

LIFE ENVIRONMENT STRYMON

Ecosystem Based Water Resources Management to Minimize Environmental Impacts from Agriculture Using State of the Art Modeling Tools in Strymonas Basin

LIFE03 ENV/GR/000217



Task 4. Water Resources Management Planning

Ελληνική Έκδοση (in Greek)

Assessment of the opportunity costs of reducing the use of water and agrochemicals in Strymonas Basin



THE GOULANDRIS NATURAL HISTORY MUSEUM
GREEK BIOTOPE / WETLAND CENTRE



The present work is part of the 4-years project: “Ecosystem Based Water Resources Management to Minimize Environmental Impacts from Agriculture Using State of the Art Modeling Tools in Strymonas Basin” (contract number LIFE03 ENV/GR/000217). The project is co-funded by the Goulandris Natural History Museum - Greek Biotope/Wetland Centre (EKBY), the Prefecture of Serres – Directorate of Land Reclamation of Serres (DEB-S), the Development Agency of Serres S.A. (ANESER S.A.) and the Local Association for the Protection of Lake Kerkini (SPALK).

Η πλήρης αναφορά στην εργασία αυτή έχει ως εξής:

Ψυχουδάκης, Α., Α. Ράγκος, Α. Θεοδορίδης. 2007. Τεχνική έκθεση για τη δυνατότητα μείωσης του κόστους χρήσης νερού και αγροχημικών. Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων - Υγροτόπων (EKBY). Θέρμη, 33 σελ.

This document may be cited as follows:

Psychoudakis, A., A. Ragos, A. Theodoridis. 2007. Assessment of the opportunity costs of reducing the use of water and agrochemicals in Strymonas Basin. Greek Biotope/Wetland Centre (EKBY). Thermi, Greece. 33 p. (In Greek)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Α΄ ΜΕΡΟΣ

Εισαγωγή	1
1. Μεθοδολογικό πλαίσιο	4
Βιβλιογραφία	8

Β΄ ΜΕΡΟΣ

Εισαγωγή	1
1. Αποτελέσματα	2
1.1. Pay – off Πίνακας	2
1.2. Προγραμματισμός πολλαπλών στόχων	3
1.3. Compromise Programming	9
1.4. Προγραμματισμός πολλαπλών στόχων – Αρδευτικά δίκτυα	10
2. Συμπεράσματα	23

Α' ΜΕΡΟΣ

Εισαγωγή¹

Η γεωργία της περιοχής της λεκάνης του ποταμού Στρυμόνα χαρακτηρίζεται από την επικράτηση περιορισμένου σχετικά αριθμού κλάδων παραγωγής που αποτελούν παραδοσιακές καλλιέργειες για την περιοχή. Πρόκειται για τις καλλιέργειες βαμβακιού, αραβοσίτου, μηδικής, καπνού, ρυζιού, τεύτλων, ποτιστικού σιταριού και βιομηχανικής ντομάτας, που καταλαμβάνουν το 95% περίπου της συνολικής έκτασης των αρδευτικών δικτύων της περιοχής. Η διάρθρωση αυτή των κλάδων στην περιοχή οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην ασκηθείσα πολιτική. Η πρόσφατη αναμόρφωση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (ΚΑΠ), με τους κανονισμούς 1782/2003 και 864/2004, προβλέπει τη μερική αποδέσμευση των επιδοτήσεων από τις περισσότερες καλλιέργειες και την καθιέρωση συστήματος άμεσων ενισχύσεων με βάση τις συνδεδεμένες με τους κλάδους παραγωγής επιδοτήσεις που έλαβε κάθε εκμετάλλευση για την τριετία 2000-2002.

Η εφαρμογή της νέας πολιτικής έχει ως αποτέλεσμα των ουσιαστική μεταβολή των σχέσεων ανταγωνιστικότητας μεταξύ των κλάδων παραγωγής, οι οποίες είχαν καθορίσει σε πολύ μεγάλο βαθμό τη διάρθρωση των κλάδων στην περιοχή. Οι νέες συνθήκες που διαμορφώνονται υπαγορεύουν την ανάγκη ενσωμάτωσης τους στα παραγωγικά πρότυπα, και επιτρέπουν προβλέψεις για τη νέα διάρθρωση των κλάδων της περιοχής. Είναι προφανές ότι η νέα αυτή διάρθρωση συνεπάγεται μεταβολές στα μεγέθη του τομέα, στα εισοδήματα των απασχολούμενων και στις συνολικές απαιτήσεις του τομέα σε παραγωγικούς συντελεστές.

