψηλή και χαμηλή υπολεκάνη και λήφθηκαν κάποιες παραδοχές σχετικά με τις εκτάσεις των δήμων της περιλαμβάνονται στα όρια της λεκάνης και ως εκ τούτου και των επικείμενων καλλιεργειών . Συγκεκριμένα , οι δήμοι : Λαμιών , Στυλίδας , Μακρακώμης , Γοργοποτάμου , Υπάτης , Μώλου , Λειανοκλαδιού περικλείουν εκτάσεις που συγκαταλέγονται και στις δυο υπολεκάνες .Με τον συντελεστή που διαιρεθήκαν οι παραπάνω δήμοι διαιρεθήκαν και οι εκτάσεις των καλλιεργειών τους εκτός από τις

καλλιέργειες βαμβακιού και ρυζιού οι οποίες λόγω της φύσης τους υπολογιστήκαν εξολοκλήρου στην χαμηλή υπολεκάνη. Οι εκτάσεις των καλλιεργειών παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα.



Σχήμα 3.2.9 Κατανομή των καλλιεργειών στην υψηλή περιοχή



Σχήμα 3.2.10 Κατανομή των καλλιεργειών στην χαμηλή περιοχή

Πίνακας 3.2.6 Εκτάσεις των καλλιεργειών στην υψηλή περιοχή

ΔΗΜΟΙ	σττηρά	Αραβόσιτος	Ρύζι	Όσπρια	Βαμβάκι	Εκτάσεις Ζωοτροφών	Set-aside	Καρνός	Καρποί με κέλυφος	Ελιές	ντομάτα
ΣΠΕΡΧΕΙΔΟΣ	959	519,7	0	11,85	116,55	326,7	187,48	6,69	33,71	637,70	0
ΛΑΜΙΕΩΝ (1/2)	1499,85	85,5	0	100,05	0	500,2	112,67	167,46	63,18	746,96	3,15
ΣΤΥΛΙΑΔΟΣ(1/2)	340,65	8,425	0	0,9	0	2,65	50	1,5	19,335	124,92	0
ΓΟΡΓΟΠΟΤΑΜΟΥ (2/3)	222,2	29,14	0	3,4	0	8,54	18,54	5,78	10,12	87,83	0
ΥΠΑΤΗΣ (2/3)	423,7	153,78	0	0,6	0	69,72	4	122,18	39,38	239,94	0
ΚΟΙΝ.ΠΑΥΛΙΑΝΗΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
ΜΩΛΟΥ (1/2)	932,915	33,135	0	2,3	0	21,25	49,65	3,05	196,055	365,90	2
ΕΥΝΙΑΔΟΣ	5016,95	588,7	0	10,45	34,65	169,6	201,6	48,91	68,09	1920,83	372,35
ΜΑΚΡΑΚΩΜΗΣ (2/3)	1008,42	183,52	0	8,46	0	118,58	161,88	107,434	265,48	547,22	1,2
ΔΕΙΑΝΟΚΛΑΔΙΟΥ (1/2)	681,115	47,28	0	7,5	0	15,24	6,7	218,1	32,61	297,76	0,8
Α.Γ.ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΥ	106,7	11,2	0	10,3	0	20,2	4,7	0	0	45,52	1,2
ΚΟΙΝ.ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΥ	0	0	3,5	0	0	6,1	0	0	0,85	3,08	0
ΣΥΝΟΛΑ	11191,5	1660,38	3,5	155,81	151,2	1258,78	797,22	681,104	728,81	5017,66	380,7

Πίνακας 3.2.7 Εκτάσεις των καλλιεργειών στην χαμηλή περιοχή

ΔΗΜΟΙ	σττηρά	Αραβόσιτος	Ρύζι	Όσπρια	Βαμβάκι	Εκτάσεις Ζωοτροφών	Set-aside	Καρνός	Καρποί με κέλυφος	Ελιές	ντομάτα
ΛΑΜΙΕΩΝ (1/2)	1499,85	85,5	1109,93	100,05	4756,35	500,2	112,67	167,46	63,18	2477,51	3,15
ΣΤΥΛΙΑΔΟΣ (1/2)	340,65	8,425	9,58	0,9	323,39	2,65	50	1,5	19,335	223,15	0
ΓΟΡΓΟΠΟΤΑΜΟΥ (1/3)	1111,1	14,57	28	1,7	1957,84	4,27	9,27	2,89	5,06	629,74	0
ΥΠΑΤΗΣ (1/3)	211,85	76,89	0	0,3	801,1	34,86	2	61,09	19,69	356,30	0
ΜΩΛΟΥ (1/2)	932,915	33,135	0	2,3	431,35	21,25	49,65	3,05	196,055	493,15	2
ΜΑΚΡΑΚΩΜΗΣ (1/3)	504,21	91,76	0	4,23	56,68	59,29	80,94	53,717	132,74	290,33	0,6
ΔΕΙΑΝΟΚΛΑΔΙΟΥ (1/2)	681,115	47,28	0	7,5	1313,56	15,24	6,7	218,1	32,61	685,26	0,8
ΣΥΝΟΛΑ	4281,69	357,56	1147,51	116,98	9640,27	637,76	311,23	507,807	468,67	5155,43	6,55

Επίσης, αξιολογήθηκαν στοιχεία που σχετίζονται με τα διάφορα κόστη της κάθε καλλιέργειας όπως λιπάσματα, φυτοφάρμακα, εργατικά, καύσιμα, σπόροι κτλ. Οι πηγές λήψης των στοιχείων αυτών ήταν: η Διεύθυνση Γεωργίας και Αγροτικής Ανάπτυξης Φθιώτιδος και η Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών Φθιώτιδος. Παράδειγμα των Δεικτών Αγροτικής Ανάπτυξης παρουσιάζεται παρακάτω ενώ οι υπόλοιποι βρίσκονται στο παράρτημα Β. Σε περιπτώσεις που κάποιοι δείκτες χωρίζονταν σε υποκατηγορίες λήφθηκε ο μέσος όρος σαν τελική τιμή του εκάστου δείκτη. Εξάλλου, στις πολυετείς καλλιέργειες χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας ετησίας απόσβεσης. Τα στοιχεία των Δεικτών συμπληρώθηκαν και διασταυρώθηκαν από αντίστοιχα τα οποία προέρχονταν από ιδιωτικούς φορείς και από εμπειρικές αναλύσεις γεωπόνων για μεγαλύτερη αξιοπιστία και ακρίβεια. Οι δείκτες αυτοί περιλαμβάνουν τιμές για τις μεταβλητές δαπάνες κάθε καλλιέργειας όπως: σπόρους, λιπάσματα, μηχανική συλλογή, ώρες εργασίας μηχανών και ανθρωπινού δυναμικού, φυτοφάρμακα, τέλη άρδευσης. Επίσης, περιλαμβάνουν πληροφορίες για την παραγωγικότητα κάθε καλλιέργειας, την τιμή των προϊόντων και την επιδότηση. Παρακάτω αναφέρονται κάποιες παραδοχές που πάρθηκαν για την πιο αντιπροσωπευτική χρήση των δεικτών συναρτήσει πάντα της φύσης κάθε καλλιέργειας.

- Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται είναι Μεικτό 11-15-15, Μεικτό 20-10-10, Μεικτό 12-12-18 (συμφωνά με τους γεωπόνους της Διεύθυνσης Γεωργίας είναι αυτά που προτιμούνται από τους παραγωγούς).

- Για το κόστος καυσίμων επιλέχθηκε 1 γεωργικοί ελκυστήρας ισχύος 100 HP, τιμή καύσιμου 0,8 €/lt και κατανάλωση : 0,11 x HP x Ωρες. λειτουργίας

- Εργατικά : 2.6 €/hr (ανειδίκευτοι εργάτες)

- Για την καλλιέργεια της ελιάς :

Ελαιώνες βρώσιμης ελιάς όπου 5 kg καρπού → 1 kg λαδιού

Ελιές βρώσιμες 40 % & ελαιοποίηση 60 %

Αριθμός δένδρων ανά ha : 215 δένδρα

Παραγωγικότητα : 5000 kg καρπού = 2000 kg καρπού + 600 kg λαδιού (=3000 kg καρπού)

Επιδότηση : 0,3761 €/kg = 0,13(καρπός)\*0,77+1,2(λάδι)\*0,23

- Αριθμός καπνόφυτων ανά ha : 25000 δενδρύλλια

- Αριθμός δένδρων καλλιέργειας καρπών με κέλυφος ανά ha : 360 δένδρα

- Αριθμός ντοματιών ανά ha : 4500 δενδρύλλια



Πίνακας 3.2.8 Δείκτες καλλιέργειας ελιάς

	Ξηρική		Ποτιστική		*Σε ελαιώνες κανονικής φύτευσης	
	*Σε ελαιώνες παραδοσιακούς	*Σε ελαιώνες Κανονικής φύτευσης	*Σε ελαιώνες παραδοσιακούς	*Σε ελαιώνες κανονικής φύτευσης	*Σε ελαιώνες κανονικής φύτευσης	*Σε ελαιώνες κανονικής φύτευσης
<b>α) Μεταβλητές δαπάνες (€ /στρέμ.)</b>						
1	Διάσματα		7,50		31,00	
2	Γεωργικά φάρμακα ή ζιζανιοκτόνα		14,00		13,00	
3	Εξυαγωγή λαδιού : (10% επί της αξίας παραγωγής)		4,00		10,01	
6	Διάφορα (αρδευτικά τέλη, υλικά συσκευασίας κλπ.)		10,01		15,00	
7	Δαπάνες εμπορίας (3% επί της αξίας παραγωγής)				23,77	
<b>β) Απαιτήσεις σε εργασία (Ωρες/στρέμ.)</b>						
1	Ξηρικές καλλιέργειες		Ανθρ.	Μηχαν.	Ανθρ.	Μηχαν.
2	Ποτιστικές καλλιέργειες με βαρύτητα και κατάκλυση		35	3	40	3
3	Ποτιστικές καλλιέργειες με βαρύτητα και σταγόνες				45	5
4	Ποτιστικές καλλιέργειες με άντληση και κατάκλυση ή καταιονισμό				50	5
5	Ποτιστικές καλλιέργειες με άντληση και σταγόνες				48	8
					55	10
<b>γ) Παραγωγή : (κιλό/στρέμ.)</b>						
1	Ξηρικές καλλιέργειες		Αόδι	Ελαιές	Αόδι	Ελαιές
	Ορεινών	30	10	40	10	
	Μειοεκτικών	35	10	50	10	
	Δυναμικών	40	10	60	10	
2	Ποτιστικές καλλιέργειες με κατάκλυση ή καταιονισμό					
	Ορεινών					33
	Μειοεκτικών					37
	Δυναμικών					44
3	Ποτιστικές καλλιέργειες με σταγόνες					
	Ορεινών					40
	Μειοεκτικών					48
	Δυναμικών					57
δ) Τιμές προϊόντων : (€ /κιλό) *	3,00		1,00	3,00	1,00	3,00
ε) Επιδότησεις : (€ /κιλό)	1,17		1,17	1,17	1,17	1,17



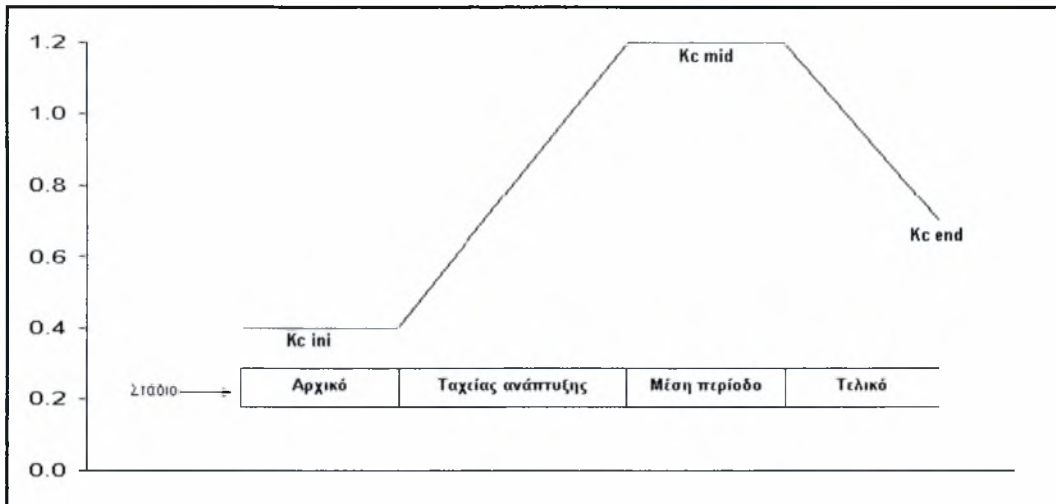
## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ

#### 4.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ

Οι αγροτικές υδατικές ανάγκες υπολογίζονται ανά υπολεκάνη και εξαρτώνται από τρεις παραμέτρους: το είδος καλλιεργειών, τον τρόπο άρδευσης και τον τρόπο μεταφοράς του νερού στις αρδευόμενες εκτάσεις.

Ο υπολογισμός των αναγκών των καλλιεργειών έγινε με τον δείκτη Near Irrigation Requirement (NIR), (USDA, 1970). Με τον όρο βλαστική περίοδο εννοούμε την περίοδο από την σπορά έως την συγκομιδή της καλλιέργειας και για μόνιμες καλλιέργειες, όπως σπωρώνες την περίοδο από την ανάπτυξη του φυλλώματος έως την συγκομιδή, κατά την οποία οι καλλιέργειες απαιτούν για την σωστή ανάπτυξη τους νερό. Ο  $K_c$  είναι ένας εμπειρικός εποχιακός συντελεστής που μας δίνει την σχέση μεταξύ των αναγκών της καλλιέργειας αναφοράς και των άλλων καλλιεργειών. Με τον όρο καλλιέργεια αναφοράς εννοείται μια μηδική καλλιέργεια με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά με βάση την οποία υπολογίζουμε τις ανάγκες όλων των υπόλοιπων καλλιεργειών. Στην καλλιέργεια αναφοράς το  $K_c$  είναι ίσο με την τιμή 1 και οι τιμή του είναι διαφορετική για κάθε καλλιέργεια και ανάλογη με την βλαστική περίοδο στην οποία βρίσκεται αυτή (Σχήμα 4.1.1). Η βλαστική περίοδος όπως φαίνεται στο σχήμα χωρίζεται σε τέσσερα στάδια ανάπτυξης των φυτών. Η αναλυτική περιγραφή των σταδίων αυτών γίνεται παρακάτω.



Σχήμα 4.1.1 Εξέλιξη του συντελεστή βλάστησης ( $K_c$ ) της καλλιέργειας

➤ **αρχικό στάδιο**

Το στάδιο αυτό αρχίζει από την σπορά ή φύτευση της καλλιέργειας και φτάνει μέχρι την οριστική εγκατάστασή της. Στο διάστημα αυτό ο φυτικός συντελεστής  $K_c$  παραμένει σταθερός.

➤ **ταχείας ανάπτυξης**

Το στάδιο αυτό χαρακτηρίζεται από την έντονη ανάπτυξη των φυτών, ξεκινάει με το τέλος του αρχικού και τελειώνει με την πλήρη κάλυψη του εδάφους από την καλλιέργεια, δηλαδή όταν το ποσοστό φυτοκάλυψης υπερβαίνει το 70%. Το  $K_c$  παρουσιάζει μια συνεχή αύξηση.

➤ **στάδιο μέσης περιόδου**

Το στάδιο αυτό ξεκινάει με την πλήρη κάλυψη του εδάφους, όπως ορίστηκε στο προηγούμενο στάδιο, και περιλαμβάνει την περίοδο της ανθοφορίας και του σχηματισμού των καρπών με την τιμή του  $K_c$  να παραμένει σταθερή.

➤ **Τελικό**

Σε αυτό το στάδιο συντελείται η ωρίμανση των καρπών και τερματίζεται με την συγκομιδή. Στις διαδικασίες αυτές οι καλλιέργειες έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις σε νερό. Κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου παρατηρείται μια συνεχή πτώση του  $K_c$ .

#### 4.1.1 Ζήτηση καλλιεργειών-εξατμισοδιαπνοή

Για τον υπολογισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό ο αντικειμενικός σκοπός είναι να υπολογισθεί το απαραίτητο νερό για τον ανεφοδιασμό των καλλιεργειών, ώστε να εξασφαλιστεί η σωστή ανάπτυξη και βελτιστοποίηση της απόδοσης τους σε συνδυασμό με την υψηλή ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Για την ζήτηση αυτή πρέπει να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, δηλαδή η εξάτμιση από το έδαφος, το φυτό και το φύλλωμα. Η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από την περίοδο ανάπτυξης, την πυκνότητα του φυλλώματος, την πυκνότητα του ριζικού συστήματος και τις αποστάσεις μεταξύ των φυτών μέσα στην καλλιέργεια (Παπαζαφειρίου 1999).

#### 4.1.2 Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργειών με τη μέθοδο Blaney Criddle

Η μέθοδος Blaney–Criddle προτιμήθηκε για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργειών λόγω των περιορισμένων μετεωρολογικών δεδομένων (θερμοκρασία, βροχόπτωση) που υπάρχουν για την περιοχή μελέτης και των καλών αποτελεσμάτων που μας δίνει με λίγα δεδομένα. Οι άλλες μέθοδοι που θα μπορούσαν να δώσουν μεγαλύτερη ακρίβεια u945 αποτελεσμάτων, δεν μπορούν να εφαρμοστούν λόγω έλλειψης δεδομένων όπως ένταση και διεύθυνση ανέμων, ενώ σύμφωνα με διάφορες μελέτες η μέθοδος που επιλέχθηκε δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα εξατμισοδιαπνοής (Κουτσογιάννης, 2002, Loukas et al, 2004 ). Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής στην μέθοδο Blaney – Criddle γίνεται με βάση τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς και τον φυτικό συντελεστή.

Αναλυτικά για τον υπολογισμό με την μέθοδο Blaney–Criddle της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας απαιτείται μόνο η μέση μηνιαία θερμοκρασία και το γεωγραφικό πλάτος της κάθε λεκάνης. Ο τύπος της μεθόδου είναι που δίνει την τιμή  $f$ , δηλαδή την αναγκαία κατανάλωση της καλλιέργειας αναφοράς είναι ο εξής:

$$f = (0.46T + 8.13) * p$$

όπου:

T η μέση μηνιαία θερμοκρασία σε °C

p το μέσο μηνιαίο ποσοστό ωρών ημέρας (βάσει του γεωγραφικού πλάτους)

Για τον υπολογισμό των μηνιαίων αναγκών της κάθε καλλιέργειας ξεχωριστά πρέπει να πολλαπλασιαστεί η τιμή της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς με των συντελεστή  $K_c$

$$ET_o = (0.46T + 8.13) * p * K$$

Τα στοιχεία για τις τιμές των  $K_c$  προέρχονται από την οδηγία FAO 24 (Allen et al, 1998) και από τιμές που έχουν οριστεί από το υπουργείο Γεωργίας με βάση την οδηγία. Στις περιπτώσεις στις οποίες δεν υπήρχαν τιμές για το  $K_c$  ανοιγμένες στους μήνες υπολογίστηκαν αυτές με βάση την αρχή και το τέλος των σταδίων ανάπτυξης των φυτών, την διάρκεια τους και τις τιμές  $K_{in}$ ,  $K_{mid}$  και  $K_{end}$  οι οποίες υπήρχαν για κάθε καλλιέργεια.

#### 4.1.3 Ωφέλιμη (ενεργός) βροχόπτωση

Ένα ποσοστό της ζήτησης των καλλιεργειών ικανοποιείται από την βροχόπτωση που υπάρχει, το σύνολο της οποίας, όμως, δεν μπορεί να θεωρηθεί πως καταλήγει στο φυτό αφού υπάρχουν απώλειες από την εξατμισοδιαπνοή, την απορροή και την βαθιά διήθηση. Η ποσότητα της βροχόπτωσης που είναι εκμεταλλεύσιμη ονομάζεται ενεργός ή ωφέλιμη βροχόπτωση.

Γνωρίζοντας τις απαιτήσεις για κάθε μήνα του έτους υπολογίζουμε με βάση την ενεργό βροχόπτωση ποιες από τις ανάγκες μας μπορούν να ικανοποιηθούν από αυτήν και ποιες από πότισμα. Συνήθως τους χειμερινούς μήνες και κατά δεύτερο λόγω τους μήνες τις άνοιξης και του φθινοπώρου, η βροχή ικανοποιεί ένα μεγάλο μέρος εάν όχι το σύνολο των απαιτήσεων. Το πρώτο βήμα είναι ο υπολογισμός της ωφέλιμης υετόπτωσης  $P_{eff}$ , δηλαδή το ύψος του υετού μετά από την αφαίρεση των απωλειών που έχουμε από επιφανειακή απορροή και βαθιά διήθηση κάτω από το ριζόστρωμα

Η  $P_{eff}$  υπολογίζεται με βάση το μηνιαίο ύψος της υετόπτωσης με τους παρακάτω τύπους της USDA Soil Conservation Service (USDA , 1970 & Dastane, 1974)

$$P < 250mm \quad P_{eff} = \frac{P_k * (125 - 0.2 * P)}{125}$$

και

$$P > 250mm \quad P_{eff} = 125 + \frac{1}{10} P$$

όπου  $P$  η μηνιαία υετόπτωση

Επιλέγεται το  $P_{eff}$  με όριο τα 250mm μηνιαίας υετόπτωσης, αφού για τόσο υψηλή μηνιαία βροχόπτωση η απώλειες είναι μεγαλύτερες.

Η τιμή NIR είναι οι επιπλέον ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών που εκφράζεται σε ύψος νερού σε mm/m<sup>2</sup> και υπολογίζεται σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους

$$NIR = ET_o - P_{eff} > 0 \quad NIR = ET_o - P$$

$$NIR = ET_o - P < 0 \quad NIR = 0$$

όπου  $ET_o$  είναι η αναγκαία κατανάλωση και  $P_{eff}$  η ωφέλιμη (χρήσιμη) βροχόπτωση.

Οι τελικές μηνιαίες ανάγκες της κάθε καλλιέργειας σε νερό εκφράζονται από την τιμή Q σε hm<sup>3</sup>

$$Q = \frac{NIR * E}{1000}$$

όπου NIR η ανάγκη σε νερό σε mm/m<sup>2</sup> και E το συνολικό εμβαδών της κάθε καλλιέργειας για την κάθε υπολεκάνη.

Η συνολικές ανάγκες σε νερό μηνιαίος για την κάθε υπολεκάνη  $\Sigma Q_{καλλ.}$  εκφράζεται σαν άθροισμα των επιμέρους αναγκών των καλλιεργειών και είναι

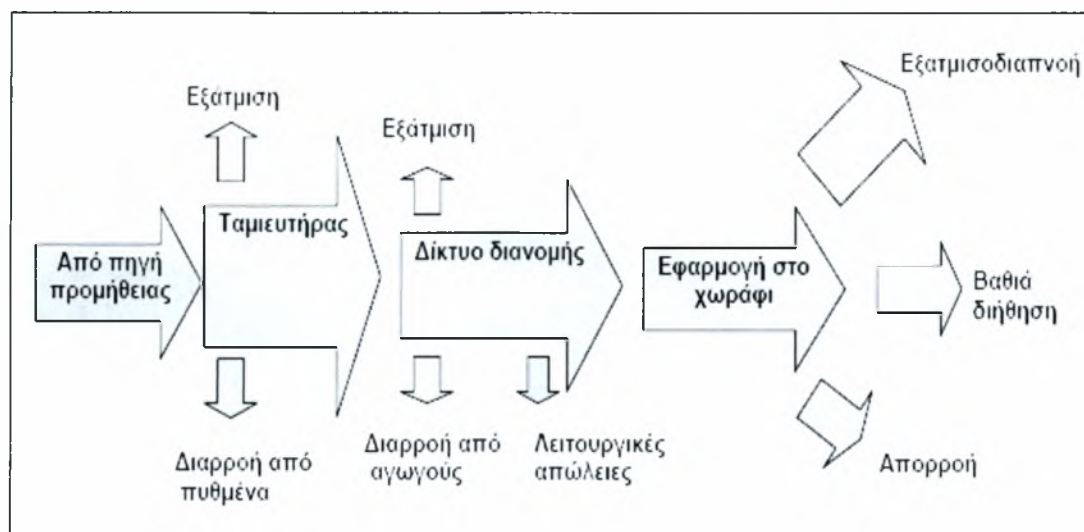
$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_x$$

με  $Q_{1-x}$  η απαίτησης των επιμέρους καλλιεργειών.

#### 4.1.4 Αποδοτικότητα Άρδευσης

Οι ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό δεν προσδιορίζουν την τελική αναγκαία ποσότητα από την πηγή απόληψης, διότι δεν συνυπολογίζονται οι απώλειες στην μεταφορά και εφαρμογή όπως αυτές φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 4.1.2). Ο όρος αποδοτικότητα της άρδευσης εισάγει ορισμένους συντελεστές απόδοσης με τους οποίους προσδιορίζεται και υπολογίζεται η προσαύξηση του απαιτούμενου νερού για τους

διάφορους τρόπους μεταφοράς και άρδευσης ώστε η τελική ποσότητα νερού που φτάνει στον αποδέκτη να είναι αυτή που υπολογίστηκε παραπάνω.



**Σχήμα 4.1.2** Σχεδιάγραμμα των απωλειών κατά την μεταφορά και τη διανομή του νερού Άρδευσης

Από τα δεδομένα των νομαρχείων χρησιμοποιήθηκαν τα ποσοστά για τον τρόπο μεταφοράς του νερού ενώ δεν υπήρχαν ποσοστά για την άρδευση. Τα ποσοστά για την μεταφορά είναι διαφορετικά για κάθε νομό και αυτά που τελικά χρησιμοποιήθηκαν για την κάθε υπολεκάνη είναι του νομού στον οποίο ανήκει πάνω από το 50% της επιφάνειας της και παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.13). Η μεταφορά νερού γίνεται με δύο τρόπους, μέσω επιφανειακού δικτύου και μέσω υπό πίεση δικτύου.

#### ➤ Επιφανειακό δίκτυο

Το επιφανειακό δίκτυο αποτελείται από χωμάτινης κατασκευής ανοικτούς τάφρους, τραπεζοειδείς διατομής, που μπορούν να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες νερού. Τα προβλήματα των τάφρων αυτών είναι η απαίτηση συνεχούς συντήρησής τους, λόγω της βλάστησης που εμφανίζεται, των απωλειών από την διήθηση και την εξατμισοδιαπνοή από τους τάφρους λόγω της μεγάλης ελεύθερης επιφάνειας.

➤ Υπό πίεση δίκτυο

Το υπό πίεση δίκτυο αποτελείται από κλειστούς αγωγούς με ενδιάμεσα αντλιοστάσια με μεγάλο τους πλεονέκτημα τις ιδιαίτερα μικρές απώλειες. Μεγάλο τους μειονέκτημα είναι το ιδιαίτερα μεγάλο κόστος τους και ο προσεκτικός σχεδιασμός τους, ώστε οι πιέσεις σε κάθε σημείο να είναι κατάλληλες.

Η αποδοτικότητα του δικτύου μεταφοράς εξαρτάται από τον τρόπο μεταφοράς και από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται με τις τιμές της αποδοτικότητας να αναφέρονται στον Πίνακα 4.1.1

**Πίνακας 4.1.1** Συντελεστές απόδοσης τρόπων μεταφοράς (Παπαζαφειρίου, 1999)

ΤΥΠΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ & ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ, Ed
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ	πολύ καλή μέχρι άριστη	0.6 - 0.75
	ικανοποιητική	0.5 - 0.6
	ελλιπής	0.35 - 0.5
	κακή	0.2 - 0.35
ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ	Ικανοποιητική μέχρι άριστη	0.8 - 0.95

Η απόδοση του συστήματος μεταφοράς  $E_m$  για κάθε νομό υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο :

$$E_{\mu, \mu} = M_e * E_{\text{επιφ}} + M_{\pi} * E_{\text{υπο}}$$

όπου  $E_{\mu, \mu}$  η μέση απόδοση των συστημάτων μεταφοράς, M το ποσοστό επί του συνολικού εμβαδού που αντιστοιχεί σε κάθε τρόπο μεταφοράς και E οι αντίστοιχοι συντελεστές απόδοσης.

Για τα ποσοστά άρδευσης υιοθετήθηκε μια αναλογία (Πίνακας 4.1.2) από παλιότερη μελέτη του Υπουργείου Γεωργίας η οποία θεωρήθηκε αντιπροσωπευτική για τον ελλαδικό χώρο και εφαρμόστηκε σε κάθε λεκάνη.

Οι μέθοδοι άρδευσης που εφαρμόζονται στη περιοχή μελέτης είναι η στάγδην άρδευση, η άρδευση με κατάκλυση και με καταιονισμό. Αναλυτικά:



➤ **Στάγδην**

Στην στάγδην το νερό εφαρμόζεται στο χωράφι σε μικρές ποσότητες με μορφή σταγόνων, έτσι ώστε κάθε φυτό να εφοδιάζεται, χωριστά, με την απαιτούμενη ποσότητα σε νερό.

➤ **Με κατάκλυση**

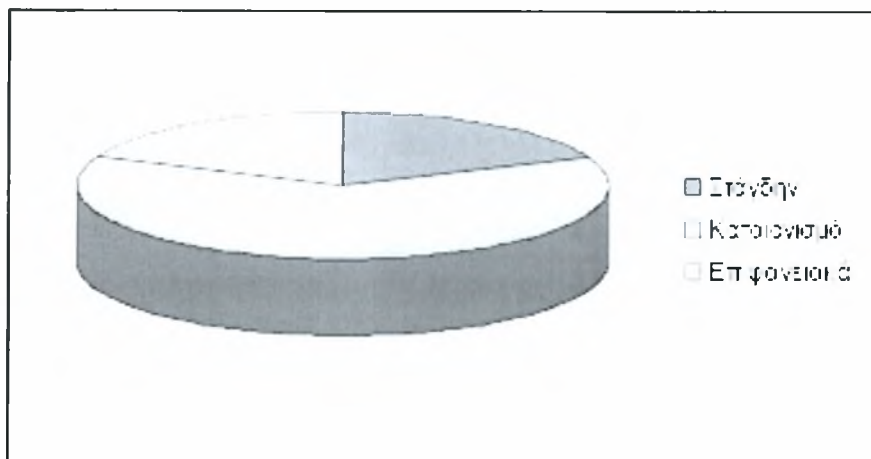
Η κατάκλυση είναι μια στατική επιφανειακή μέθοδος που αναφέρεται και ως οριζόντια άρδευση. Εφαρμόζεται σε χωράφια με μηδενική κλίση, με διαμόρφωση λεκάνης, καλύπτοντας όλοι την επιφάνεια με νερό.

➤ **Καταιονισμός**

Στον καταιονισμό το νερό εφαρμόζεται σε όλη την επιφάνεια του εδάφους σαν τεχνητή απομίμηση του της βροχής και διηθείτε στο έδαφος κατακόρυφα υπό ακόρεστες συνθήκες. Η μέθοδος εξασφαλίζει ομοιόμορφη κατανομή στην καλλιέργεια χωρίς να εμφανίζει επιφανειακή απορροή και λίμνασμα νερού στην επιφάνεια.

**Πίνακας 4.1.2** Χαρακτηριστικά ποσοστά στην χρήση των τρόπων άρδευσης για των ελλαδικό χώρο σύμφωνα με βάση μελέτης του Υπουργείου Γεωργίας.

	Έκταση (χιλ. στρ.)	Ποσοστό επί συνόλου %
<b>Στάγδην</b>	90	0,19
<b>Καταιονισμό</b>	300	0,63
<b>Επιφανειακά</b>	90	0,19
	480	



Τα παραπάνω ποσοστά για τον κάθε τρόπο άρδευσης ισχύουν για κάθε υπολεκάνη, οπότε και ο συντελεστής απόδοσης για τον συνδυασμό των τρόπων άρδευσης θα είναι κοινός για τους νομούς (Πίνακας 4.1.3).

**Πίνακας 4.1.3** Συντελεστές απόδοσης των τρόπων άρδευσης (Παπαζαφειρίου, 1999)

<b>ΚΑΤΑΚΛΥΣΗ (ΔΕΚΑΝΕΣ)</b>	<b>0.6-0.8</b>
<b>ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗ ΔΙΑΧΥΣΗ (ΛΩΡΙΔΕΣ)</b>	<b>0.6-0.75</b>
<b>ΑΥΛΑΚΙΑ</b>	<b>0.5-0.75</b>
<b>ΚΑΤΑΙΟΝΙΣΜΟ:</b>	
<i>1. ΚΛΑΣΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ</i>	<b>0.6-0.8</b>
<i>2. ΑΥΤΟΚΙΝΟΥΜΕΝΟΣ ΕΚΤΟΞΕΥΤΗΡΑΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (ΚΑΡΟΥΛΙ)</i>	<b>0.55-0.75</b>
<i>3. ΑΥΤΟΚΙΝΟΥΜΕΝΗ ΓΡΑΜΜΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ</i>	<b>0.75-0.9</b>
<i>4. ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (PIVOT)</i>	<b>0.75-0.9</b>
<b>ΣΤΑΓΔΗΝ</b>	<b>0.8-0.95</b>

Με βάση τα στοιχεία που έχουμε για τους τρόπους άρδευσης και με τη βοήθεια του παρακάτω τύπου υπολογίστηκαν οι συντελεστές απωλειών άρδευσης που χρησιμοποιήθηκαν τελικά.

$$E_{\mu.a.} = A_{\sigma} * E_{\sigma} + A_{\kappa} * E_{\kappa} + A_{\epsilon} * E_{\epsilon}$$

όπου:  $E_{\mu.a.}$  είναι η μέση απόδοση των συστημάτων άρδευσης,  $A$  το ποσοστό επί του συνολικού εμβαδού που αντιστοιχεί σε κάθε τρόπο άρδευσης και  $E$  οι αντίστοιχοι συντελεστές απόδοσης.

**Πίνακας 4.1.4** Επιλεγθέντες συντελεστές τρόπων άρδευσης

	<b>Απόδοση</b>
<b>Στάγδην</b>	0,9
<b>Καταιονισμό</b>	0,8
<b>Επιφανειακά</b>	0,65

Με βάση τα ποσοστά που αντιστοιχούν σε κάθε τρόπο μεταφοράς και ποτίσματος και τους αντίστοιχους συντελεστές απόδοσης (Παπαζαφειρίου, 1999) υπολογίστηκε η προσαύξηση και τελικά η απαιτούμενη ποσότητα του νερού για την κάθε λεκάνη για το κάθε έτος.

Έχοντας επιλέξει τους συντελεστές απόδοσης για την μεταφορά και το πότισμα που θα εφαρμόζονται σε κάθε υπολεκάνη υπολογίστηκε ο τελικός συνδυαστικός συντελεστής προσαύξησης. Πολλαπλασιάζοντας τον με την απαιτούμενη ποσότητα του καθαρού νερού που πρέπει να φτάσει στην καλλιέργεια βρίσκουμε την ποσότητα που πρέπει να απολείψουμε από τις πηγές τροφοδοσίας μας.

Ο τελικός συντελεστής προσαύξησης υπολογίζεται συμφωνά με τον τύπο :

$$E_{\tau} = \frac{1}{E_{\mu.\mu} * E_{\mu.a}}$$

## 4.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ EMERGY ΑΝΑΛΥΣΗ

Τα θέματα που αφορούν τη δομή των καλλιεργειών και το σχεδιασμό στον γεωργικό τομέα απαιτούν μια πολυκριτηριακή ανάλυση, καθώς οι αποφάσεις που λαμβάνονται και οι νόρμες που ακολουθούνται έχουν σοβαρό αντίκτυπο στην οικονομία, στο περιβάλλον και ως εκ τούτου στην κοινωνία και την ανάπτυξη αυτής. Συνήθως τα ανεπαρκή διαθέσιμα δεδομένα και η έλλειψη γνώσεων και επιστημονικής κατάρτισης οδηγεί τους λήπτες αποφάσεων σε μια εμμονή στο να ακολουθούνται απλοϊκές τεχνικές και μεθοδολογίες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εύρεση μιας απλά ικανοποιητικής λύσης και όχι της βελτιστοποίησης της απόδοσης του σχεδιασμού. Επιπλέον, στο πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης αγροτικών περιοχών ζητούμενο είναι η διατήρηση της αρδευόμενης γεωργίας ως βασική οικονομική δραστηριότητα, παράλληλα όμως με αποδοτική χρήση των πόρων. Ειδικότερα, στόχος είναι η αποδοτική χρήση των ανανεώσιμων και μη πόρων, για την παράγωγή προϊόντων ποιότητας με την ελαχίστη δυνατή επίπτωση στο περιβάλλον. Εξάλλου κρίνεται επιτακτική η ανάγκη αξιοποίησης εργαλείων που να εντάσσουν σε ένα κοινό πλαίσιο αξιολόγησης οικονομικούς, φυσικούς και ανθρωπογενείς πόρους. Ένα τέτοιο εργαλείο ανάλυσης των επιμέρους τομέων της γεωργικής δραστηριότητας είναι η Emergy ανάλυση. Η Emergy ανάλυση έχει αναπτυχθεί τα τελευταία 30 χρόνια βασισμένη στους νομούς της θερμοδυναμικής

- 1<sup>ος</sup> : Η ενεργεία που εισέρχεται σε ένα σύστημα ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται.
- 2<sup>ος</sup> : Κάθε διεργασία προκαλεί διασπορά ενέργειας με την απώλεια θερμότητας.

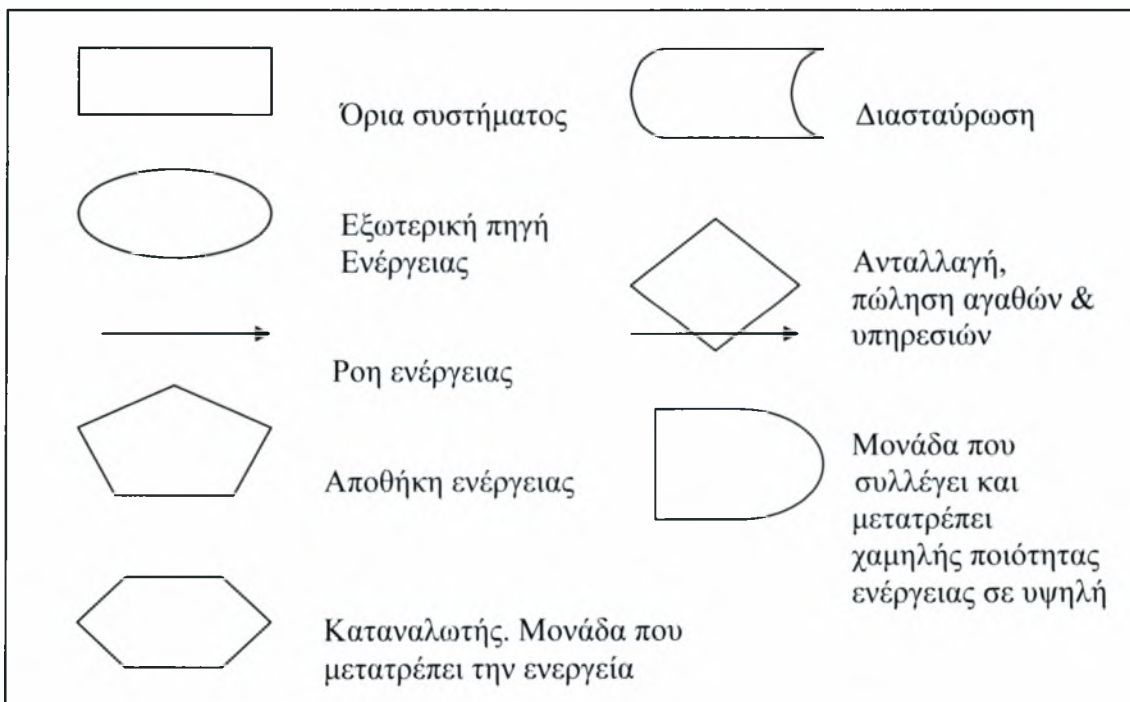
Η βασική αρχή της μεθοδολογίας είναι πως τα οικονομικά και οικολογικά συστήματα μπορούν να περιγράψουν από ένα κοινό θερμοδυναμικό πλαίσιο, μιας και τόσο τα οικονομικά όσο και τα οικολογικά συστήματα αποτελούν συστήματα αυτό-οργάνωσης, και επομένως ακολουθούν τους νομούς της θερμοδυναμικής. Το κοινό αυτό πλαίσιο είναι η ηλιακή ενεργεία που απαιτείται για τη δημιουργία τους, που καλείται emergy και μονάδα μέτρησής της είναι το sej (solar emergy joules) ή τα Emdollars (Em\$), όταν αναφέρεται σε οικονομικά μεγέθη. Έτσι όλα τα μέρη των συστημάτων μπορούν να αποτιμηθούν ποσοτικά με μια κοινή μονάδα. Η σύγκριση και αξιολόγηση των χαρακτηριστικών τους γίνεται με τον υπολογισμό της τιμής ορισμένων δεικτών, που αφορούν στην εντατικότητα χρήσης πόρων, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και την οικονομική απόδοση, βάση της ροής Emergy στο σύστημα. Επομένως, η βιωσιμότητα

ενός συστήματος καθορίζεται από το αν καταναλώνει περισσότερη Energy από ότι παράγει .

#### 4.2.1 Σχεδιασμός του συστήματος προς ανάλυση

Η σχηματική παρουσίαση του συστήματος που μελετάται αποσκοπεί στην αναγνώριση των μηχανισμών που το διέπουν, καθώς και στην ανάλυση των επιδράσεων εξωγενών παραγόντων (Odum, 1996). Αρχικά, όλα τα μέρη και οι διαδικασίες του συστήματος απεικονίζονται με τη ροή ενέργειας μεταξύ τους. Συνήθως προκύπτει μια πολύπλοκη εικόνα, γι' αυτό ανάλογα με την κλίμακα χρόνου και μεγέθους του συστήματος που μελετάται, μπορεί να γίνει ομαδοποίηση παραγόντων , χωρίς όμως να χάνεται η ροή ενέργειας (Doherty et al, 2002).

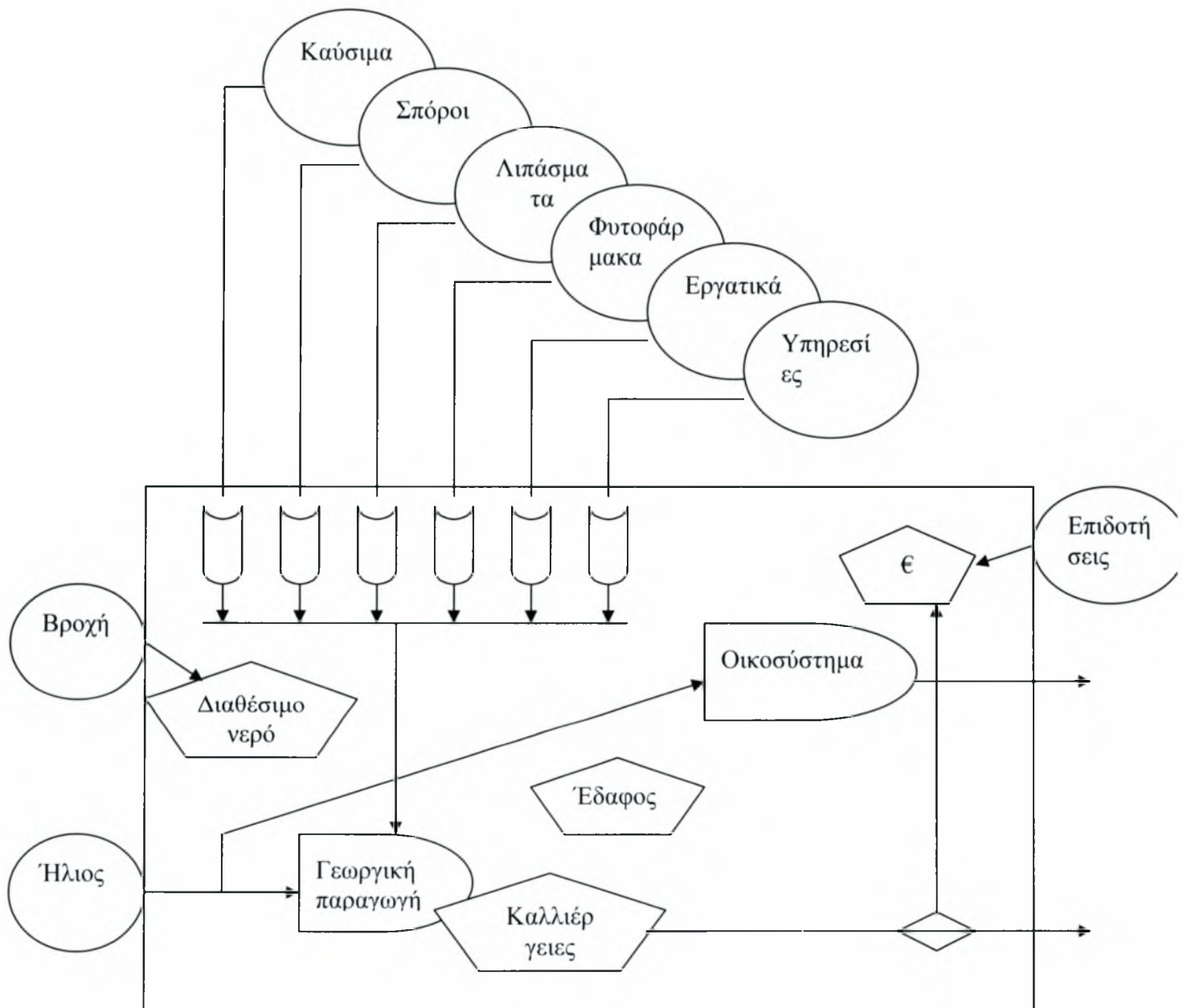
Ένα σύστημα αποτελείται από μη ανανεώσιμους πόρους (N) και ανανεώσιμους πόρους (R), αγορασμένα αγαθά (F) από ένα οικονομικό σύστημα και για δεδομένη χρήση τους προκύπτει η απόδοση (Y) του συστήματος . Η ενέργεια μετατρέπεται, καθώς μεταφέρεται από τη μια διεργασία στην άλλη και στην πορεία το ενεργειακό περιεχόμενο των προϊόντων μειώνεται, ενώ το σύνολο των πόρων που εισέρχονται στην διεργασία αυξάνεται.



**Σχήμα 4.2.1** Σύμβολα στη διαγραμματική παρουσίαση ενός συστήματος (Brown et al,1996)

Τα βασικά βήματα στην αναπαράσταση ενός συστήματος είναι :

- Ο ορισμός των χωρικών και χρονικών ορίων του συστήματος
- Η καταγραφή των εξωτερικών πηγών ενέργειας που περνούν τα όρια του συστήματος και των εσωτερικών μονάδων του συστήματος
- Η ταξινόμηση των μερών με βάση τη θέση τους στην ενεργειακή ιεραρχία
- Η σύνδεση των ενεργειακών πηγών και των εσωτερικών μονάδων με κατάλληλες ροές
- Η ομαδοποίηση μερών για μείωση της πολυπλοκότητας του συστήματος



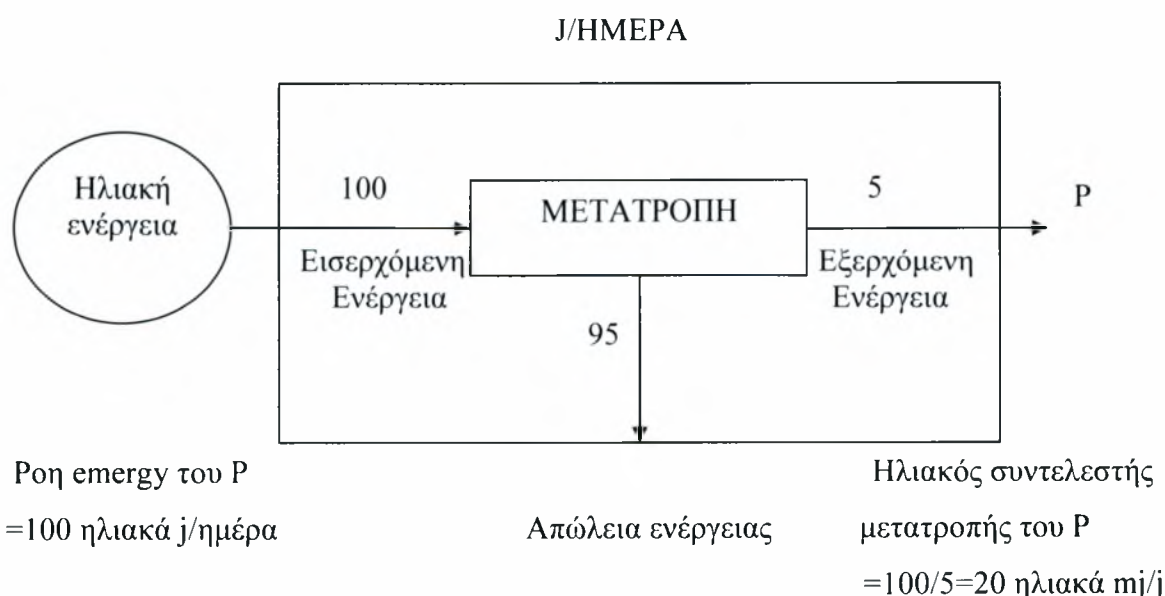
**Σχήμα 4.2.2** Σχηματική αναπαράσταση ενός οικονομικό-περιβαλλοντικού συστήματος με όρους Emery (Brown et al, 1997)



#### 4.2.2 Emergy ανάλυση

Ο υπολογισμός της Emergy αγαθών και υπηρεσιών βασίζεται στη χρήση συντελεστών μετατροπής. Οι συντελεστές αυτοί εκτιμώνται από το πηλίκο της ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε στην παραγωγή ενός προϊόντος με την υπολειπόμενη ενέργεια στο προϊόν (sej/j, sej/g). Επίσης, οι συντελεστές αυτοί αποτελούν ένα ποιοτικό μέτρο της ενέργειας, καθώς αποτιμούν τη σύγκλιση των διαδικασιών για την παραγωγή ενός αγαθού/υπηρεσίας σε όρους ενέργειας (Haden, 2003). Όσο περισσότερες ενεργειακές μετατροπές συμβάλλουν στην παραγωγή ενός προϊόντος, τόσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του συντελεστή μετατροπής (Odum et al, 2003).

Η εκτίμηση των συντελεστών είναι δύσκολη, καθώς η τιμή τους εξαρτάται από τη ροή ενέργειας για την υλοποίηση μιας διεργασίας. Ο Odum προτείνει 10 τρόπους υπολογισμού των συντελεστών μετατροπής. Δεν υπάρχει μια μοναδική τιμή για τους συντελεστές μετατροπής και τους περισσότερους πόρους και τις περισσότερες υπηρεσίες. Γενικά, υπάρχει ένα εύρος τιμών μεταξύ ενός κατωτάτου ορίου που απαιτείται για την παραγωγή του πόρου/υπηρεσίας και ενός θεωρητικά απείρου ανώτατου ορίου (Brown & Ulgiati, 1999). Συνήθης πρακτική αποτελεί η χρήση τιμών των συντελεστών από βιβλιογραφικές αναφορές και εκτιμήσεις σε παρόμοιες εργασίες.



**Σχήμα 4.2.3** Ενέργεια , Emergy & συντελεστές μετατροπής (Ulgiati et al,1994)

Το τελικό αποτέλεσμα της emergy ανάλυσης είναι ένας πίνακας που παρουσιάζει όλα τα εισερχόμενα και εξερχόμενα του συστήματος μελέτης . Αυτά μπορούν να ομαδοποιηθούν σε σύνολα , όπως ανανεώσιμοι πόροι , μη ανανεώσιμοι πόροι , οικονομικά αγαθά , απόδοση , προκειμένου να αξιολογείται η συνεισφορά κάθε ομάδας στην παραγωγική διαδικασία του συστήματος . Ανάλογα με το είδος του πόρου , η ποσότητα πολλαπλασιάζεται είτε με το συντελεστή μετατροπής για φυσικά αγαθά είτε με τους λόγους emergy/χρήμα για οικονομικά αγαθά ,με αποτέλεσμα να εκφράζονται όλες οι παράμετροι σε ηλιακή emergy .

**Πίνακας 4.2.1** Πίνακας Emergy ανάλυσης

Παράμετρος	Περιγραφή	Μονάδα μέτρησης (J,g,ha,\$)	Συντελεστές μετατροπής (sej/J,G,HA,\$)	Emergy (sej)	Emdollars (Em\$)
Εισροές					
1	A	$E_A$	$T_A$	$M_A = E_A \cdot T_A$	$Em\$_A = M_A / EMR$
2	B	$E_B$	$T_B$	$M_B = E_B \cdot T_B$	$Em\$_B = M_B / EMR$
Εκροές					
1	C	$E_C$	$T_C$	$M_C = E_C \cdot T_C$	$Em\$_C = M_C / EMR$

#### 4.2.3 Emergy δείκτες

Από τα δεδομένα της emergy ανάλυσης μπορεί να υπολογιστεί η τιμή ορισμένων δεικτών , ώστε να αξιολογηθεί η βιωσιμότητα του εξεταζομένου συστήματος . Η βιωσιμότητα στην ανάλυση Emergy καθορίζεται από το βαθμό εξάρτησης σε ανανεώσιμους πόρους και εισαγόμενη ενέργεια και από το φορτίο που διατίθεται στο περιβάλλον ( Brown et al, 1997) . Έτσι , το σύστημα δύναται να συγκριθεί με αλλά παρόμοια και μπορούν να αναγνωριστούν τάσεις στο χρόνο ,αλλά και να αξιολογηθούν εναλλακτικές και προτεινόμενες διεργασίες για την επιλογή της βέλτιστης . Ο συντελεστής μετατροπής

χαρακτηρίζεται ως ένας σημαντικός δείκτης , καθώς αποτελεί μετρό της απόδοσης της εσωτερικής λειτουργίας του συστήματος . Υψηλή απόδοση σημαίνει μικρή κατανάλωση Emergy για μια δεδομένη εκροή του συστήματος ή υψηλότερη εκροή για δεδομένη χρήση Emergy (Odum, 1996, Bastianoni, 2000).