Η επικράτηση των προαναφερθέντων κλάδων είναι αποτέλεσμα μιας μακρόχρονης διαδικασίας προσαρμογής της παραγωγικής κατεύθυνσης στην περιοχή. Αυτό σημαίνει ότι οι καλλιέργειες αυτές προσιδιάζουν στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της λεκάνης του Στρυμόνα και πως έχουν δημιουργηθεί οι απαραίτητες υποδομές, σε μικρό ή μεγαλύτερο βαθμό. Επίσης, έχουν επικρατήσει γεωργικές πρακτικές οι οποίες δεν είναι εύκολο να μεταβληθούν βραχυπρόθεσμα. Οι επικρατούσες γεωργικές πρακτικές συνθέτουν μια εντατική γεωργία, με χρήση αρδευτικού νερού, λιπασμάτων γεωργικών φαρμάκων και άλλων εισροών. Η γεωργία

¹ Το παρόν συνοδεύει τα τρία παραδοτέα που προβλέπονται από τη σύμβαση ανάθεσης του έργου στα πλαίσια του Υποέργου 3.

στην κοιλάδα του ποταμού Στρυμόνα αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες πίεσης του τοπικού οικοσυστήματος.

Η μεταβολή του σχεδίου καλλιέργειας της περιοχής θα έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή του επιπέδου χρήσης εισροών. Αλλαγές στη χρήση εισροών μπορεί να προέρχονται από την υποκατάσταση των υφιστάμενων καλλιεργειών από άλλες, διαφορετικών απαιτήσεων σε αρδευτικό νερό, άζωτο και γεωργικά φάρμακα, ή από τη μεταβολή των γεωργικών πρακτικών στις υφιστάμενες καλλιέργειες ή και από τη διατήρηση των ίδιων γεωργικών πρακτικών, με την αναδιάρθρωση των υφιστάμενων κλάδων παραγωγής. Σε κάθε περίπτωση, άμεση συνέπεια μιας μεταβολής του επιπέδου χρήσης των εισροών είναι η μετάβαση σε διαφορετικό επίπεδο πίεσης στο οικοσύστημα, ιδιαίτερα στους υδατικούς πόρους της περιοχής.

Σε μεσογειακές χώρες, όπως η Ελλάδα, όπου επικρατούν διάφορες παραγωγικές κατευθύνσεις και σχετικά μεγάλος αριθμός κλάδων παραγωγής, είναι ενδιαφέρουσα η διερεύνηση των δυνατοτήτων επίτευξης περιβαλλοντικών βελτιώσεων με μεταβολή μόνο της διάρθρωσης των κλάδων παραγωγής. Μια τέτοια διερεύνηση υπαγορεύεται από το θεσμικό πλαίσιο που διέπει τη διαχείριση των υδατικών πόρων (Κανονισμός 60/2000, κανονισμοί για την προστασία σπάνιων ειδών πουλιών, περιοχές του δικτύου NATURA 2000 κλπ)

Η διαχείριση των υδατικών πόρων στα πλαίσια υδρογεωλογικής λεκάνης στα πλαίσια της Οδηγίας 60/2000 προϋποθέτει τη διερεύνηση των δυνατοτήτων μείωσης σε υδατικούς πόρους των απαιτήσεων της γεωργίας που ασκείται στην υδρογεωλογική λεκάνη. Συγχρόνως, στα πλαίσια του έργου διερευνώνται και οι δυνατότητες μείωσης των αγροχημικών εισροών της γεωργίας όπως επιδιώκεται από την περιβαλλοντική διάσταση της αγροτικής πολιτικής. Η μείωση των εισροών αυτών (υδατικών και αγροχημικών) συνεπάγεται αντίστοιχη μείωση των γεωργικών εισοδημάτων. Έτσι, η διερεύνηση των δυνατοτήτων μείωσης των απαιτούμενων υδατικών πόρων και των αγροχημικών στην υδρογεωλογική λεκάνη του Στρυμόνα διαμορφώνεται σε πρόβλημα πολλαπλών και αντικρουόμενων αντικειμενικών κριτηρίων (multiobjective problem).

Το παραπάνω πρόβλημα επιλύεται για την υδρογεωλογική λεκάνη του Στρυμόνα. Πρόκειται για γραμμικό πρόβλημα επιλογής συνδυασμού κλάδων παραγωγής και υπαρχόντων συντελεστών με την επίλυση του οποίου σε πρώτη φάση επιλέγονται οι άριστοι συνδυασμοί των συντελεστών για κάθε έναν αντικειμενικό σκοπό ξεχωριστά, ενώ σε δεύτερη φάση επιλέγονται εφικτές συμβιβαστικές λύσεις

για τους αντικρουόμενους αντικειμενικούς σκοπούς (multiobjective solutions). Στην τρίτη φάση της επίλυσης, με την εφαρμογή compromise programming, επιλέγονται δύο συνδυασμοί που περικλείουν τις άριστες εφικτές επιλογές συνδυασμών.