**Πίνακας 4.2.2** Emergy δείκτες

Δείκτης	Υπολογισμός	Περιγραφή
Απόδοση , Y	$Y=R+N+F$ - Θερμότητα	Απόδοση διεργασίας
Συντελεστές μετατροπής, T	$T=(R+N+F)/Y$	Μετρά την ποσότητα emergy που απαιτείται για την παράγωγη 1 μονάδας εκροής . Μικρότερες τιμές σημαίνουν υψηλότερες επιδόσεις
Emergy Yield Ratio ,EYR	$EYR=Y/F$	Εκφράζει την ικανότητα μιας διεργασίας να αξιοποιεί τοπικούς πόρους με το να επενδύει σε εξωγενείς πόρους. Τιμές λογού κοντά στο 1, υποδεικνύουν διεργασίες που απλά μετατρέπουν την ενεργεία .
Emergy Investment Ratio ,EIR	$EIR=F/(R+N)$	Εκφράζει το βαθμό που το οικονομικό σύστημα έχει επενδύσει σε πόρους εκτός συστήματος και το πώς σχετίζονται με τους δωρεάν πόρους
Environmental Loading Ratio, ELR	$ELR=(F+N)/R$	Συγκρίνει τους μη ανανεώσιμους και οικονομικούς πόρους με τους τοπικά διαθέσιμους ανανεώσιμους πόρους
Emergy Sustainability Index, SI	$SI=EYR/ELR$	Βιώσιμα συστήματα είναι αυτά που μεγιστοποιούν την οικονομική απόδοση με το ελάχιστο περιβαλλοντικό φορτίο. Τιμές >1 δηλώνουν συστήματα που συμβάλλουν στην κοινωνία , ενώ τιμές <1 συστήματα που καταναλώνουν πόρους
Empower Density, ED	$ED=(R+N+F)/\text{Έκταση}$	Υπολογίζεται όταν η έκταση είναι περιοριστικός παράγοντας στο σύστημα . Εκφράζει την ποσότητα emergy που απαιτείται ανά μονάδα έκτασης

#### 4.2.4 Βήματα υπολογισμού Emergy

Τα βήματα υπολογισμού της ανάλυσης Emergy είναι τα εξής :

- Σχηματική παρουσίαση του συστήματος μελέτης με τις εισροές , εκροές και διεργασίες
- Καθορισμός του έτους αναφοράς και της χρονικής περιόδου
- Επιλογή καλλιεργειών (προφανώς όλες τις υφιστάμενες καλλιέργειες, εκτός αν κάποιες είναι αμελητέα η έκτασή της )
- Αναφορά όλων των εισροών (ανάγκες άρδευσης, αγαθά και υπηρεσίες, επενδύσεις, λειτουργικά κόστη) και εκροών (παραγωγικότητα, οικονομική απόδοση, επιδοτήσεις) σε 1 εκτάριο (ha) καλλιεργούμενης έκτασης .Δηλαδή , όλοι οι μη ανανεώσιμοι πόροι (N) και ανανεώσιμοι πόροι (R) , τα αγορασμένα αγαθά (F) , τα εργατικά και οι υπηρεσίες (S) καθώς και η απόδοση (Y) του συστήματος υπολογίζονται ανά εκτάριο καλλιεργούμενης έκτασης για κάθε καλλιέργεια με τελικό στόχο τον υπολογισμό των Emergy δεικτών για τους οποίους θα εξετάσουμε τη μεταβολή τους κάτω από τα διαφορετικά σενάρια που θα διαμορφώσουμε
- Οι ηλιακοί συντελεστές μετατροπής δίνονται από τη βιβλιογραφία
- Ορισμός του συντελεστή χρονικού βήματος ο οποίος μπορεί να διαφέρει για κάθε παράμετρο του συστήματος .

#### 4.2.5 Συντελεστές Μετατροπής και Τύποι Υπολογισμού

Για την ανάλυση των εισροών και την αξιολόγηση τους σε μια κοινή βάση, όπως προβλέπει η εφαρμογή της Emergy ανάλυσης, χρησιμοποιήθηκαν κάποιοι τύποι υπολογισμού και οι δεδομένοι συντελεστές μετατροπής οι οποίοι δόθηκαν από βιβλιογραφικές αναφορές . Στους πίνακες 4.2.3 που ακολουθούν δίνονται οι τύποι αλλά και οι παραδοχές που λήφθηκαν ανά κάθε εισροή στο σύστημα. Επίσης παρατίθεται σχηματικά και ένα πρότυπο της διαδικασίας υπολογισμού των τελικών δεικτών Emergy.

Πίνακας 4.2.3 Τύποι υπολογισμού

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΤΥΠΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ	ΠΗΓΗ
ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	$(\text{area}) * (\text{avg insolation}) * (1 - \text{albedo})$	insolation = 5,7 (kWh/m <sup>2</sup> /yr) albedo = 0,12	Surface meteorology and Solar Energy Data Set
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ-ΧΗΜΙΚΑ	$(\text{area}) * (\text{rainfall}) * (1 - \%ET) * (\text{density}) * 4940$	rainfall = 0,2578 (m/tu) %ET = 0,7 density = 1000 (kg/m <sup>3</sup> )	<a href="http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi">http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi</a>
	$(\text{area}) * (\text{rainfall} - ET) * (\text{density}) * 4940$		
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ-ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΟ	$(\text{area}) * (\text{rainfall}) * (\%R) * (\text{density}) * (\text{gravity})$	%R = 0,01 gravity = 9,8 (m/s <sup>2</sup> )	
ΚΙΝΗΣΗ ΓΗΣ	$(\text{area}) * (\text{heat flow})$	Ροή θερμότητας = 1000000 (J/m <sup>2</sup> )	
ΑΡΔΕΥΣΗ ΑΠΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ	$(8.33 * \text{Θερμοκρασία} / 18) * \ln((1000000 - \text{TDS}) / 965000) * \text{irrigation} * 1000000$	Τνερου = 296,8 (K) Σκληρότητα TDS = 220,8 (ppm)	ΔΕΙΚΤΕΣ ΓΙΑ ΑΝΑΓΚΕΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ
ΑΠΩΛΕΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ	$(\text{erosion rate}) * (\text{area}) * (\% \text{organic}) * 5.4 * 4186$	Ρυθμός διάβρωσης = 575 (g/m <sup>2</sup> /yr) % οργανικών στο έδαφος = 0,03	
ΑΡΔΕΥΣΗ ΑΠΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	$(8.33 * \text{Θερμοκρασία} / 18) * \ln((1000000 - \text{TDS}) / 965000) * \text{irrigation} * 1000000$	Τνερου = 285 (K) Σκληρότητα TDS = 220,8 (ppm)	ΔΕΙΚΤΕΣ ΓΙΑ ΑΝΑΓΚΕΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ
ΚΑΥΣΙΜΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	$(\text{hr}) * (1/\text{hr}) * (\text{J}/\text{lt}) * (\text{Kcal}/\text{g}) * 4186$	Ενέργεια ανά l = 3908,7 (J/l)	
ΣΠΟΡΟΙ	$\text{Euro}/(\text{euro}/\text{kg}) * 1000 * (\text{Kcal}/\text{g}) * 4186$	Kcal/g = 3,27	

Στο πρώτο βήμα του υπολογισμού των δεικτών Emergy συγκεντρώνονται οι εισροές στο σύστημα (inputs). Οι τιμές των εισροών προέκυψαν από τη διαθέσιμη βάση δεδομένων η οποία αναλύθηκε στο κεφάλαιο 2.

Πίνακας 4.2.4 Εισροές του emergy

	ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΜΟΝΑΔΑ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ		αραβόσιτος
1	Καλλιεργούμενη έκταση	ha			1917,250454
2	Απαιτήσεις άρδευσης	m <sup>3</sup> /ha	BM ή PM ή Νόμος	PM	4159,86
3	Μέθοδος άρδευσης		δεδομένο		TEX.BP.
4	Απώλειες μεθόδου άρδευσης	%	δεδομένο		49
5	Διόρθωση για απώλειες	m <sup>3</sup> /ha	2*(1+4/100)		6198,19

6	Λιπάσματα	kg/ha	δεδομένο	ΔΕΙΚΤΕΣ	
7	Μεικτό 11-15-15			"	650
8	Μεικτό 20-10-10			"	650
9	Μεικτό 12-12-18			"	450
10	Κόστος λιπασμάτων	E/kg	δεδομένο	ΔΕΙΚΤΕΣ	
11	Μεικτό 11-15-15			"	0,24
12	Μεικτό 20-10-10			"	0,26
13	Μεικτό 12-12-18			"	0,3
14	Φυτοφάρμακα	kg/ha	50/15		5,00
15	Κόστος φυτοφαρμάκων	E/kg	δεδομένο		9
16	Σπόροι	kg/ha	51/17		30,00
17	Κόστος σπόρων	E/kg	δεδομένο		6
18	Ανθρώπινη εργασία	hr/ha	δεδομένο	ΔΕΙΚΤΕΣ	140
19	Μηχανική εργασία	hr/ha	δεδομένο	"	90
23	Εργατικά	E/hr	δεδομένο	Δ.ΓΕΩΡΓ	2,6
24	Κατανάλωση καυσίμων	l/hr	δεδομένο		11
32	Κόστος καυσίμων	E/l	δεδομένο	ΔΕΙΚΤΕΣ	0,8
48	<b>ΔΑΠΑΝΕΣ</b>				
49	Καύσιμα	E/ha	19*24*32*ΑΡΙΘ. ΜΗΧ		792
50	Κόστος φυτοφαρμάκων	E/ha	δεδομένο	ΔΕΙΚΤΕΣ	45
51	Κόστος σπόρων	E/ha	δεδομένο	ΔΕΙΚΤΕΣ	180
52	Κόστος λιπασμάτων	E/ha	7*11+8*12+9*13	ΔΕΙΚΤΕΣ	460
53	Κόστος λιπασμάτων	E/ha	δεδομένο	ΔΕΙΚΤΕΣ	460
54	Μηχανική συλλογή	E/ha	δεδομένο	ΔΕΙΚΤΕΣ	228
55	Τέλος άρδευσης	E/ha	δεδομένο		
56	Λοιπά	E/ha	δεδομένο	ΔΕΙΚΤΕΣ	108
57	Εργατικά	E/ha	18*23		364
59	<b>ΕΣΟΔΑ</b>				
60	Παραγωγικότητα	kg/ha	δεδομένο		12000
61	Τιμή	E/kg	δεδομένο	ΔΕΙΚΤΕΣ	0,16
62	Επιδότηση	E/ha	δεδομένο	ΔΕΙΚΤΕΣ	505,1
63	Επιδότηση	E/kg	δεδομένο	ΔΕΙΚΤΕΣ	
64	Σύνολο	E/ha			2425,10
65	<b>ΕΞΟΔΑ</b>	E/ha	40+47+49:52+54:58		2177,00
66	<b>ΚΑΘΑΡΑ ΕΣΟΔΑ</b>	E/ha	65-64		248,10
67	Έσοδα ανά m <sup>3</sup> νερού	E/m <sup>3</sup>	66/5		0,04

Στη συνέχεια γίνονται οι υπολογισμοί για κάθε ποσότητα με τους τύπους που παρουσιάστηκαν στον πίνακα και έπειτα η κάθε παράμετρος τοποθετείται στην ίδια κοινή βάση με τη χρήση των συντελεστών μετατροπής που παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2.5.



Πίνακας 4.2.5 Συντελεστές Μετατροπής

Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Συντελεστές μετατροπής	Μονάδα μέτρησης	Συντελ. προσαρμογής	Πηγή
	ΕΑ	ΤΑ			
ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ					
ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	J/yr	1,00E+00	sej/J	0,5	(Odum, 2000 Folio#1)
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΧΗΜΙΚΑ	J/yr	3,05E+04	sej/J	1	(Odum, 2000 Folio#1)
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ-ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΟ	J/yr	3,05E+04	sej/J	1	(Odum, 2000 Folio#1)
ΚΙΝΗΣΗ ΓΗΣ	J/yr	3,44E+04	sej/J	0,5	danish
ΑΡΔΕΥΣΗ ΑΠΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥΣ Υ.Π.					
	J/yr	8,10E+04	sej/J	1	
ΑΠΩΛΕΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ	J/yr	1,24E+05	sej/J	0,5	(Odum 1996)
ΑΡΔΕΥΣΗ ΑΠΟ ΥΠΟΓΕΙΟΥΣ Υ.Π.	J/yr	8,10E+04	sej/J	1	
ΚΑΥΣΙΜΑ					
	J/yr	1,11E+05	sej/J	1	
ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ					
	kg/yr	6,38E+12	sej/kg	1	(Odum 1996)
					(Odum 1996)
	kg/yr	2,99E+13	sej/kg	1	(Odum 1996)
					(Odum 1996)
	kg/yr	1,85E+12	sej/kg	1	(Odum 1996)
ΣΠΟΡΟΙ					
	J/yr	6,80E+04	sej/J	0,04	
ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ					
	kg/yr	2,49E+13	sej/kg	1	(Odum 1996)
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ					
ΕΡΓΑΤΙΚΑ					
	E	2,40E+12	sej/€	1	
ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ					
	E	2,40E+12	sej/€	1	
ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ					
	E	2,40E+12	sej/€	1	
ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ					
	E	2,40E+12	sej/€	1	
ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ					
	E	2,40E+12	sej/€	1	
ΣΠΟΡΟΙ					
	E	2,40E+12	sej/€	1	
ΑΠΟΔΟΣΗ					
ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ					
	J/yr		sej/J	1	
ΤΙΜΗ					
	E	2,40E+12	sej/€	1	
ΕΠΙΔΟΤΗΣΕΙΣ					
	E	2,40E+12	sej/€	1	

Τέλος, υπολογίζονται οι Emergy δείκτες οι οποίοι θα μας δώσουν μια σαφή εικόνα για την περιβαλλοντική και οικονομική απόδοση της κάθε καλλιέργειας ξεχωριστά. Εξάλλου, οι μεταβολές των δεικτών θα αποτελέσουν τροφή αμέσων και ακριβών συμπερασμάτων για την διαμόρφωση και αξιολόγηση κάθε σεναρίου. Παράδειγμα υπολογισμού των δεικτών emergy παρουσιάζεται στον πίνακα 4.2.6

**Πίνακας 4.2.6** Αποτελέσματα emergy

Καλλιέργεια	Unit	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ
Έκταση (ha)		1917
<b>Ανανεώσιμοι πόροι (R)</b>		<b>Solar emergy (sej/ha)</b>
ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	J	1,22E+13
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΧΗΜΙΚΑ	J	1,17E+15
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ-ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΟ	J	7,71E+07
ΚΙΝΗΣΗ ΓΗΣ	J	1,72E+14
ΠΟΤΑΜΙ-ΧΗΜΙΚΑ	J	2,10E+14
<b>Σύνολο ανανεώσιμων</b>		<b>1,56E+15</b>
<b>Μη ανανεώσιμες αποθήκες (N)</b>		
Καθαρή απώλεια εδάφους	J	2,42E+14
ΑΡΔΕΥΣΗ ΑΠΟ ΥΠΟΓ.ΝΕΡΑ		2,14E+15
<b>Σύνολο</b>		<b>2,38E+15</b>
<b>Αγορές (F)</b>		
Χρησιμοποιούμενη ενέργεια		
<i>Diesel, gasoline</i>	J	4,29E+11
Αγαθά για την παραγωγή		
<i>Άζωτο</i>	kg	4,15E+15
<i>Φώσφορος</i>	kg	1,94E+16
<i>Κάλιο</i>	kg	8,32E+14
<i>Ζιζανιοκτόνα</i>	kg	1,24E+14
<i>Σπόροι</i>	J	2,79E+13
<b>Σύνολο</b>		<b>2,46E+16</b>
<b>Εργατικά &amp; υπηρεσίες (S)</b>		
Εργατικά	€	8,74E+14
Άζωτο	€	3,74E+14
Φώσφορος	€	4,06E+14
Κάλιο	€	3,24E+14
Ζιζανιοκτόνα	€	1,08E+14
Σπόροι	€	4,32E+14
<b>Σύνολο</b>		<b>2,52E+15</b>
<b>Σύνολο F+S+N</b>		<b>2,95E+16</b>
<b>Απόδοση (Y)</b>		
Παραγωγή	J	3,10E+16
Οικονομική αξία εκροής		
<i>Παραγωγή</i>	€	4,61E+15
<i>Επιδότησεις</i>	€	1,21E+15
<b>Σύνολο</b>		<b>3,69E+16</b>

<b>Emergy δείκτες</b>		
WEYR=Y/R(ΕΠΙΦ. ΝΕΡΟ)		1,76E+02
WEYR=Y/R(ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ)		17,19745517
WEYR=Y/R(ΣΥΝ. ΝΕΡΟ)		1,57E+01
EYR = Y/(F+S)		1,36E+00
NED=N+F+S		2,95E+16
ELR=(N+F+S)/R		1,89E+01
EIR=F/(R+N)		6,23E+00
EIR N=F/N		1,03E+01
SI=EYR/ELR		7,20E-02
Empower Density		2,85E+16
crop transformity	sej/j	1,76E+05
	€/J	1,88E-01

### 4.3 ΣΕΝΑΡΙΑ

Για την αξιολόγηση των χρήσεων του νερού των υπό εξέταση περιοχών αναπτύχθηκαν εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης των υδατικών πόρων . Οποιαδήποτε σενάρια ανάπτυξης οφείλουν πάντα να συμπεριλαμβάνουν και να κινούνται με γνώμονα τρεις βασικές παραμέτρους : τη γεωργική παραγωγικότητα , την προστασία του οικοσυστήματος και την διαχείριση των υδατικών πόρων .Το κύριο μέλημα στη διαμόρφωση των σεναρίων γεωργικής πρακτικής και διαθεσιμότητας των πόρων είναι να ερευνηθεί και να εκτιμηθεί η υφιστάμενη κατάσταση ως προς την απόδοση της κάτω από διαφορετικές συνθήκες .Έτσι , μελετήθηκαν τα παρακάτω σενάρια :

#### ➤ 1<sup>ο</sup> Σενάριο

Υφιστάμενη κατάσταση στις υπό μελέτη λεκάνες απορροής

#### ➤ 2<sup>ο</sup> Σενάριο

Αλλαγή διαχείρισης των υδατικών πόρων στη λεκάνη της Κάρλας (κατασκευή ταμιευτήρα Κάρλας)

#### ➤ 3<sup>ο</sup> Σενάριο

Περιορισμός – αλλαγή των επιδοτήσεων των καλλιεργειών

➤ 4<sup>ο</sup> Σενάριο

Αλλαγή και αναδιάρθρωση των καλλιεργειών – στροφή προς ενεργειακές καλλιέργειες (μίσχανθος – ελαιοκράμβη)

Παρακάτω γίνεται μια σύντομη ανάλυση των σεναρίων για τις δυο περιοχές μελέτης .

Στο 1<sup>ο</sup> σενάριο μελετήθηκαν οι δείκτες Emergy για την υφιστάμενη κατάσταση των καλλιεργειών , της ζήτησης του νερού και των υπολοίπων παραμέτρων των δυο λεκανών μελέτης . Αξίζει να σημειωθεί η διαφορετικότητα των υδατικών πόρων και της διαχείρισης τους στις λεκάνες του Σπερχειού και της Κάρλας . Επί τούτου , ενώ στη λεκάνη του Σπερχειού η άρδευση των καλλιεργειών επιτυγχάνεται εξολοκλήρου από επιφανειακά ύδατα , στην Κάρλα τα επιφανειακά ύδατα εξαντλούνται στην ποσότητα των 20 εκατομμυρίων m<sup>3</sup> τα οποία αρδεύονται από τις λιμνοδεξαμενές του Πλατυκάμπου στην βόρεια περιοχή της λεκάνης . Ως εκ τούτου , η χρήση των υπόγειων υδάτων κρίνεται σημαντική .

Το 2<sup>ο</sup> σενάριο αναφέρονταν στην κατασκευή ταμιευτήρα στη λεκάνη της Κάρλας . Ο ταμιευτήρας της μελέτης έχει χωρητικότητα 20 εκατομμύρια m<sup>3</sup> και η ζήτηση του νερού που δύναται να εξυπηρετήσει υπολογίστηκε από ξεχωριστό μοντέλο με σημαντική παράμετρο τις αρδευτικές ανάγκες της κάθε καλλιέργειας .

Το 3<sup>ο</sup> σενάριο περιλαμβάνει τον μηδενισμό των επιδοτήσεων για κάθε καλλιέργεια και των δυο περιοχών μελέτης . Σκοπός της διαμόρφωσης του συγκεκριμένου εναλλακτικού σεναρίου είναι η εξαγωγή σαφών συμπερασμάτων όσον αφορά το βαθμό βιωσιμότητας της κάθε καλλιέργειας , της παραγωγικότητας και απόδοση της ή της οικονομικής εξάρτησής της από την αντίστοιχη επιδότηση .

Το 4<sup>ο</sup> σενάριο είχε ως αντικείμενο την εισαγωγή των ενεργειακών καλλιεργειών στη γεωργική παραγωγική διαδικασία . Συγκεκριμένα η βασική παραδοχή του σεναρίου ήταν η αντικατάσταση της παράγωγης βαμβακιού από την ενεργειακή καλλιέργεια ελαιοκράμβης

Η ελαιοκράμβη αποτελεί τη βασική πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ και βάσει πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν κυρίως σε Ελλάδα , Ισπανία και Ιταλία, παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα και παραγωγικότητα στις μεσογειακές χώρες. Ένα στρέμμα ελαιοκράμβης μπορεί να αποδώσει από 43-90 λίτρα βιοντίζελ.

**Βασικές αρχές διαχείρισης της καλλιέργειας της Ελαιοκράμβης**

(Πηγή : Κώστας Οικονομίδης , Syngenta Hellas S.A - Seeds Division)

**Εποχή σποράς:**

Η σωστή εποχή σποράς είναι από τους καθοριστικότερους παράγοντες μιας πετυχημένης σοδιάς στην ελαιοκράμβη. Η κρισιμότητα της επιλογής αυτής στηρίζεται στο γεγονός ότι το φυτό πρέπει να ξεχειμωνιάσει έχοντας ήδη αναπτύξει 8 φύλλα και ταυτόχρονα η διάμετρος του σταυρού να είναι 0.8 - 1cm. Ένα τέτοιο φυτό αντέχει το χειμώνα σε θερμοκρασίες έως και -25<sup>0</sup>C. Η χειμερινή ελαιοκράμβη έχει την ανάγκη των χαμηλών θερμοκρασιών για να ανθίσει (εαρινοποίηση) και αυτή είναι η σημαντικότερη διαφορά της με την ανοιξιιάτικη ελαιοκράμβη. Το 70% της τελικής παραγωγής καθορίζεται πριν το χειμώνα. Σε σχέση με τα παραπάνω και ανάλογα με την περιοχή συστήνονται οι ακόλουθες εποχές σποράς:

- Για τις πολύ όψιμες βόρειες περιοχές (Δ. Μακεδονία) 15-30 Σεπτέμβρη
- Για τις υπόλοιπες βόρειες περιοχές (Κ.&Α. Μακεδονία & Θράκη) 25 Σεπτέμβρη - 15 Οκτώβρη
- Για τις νοτιότερες περιοχές (Θεσσαλία & Στερεά Ελλάδα) 10-25 Οκτώβρη

Εννοείται ότι και στα ίδια γεωγραφικά διαμερίσματα μπορεί να υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με την περίοδο έλευσης του χειμώνα οπότε και θα πρέπει να προσαρμόσουμε ανάλογα την ημερομηνία σποράς.

**Τρόπος και πυκνότητα σποράς:**

Υπάρχουν οι παρακάτω δυνατότητες χρήσης σπαρτικών μηχανών:

- ✓ Σπαρτική σταριού που να μπορεί να σπείρει μικρές ποσότητες σπόρου (300 – 500 γρ.)
- ✓ Πνευματική μηχανή, με χρήση δίσκου κατάλληλου για σπορά πολύ μικρών σπόρων (δίσκος ντομάτας) και τις κατάλληλες ρυθμίσεις σχετικά με την απόσταση και τον τρόπο σποράς.

Λόγω του πολύ μικρού μεγέθους του σπόρου χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή πυκνής σποράς με τις σπαρτικές σταριού.

Η ποσότητα σπόρου καθορίζεται από την φυτρωτική ικανότητα του σπόρου, από τους προβλεπόμενους κινδύνους απωλειών (παγωνιά, ξηρασία, κατάσταση εδάφους) και

το αν χρησιμοποιούμε ποικιλία ή υβρίδιο. Σε κάθε περίπτωση ο επιθυμητός αριθμός φυτών μετά τον Χειμώνα είναι 50-55 /τ.μ για τις ποικιλίες και 40-45 φυτά /τ.μ. για τα υβρίδια.

Για σπορά με πνευματική μηχανή οι προτεινόμενες αποστάσεις είναι:

Αποστάσεις επί των γραμμών	Αποστάσεις επί της γραμμής
25 εκ.	5- 5,5 εκ.
30 εκ.	4.5 εκ.
45 εκ.	3.5 εκ.

Για σπορά με σπαρτική σταριού προτείνονται αποστάσεις μεταξύ γραμμών 25 – 35 εκατοστά και ποσότητα σπόρου για μεν τα υβρίδια 300 – 350 γρ. ενώ για τις ποικιλίες 350 – 400 γρ.

Σε περιπτώσεις άγονων και όχι καλά προετοιμασμένων χωραφιών συστήνεται μεγαλύτερη ποσότητα σπόρου κατά 10%.

Σε καλά προετοιμασμένο χωράφι ένα σακί (ποικιλίας ή υβριδίου) ΝΚ σπέρνει 25 στρέμματα.

Τα σακιά ΝΚ της ελαιοκράμβης είναι 2000000 σπόρων για τις ποικιλίες και 1.500.000 σπόρων για τα υβρίδια.

#### Λίπανση:

Για κάθε 100 κιλά προσδοκώμενης παραγωγής η ελαιοκράμβη χρειάζεται 6 κιλά Ν περίπου. Η υπολλειματικότητα του Ν (αζώτου) στο χωράφι λοιπόν καθορίζει την ποσότητα του Ν που θα εφαρμόσουμε. Από το συνολικό Ν που θα εφαρμόσουμε μόνο ελάχιστο ή και καθόλου θα δώσουμε το φθινόπωρο. Αντίθετα το 80-100% της ποσότητας του Ν πρέπει να εφαρμοστεί στην αρχή της Άνοιξης με την επιμήκυνση του φυτού.

✓ Σε ελαφρά-μεσαία χωράφια είναι καλό να πέσουν 2-3 μονάδες Ν τον Οκτώβριο και 8-10 μονάδες στις αρχές Μάρτη.

✓ Σε πολύ φτωχά χωράφια η δόση την Άνοιξη μπορεί να αυξηθεί κατά 2-3 μονάδες .

✓ Σε γερά και υγρά χωράφια με αρκετό υπολλειματικό άζωτο, η αζωτούχος λίπανση να γίνεται μόνο την Άνοιξη και σε ελάχιστες ποσότητες (0 – 7 μονάδες αζώτου)

Στους περισσότερους τύπους εδαφών μία εφαρμογή 5 μονάδων Φωσφόρου και 5 μονάδων Καλίου είναι αρκετή για την κάλυψη των αναγκών της καλλιέργειας.



Ένα στοιχείο ιδιαίτερα πολύτιμο στην καλλιέργεια της ελαιοκράμβης είναι το θείο (S) το οποίο φαίνεται να συνδέεται με την καλύτερη πρόσληψη του N αλλά και μεγαλύτερες παραγωγές. Συνιστάται η εφαρμογή 3 μονάδων S στην αρχή της Άνοιξης.

#### **Αμειψισπορά:**

Η αμειψισπορά με σιτηρά είναι διαδεδομένη σε όλο τον κόσμο. Σε σχετικά πειράματα μάλιστα έχει αποδειχθεί ότι το σιτάρι που θα διαδεχθεί την ελαιοκράμβη έχει συνήθως **αύξηση παραγωγής 10-15%**.

#### **Εδάφη:**

Η Ελαιοκράμβη μπορεί να ευδοκιμήσει σε όλων των ειδών τα εδάφη αλλά προτιμά τα βαθιά και καλά στραγγιζόμενα εδάφη. Σε φτωχά ξηρικά χωράφια (σταροχώραφα) κρισιμότερος παράγοντας φαίνεται να είναι το νερό στη διάρκεια της Άνοιξης. Σε γερά και υγρά χωράφια χωράφια κρισιμότερος παράγοντας διαχείρισης είναι η ποσότητα N και η πυκνότητα της φυτείας . Αν είναι και τα δύο ενισχυμένα υπάρχει κίνδυνος πλαγιάσματος.

#### **Κρίσιμοι παράγοντες για την παραγωγικότητα της Ελαιοκράμβης στην Ελλάδα:**

➤ **Η εποχή σποράς** όπως ήδη προαναφέρθηκε ίσως είναι ο σημαντικότερος παράγοντας επιτυχίας της καλλιέργειας λαμβανομένων υπ' όψιν των σημαντικών κλιματικών αποκλίσεων από περιοχή σε περιοχή

➤ Όπως σε κάθε ξηρική καλλιέργεια **το νερό είναι πολύ κρίσιμος παράγοντας**. Αν θεωρήσουμε ότι στις περισσότερες περιοχές μας από τον Νοέμβριο έως τον Μάρτιο υπάρχουν συνήθως βροχοπτώσεις ή χιόνι θα πρέπει να σταθούμε ιδιαίτερα στον Οκτώβρη και κυρίως στο διάστημα του Απρίλη – μέσα Μάη. Για τα φυτρώματα λοιπόν του Οκτώβρη 10-15 mm βροχής είναι αρκετά για την βλάστηση των σπόρων και το ξεκίνημα της φυτείας. Η ανθοφορία εκτιμάται στις αρχές του Απρίλη ανάλογα με την περιοχή και το τελείωμα της ανθοφορίας γύρω στις 20-25 του Απρίλη. Αυτό το διάστημα και οι επόμενες 2-3 εβδομάδες δηλαδή **από τα μέσα Απρίλη έως και το πρώτο δεκαήμερο του Μάη η βροχόπτωση μπορεί να αυξήσει σημαντικά την τελική απόδοση της καλλιέργειας**. Όπου λοιπόν υπάρχει δυνατότητα μίας μόνο άρδευσης στην ελαιοκράμβη αυτή θα πρέπει να γίνει σε αυτό το κρίσιμο διάστημα.