1. Μεθοδολογικό πλαίσιο

Η παρούσα ανάλυση αξιοποιεί τα δεδομένα προηγούμενων υποέργων. Συγκεκριμένα αξιοποιεί περιγραφικά δεδομένα για τα βασικά μεγέθη της γεωργίας της περιοχής (αριθμός αρδευτικών δικτύων, καλλιεργούμενες εκτάσεις, αρδευόμενες εκτάσεις κ.ά.) και τα τεχνικοοικονομικά δεδομένα. Οι τεχνικοοικονομικοί δείκτες αποτελούν απαραίτητες εισροές για την κατάρτιση υποδειγμάτων προσομοίωσης των γεωργικών πρακτικών στην υδρολογική λεκάνη του Στρυμόνα. Μάλιστα, η τριετής διάρκεια της έρευνας εξασφάλισε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα που συγκεράζει ενδεχόμενες παρεκκλίσεις από τις συνήθεις γεωργικές πρακτικές, λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών ή άλλων εξωγενών παραγόντων.

Η προσομοίωση των γεωργικών πρακτικών στην περιοχή βασίζεται στην κατάρτιση ενός υποδείγματος μαθηματικού προγραμματισμού. Δομικές μονάδες του υποδείγματος αποτελούν τα 12 από τα 13 αρδευτικά δίκτυα της περιοχής, διότι αντικειμενικοί λόγοι δεν επέτρεψαν τη συλλογή αξιόπιστων πρωτογενών δεδομένων από εκμεταλλεύσεις του αρδευτικού δικτύου Αγ. Ιωάννη.

Το υπόδειγμα είναι γραμμικό στην αρχική του μορφή και περιλαμβάνει:

- Την αντικειμενική συνάρτηση. Η αντικειμενική συνάρτηση περιλαμβάνει τα μεγέθη που καθορίζουν σε κάθε περίπτωση τους όρους ανταγωνιστικότητας των κλάδων και αποτελούν κριτήριο σύγκρισης μεταξύ τους, με σκοπό τον προσδιορισμό του συνδυασμού των διαθέσιμων συντελεστών παραγωγής που τη μεγιστοποιεί. Έτσι, για το συγκεκριμένο πρόβλημα διαμορφώνονται τέσσερις αντικειμενικές συναρτήσεις, οι οποίες έχουν τη μορφή

$$\sum_{j=1}^M c_j x_j = Z$$

όπου c_j είναι το κατά περίπτωση κριτήριο σύγκρισης του κλάδου j (έκτασης x_j στρεμμάτων), προκειμένου για M κλάδους παραγωγής, ενώ το Z είναι το μέγεθος που μεγιστοποιείται η ελαχιστοποιείται.

Η πρώτη αντικειμενική συνάρτηση αφορά το ακαθάριστο κέρδος, του οποίου επιδιώκεται η μεγιστοποίηση, ενώ οι υπόλοιπες τρεις αφορούν την εφαρμοζόμενη ποσότητα αζώτου, την αξία των χρησιμοποιούμενων γεωργικών φαρμάκων (ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα, φυτορρυθμιστικές ουσίες) και την ποσότητα του χρησιμοποιούμενου αρδευτικού νερού

αντίστοιχα, των οποίων επιδιώκεται η ελαχιστοποίηση. Σημειώνεται ότι στο ακαθάριστο κέρδος δε συνυπολογίζονται οι εισοδηματικές ενισχύσεις σε κλάδους παραγωγής, ούτε η ενιαία ανά εκμετάλλευση ενίσχυση.

- Τις μεταβλητές. Τις κύριες μεταβλητές του υποδείγματος αποτελούν οι κλάδοι παραγωγής που καταλαμβάνουν τις εκτάσεις κάθε αρδευτικού δικτύου. Η επίλυση του προβλήματος παρέχει την έκταση κάθε κλάδου σε κάθε ένα αρδευτικό δίκτυο.
- Τον πίνακα των περιορισμών. Με τον πίνακα των περιορισμών προσομοιώνονται οι τεχνικές συνθήκες σε κάθε δίκτυο. Η μαθηματική έκφραση των περιορισμών ελαχίστου είναι της μορφής

$$\sum_{j=1}^M a_{ij} x_j \leq A_i$$

ενώ των περιορισμών μεγίστου

$$\sum_{j=1}^M a_{ij} x_j \geq A_i$$

όπου a_{ij} είναι οι απαιτήσεις του κλάδου j στο συντελεστή παραγωγής i , του οποίου η διαθέσιμη ποσότητα είναι A . Ο πίνακας περιορισμών διακρίνεται σε 12 μέρη, ένα για κάθε δίκτυο, με περιορισμούς:

- ❖ Εδάφους. Πρόκειται για τη μέγιστη διαθέσιμη έκταση σε κάθε αρδευτικό δίκτυο, τη μέγιστη διαθέσιμη αρδευόμενη έκταση σε κάθε αρδευτικό δίκτυο, περιορισμούς ελαχίστου για του κλάδους παραγωγής που υπόκεινται σε θεσμικούς ή εδαφοκλιματικούς περιορισμούς ή περιορισμούς αμειψισποράς και περιορισμούς μεγίστου για καλλιέργειες που δεν ανταγωνίζονται άλλες.
- ❖ Εργασίας. Πρόκειται για τις απαιτήσεις των κλάδων παραγωγής κατά μήνα σε ανθρώπινη εργασία.
- ❖ Κεφαλαίου.
- Τους τεχνικοοικονομικούς συντελεστές. Οι τεχνικοοικονομικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται στο υπόδειγμα αφορούν την απόδοση των κλάδων παραγωγής, την εμπορική τιμή των προϊόντων, τις απαιτήσεις των κλάδων σε ανθρώπινη εργασία, την καταβαλλόμενη αμοιβή για μισθωμένη μηχανική εργασία, την αξία των καυσίμων για τα ιδιόκτητα μηχανήματα, την αξία των

σπόρων, την αξία των λιπασμάτων και την ποσότητα αζώτου που εφαρμόζεται, την αξία των γεωργικών φαρμάκων (εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, φυτορρυθμιστικές ουσίες), την απαιτούμενη ποσότητα αρδευτικού νερού, τα καταβαλλόμενα στους ΤΟΕΒ αρδευτικά τέλη και τις δαπάνες που σχετίζονται με την άρδευση (καύσιμα, ηλεκτρισμός κ.ά.).

Ο Γραμμικός Προγραμματισμός

Η μέθοδος του γραμμικού προγραμματισμού αποτελεί μέθοδο αριστοποίησης, με την οποία επιδιώκεται η επίτευξη ενός αντικειμενικού σκοπού (αντικειμενικής συνάρτησης), όταν υπάρχουν διάφοροι εναλλακτικοί τρόποι επίτευξής του, υπό μια ομάδα περιορισμών. Η επίτευξη του αντικειμενικού σκοπού αφορά τη μεγιστοποίηση ή την ελαχιστοποίηση ενός μεγέθους.

Η αλγεβρική έκφραση του προβλήματος γραμμικού προγραμματισμού είναι η ακόλουθη:

$$\max (\min) \sum_{j=1}^M c_j x_j = Z \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^M a_{ij} x_j \leq A_i \quad (2)$$

$$x_j \geq 0 \quad (3)$$

όπου

x_j είναι ο αριθμός των φυσικών μονάδων (στρεμμάτων) του κλάδου παραγωγής j

c_j είναι η τιμή του μεγέθους της αντικειμενικής συνάρτησης που συνεισφέρει ο κλάδος παραγωγής j στο σύνολο

Z είναι η μέγιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης

a_{ij} αντιπροσωπεύει τις απαιτήσεις μιας φυσικής μονάδας (στρέμματος) του κλάδου παραγωγής j στον συντελεστή παραγωγής i , του οποίου η μέγιστη διαθέσιμη ποσότητα είναι A

Η ανάλυση ακολουθεί τη μεθοδολογία του προγραμματισμού πολλαπλών στόχων (multi-objective programming), η οποία περιγράφεται από τον Cohon (1978). Παραδείγματα εφαρμογής αποτελούν οι εργασίες των Romero and Rehman (1989), Psychoudakis et al. (2002) και Piech and Rehman (1993). Πρόκειται για μεθοδολογία με την οποία επιδιώκεται ο προσδιορισμός των σχεδίων καλλιέργειας που επιτυγχάνει

το συμβιβασμό των τεσσάρων αντικρουόμενων στόχων: τη μεγιστοποίηση του οικονομικού αποτελέσματος (ακαθάριστο κέρδος), την ελαχιστοποίηση της ποσότητας αζώτου, την ελαχιστοποίηση της αξίας των γεωργικών φαρμάκων και την ελαχιστοποίηση του αρδευτικού νερού. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο αλγόριθμος εφαρμογής της μεθόδου, σύμφωνα με τον Cohon.