➤ Σε πολύ γερά και υγρά χωράφια όπου υπάρχει αρκετό υπολλειματικό άζωτο θα πρέπει να αποφύγουμε την πυκνή σπορά και το άζωτο που θα εφαρμοστεί να είναι ελάχιστο ή μηδενικό. Σε αντίθετη περίπτωση υπάρχει πιθανότητα πλαγιάσματος των φυτών μετά την ανθοφορία, που οδηγεί σε δυσκολία συγκομιδής και ανομοιόμορφη ωρίμανση.

➤ Ο αλωνισμός είναι ένα σημείο που χρειάζεται κάποια εμπειρία και ιδιαίτερη προσοχή ώστε να βρούμε το κατάλληλο στάδιο συγκομιδής και να αλωνίσουμε με τις μικρότερες απώλειες γιατί ο πολύ ξερός σπόρος τινάζεται. Το αλώνι της ελαιοκράμβης πρέπει να γίνει σε σύντομο χρονικό διάστημα από την στιγμή που θα ξεραθεί η φυτεία. Η ετοιμότητα της θεριζοαλωνιστικής μηχανής πρέπει να είναι δεδομένη και το αλώνι να γίνει χωρίς χρονοτριβή.

#### **Ωρίμανση και αλωνισμός:**

✓ Η ελαιοκράμβη συντηρείται σε υγρασία 7-8%. Το επιθυμητό συγκομισίμο προϊόν είναι 9% υγρασία με 2% ξένες ύλες το πολύ.

✓ Επειδή στην Ελλάδα οι συνθήκες είναι ξηροθερμικές και η υγρασία μπορεί να κατεβεί γρήγορα ο αλωνισμός μπορεί να αρχίσει όταν η υγρασία του σπόρου αρχίζει να πέφτει κάτω από 15%. Έτσι μειώνουμε την πιθανότητα να τινάξει ο σπόρος.

✓ Μια φυτεία όταν είναι έτοιμη για απ'ευθείας αλωνισμό παίρνει χρώμα καφέ της σκουριάς και οι σπόροι κατά 90% είναι μαύροι ενώ ένα ποσοστό 10% είναι καφέ.

✓ Υγρασίες στην περίοδο συγκομιδής δεν επηρεάζουν την ποιότητα του σπόρου και την παραγωγή, αντίθετα μπορεί να βοηθήσουν αφού μεγαλώνουν το διάστημα της τελικής ξήρανσης δίνοντάς μας ευχέρεια χρόνου για τον αλωνισμό.

✓ Από το στάδιο 15% υγρασίας και με ζεστό καιρό έχουμε το πολύ 1 εβδομάδα περιθώριο για να αλωνίσουμε.

✓ Ο αλωνισμός γίνεται με τις κοινές αλωνιστικές σταριού με κάποιες ρυθμίσεις που μπορούν να γίνουν επί τόπου στο χωράφι αλλά είναι απαραίτητες για καλή συγκομιδή χωρίς απώλειες.

✓ Στην Ευρώπη εκτός του απ'ευθείας αλωνισμού συνηθίζεται και ο θεριζοαλωνισμός σε δύο στάδια καθώς και η χρήση πριν τον αλωνισμό αποξηραντικών ουσιών για ταυτόχρονη ωρίμανση.

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 5.1 ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ

##### 5.1.1 Εκτίμηση αρδευτικών αναγκών

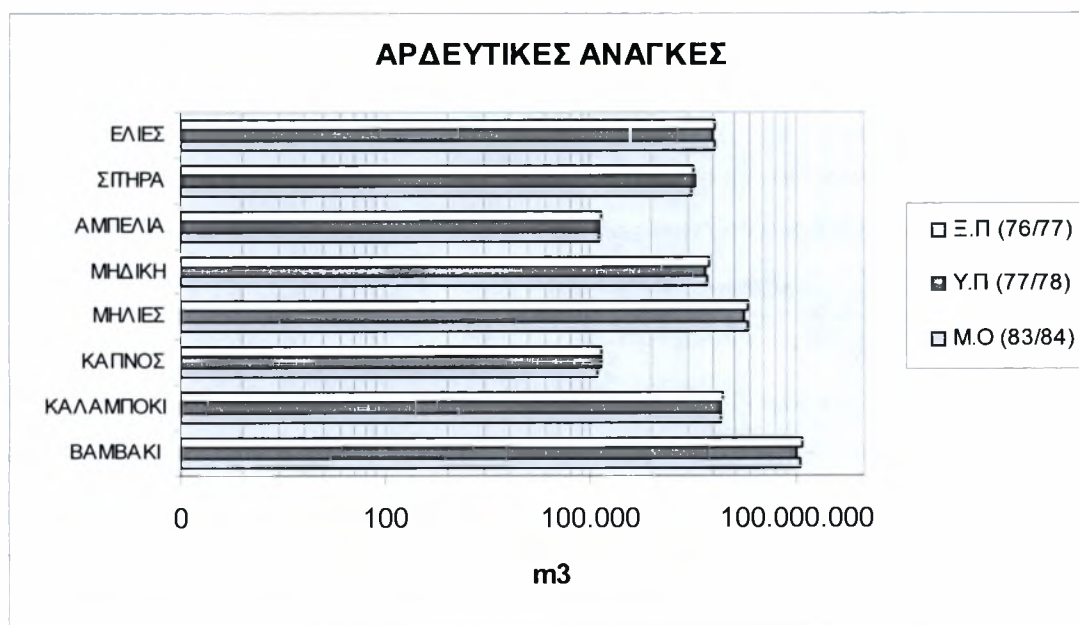
Η ανάλυση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών της κάθε καλλιέργειας περιγράφηκε στο κεφάλαιο 4. Σε αυτή τη παράγραφο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αρδευτικών αναγκών. Συγκεκριμένα, στον πίνακα 5.1.1 φαίνονται οι τιμές του  $K_c$  που λήφθηκαν ενώ στο σχήμα 5.1.1 οι αρδευτικές ανάγκες για κάθε καλλιέργεια για μέση, ξηρή και υγρή περίοδο βροχόπτωσης όπως αυτή πρόεκυψε από τα πολύγωνα Thiessen.

**Πίνακας 5.1.1** Τιμές του συντελεστή  $K_c$  ανοιγμένες για κάθε μηνά και κάθε καλλιέργεια

<i>κc</i>	βαμβάκι	καλαμπόκι	καπνός	δέντρα	μηδική	αμπέλια	σιτηρά	ελιές
Οκτ	0,18	0	0	0	0	0	0	0
Νοε	0	0	0	0	0	0	0,31	0
Δεκ	0	0	0	0	0	0	0,48	0
Ιαν	0	0	0	0	0	0	0,71	0
Φεβ	0	0	0	0	0	0	0,93	0
Μαρ	0	0	0	0	0	0	1,12	0
Απρ	0	0,058	0	0	1,05	0	1,13	0
Μαι	0,3	0,37	0,35	0,6	1,14	0,4	0,68	0,4
Ιουν	0,45	0,66	0,75	0,7	1,18	0,45	0	0,45
Ιουλ	0,75	0,85	1,1	1	1,2	0,6	0	0,5
Αυγ	0,9	0,85	0,95	0,85	1,18	0,6	0	0,5
Σεπ	0,83	0,33	0	0,8	1,15	0,45	0	0,4

Πίνακας 5.1.2 Αρδευτικές ανάγκες σε m<sup>3</sup>

	ΜΕΣΟ ΕΤΟΣ (83/84)	ΥΓΡΟ ΕΤΟΣ (77/78)	ΞΗΡΟ ΕΤΟΣ (76/77)
<b>ΒΑΜΒΑΚΙ</b>	119.754.590	103.409.816,2	124.946.927
<b>ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ</b>	7.975.490	8.246.355,1	8.392.333,3
<b>ΚΑΠΝΟΣ</b>	125.331	140.913,8	141.639,16
<b>ΜΗΛΙΕΣ</b>	19.759.659	18.041.889,8	20.820.957
<b>ΜΗΔΙΚΗ</b>	5.002.310	4.793.815,9	5.609.397
<b>ΑΜΠΕΛΙΑ</b>	138.879	134.577,3	143.553,8
<b>ΣΙΤΗΡΑ</b>	2.999.935,6	3.548.234,7	3.212.438,2
<b>ΕΛΙΕΣ</b>	6.477.795	6.361.359,2	6.636.542,2



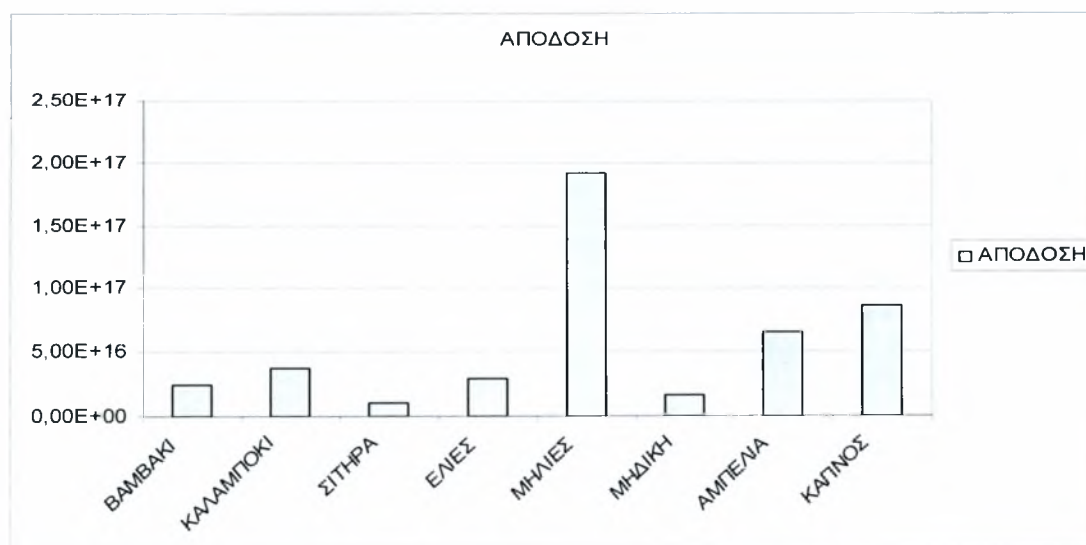
Σχήμα 5.1.1 Αρδευτικές ανάγκες ανά καλλιέργεια

Οι τιμές που εισήχθησαν στη διαδικασία της Emergy ανάλυσης ήταν οι τιμές που υπολογίστηκαν παραπάνω πολλαπλασιασμένες με την αποδοτικότητα που δικτυού άρδευσης, η οποία ήταν για την λεκάνη της λίμνης Κάρλας ίση με 1,49 ( Loukas et al.,2007)

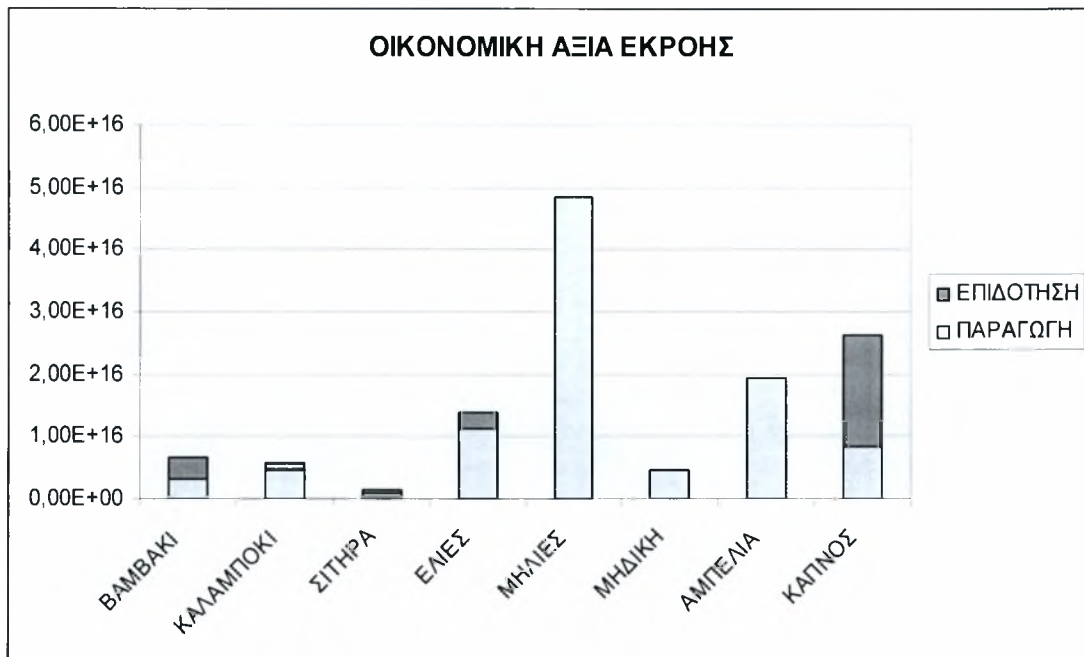
### 5.1.2 Σενάριο 1<sup>ο</sup> : Υφιστάμενη Κατάσταση

Η ανάλυση των εισροών – εκροών της γεωργικής πρακτικής για τις 8 καλλιέργειες στη λεκάνη της λίμνης Κάρλας αποσκοπεί στην εκτίμηση του μεγέθους συμβολής όλων των πόρων στην γεωργική παράγωγη. Οι ανάγκες άρδευσης υπολογίστηκαν με τη μέθοδο που αναλύθηκε στην παράγραφο 4.1 και τα αποτελέσματα της παρουσιάζονται στην παράγραφο 5.1.1. Οι τιμές των παραμέτρων όπως κόστη σπορών, καύσιμα, κόστος λιπασμάτων, κόστος φυτοφαρμάκων και επιδοτήσεις λύθηκαν από τους Τεχνοοικονομικούς Δείκτες της περιφέρειας Θεσσαλίας, ενώ δεδομένα για τη χρήση λιπασμάτων, σπορών και φυτοφαρμάκων λήφθηκαν από την κ. Άννα Καρτσιώτου – Κούντρια (Γεωπόνο Μελετητή –Γεωργικό Σύμβουλο) και την Ένωση Γεωργικών Συνεταιρισμών Θεσσαλίας. Όσον αφορά τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους, στην υπάρχουσα κατάσταση αρδεύονται 20 hm<sup>3</sup> επιφανειακών υδάτων από τις λιμνοδεξαμενές της Κάρλας και οι υπόλοιπες ανάγκες εξυπηρετούνται από τον υπόγειο υδροφόρο. Για την υπάρχουσα μελέτη θεωρήθηκε ότι τα 20 hm<sup>3</sup> κατανέμονται ανάλογα με την έκταση κάθε καλλιέργειας.

Για κάθε καλλιέργεια υπολογίστηκε η τιμή ορισμένων δεικτών. Η επιλογή τους έγινε με κριτήριο τη φύση του κάθε συστήματος προς ανάλυση. Δεδομένου ότι στην λεκάνη της λίμνης Κάρλας το βασικό πρόβλημα είναι η ανταγωνιστική ζήτηση του νερού από τη γεωργική παράγωγη και το οικοσύστημα, οι δείκτες με την μεγαλύτερη βαρύτητα είναι αυτοί που συνδέουν την απόδοση της γεωργικής παράγωγης με την κατανάλωση νερού.



Σχήμα 5.1.2 Απόδοση energy στη γεωργική παράγωγη

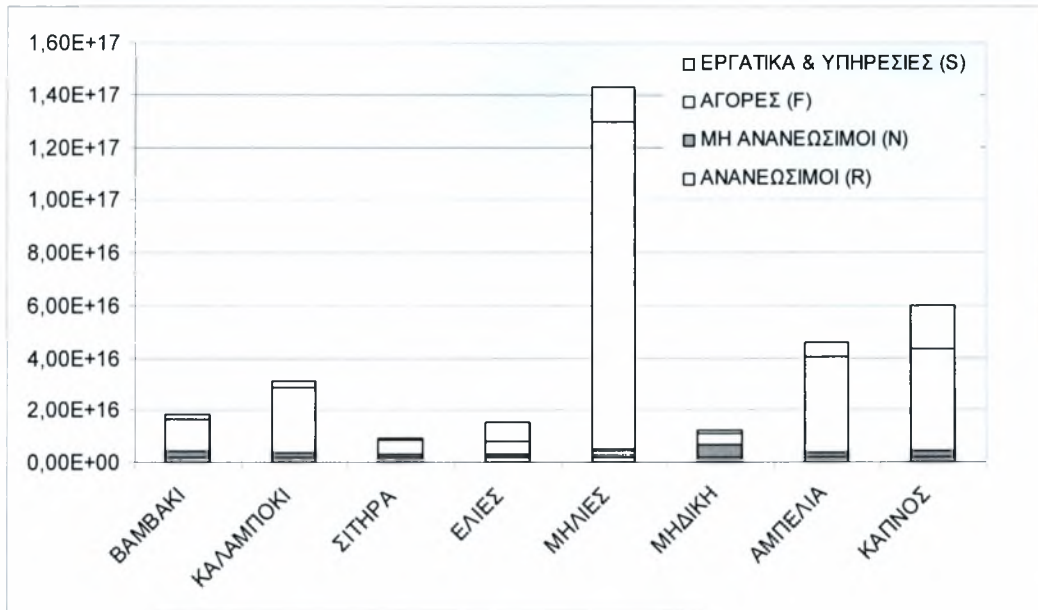


**Σχήμα 5.1.3** Οικονομική απόδοση καλλιεργειών

Στα προηγούμενα διαγράμματα 5.1.2 και 5.1.3 φαίνεται η ολική απόδοση (Y) emergy του συστήματος αλλά και η οικονομική απόδοση των καλλιεργειών που σχετίζεται μόνο με την παράγωγη και την επιδότηση της κάθε καλλιέργειας. Οι μηλιές αποτελούν την πιο συμφέρουσα καλλιέργεια περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά όπως παρατηρούμε στα διαγράμματα. Εξάλλου, σχετικά ικανοποιητική απόδοση έχουμε και στις καλλιέργειες καπνού και αμπελιών, παρατηρώντας δε μια πολύ σημαντική οικονομική εξάρτηση από την επιδότηση στην καλλιέργεια του καπνού.

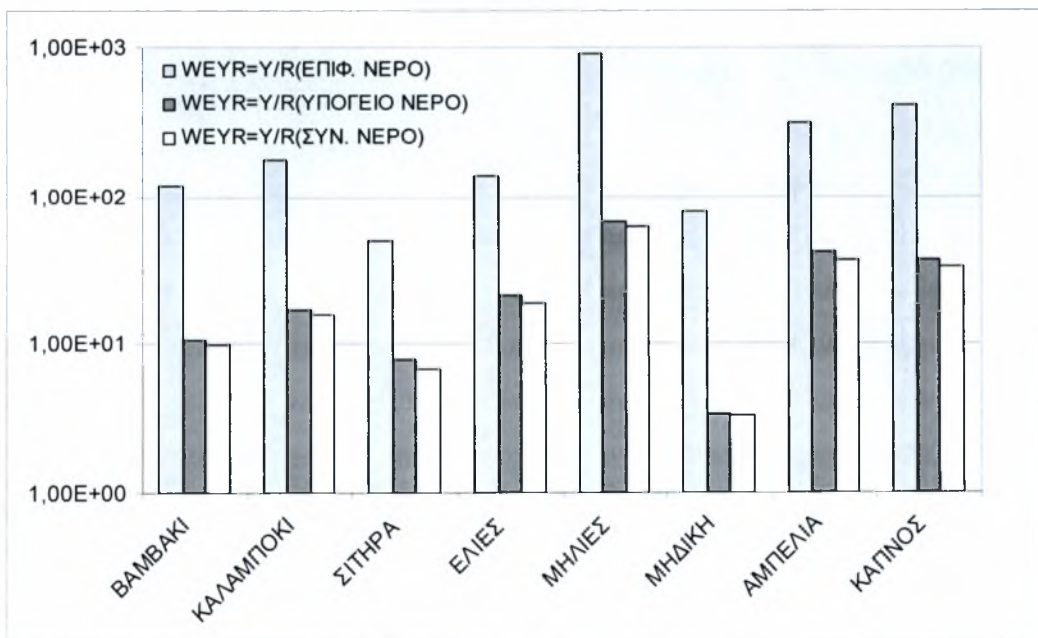
Τις χαμηλότερες αποδόσεις λαμβάνουμε από τις καλλιέργειες των σιτηρών, της μηδικής αλλά και του βαμβακιού του οποίου η οικονομική απόδοση εξαρτάται κατά το ήμισυ σχεδόν από την επιδότηση. Τέλος, παρατηρείται όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα 5.1.4 μεγάλη εξάρτηση από τις αγορές ειδικά στην καλλιέργεια των μηλιών, οι οποίες ενώ μας δίνουν το μεγαλύτερο οικονομικό κέρδος προϋποθέτουν δε και μεγάλη σχετικά επένδυση.





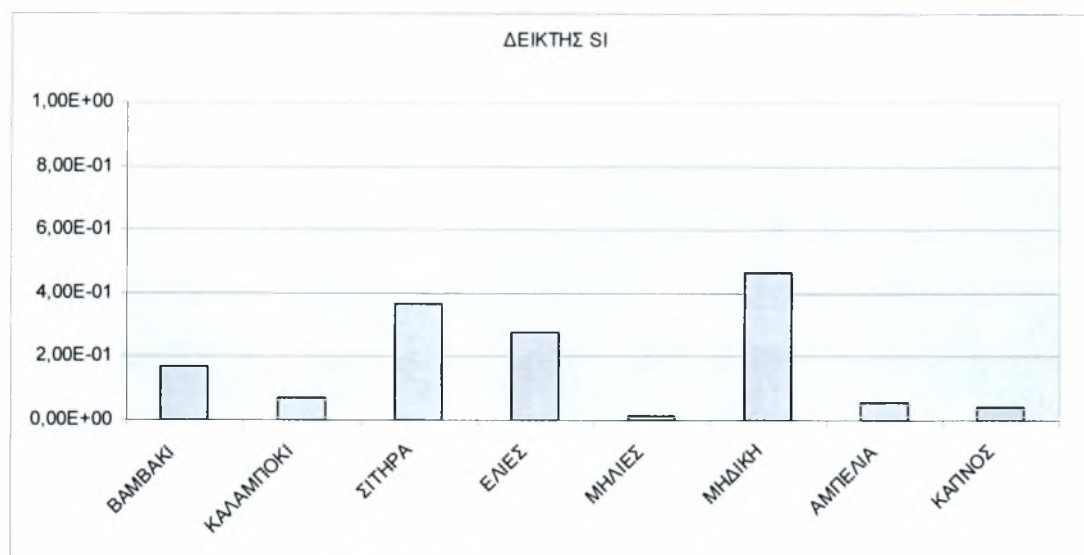
Σχήμα 5.1.4 Εισροές ανά καλλιέργεια

Στο δείκτη WEYR αντικατοπτρίζεται, συγκριτικά, η ικανότητα κάθε καλλιέργειας να αξιοποιεί τους τόσο σημαντικούς για την περιοχή υδατικούς πόρους. Στην αποδοτικότητα της χρήσης του νερού και πάλι οι μηλιές ξεχωρίζουν ενώ ακολουθούν τα αμπέλια και ο καπνός. Τα σιτηρά, το βαμβάκι και η μηδική κυμαίνονται στα χαμηλότερα επίπεδα (σχήμα 5.1.5).



Σχήμα 5.1.5 Ολική χρήση emergy στη γεωργική παράγωση

Μια πιο αντιπροσωπευτική εικόνα της βιωσιμότητας κάθε καλλιέργειας, δηλαδή την μεγιστοποίηση της οικονομικής απόδοσης και παραγωγικότητας με το ελάχιστο περιβαλλοντικό κόστος, μας δίνει ο δείκτης SI καθώς τιμές  $SI > 1$  δηλώνουν συστήματα που συμβάλλουν στο κοινωνικό σύνολο ενώ τιμές  $SI < 1$  συστήματα που καταναλώνουν πόρους.



**Σχήμα 5.1.6** Ολική χρήση emergy στη γεωργική παράγωγή

Συμπερασματικά, όλες οι καλλιέργειες έχουν πολύ μικρό δείκτη βιωσιμότητας. Αυτό αιτιολογείται από την έλλειψη διαθέσιμων επιφανειακού νερού και τη χρήση υπόγειου νερού για την άρδευση των εκτάσεων, σε συνδυασμό με την αδυναμία συνολικά του συστήματος να αξιοποιεί τοπικούς πόρους παρά να εξαρτάται και να επενδύει σε εξωγενείς.

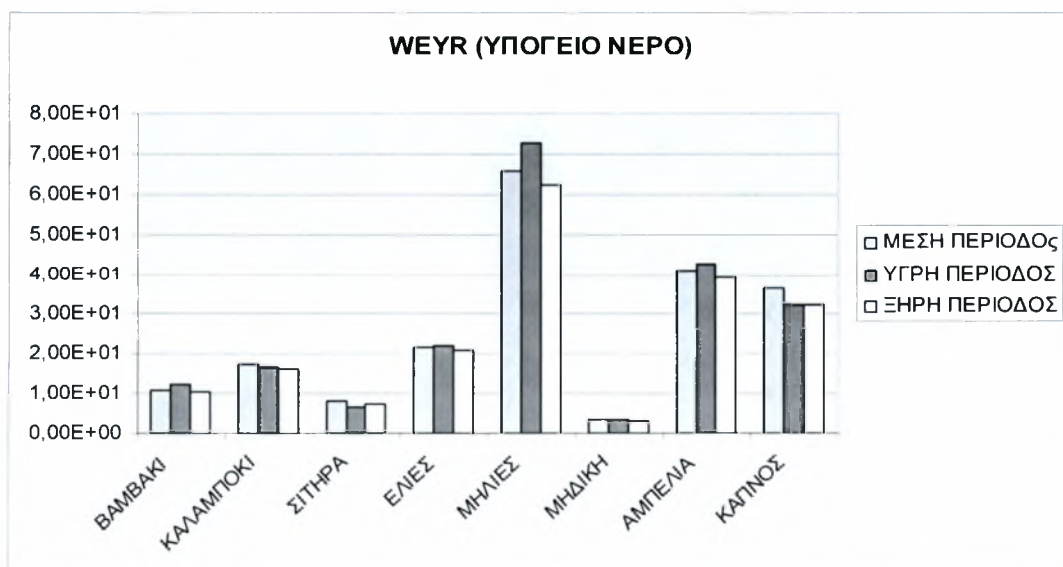
**Πίνακας 5.1.3** Δείκτες emergy ανά καλλιέργεια

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	$EYR=Y/(F+S)$	$NED=N+F+S$	$ELR=(N+F+S)/R$	$EIR N=F/N$	$SI=EYR/ELR$
ΒΑΜΒΑΚΙ	1,77	1,65E+16	10,57	4,90	0,17
ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	1,36	2,95E+16	18,90	10,30	0,07
ΣΙΤΗΡΑ	1,76	7,49E+15	4,80	3,33	0,37
ΕΛΙΕΣ	2,41	1,35E+16	8,67	2,92	0,28
ΜΗΛΙΕΣ	1,39	1,41E+17	90,57	39,69	0,02
ΜΗΔΙΚΗ	3,11	1,05E+16	6,71	0,88	0,46
ΑΜΠΕΛΙΑ	1,53	4,42E+16	28,35	20,40	0,05
ΚΑΠΝΟΣ	1,55	5,82E+16	37,31	15,07	0,04

Όλες οι καλλιέργειες έχουν υψηλό δείκτη ELR (Πίνακας 5.1.3), με τις μηλιές να έχουν τον υψηλότερο, αποδεικνύοντας και πάλι ότι το σύστημα στηρίζεται υπερβολικά σε μη ανανεώσιμους και σε οικονομικούς πόρους. Πολύ υψηλή τιμή ELR έχουν επίσης και ο καπνός, τα αμπέλια, και το καλαμπόκι. Οι ίδιες καλλιέργειες εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές και στον δείκτη NED. Σε σχέση με την αποδοτικότερη χρήση οικονομικών πόρων και αγαθών, ο δείκτης EYR υποδεικνύει τη μηδική ως την καλύτερη καλλιέργεια, η οποία όμως παρόλο ότι έχει από τις χαμηλότερες τιμές στους δείκτες NED και ELR δεν επιτυγχάνει ικανοποιητικό δείκτη βιωσιμότητας λόγω της πολύ χαμηλής απόδοσης και οικονομικής εκροής.

### Ξηρή – Υγρή περίοδος

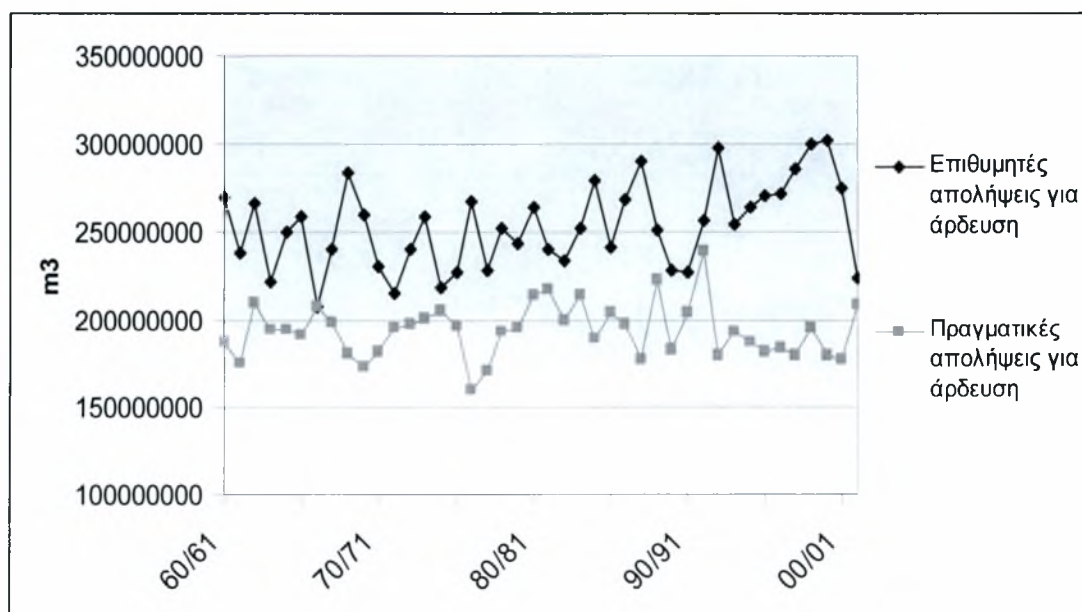
Ξηρή είναι η περίοδος όπου έχουμε το ελάχιστο ύψος βροχόπτωσης ενώ υγρή χαρακτηρίζεται η περίοδος που παρατηρείται το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης. Οι μεταβολές των δεικτών στις περιπτώσεις υγρής και ξηρής περιόδου έχουν να κάνουν όπως είναι φυσικό μονό με οτιδήποτε σχετικό με τους υδατικούς πόρους. Εντούτοις, οι μεταβολές αυτές είναι μηδαμινού μεγέθους εκτός ίσως από την απόδοση του συστήματος σε σχέση με το υπόγειο νερό που αρδεύεται.



**Σχήμα 5.1.7** Ολική χρήση energy στη γεωργική παράγωγή

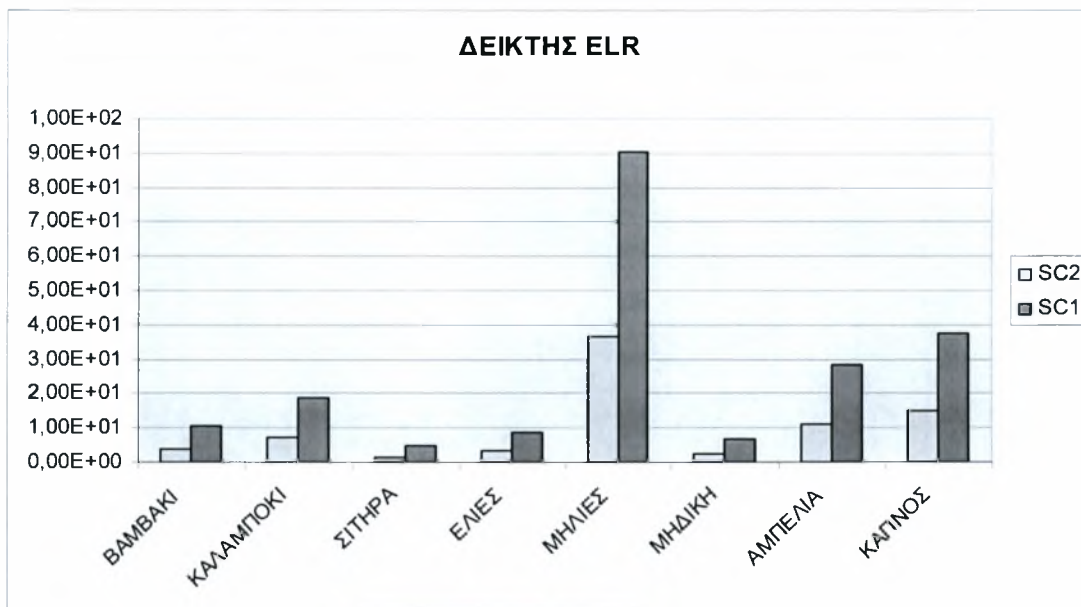
### 5.1.3 Σενάριο 2<sup>ο</sup> : Κατασκευή ταμιευτήρα Κάρλας

Το δεύτερο σενάριο αφορά την κατασκευή ταμιευτήρα στη λεκάνη της λίμνης της Κάρλας. Σκοπός της κατασκευής του ταμιευτήρα είναι η αναζήτηση επιφανειακών υδατικών πόρων και ως εκ τούτου η ανακούφιση του υπόγειου υδροφορέα και η αναβάθμιση της ποιότητας του νερού. Οι αρδευτικές ανάγκες που μπορεί να καλύψει ο ταμιευτήρας βρέθηκαν από το μοντέλο του ταμιευτήρα στο οποίο έχει ως βασική παράμετρο τις ανάγκες που υπολογιστήκαν από την εκτίμηση αρδευτικών αναγκών πολλαπλασιασμένες με τον συντελεστή αποδοτικότητας άρδευσης, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως επιθυμητές απολήψεις για άρδευση. Οι πραγματικές απολήψεις που μπορεί να διαθέσει ο ταμιευτήρας υπολογίζονται συναρτήσει και άλλων παραμέτρων όπως: τις εισροές στον ταμιευτήρα, την απορροή από τον Πηνειό ποταμό, την βροχόπτωση στον ταμιευτήρα, την εξατμισοδιαπνοή και από τα χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα, δηλαδή την κατωτάτη στάθμη, τις διαφυγές από τον ταμιευτήρα.. Οι απολήψεις του ταμιευτήρα που παίρνουμε για άρδευση κατανέμονται σε κάθε καλλιέργεια ανάλογα με την έκταση της. Τελικά, η ποσότητα του νερού υπολογίζεται όση με 5709,4 m<sup>3</sup> ανά εκτάριο καλλιεργήσιμης έκτασης.

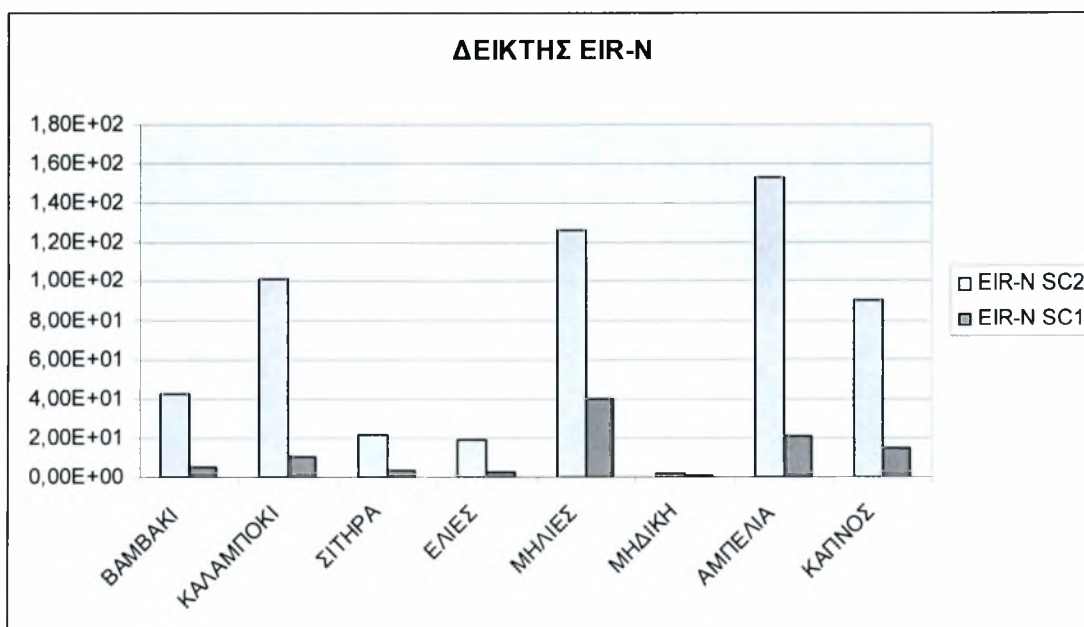


Σχήμα 5.1.8 Διάγραμμα απολήψεων ταμιευτήρα Κάρλας

Στην περίπτωση κατασκευής ταμιευτήρα η ανάλυση επικεντρώνεται στη μεταβολή των δεικτών που σχετίζονται με τους μη ανανεώσιμους πόρους και ειδικότερα με τα υπόγεια ύδατα. Η σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση (SC1) αποτελεί υπόδειξη της αναγκαιότητας του έργου κατασκευής ταμιευτήρα και καταδεικνύει τα περιβαλλοντικά οφέλη του.



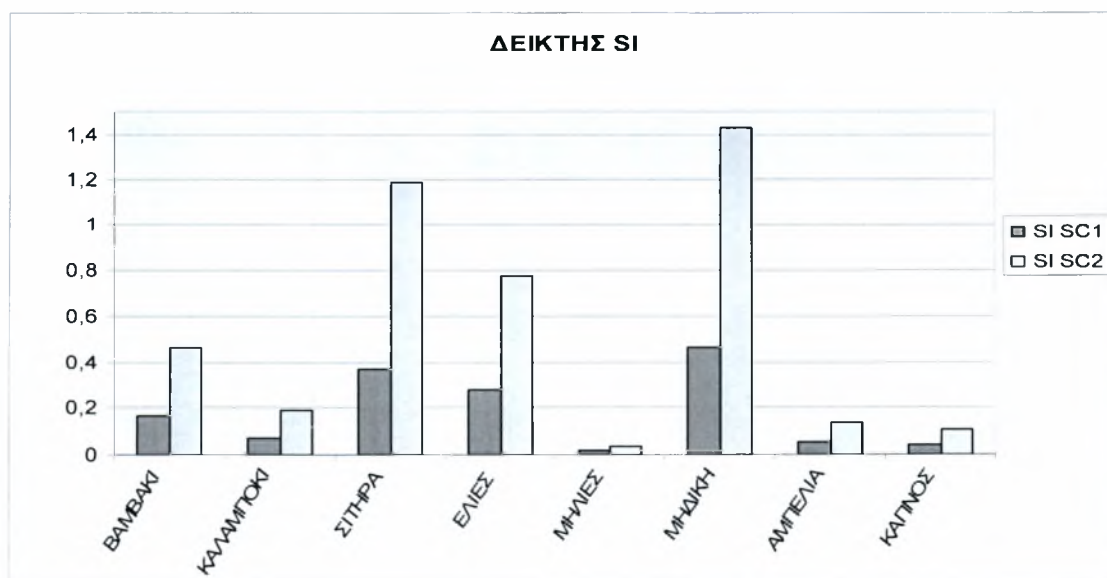
Σχήμα 5.1.9 Ολική χρήση emergy στη γεωργική παράγωγή



Σχήμα 5.1.10 Ολική χρήση emergy στη γεωργική παράγωγή



Ο δείκτης ELR (σχήμα 5.1.9) συγκρίνει τους οικονομικούς και μη ανανεώσιμους πόρους με τους τοπικά διαθέσιμους ανανεώσιμους πόρους ( $ELR = (F+N+S)/R$ ). Η ελαχιστοποίηση του σε όλες σχεδόν τις καλλιέργειες οφείλεται αποκλειστικά στην σημαντική ελάττωση της χρήσης υπόγειων υδάτων για άρδευση με την ταυτόχρονη αύξηση των διαθέσιμων επιφανειακών υδάτων λόγω του ταμιευτήρα. Εντούτοις στις μηλιές ο δείκτης παραμένει σημαντικός αλλά λόγω της μεγάλης εξάρτησης από τα οικονομικά αγαθά (F). Από την άλλη πλευρά ο δείκτης EIR-N (σχήμα 5.1.10) αποτελεί ένα μετρό ανάλογο με το βαθμό που το σύστημα επενδύει σε οικονομικούς πόρους και πως σχετίζονται με τους μη ανανεώσιμους ( $EIR-N=F/N$ ). Στην ουσία όμως ο συγκεκριμένος δείκτης επιλέχτηκε ως όριο εκμετάλλευσης των υπόγειων υδάτων αναφορικά με μια σταθερή μεταβλητή όλων των εναλλακτικών σεναρίων όπως είναι οι αγορές (F). Η μεταβολή του δείκτη είναι εμφανώς θετική για όλες τις καλλιέργειες. Ένας ακόμη δείκτης του οποίου η μελέτη υποδεικνύει το περιβαλλοντικό όφελος από την κατασκευή του ταμιευτήρα είναι ο δείκτης SI ο οποίος εκφράζει τη βιωσιμότητα της κάθε καλλιέργειας, δηλαδή την ικανότητα της γεωργικής παράγωγης να μεγιστοποιεί την απόδοση με το ελάχιστο περιβαλλοντικό φορτίο. Η σημαντική αύξηση του SI (σχήμα 5.1.11) έχει ως αποτέλεσμα οι καλλιέργειες μηδικής και σιτηρών να κρίνονται βιώσιμες (αφού η τιμή του ξεπερνά την κρίσιμη τιμή  $SI > 1$ ) ενώ η τιμή της ελιάς πλησιάζει στο όριο (0,8). Η τιμή των υπολοίπων καλλιεργειών παρά τη δεδομένη αύξηση εξακολουθεί να κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα.



Σχήμα 5.1.11 Ολική χρήση emergy στη γεωργική παράγωγή

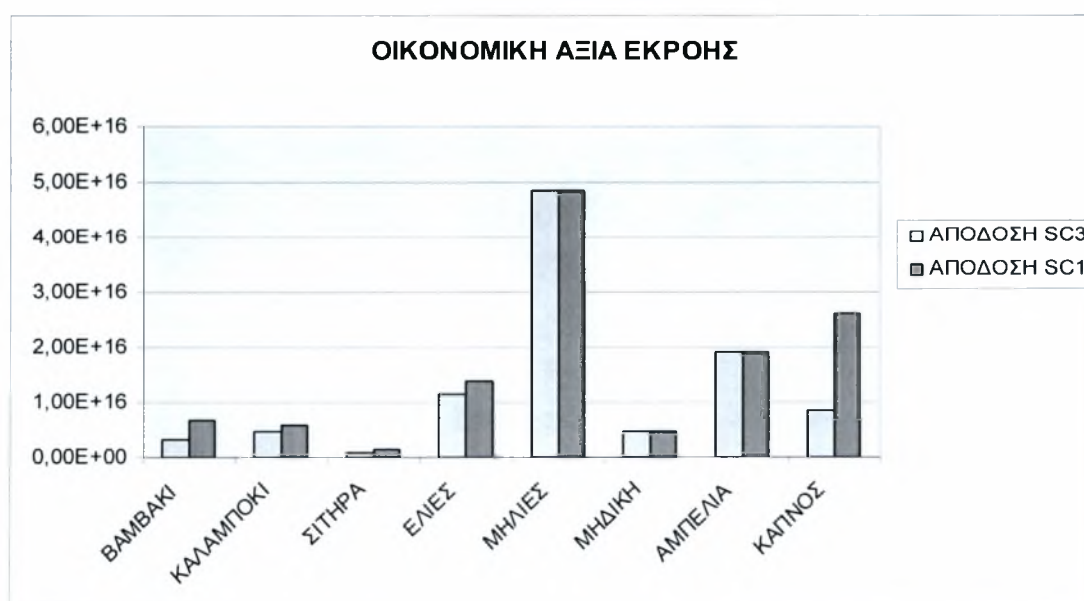


**Πίνακας 5.1.4** Ποσοστιαία μεταβολή των δεικτών (%) από την υφιστάμενη κατάσταση στην κατασκευή ταμειυτήρα

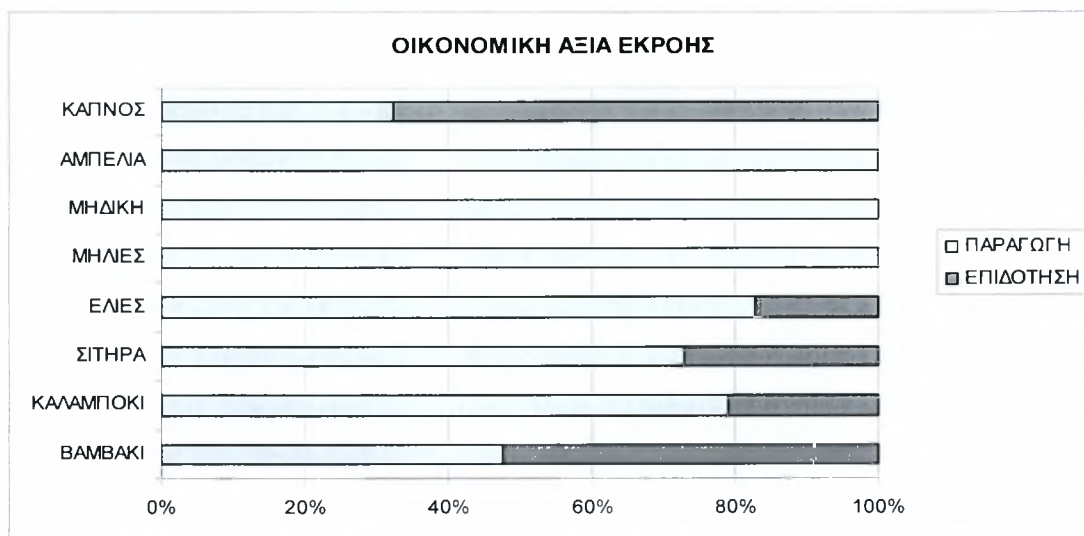
%	Βαμβάκι	Καλαμπόκι	Σιτηρά	Ελιές	Μηλιές	Μηδική	Αμπέλια	Καπνός
<b>NED</b>	-14	-7	-18	-10	-2	-21	-4	-4
<b>ELR</b>	-64	-62	-66	-63	-60	-67	-60	-61
<b>EIR_N</b>	758	886	547	554	218	73	651	498
<b>SI</b>	175	164	223	180	148	209	156	154

### 5.1.4 Σενάριο 3<sup>ο</sup>: Μηδενισμός των επιδοτήσεων

Το 3<sup>ο</sup> σενάριο έχει να κάνει με το μηδενισμό των επιδοτήσεων για όλες τις υπάρχουσες καλλιέργειες στη λεκάνη της λίμνης της Κάρλας. Η παραδοχή αυτή έχει αντίκτυπο μόνο στην οικονομική αξία εκροής. Όμως, στις περιπτώσεις των καλλιεργειών καπνού και βαμβακιού δείχνουν μια σημαντική εξάρτηση της οικονομικής απόδοσης από την επιδότηση, η οποία σε συνδυασμό με τον πολύ χαμηλό βαθμό βιωσιμότητας στην υφιστάμενη κατάσταση καταδεικνύουν δυο καλλιέργειες εξαιρετικά ασύμφορες περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά.



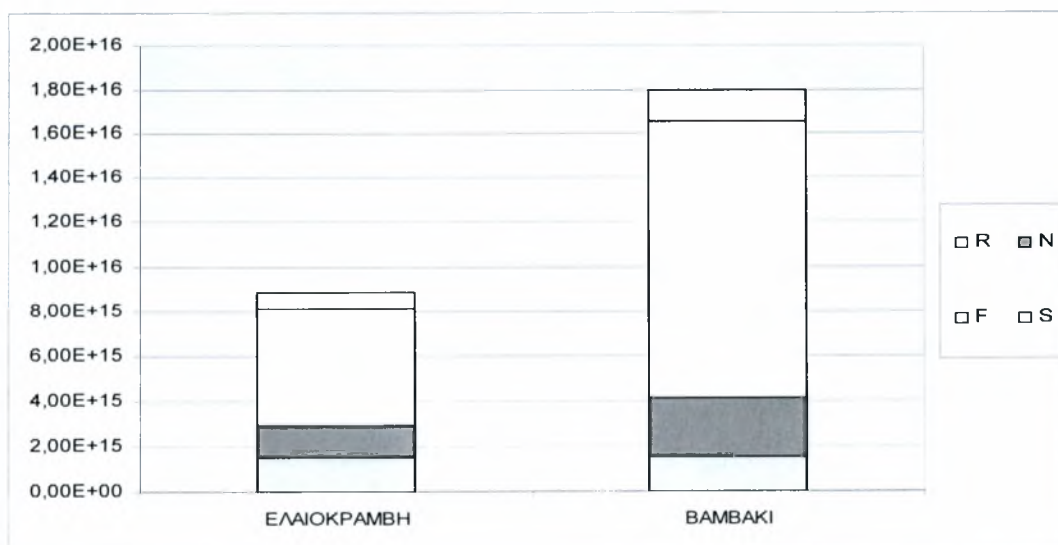
**Σχήμα 5.1.12** Οικονομική απόδοση καλλιεργειών



**Σχήμα 5.1.13** Ποσοστιαία κατανομή οικονομικών εκροών ανά καλλιέργεια

#### 5.1.5 Σενάριο 4<sup>ο</sup> : Αναδιάρθρωση καλλιεργειών

Το 4<sup>ο</sup> σενάριο προτείνει την αντικατάσταση της καλλιέργειας του βαμβακιού σε όλη της την έκταση με ενεργειακή καλλιέργεια και συγκεκριμένα ελαιοκράμβης. Η ελαιοκράμβη αποτελεί τη βασική πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ και βάσει πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν κυρίως σε Ελλάδα, Ισπανία και Ιταλία, παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα και παραγωγικότητα στις μεσογειακές χώρες. Ένα στρέμμα ελαιοκράμβης μπορεί να αποδώσει από 43-90 λίτρα βιοντίζελ.



**Σχήμα 5.1.14** Εισροές στην καλλιέργεια

Από το παραπάνω σχήμα 5.1.14 φαίνεται ότι η καλλιέργεια ελαιοκράμβης απαιτεί σημαντικά μικρότερη ποσότητα εισροών για την παράγωγη της. Ειδικά στα οικονομικά αγαθά η διάφορα σε σύγκριση με το βαμβάκι είναι εμφανής. Στους δείκτες WEYR παρατηρούνται μικρές διαφορές υπέρ του βαμβακιού στη σύγκριση ελαιοκράμβης και βαμβακιού. Εντούτοις, παρόλο που η ελαιοκράμβη έχει χαμηλότερη οικονομική απόδοση χαρακτηρίζεται ως αποδοτικότερη καλλιέργεια από το βαμβάκι καθώς η διεργασία παράγωγής της απαιτεί μικρότερη κατανάλωση υδατικών πόρων όπως φαίνεται από του δείκτες ELR, EIR και EIR-N όπου οι δυο πρώτοι έχουν τη διπλάσια τιμή για καλλιέργεια βαμβακιού. Ενδεικτικοί τέλος είναι οι δείκτες SI και T, που εκφράζουν τη βιωσιμότητα και το μετρό της απόδοσης της εσωτερικής λειτουργίας του κάθε συστήματος και οι όποιοι έχουν τη διπλάσια τιμή για την ελαιοκράμβη.

**Πίνακας 5.1.5** Ολική χρήση emergy στη γεωργική παραγωγή

<b>Emergy δείκτες</b>	<b>Ελαιοκράμβη</b>	<b>Βαμβάκι</b>
WEYR=Y/R(ΕΠΙΦ. ΝΕΡΟ)	4,99E+01	1,18E+02
WEYR=Y/R(ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ)	9,56E+00	1,07E+01
WEYR=Y/R(ΣΥΝ. ΝΕΡΟ)	8,02E+00	9,83E+00
EYR = Y/(F+S)	1,77E+00	1,77E+00
NED=N+F+S	7,26E+15	1,65E+16
ELR=(N+F+S)/R	4,66E+00	1,06E+01
EIR=F/(R+N)	1,80E+00	3,04E+00
EIR N=F/N	3,89E+00	4,90E+00
SI=EYR/ELR	3,79E-01	1,68E-01
Empower Density	8,09E+15	1,66E+16
T (sej/j)	1,87E+05	3,72E+05
T (€/J)	1,86E-01	3,69E-01

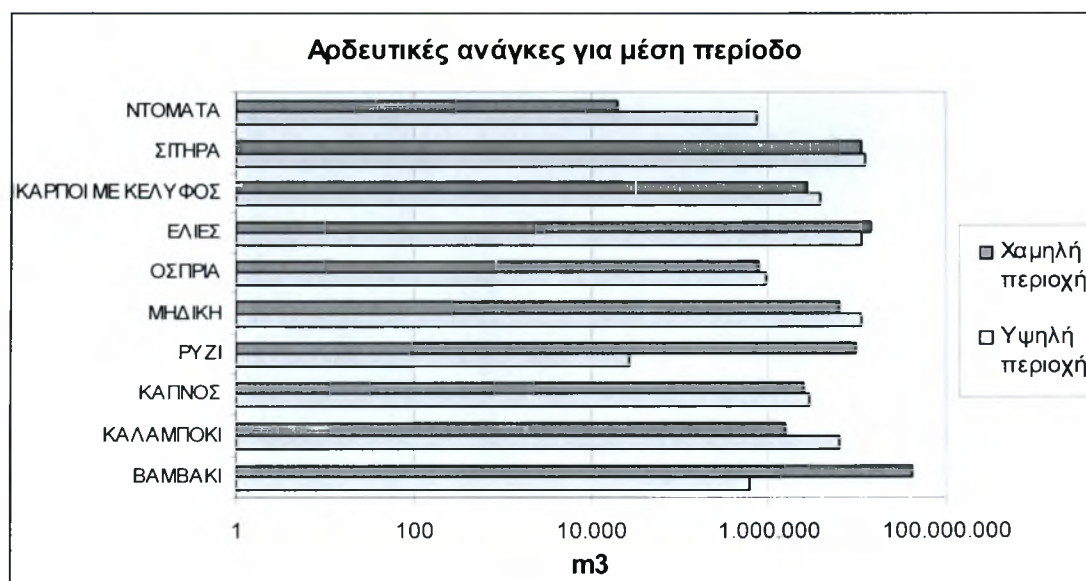
## 5.2 ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

### 5.2.1 Εκτίμηση αρδευτικών αναγκών

Οι αρδευτικές ανάγκες υπολογίστηκαν ξεχωριστά για την υψηλή και την χαμηλή περιοχή της λεκάνης του Σπερχειού. Οι τιμές του  $K_c$  ήταν οι ίδιες και για τις δυο υπολεκάνες. Στον πίνακα 5.2.1 παρατίθενται οι τιμές του συντελεστή  $K_c$  ενώ στο σχήμα 5.2.1 φαίνονται οι αρδευτικές ανάγκες ανά περιοχή και καλλιέργεια.

**Πίνακας 5.2.1** Τιμές του συντελεστή  $K_c$  ανοιγμένες για κάθε μηνά και καλλιέργεια

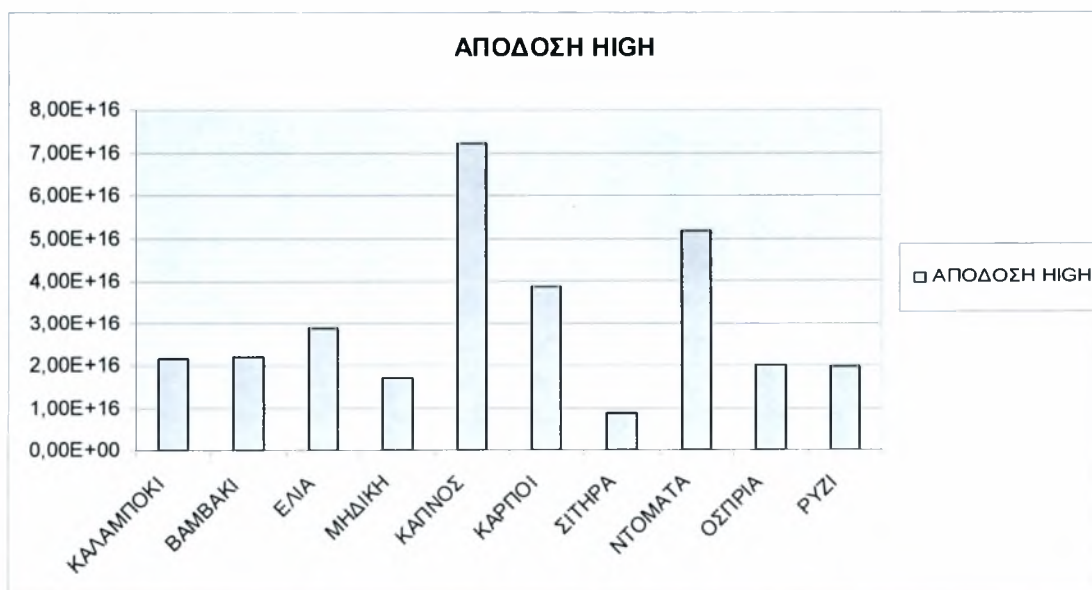
κc	βαμβάκι	καλαμπόκι	καπνός	ρύζι	μηδική	όσπρια	ελιές	καρποί	σιτηρά	ντομάτα
Οκτ	0,18	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0
Νοε	0	0	0	0	0	0	0	0	0,31	0
Δεκ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,48	0
Ιαν	0	0	0	0	0	0	0	0	0,71	0
Φεβ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,93	0
Μαρ	0	0	0	0	0	0	0	0	1,12	0
Απρ	0	0,058	0	0	1,05	0	0	0	1,13	0,34
Μαι	0,3	0,37	0,35	1,1	1,14	0,4	0,4	0,6	0,68	0,66
Ιουν	0,45	0,66	0,75	1,1	1,18	0,85	0,45	0,7	0	0,85
Ιουλ	0,75	0,85	1,1	1,2	1,2	1,15	0,5	1	0	0,5
Αυγ	0,9	0,85	0,95	1,2	1,18	1,15	0,5	0,85	0	0
Σεπ	0,83	0,33	0	0,95	1,15	0,85	0,4	0,8	0	0



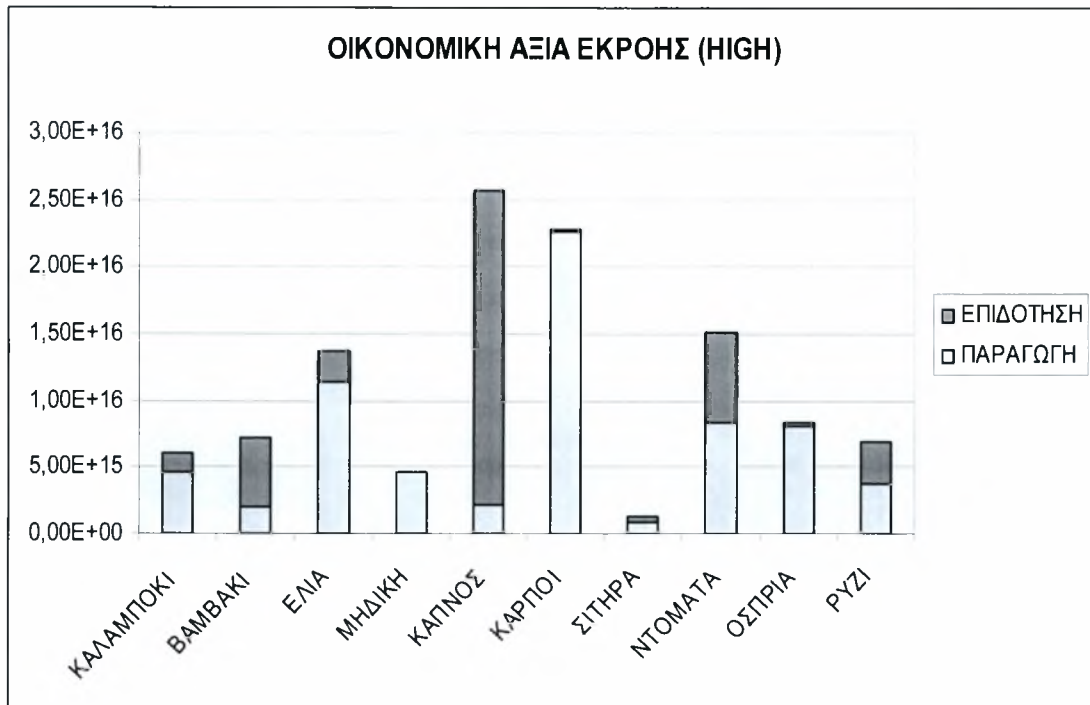
**Σχήμα 5.2.1** Αρδευτικές ανάγκες ανά καλλιέργεια

### 5.2.2 Σενάριο 1<sup>ο</sup> : Υφιστάμενη Κατάσταση

Η φύση και η εσωτερική λειτουργία του συστήματος της λεκάνης του Σπερχειού είναι τελείως διαφορετική από αυτή του αντιστοίχου της λεκάνης της λίμνης Κάρλας. Η ειδοποιός διάφορα των δυο συστημάτων εντοπίζεται στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους. Στη λεκάνη του Σπερχειού όλες οι ανάγκες για άρδευση εξυπηρετούνται από επιφανειακούς υδατικούς πόρους. Άρα στην ανάλυση της λεκάνης του Σπερχειού οι δείκτες που σχετίζονται με την κατανάλωση του νερού δεν έχουν την πλέον σημαντική βαρύτητα. Σκοπός είναι μια οικονομική αποτίμηση της περιοχής χωρίς βεβαία να παραμερίζεται το περιβαλλοντικό στοιχείο. Οι τιμές των παραμέτρων όπως κόστη σπορών, καύσιμα, κόστος λιπασμάτων, κόστος φυτοφαρμάκων και επιδοτήσεις λήφθηκαν από τους Τεχνοοικονομικούς Δείκτες της περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας, ενώ δεδομένα για τη χρήση λιπασμάτων, σπορών και φυτοφαρμάκων λήφθηκαν από εμπειρικές αναλύσεις των γεωπόνων της Διεύθυνσης Γεωργίας Φθιώτιδος τα οποία διασταυρώθηκαν με πληροφορίες από την Ένωση Γεωργικών Συνεταιρισμών Φθιώτιδος. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται παρακάτω αφορούν αρχικά την υψηλή περιοχή της λεκάνης του Σπερχειού. Η επιλογή αυτή έγινε διότι οι περισσότερες καλλιεργήσιμες εκτάσεις ανήκουν στην υψηλή περιοχή.



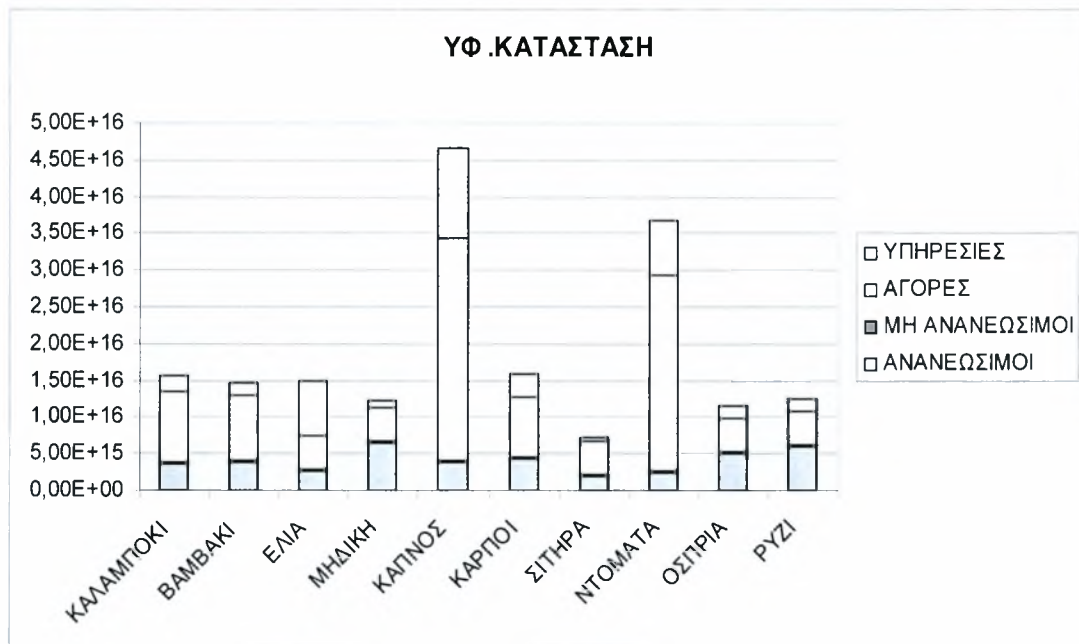
Σχήμα 5.2.2 Απόδοση energy στη γεωργική παράγωγη



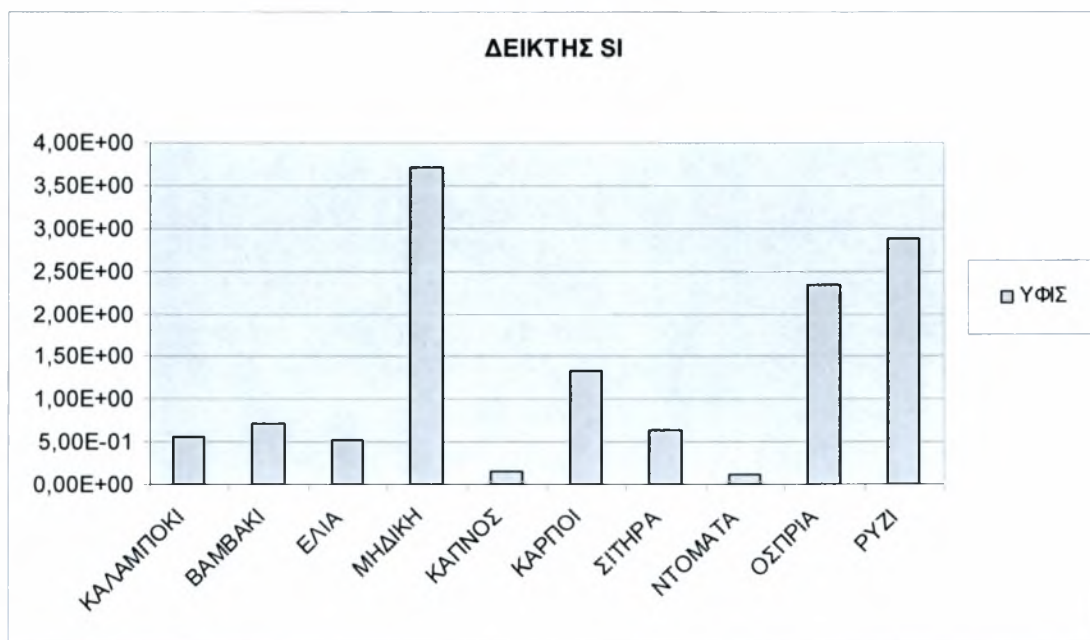
**Σχήμα 5.2.3** Οικονομική απόδοση καλλιεργειών

Στα προηγούμενα διαγράμματα φαίνεται η ολική απόδοση (Y) emergy του συστήματος αλλά και η οικονομική απόδοση των καλλιεργειών που σχετίζεται μονό με την παράγωγη και την επιδότηση της κάθε καλλιέργειας. Ο καπνός αποτελεί την πιο συμφέρουσα καλλιέργεια περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά, παρατηρώντας όμως καθολική οικονομική εξάρτηση από την επιδότηση όπως παρατηρούμε στα διαγράμματα. Εξάλλου, σχετικά ικανοποιητική απόδοση έχουμε και στις καλλιέργειες ντομάτας και καρπών με κέλυφος,. Τις χαμηλότερες αποδόσεις λαμβάνουμε από τις καλλιέργειες των σιτηρών και της μηδικής ενώ οι υπόλοιπες καλλιέργειες κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα. Μεγάλη είναι επίσης η οικονομική εξάρτηση από την επιδότηση και για τις καλλιέργειες βαμβακιού και ντομάτας. Τέλος, παρατηρείται όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα μεγάλη εξάρτηση από τις αγορές στην καλλιέργεια του καπνού και της ντομάτας, οι όποιες ενώ μας δίνουν το μεγαλύτερο οικονομικό κέρδος η παράγωγη τους απαιτεί και μεγάλη σχετικά επένδυση.





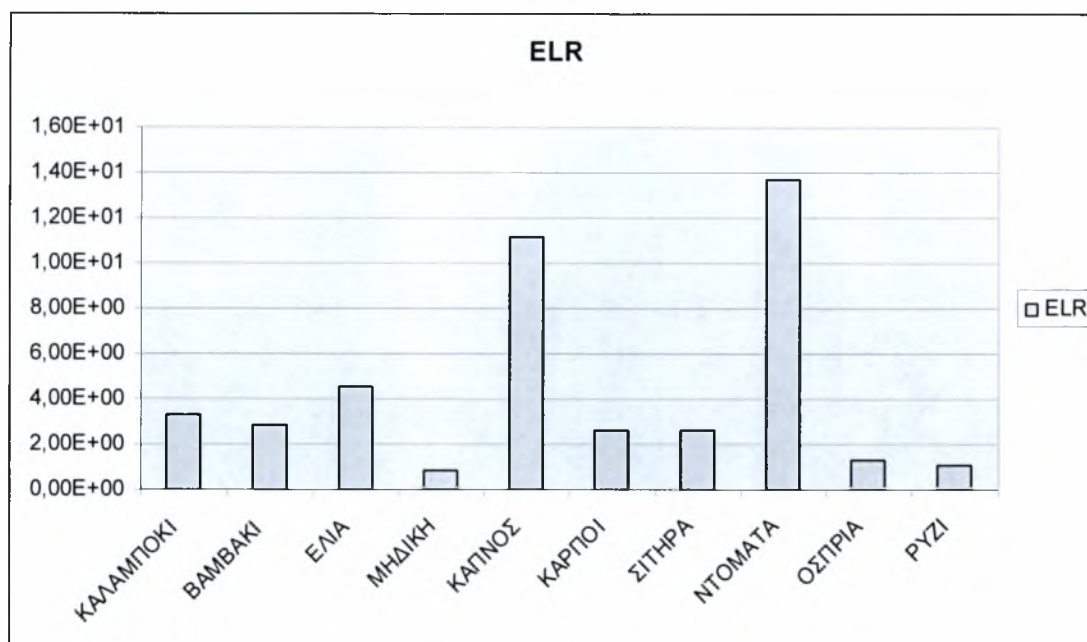
Σχήμα 5.2.4 Εισροές ανά καλλιέργεια



Σχήμα 5.2.5 Ολική χρήση emergy στη γεωργική παράγωγη

Ο δείκτης βιωσιμότητας SI υποδεικνύει τη μηδική ως την καλύτερη καλλιέργεια, η οποία αν και έχει μικρή απόδοση αξιολογείται ως πιο βιώσιμη λόγω των χαμηλών εισροών που απαιτεί η διεργασία γεωργικής παράγωγής της. Το αντίθετο ισχύει για την καλλιέργεια του καπνού, όπου ενώ έχει την υψηλότερη οικονομική απόδοση, οι εισροές

που καταναλώνονται τον χαρακτηρίζουν ως τη λιγότερο βιώσιμη καλλιέργεια. Για τον ίδιο λόγο και η ντομάτα κρίνεται ως μη βιώσιμη, εν αντιθέσει με τις καλλιέργειες όσπριων και ρυζιού που δείχνουν υψηλό SI. Τα παραπάνω συμπεράσματα επαληθεύονται και από τον δείκτη ELR, ο οποίος αποτελεί μετρώ τον πίεσεων που ασκούνται στο τοπικό περιβαλλοντικό σύστημα, και παίρνει πολύ μεγαλύτερη τιμή για τις καλλιέργειες ντομάτας και καπνού συγκριτικά με τις υπόλοιπες καλλιέργειες.

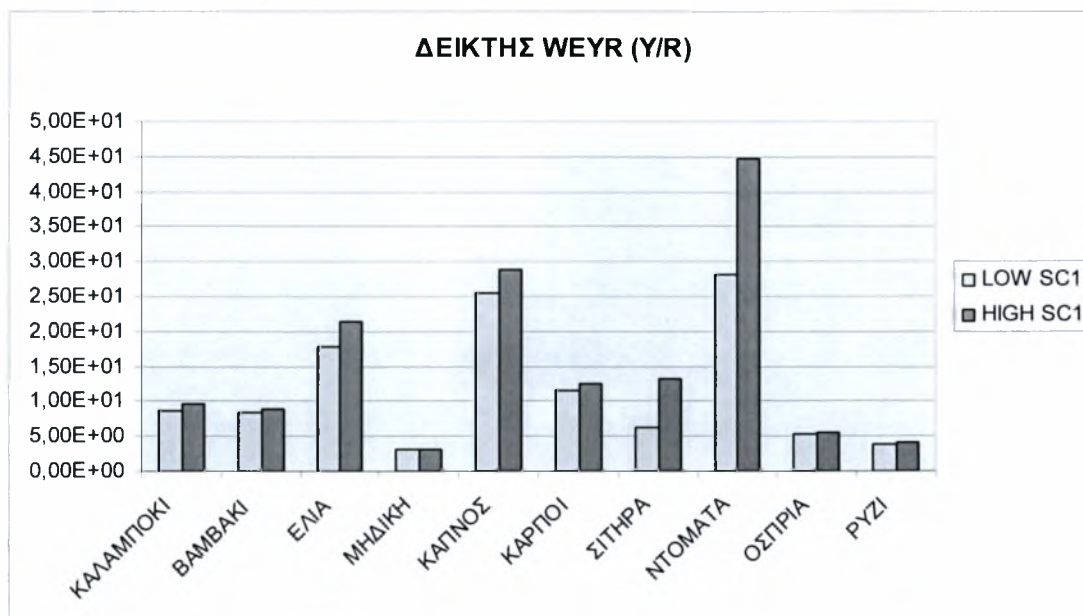


Σχήμα 5.2.6 Ολική χρήση emergy στη γεωργική παράγωγή

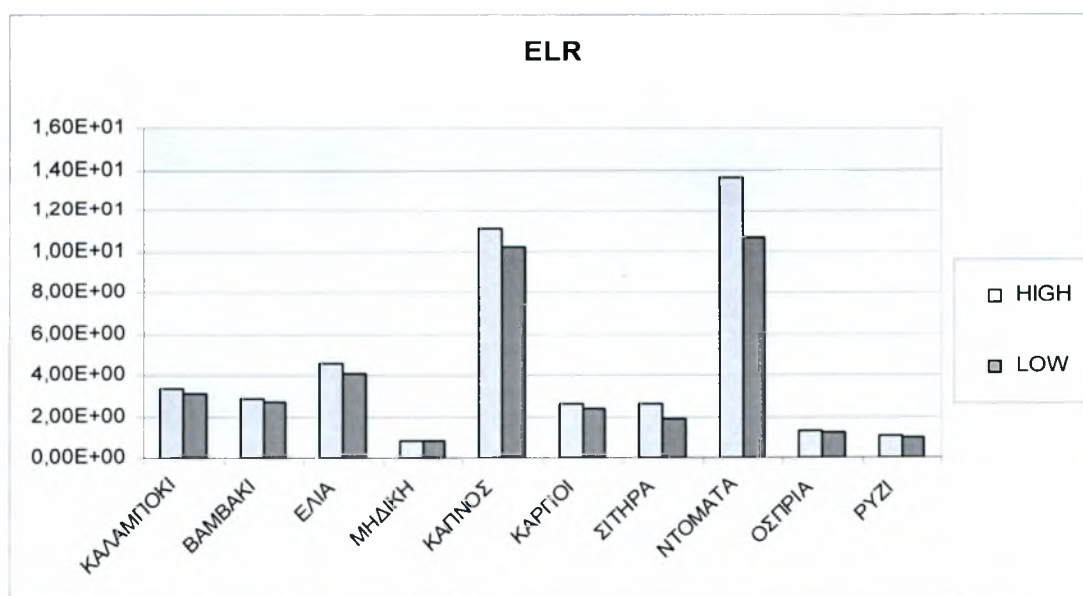
Πίνακας 5.2.2 Δείκτες emergy στη γεωργική παράγωγή

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	WEYR= Y/R	EYR= Y/(F+S)	NED= N+F+S	ELR= (N+F+S)/R	EIR= F/(R+N)	SI= EYR/ELR	T
ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	9,52	1,84	1,20E+16	3,31	2,52	0,56	8,17E+04
ΒΑΜΒΑΚΙ	8,98	2,06	1,08E+16	2,86	2,22	0,72	3,00E+05
ΕΛΙΑ	21,36	2,39	1,22E+16	4,53	1,58	0,53	3,89E+05
ΜΗΔΙΚΗ	3,20	3,14	5,60E+15	0,85	0,65	3,71	6,92E+04
ΚΑΠΝΟΣ	28,93	1,70	4,28E+16	11,12	7,39	0,15	9,06E+05
ΚΑΡΠΟΙ	12,59	3,46	1,14E+16	2,58	1,76	1,34	5,11E+05
ΣΙΤΗΡΑ	13,13	1,70	5,29E+15	2,64	2,02	0,64	1,99E+05
ΝΤΟΜΑΤΑ	44,79	1,53	3,43E+16	13,66	9,69	0,11	3,57E+04
ΟΣΠΡΙΑ	5,55	3,13	6,63E+15	1,34	0,89	2,33	3,15E+05
ΡΥΖΙ	4,17	3,10	6,50E+15	1,08	0,73	2,87	1,31E+05

Όσων αφορά την σύγκριση χαμηλής – υψηλής υπολεκανής η βασική διάφορα εντοπίζεται στους ανανεώσιμους πόρους η οποία σχετίζεται με την ποσότητα του νερού που αρδεύεται. Στην χαμηλή υπολήψανε αρδεύεται περισσότερο νερό και το γεγονός αυτό προκαλεί μια ελαφρά αυξομείωση στους δείκτες. Συμπερασματικά, ο δείκτης WEYR(Y/R) είναι μεγαλύτερος για την υψηλή περιοχή όπως και ο δείκτης ELR ((N+F+S)/R).

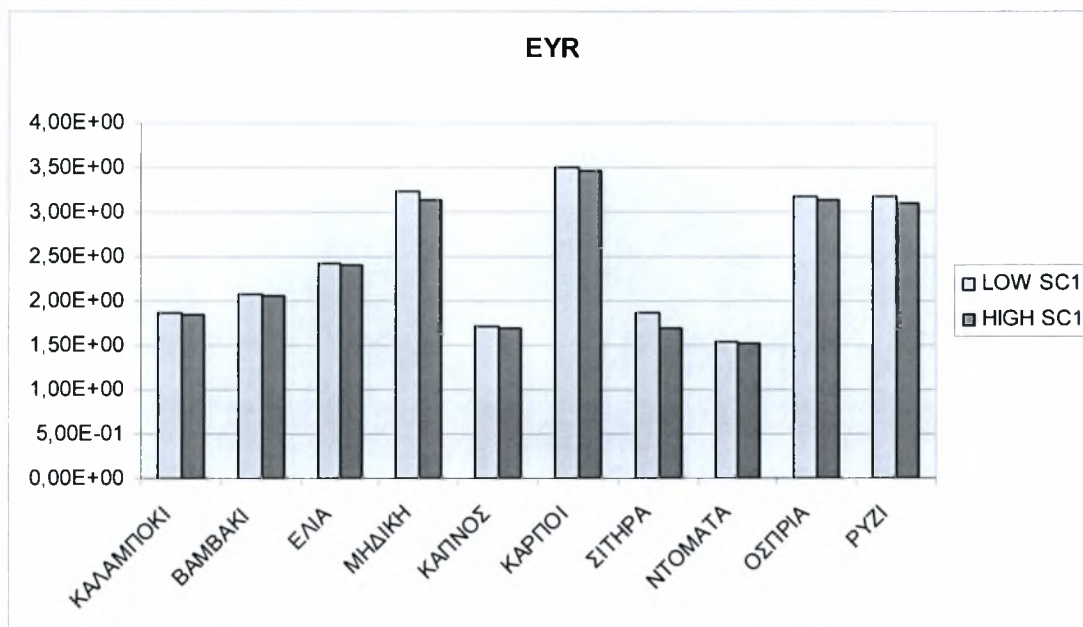


Σχήμα 5.2.7 Σύγκριση υψηλής-χαμηλής περιοχής

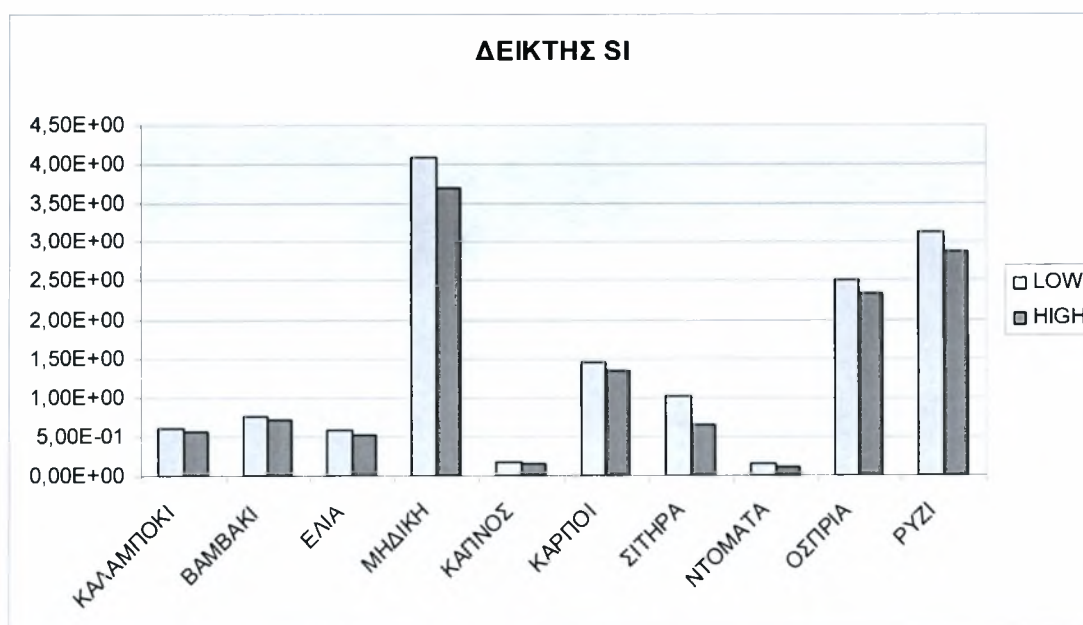


Σχήμα 5.2.8 Σύγκριση υψηλής-χαμηλής περιοχής

Στον δείκτη EYR παρατηρείται μια μηδαμινή διάφορα με την χαμηλή περιοχή να εμφανίζει οριακά μεγαλύτερες τιμές, οι οποίες όμως σε συνδυασμό με τις μικρότερες τιμές της υποδεκανείς στον δείκτη ELR υποδεικνύουν πιο βιώσιμες καλλιέργειες για την χαμηλή υπολήψανε συμφωνά με δείκτη SI.



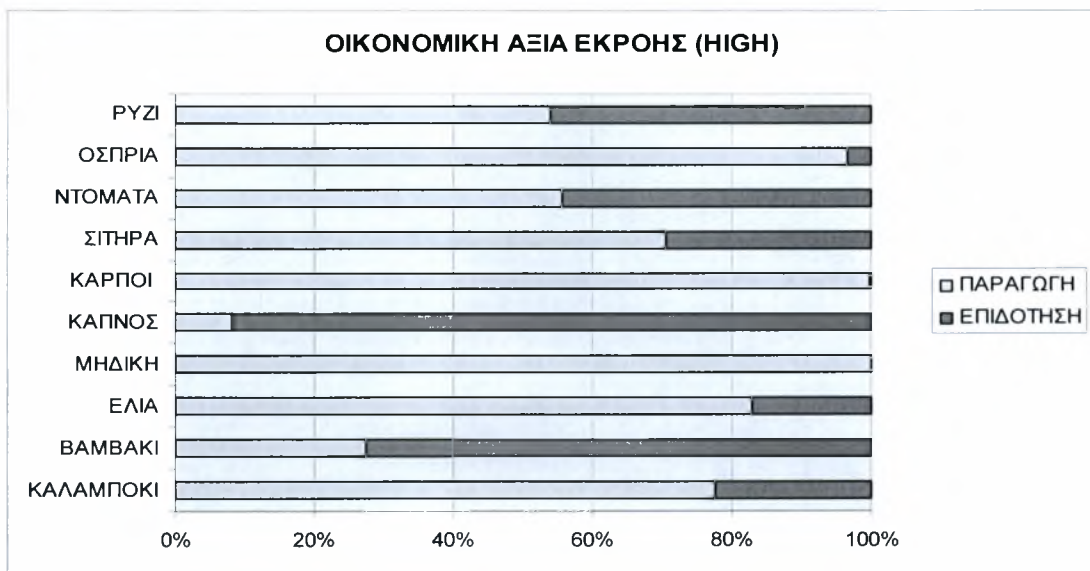
Σχήμα 5.2.9 Σύγκριση υψηλής-χαμηλής περιοχής



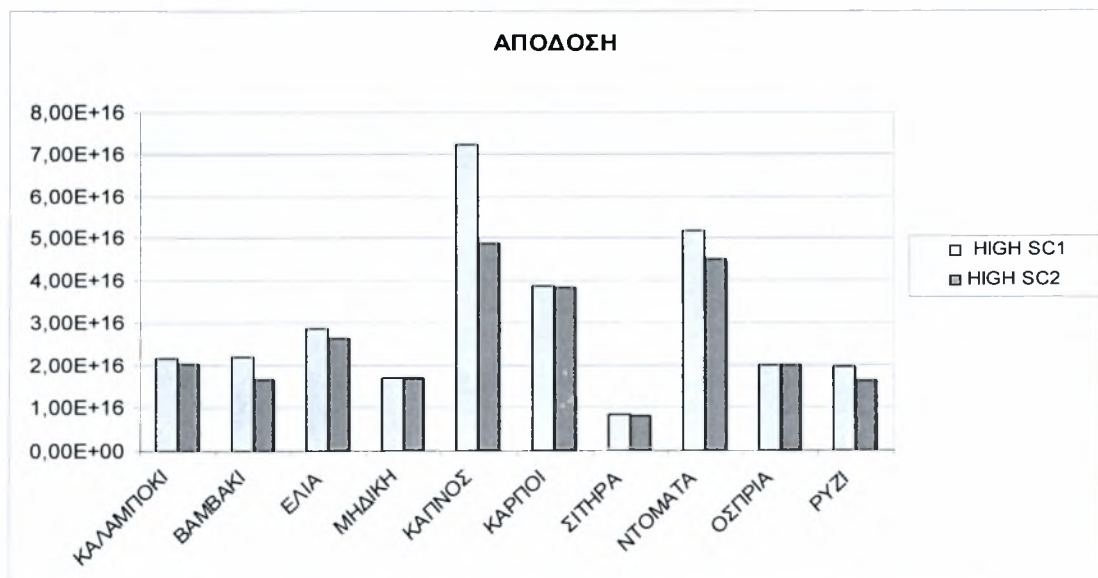
Σχήμα 5.2.10 Σύγκριση υψηλής-χαμηλής περιοχής

5.2.3 Σενάριο 2<sup>ο</sup> : Μηδενισμός επιδοτήσεων

Η οικονομική εξάρτηση των περισσότερων καλλιεργειών στη λεκάνη του Σπερχειού είναι μια σημαντική παράμετρος για την συνολική μελέτη της περιοχής. Σε ορισμένες καλλιέργειες δε η επιδότηση παίζει τόσο μεγάλο ρολό ώστε ο μηδενισμός της σε αυτό το εναλλακτικό σενάριο να επηρεάζει σημαντικά και την ολική απόδοση energy της καλλιέργειας. Τα παρακάτω σχήματα αντικατοπτρίζουν πλήρως τη δεδομένη κατάσταση.



Σχήμα 5.2.11 Οικονομική απόδοση καλλιεργειών



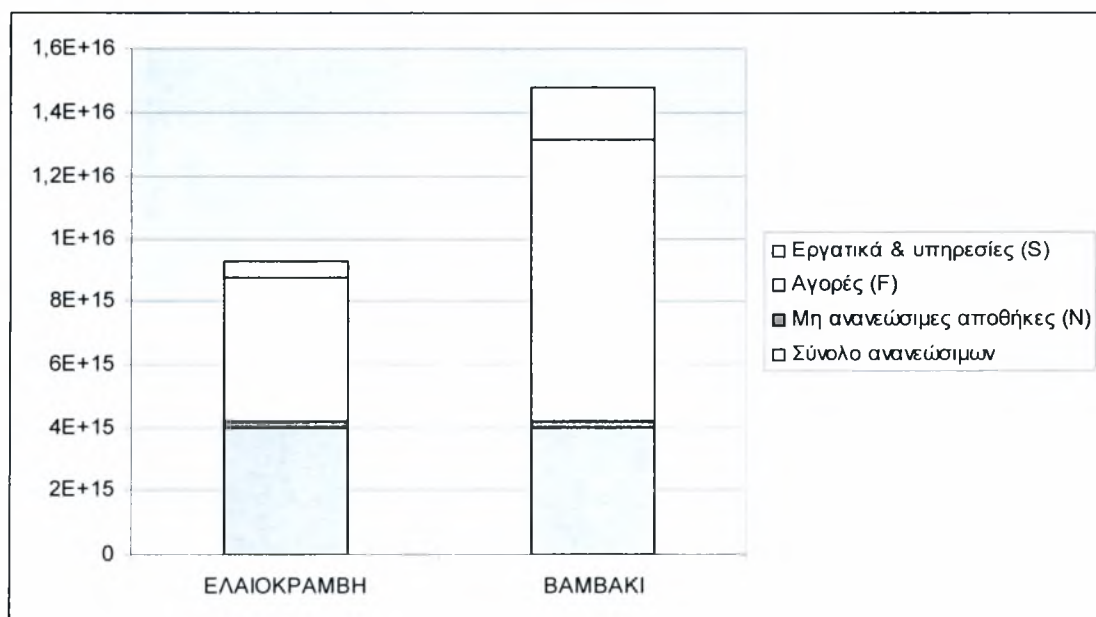
Σχήμα 5.2.12 Απόδοση Energy των καλλιεργειών



Στα παραπάνω σχήματα παρατηρούμε ότι ο ενδεχόμενος μηδενισμός των επιδοτήσεων κάνει την παραγωγή του καπνού εξαιρετικά ασύμφορη οικονομικά και σε συνδυασμό με το περιβαλλοντικό φορτίο που απαιτεί η καλλιέργεια πρακτικά ζημιογόνα . Επίσης το βαμβάκι δεδομένου το ότι η αγοραστική αξία του προϊόντος είναι χαμηλή επηρεάζεται σημαντικά καθώς το 72 %της οικονομικής του εκροής προέρχεται από την επιδότηση αλλά και η καλλιέργεια της ντομάτας που το αντίστοιχο ποσοστό φτάνει το 45 %. Οι μοναδικές καλλιέργειες που δεν επηρεάζονται είναι τα όσπρια και οι καρποί με κέλυφος (εξαιρείται φυσικά η μηδική που δεν επιδοτείται )

#### 5.2.4 Σενάριο 3<sup>ο</sup> : Αναδιάρθρωση καλλιεργειών

Το 3<sup>ο</sup> σενάριο προτείνει την αντικατάσταση της καλλιέργειας του βαμβακιού σε όλη της την έκταση με ενεργειακή καλλιέργεια και συγκεκριμένα ελαιοκράμβης. Η σύγκριση των δυο καλλιεργειών είναι πιο αντιπροσωπευτική στη χαμηλή περιοχή καθώς εκεί βρίσκονται όλες σχεδόν οι εκτάσεις καλλιέργειας βαμβακιού(9640 km<sup>2</sup> έναντι 151 km<sup>2</sup> στην υψηλή περιοχή). Από το παρακάτω σχήμα φαίνεται ότι η καλλιέργεια ελαιοκράμβης απαιτεί σημαντικά μικρότερη ποσότητα εισροών για την παράγωγή της.



Σχήμα 5.2.13 Εισροές στην καλλιέργεια



Στον δείκτη WEYR παρατηρείται διάφορα υπέρ του βαμβακιού στη σύγκριση ελαιοκράμβης και βαμβακιού. Αυτό συμβαίνει διότι η ελαιοκράμβη έχει χαμηλότερη οικονομική απόδοση ενώ η διεργασία παράγωγής της απαιτεί την ίδια κατανάλωση ανανεώσιμων αλλά όπως φαίνεται από του δείκτες ELR και NED η διάφορα στους υπόλοιπους πόρους είναι μεγάλη. Στο δείκτη EYR που συσχετίζει την απόδοση με τις αγορές και εργατικά η διάφορα είναι μικρή. Τέλος, ο δείκτης βιωσιμότητας είναι πολύ μεγαλύτερος για την ελαιοκράμβη όπου για το βαμβάκι δεν ξεπερνά την κρίσιμη τιμή 1 ενώ ο δείκτης T υποδεικνύει ότι η ελαιοκράμβη παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερες επιδόσεις.

**Πίνακας 5.2.3** Δείκτες emergy στη χαμηλή περιοχή

<b>Emergy δείκτες</b>	<b>ΒΑΜΒΑΚΙ</b>	<b>ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗ</b>
WEYR=Y/R(νερό)	8,42	4,18
EYR = Y/(F+S)	2,08	2,16
NED=N+F+S	1,08E+16	5,29E+15
ELR=(N+F+S)/R	2,73	1,34
EIR=F/(R+N)	2,13	1,08
SI=EYR/ELR	0,76	1,61
Em Density	1,313E+16	8,731E+15
crop transformity (sej/J)	3,04E+05	1,97E+05
crop transformity (€/J)	0,49	0,18

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>

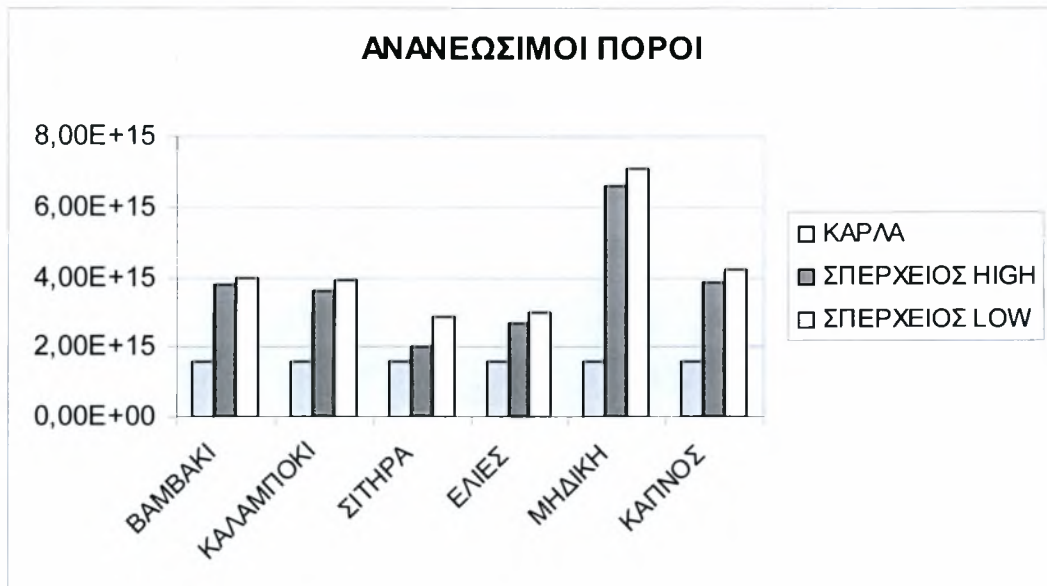
### ΣΥΓΚΡΙΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μέθοδος emergy μας δίνει τη δυνατότητα να συγκρίνουμε τη βιωσιμότητα των δυο λεκανών, της λίμνης Κάρλας και του Σπερχειού ποταμού, και αξιολογήσουμε την εσωτερική λειτουργία τους. Άλλωστε, η βασική αρχή της μεθόδου είναι ότι τα οικονομικά και οικολογικά συστήματα μπορούν να περιγράφουν από ένα κοινό θερμοδυναμική πλαίσιο όπου όλα τα μέρη τους δύναται να αποτιμηθούν ποσοτικά από την ίδια μονάδα. Η σύγκριση των δυο λεκανών μελέτης έγινε στις κοινές καλλιέργειες που υφίστανται στις εκτάσεις τους. Η καλλιέργειες αυτές είναι : το βαμβάκι, ο αραβόσιτος, οι ελιές, ο καπνός, τα σιτηρά και η μηδική. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων έγινε ανά εναλλακτικό σενάριο.

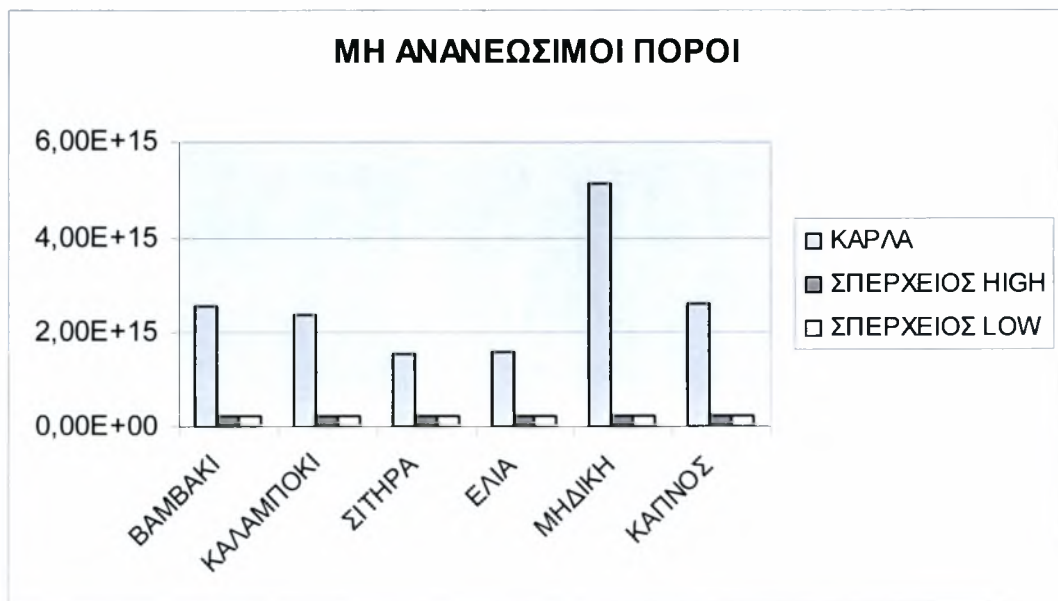
#### 6.1 ΣΕΝΑΡΙΟ 1<sup>ο</sup> : ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Στην υφιστάμενη κατάσταση ενδιαφέρον καταρχήν παρουσιάζουν οι εισροές των καλλιεργειών σε κάθε λεκάνη. Τα συγκριτικά αποτελέσματα αντικατοπτρίζουν πλήρως την κατάσταση που επικρατεί στις λεκάνες της μελέτης ως προς την εσωτερική λειτουργία των οικοσυστημάτων τους. Στα σχήματα 6.1.1 και 6.1.2 παρατηρούμε στη σύγκριση ανά κάθε ομάδα πόρων, ότι ενώ στη λεκάνη της λίμνης Κάρλας η χρήση των ανανεώσιμων πόρων είναι μικρή, έχοντας την ίδια τιμή για κάθε καλλιέργεια, στη λεκάνη του Σπερχειού οι καλλιέργειες στηρίζονται στη συγκεκριμένη ομάδα. Αντίστροφα είναι τα αποτελέσματα για τους μη ανανεώσιμους πόρους όπου η διαφορές ανά καλλιέργειες είναι εμφανείς. Και στις δυο περιπτώσεις η αίτια είναι οι διαθεσιμότητα των επιφανειακών υδάτων για

άρδευση, όπου στην Κάρλα είναι πολύ περιορισμένη τη στιγμή που η άρδευση στη λεκάνη του Σπερχειού εξυπηρετείται αποκλειστικά από επιφανειακούς υδατικούς πόρους.

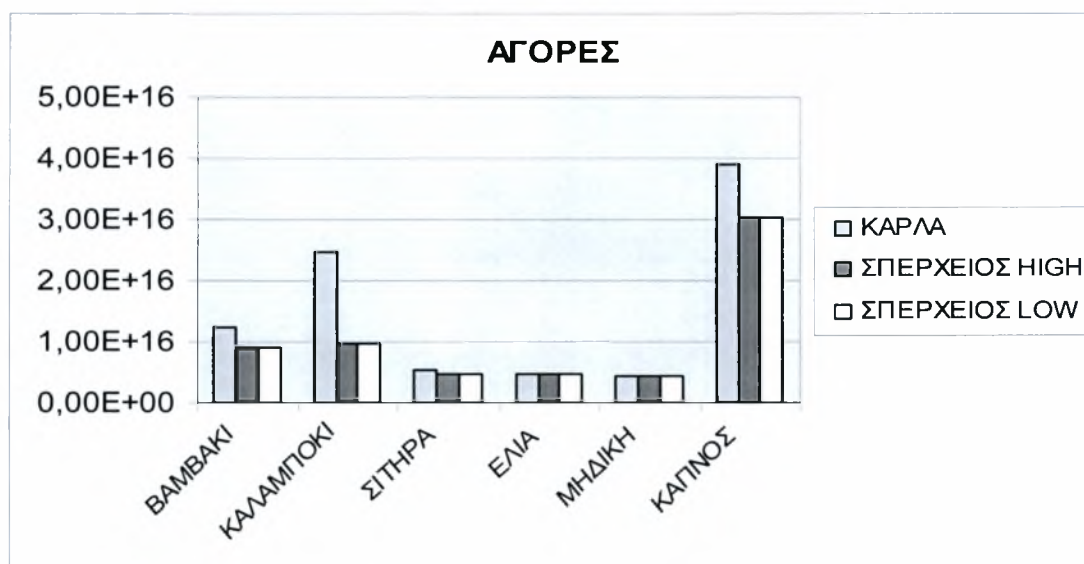


Σχήμα 6.1.1 Συγκριτικό διάγραμμα εισροών

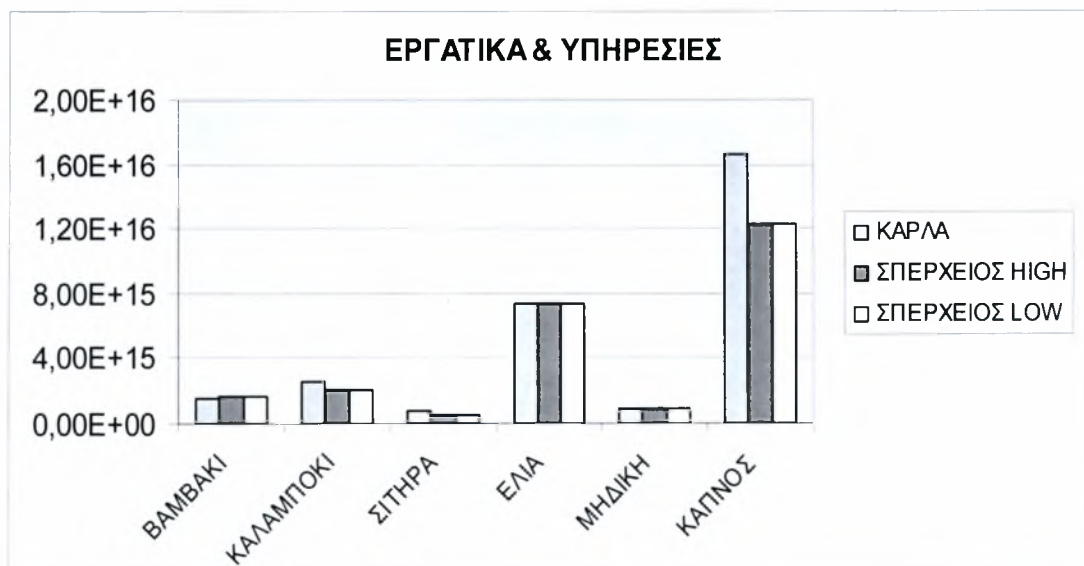


Σχήμα 6.1.2 Συγκριτικό διάγραμμα εισροών

Στα σχήματα 6.1.3 και 6.1.4 δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές εκτός από την καλλιέργεια του καπνού όπου οι αγορές (F) αλλά και τα εργατικά (S) έχουν υψηλότερες τιμές για την λεκάνη της λίμνης Κάρλας. Επιπλέον, οι αγορές για το καλαμπόκι στην Κάρλα είναι πολλαπλάσιες των αντιστοιχών στη λεκάνη του Σπερχειού. Εξάλλου, για τη χαμηλή και την υψηλή περιοχή της λεκάνης του Σπερχειού οι διαφορές είναι μηδενικές εκτός από την ομάδα των ανανεώσιμων πόρων όπου αρδεύεται περισσότερο νερό στην χαμηλή περιοχή προκαλώντας μια μικρή μεταβολή επί του συνόλου(σχήμα 6.1.1).

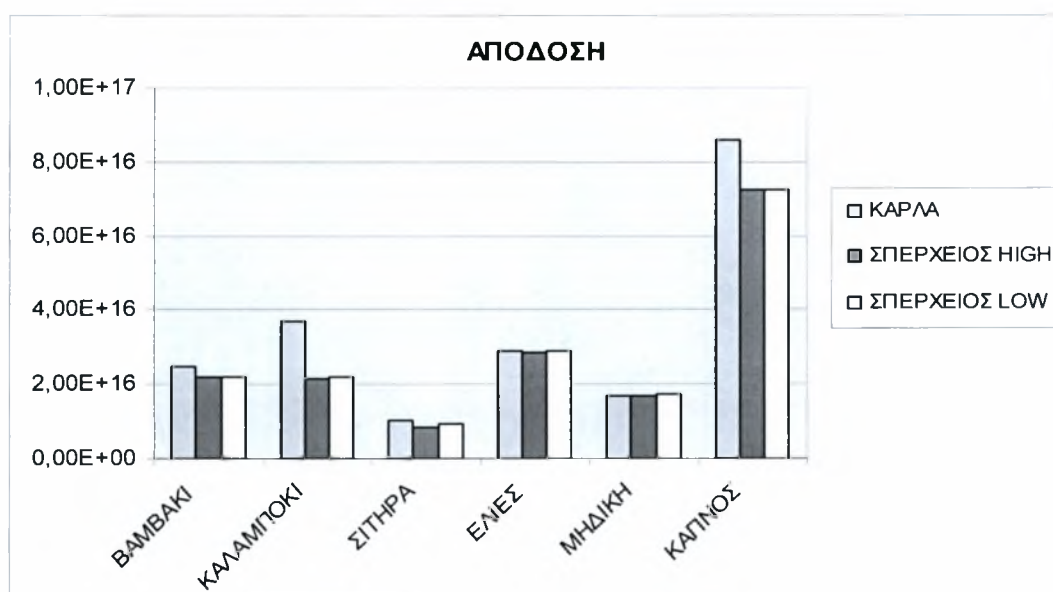


Σχήμα 6.1.3 Συγκριτικό διάγραμμα εισροών



Σχήμα 6.1.4 Συγκριτικό διάγραμμα εισροών

Σχετικά με την απόδοση των καλλιεργειών τα αποτελέσματα είναι ανάλογα με αυτά των εισροών καθώς στην απόδοση energy μιας καλλιέργειας λαμβάνεται ειπούν το σύνολο των πόρων που απαιτεί η γεωργική διεργασία της. Από την άλλη πλευρά, στην οικονομική απόδοση τα αποτελέσματα και για τις δυο λεκάνες είναι παρόμοια. Η καλλιέργεια του καπνού είναι η πιο προσοδοφόρα παρουσιάζοντας την υψηλότερη οικονομική εκροή ενώ ακολουθούν οι ελιές.

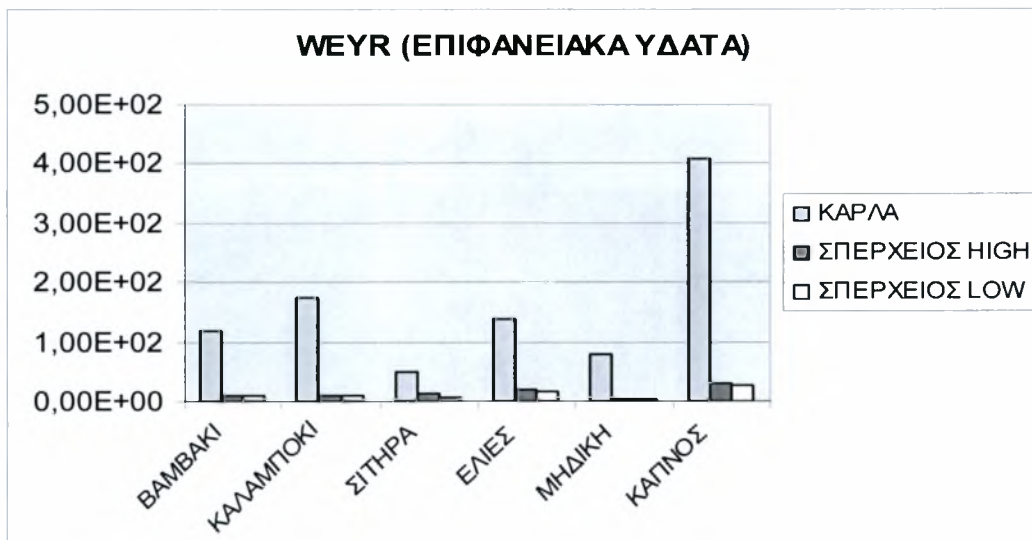


Σχήμα 6.1.5 Ολική χρήση energy

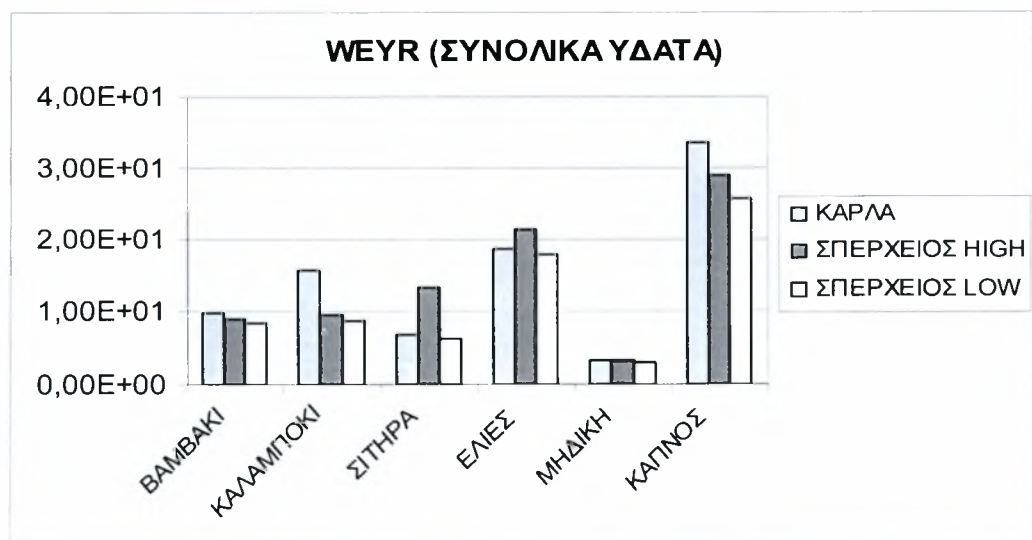


Σχήμα 6.1.6 Οικονομική απόδοση καλλιεργειών

Στο δείκτη WEYR η μοναδική δυνατή σύγκριση μεταξύ των δυο περιοχών μελέτης είναι σε επίπεδο συνολικών υδατικών πόρων που καταναλώνονται. Η μεγάλη διάφορα στο σχήμα 6.1.7 οφείλεται στην απουσία επιφανειακών υδάτων στη λεκάνη της λίμνης της Κάρλας. Αντίθετα, στο σχήμα 6.1.8 όπου σχετίζεται η απόδοση προς τα συνολικά ύδατα παρατηρείται μια ποικιλία στα συγκριτικά αποτελέσματα ανά καλλιέργεια. Στο βαμβάκι, το καλαμπόκι και τον καπνό οι καλλιέργειες των εκτάσεων της Κάρλας έχουν τον υψηλότερο WEYR. Στα σιτηρά και τις ελιές η διάφορα είναι υπέρ της λεκάνης του Σπερχειού αλλά μόνο για την υψηλή περιοχή. Τέλος στη μηδική παρουσιάζεται μια σχετική ισορροπία.



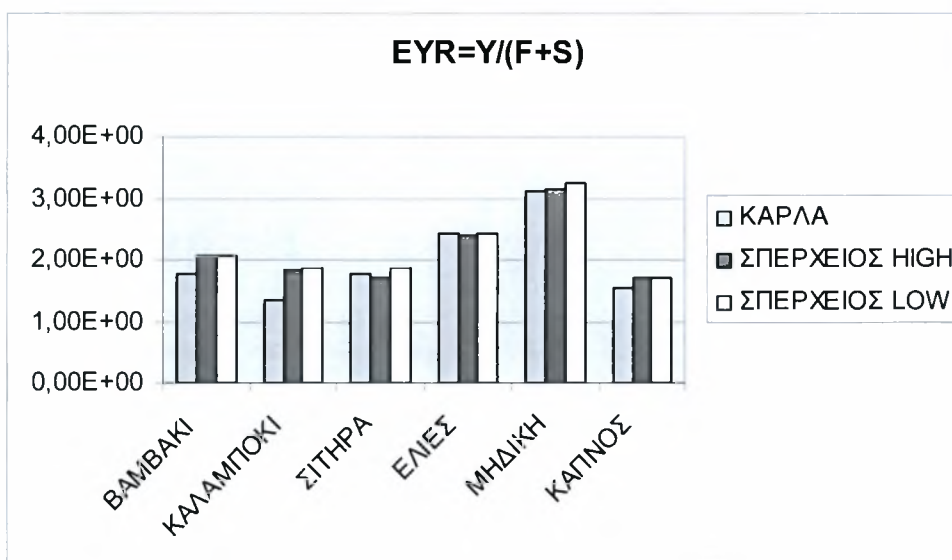
Σχήμα 6.1.7 Συγκριτικό διάγραμμα ολικής χρήσης emergy



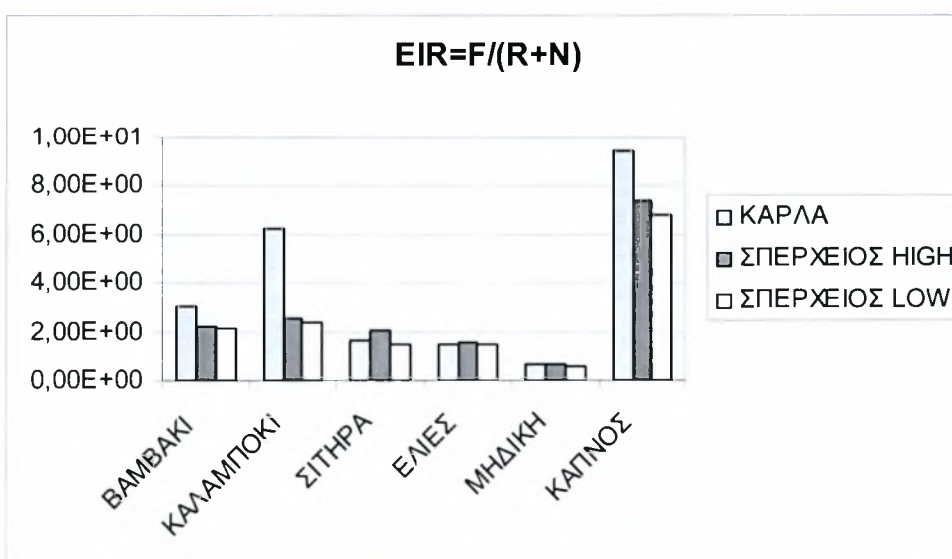
Σχήμα 6.1.8 Συγκριτικό διάγραμμα ολικής χρήσης emergy



Σε σχέση με την οικονομικά αποδοτικότερη χρήση οικονομικών πόρων και αγαθών, ο δείκτης EYR, υποδεικνύει μια μικρή υπέροχη των καλλιεργειών της λεκάνης του Σπερχειού με εξαίρεση τα σιτηρά. Όσον αφορά τον βαθμό που τα οικονομικά συστήματα έχουν επενδύσει σε πόρους εκτός συστήματος αναλογικά με τους δωρεάν πόρους, ο δείκτης EIR παρουσιάζει μια αυξητική τάση στη λεκάνη της λίμνης Κάρλας στις καλλιέργειες του βαμβακιού, του καλαμποκιού και του καπνού ενώ στις υπόλοιπες οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται περίπου στα ίδια επίπεδα.

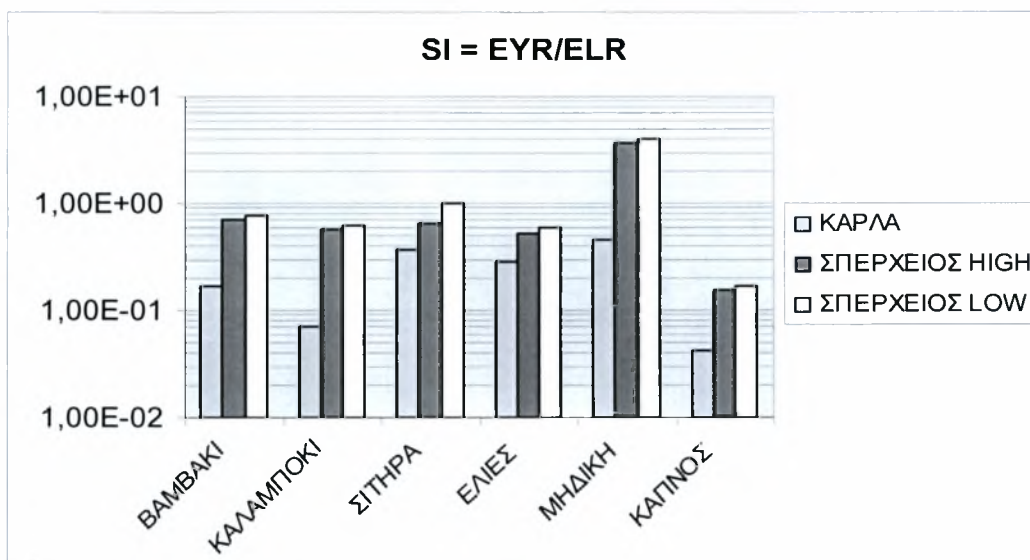


Σχήμα 6.1.9 Συγκριτικό διάγραμμα ολικής χρήσης energy

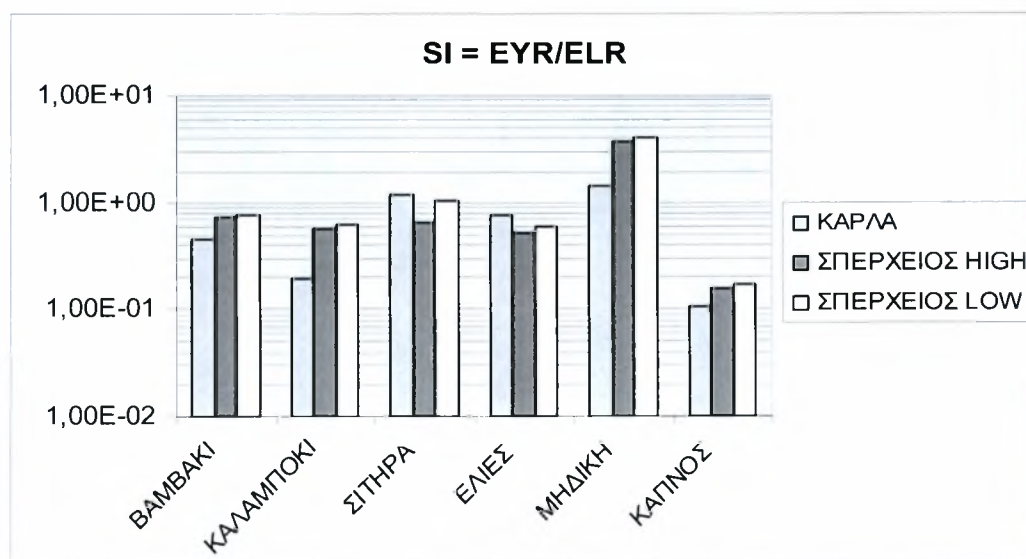


Σχήμα 6.1.10 Συγκριτικό διάγραμμα ολικής χρήσης energy

Τέλος στον δείκτη βιωσιμότητας, αποδεικνύεται ότι η κατασκευή του ταμιευτήρα στη λεκάνη της λίμνης της Κάρλας είναι επιτακτική ανάγκη για την ανακούφιση του περιβαλλοντικού φορτίου στην περιοχή και καταλύτης για τη βιωσιμότητα των καλλιεργειών. Ενδεικτικό είναι το γεγονός ότι ενώ στη λεκάνη του Σπερχειού υπάρχουν καλλιέργειες που ξεπερνούν την τιμή 1 (μηδική, σιτηρά) είτε φθίνουν κοντά στο όριο (βαμβάκι) στις καλλιέργειες της λεκάνης της λίμνης Κάρλας η υψηλότερη τιμή είναι μόλις 0,46 (μηδική). Τα σχήματα 6.1.11 και 6.1.12 δείχνουν την μεταβολή της σύγκρισης



Σχήμα 6.1.11 Συγκριτικό διάγραμμα ολικής χρήσης energy



Σχήμα 6.1.12 Συγκριτικό διάγραμμα ολικής χρήσης energy (Κατασκευή ταμιευτήρα λίμνης Κάρλας)

## 6.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 2<sup>ο</sup> : ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΣ ΕΠΙΔΟΤΗΣΕΩΝ

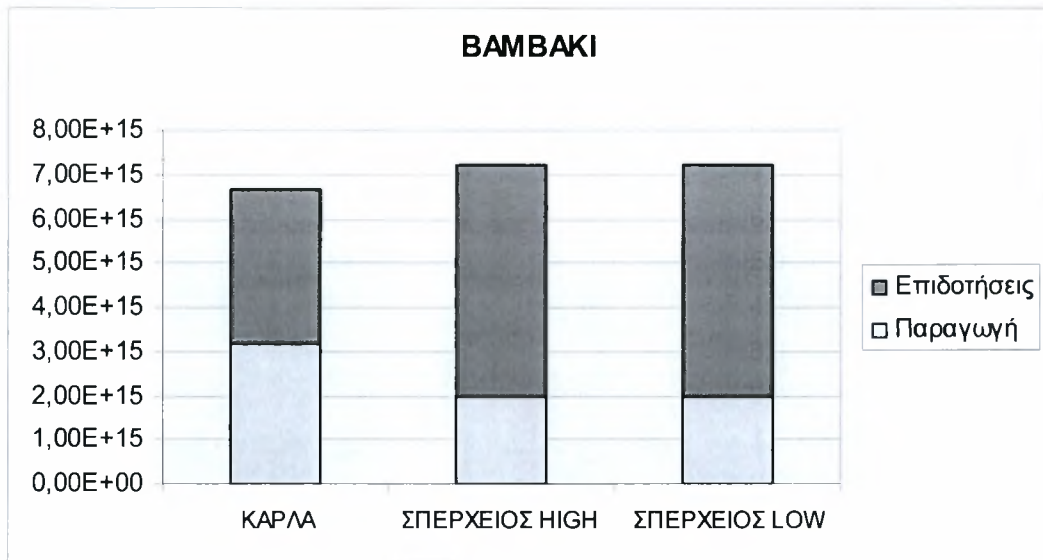
Το 2<sup>ο</sup> κοινό σενάριο περιλαμβάνει τον μηδενισμό των επιδοτήσεων για κάθε καλλιέργεια και των δυο περιοχών μελέτης. Σκοπός της διαμόρφωσης του συγκεκριμένου εναλλακτικού σεναρίου είναι η εξαγωγή σαφών συμπερασμάτων όσον αφορά το βαθμό βιωσιμότητας της κάθε καλλιέργειας, της παραγωγικότητας και απόδοση της ή της οικονομικής εξάρτησής της από την αντίστοιχη επιδότηση. Όπως παρατηρούμε και στα αποτελέσματα του 5<sup>ου</sup> κεφαλαίου η επιδότηση παίζει καθολικό ρολό στην οικονομική εκροή των καλλιεργειών του άπονου και του βαμβακιού. Στο σχήμα 6.2.1 όμως βλέπουμε ότι ο βαθμός εξάρτησης είναι διαφορετικός για την κάθε περιοχή μελέτης καθώς και οι δυο καλλιέργειες παρουσιάζουν μεγαλύτερη παράγωγή στη λεκάνη της λίμνης Κάρλας όπου στον καπνό δε είναι πολλαπλάσια της αντίστοιχης στη λεκάνη του Σπερχειού. Από την άλλη πλευρά η συνολική οικονομική εκροή δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές όπως είδαμε στο σχήμα 6.1.6 της προηγούμενης παραγράφου



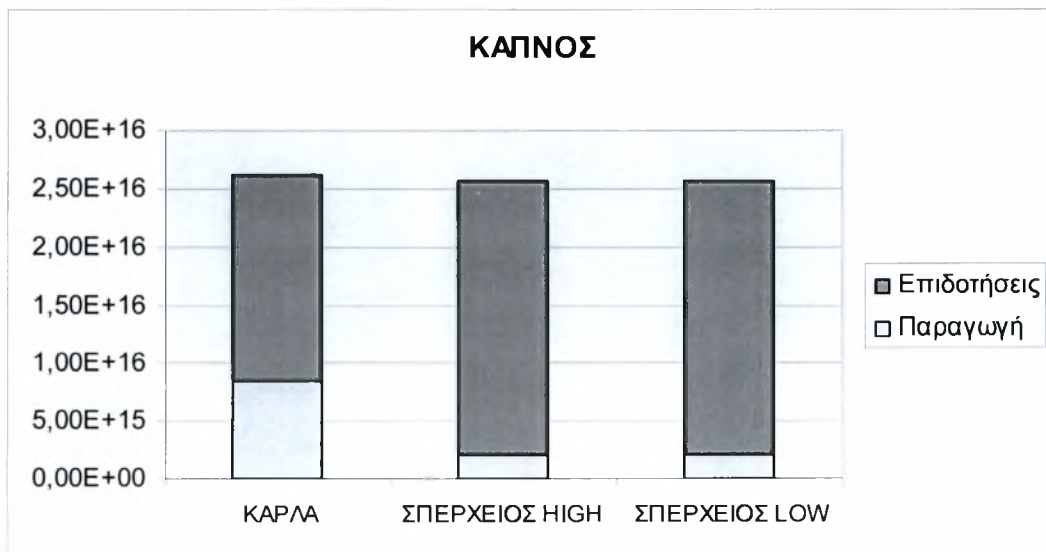
Σχήμα 6.2.1 Γεωργική παράγωγή καλλιεργειών

Κρίθηκε σκόπιμο λοιπόν να εξετάσουν οι δυο συγκεκριμένες καλλιέργειες σχετικά με τις πηγές οικονομικής εκροής ανά περιοχή μελέτης. Όπως θα συμπεράνουμε, στην καλλιέργεια βαμβακιού ενώ η παράγωγή στη λεκάνη της λίμνης της Κάρλας είναι εμφανώς μεγαλύτερη, στη λεκάνη του Σπερχειού ποτάμου η συνολική οικονομική απόδοση της καλλιέργειας είναι υψηλότερη λόγω της αντίστοιχα υψηλότερης επιδότησης.

Στον καπνό δε, ενώ η παράγωγη στη λεκάνη της λίμνης της Κάρλας είναι τριπλάσια, η συνολική οικονομική απόδοση είναι περίπου ίδια για τις περιοχές μελέτης,



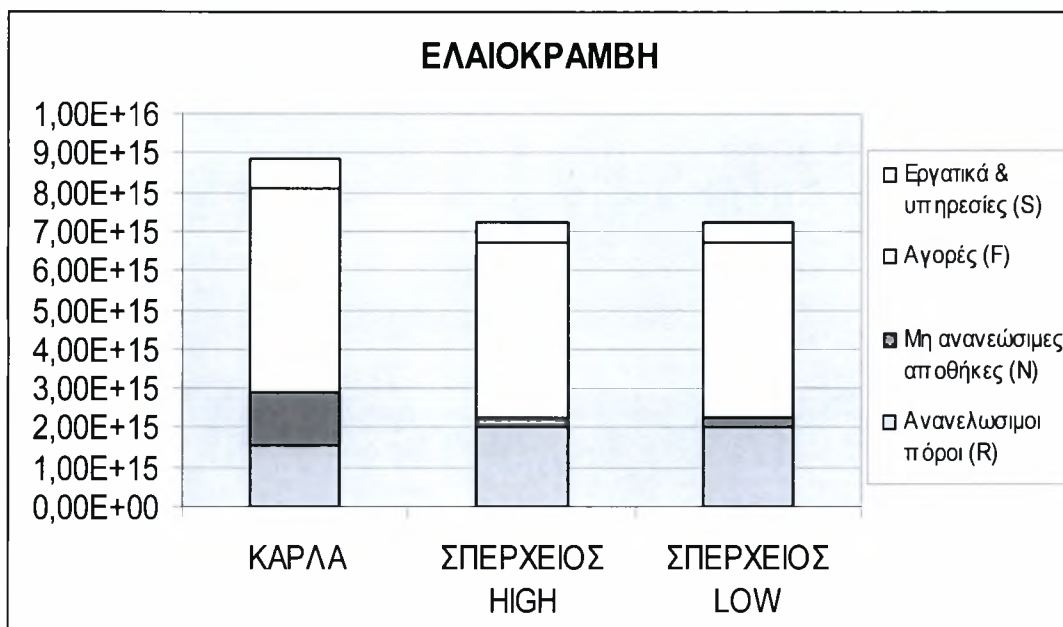
Σχήμα 6.2.2 Οικονομική απόδοση καλλιεργειών



Σχήμα 6.2.3 Οικονομική απόδοση καλλιεργειών

### 6.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 3<sup>ο</sup> : ΑΝΑΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Το 4<sup>ο</sup> σενάριο είχε ως αντικείμενο την εισαγωγή των ενεργειακών καλλιεργειών στη γεωργική παραγωγική διαδικασία . Συγκεκριμένα η βασική παραδοχή του σεναρίου ήταν η αντικατάσταση της παράγωγης βαμβακιού από την ενεργειακή καλλιέργεια ελαιοκράμβης. Στο σχήμα 6.3.1 φαίνονται οι εισροές της καλλιέργειας της ελαιοκράμβης ανά περιοχή μελέτης.



**Σχήμα 6.3.1** Συγκριτικό διάγραμμα εισροών

Η σύγκριση των δεικτών για την καλλιέργεια της ελαιοκράμβης παρουσιάζεται στον πίνακα 6.3.1. Η χρήση υπόγειων υδάτων για τις αρδευτικές ανάγκες δημιουργεί υψηλότερο δείκτη NED και ELR για την καλλιέργεια ελαιοκράμβης στη λεκάνη της λίμνης Κάρλας. Όπως είναι φυσικό οι καλλιέργειες στη λεκάνη του Σπερχειού παρουσιάζουν υψηλότερο δείκτη βιωσιμότητας και μικρότερες τιμές στο συντελεστή μετατροπής T, δηλαδή υψηλότερες επιδόσεις.

Πίνακας 6.3.1. Δείκτες emergy ανά περιοχή μελέτης

Emergy δείκτες	ΚΑΡΛΑ	ΣΠΕΡΧΕΙΟΣ HIGH	ΣΠΕΡΧΕΙΟΣ LOW
WEYR=Y/R(ΕΠΙΦ. ΝΕΡΟ)	4,99E+01	1,36E+01	4,18E+00
WEYR=Y/R(ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ)	9,56E+00	-	-
WEYR=Y/R(ΣΥΝ. ΝΕΡΟ)	8,02E+00	-	-
EYR = Y/(F+S)	1,77E+00	1,78E+00	2,16E+00
NED=N+F+S	7,26E+15	5,23E+15	5,29E+15
ELR=(N+F+S)/R	4,66E+00	2,61E+00	1,34E+00
EIR=F/(R+N)	1,80E+00	1,99E+00	1,08E+00
EIR_N=F/N	3,89E+00	-	-
SI=EYR/ELR	3,79E-01	6,82E-01	1,61E+00
Empower Density	8,09E+15	6,71E+15	8,73E+15
T (sej/j)	1,87E+05	1,54E+05	1,97E+05
T (€/J)	1,86E-01	2,27E-01	1,78E-01

#### 6.4 ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση σχετικά με τους πόρους που καταναλώνονται στις δυο περιοχές μελέτης έδειξε ότι η λεκάνη της λίμνης Κάρλας στηρίζεται περισσότερο σε μη ανανεώσιμους πόρους, η χρήση των οπίων προκαλεί μεγάλο περιβαλλοντικό φορτίο και επηρεάζει αρνητικά τη βιωσιμότητα των καλλιεργειών στην έκταση της. Από την άλλη πλευρά, οι καλλιέργειες της λεκάνης του Σπερχειού πόταμου καταναλώνουν ανανεώσιμους πόρους χωρίς όμως η βιωσιμότητα τους να αποτελεί κανόνα για όλες τις καλλιέργειες. Στον δείκτη βιωσιμότητας, αποδεικνύεται ότι η κατασκευή του ταμιευτήρα στη λεκάνη της λίμνης της Κάρλας είναι επιτακτική ανάγκη για την ανακούφιση του περιβαλλοντικού φορτίου στην περιοχή και καταλύτης για τη βιωσιμότητα των καλλιεργειών. Επιπλέον, οι αγορές και οι υπηρεσίες κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα για τα δυο συστήματα με εξαίρεση τις καλλιέργειες του καλαμποκιού και του καπνού, οι οποίες παρουσιάζουν υψηλότερη κατανάλωση των συγκεκριμένων πόρων στη λεκάνη της λίμνης Κάρλας. Εξάλλου, οι τιμές των επιδοτήσεων είναι υψηλότερες για τη λεκάνη του Σπερχειού ενώ η παραγωγικότητα για τη λεκάνη της Κάρλας.



Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα της ανάλυσης δίνουν μια σαφή εικόνα της προσφοράς της κάθε καλλιέργειας στο κοινωνικό σύνολο. Με γνώμονα την μεγιστοποίηση των οικονομικών οφελών και την ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικών φορτίων εξάγονται ασφαλή συμπεράσματα για τις δυνατότητες των καλλιεργειών να ανταποκριθούν σε αυτό το σκοπό.

Αναλυτικότερα, η καλλιέργεια του καπνού παρουσιάζει μηδαμινό δείκτη βιωσιμότητας καθώς καταναλώνει μεγάλη ποσότητα πόρων (έχει πολλαπλάσιες τιμές στα οικονομικά αγαθά και στις υπηρεσίες) ενώ αν και η οικονομική εκροή είναι ικανοποιητική, εντούτοις στηρίζεται στην επιδότηση σε καθολικό βαθμό(πάνω από 90% για τη λεκάνη του Σπερχειού και 65% για την αντίστοιχη της Κάρλας). Σε περίπτωση μηδενισμού της επιδότησης η καλλιέργεια του καπνού θα απαιτεί μεγάλη οικονομική επένδυση με ελαχίστη οικονομική απόδοση. Κάτι αντίστοιχο ισχύει και για την καλλιέργεια βαμβακιού όπου η κατανάλωση του νερού είναι υψηλή και το ποσοστό της επιδότησης φτάνει το 52% για την λεκάνη της Κάρλας και το 73% για τη λεκάνη του Σπερχειού. Ακόμη, ασύμφορη χαρακτηρίζεται και η γεωργική παράγωγη του καλαμποκιού διότι κυμαίνεται σε υψηλή επίπεδα κατανάλωσης σε κάθε ομάδα πόρων ενώ η οικονομική απόδοση είναι χαμηλή.

Η παράγωγη της ελιάς και των σιτηρών αποτελούν βιώσιμες σχετικά καλλιέργειες καθώς απαιτούν τη μικρότερη κατανάλωση υδατικών πόρων ενώ και το επίπεδο του κόστους των αγορών είναι το χαμηλότερο του συνόλου των καλλιεργειών. Εντούτοις αν και η οικονομική απόδοση της ελιάς είναι υψηλή λόγω της μεγάλης παραγωγικότητας, μεγάλη είναι και η επένδυση σε εργατικά & υπηρεσίες. Το αντίστροφο ισχύει για τα σιτηρά καθώς στη καλλιέργεια τους παρατηρούνται οι χαμηλότερες τιμές οικονομικής απόδοσης αλλά και εργατικών. Τέλος, η καλλιέργεια της μηδικής έχει τον υψηλότερο δείκτη βιωσιμότητας και για τις δυο περιοχές. Αυτό οφείλεται στην απειροελάχιστη επένδυση σε οικονομικά αγαθά και εργατικά, όπως επίσης και στην υψηλή παραγωγικότητα καθώς η καλλιέργεια της δεν επιδοτείται. Εντούτοις, η οικονομική αξία εκροής είναι μικρή ενώ καταναλώνει μεγάλη ποσότητα υδατικών πόρων.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Λουκάς Α., Μυλόπουλος Ν., Μυλόπουλος Γ., και Ε. Μουστάκα Ε (2005). “Προσομοίωση και Αποτίμηση της Λειτουργίας του Ταμιευτήρα της Κάρλας”
- Loukas A., Mylopoulos N. and Moustaka E. (2003). “A GIS Based Water Resources Management Procedure for The Restored Lake Karla”
- Ton Shanshin, Odum Howard T., Delfino Joseph J. (1997). “Ecological – economic evaluation of wetland management alternatives”
- Martin Jay F. (2001). “Emergy valuation of diversions of river water to marshes in the Mississippi River Delta”
- Lefroy E., Rydberg T. (2001). “Emergy evaluation of three cropping systems in soythwestern Australia”
- Λουκάς Α., Βασιλειάδης Λ., Μπαστρογιάννης Ν., (2003). “Υδρολογική Προσομοίωση Υδατικού Ισοζυγίου Λεκάνης Απορροής Γερμασόγειας, Κύπρος”
- Παπαζαφειρίου Ζ.Γ., (1999). “Οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό”, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Μουστάκα Ε., (2003). “Διαχείριση Υδατικών Πόρων του Ταμιευτήρα της Κάρλας με Χρήση ενός Προσδιοριστικού και ενός Στοχαστικού Μοντέλου Προσομοίωσης”, Μεταπτυχιακή Εργασία, Α.Π.Θ.
- Allen, R.G., Pereive, L.S., Raes, D. & Smith, M., (1998). “Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements”, FAO Irrigation & Drainage Paper, No 56, Rome, Italy.

- 
- Καμπράγκου Ε.,(2006). “Ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων. Εφαρμογή του πίνακα ισορροπημένης στοχοθεσίας στη λεκάνη απορροής του Νέστου”, Διδακτορική Διατριβή, Α.Π.Θ.
  - Dastane, N.G. (1974) “Effective Rainfall”, FAO Irrigation and Drainage paper, No. 25, Rome, Italy.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**

**ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000085932