1. Κατασκευή του pay-off πίνακα. Η κατασκευή του pay-off πίνακα προκύπτει από την επίλυση των προβλημάτων ελαχιστοποίησης της ποσότητας αζώτου, της αξίας των γεωργικών φαρμάκων και της ποσότητας του αρδευτικού νερού και μεγιστοποίησης του ακαθάριστου κέρδους. Σχηματίζονται έτσι τέσσερα προβλήματα αριστοποίησης, με αντικειμενική συνάρτηση το κάθε πρόβλημα και τον ίδιο πίνακα περιορισμών, όπως περιγράφηκαν παραπάνω.

Τα προαναφερθέντα μεγέθη των κλάδων παραγωγής διαφοροποιούνται μεταξύ αρδευτικών δικτύων, ώστε να σχηματίζεται μια ομάδα (block) περιορισμών για τους κλάδους κάθε αρδευτικού δικτύου και να διασφαλίζεται πως δεν υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ καλλιεργειών σε διαφορετικά δίκτυα.

Μετά την επίλυση καθενός από τα προβλήματα αριστοποίησης υπολογίζεται η αξία των υπόλοιπων τριών αντικειμενικών συναρτήσεων, με βάση το άριστο σχέδιο παραγωγής που εκτιμάται. Στην προκειμένη περίπτωση, οι τέσσερις λύσεις και οι αντίστοιχες τιμές των αντικειμενικών συναρτήσεων πινακοποιούνται σχηματίζοντας έναν 4x4 πίνακα, με γραμμές τους τίτλους των λύσεων και στήλες τις αντικειμενικές συναρτήσεις. Είναι προφανές πως τα στοιχεία της διαγωνίου του πίνακα αυτού (pay-off matrix) αποτελούν την ιδανική λύση, που όμως είναι ανέφικτη.

2. Καταρτίζεται το υπόδειγμα προγραμματισμού πολλαπλών στόχων, όπου αντικειμενική συνάρτηση είναι μία (οποιαδήποτε) από τις τέσσερις προαναφερθείσες συναρτήσεις, με πίνακα περιορισμών ίδιο με τα προηγούμενα προβλήματα αριστοποίησης, όπου οι υπόλοιπες τρεις αντικειμενικές συναρτήσεις τίθενται ως περιορισμοί.

3. Από τον pay-off πίνακα υπολογίζεται το εύρος μεταβολής κάθε μιας από τις τρεις αντικειμενικές συναρτήσεις που τίθενται ως περιορισμοί μεταξύ των τεσσάρων λύσεων. Πρόκειται για η διαφορά μεταξύ της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής τους. Στη συνέχεια επιλύεται το πρόβλημα που προκύπτει στο βήμα (2) τρεις φορές. Κάθε φορά μεταβάλλεται η μία από τις τρεις αντικειμενικές συναρτήσεις που τίθενται ως περιορισμοί, στο εύρος που

υπολογίστηκε από τον pay-off πίνακα. Με τον τρόπο αυτό εκτιμάται μια σειρά άριστων λύσεων, στις οποίες διαφοροποιείται η τιμή των τεσσάρων αντικειμενικών σκοπών.

Το επόμενο βήμα είναι η εκτίμηση άριστων λύσεων που συμβιβάζουν τους αντικρουόμενους αντικειμενικούς σκοπούς. Η εκτίμηση αυτή βασίζεται στη μέθοδο compromise programming. Γεωμετρικά, μια τέτοια άριστη λύση είναι αυτή που απέχει την ελάχιστη απόσταση από την ιδανική (που καθορίζεται από τη διαγώνιο του pay-off πίνακα). Ανάλογα με τις διαστάσεις του συστήματος συντεταγμένων που θα επιλεγεί μεταβάλλεται και ο τύπος καθορισμού του προβλήματος αριστοποίησης. Αποδεικνύεται όμως πως όλες οι συμβιβαστικές λύσεις περιλαμβάνονται μεταξύ των λύσεων για μια (1) και άπειρες διαστάσεις. Οι δύο αυτές λύσεις συμβολίζονται με L_1 και L_∞ .

Με την επίλυση του προβλήματος καθίσταται δυνατός ο υπολογισμός των trade-offs μεταξύ των κριτηρίων επιλογής των κλάδων στα πλαίσια της ανάλυσης. Σύμφωνα με τους Romero and Rehman (1978), τα trade-offs μεταξύ δύο κριτηρίων εκφράζουν την ποσότητα του ενός κριτηρίου που πρέπει να θυσιαστεί ώστε να επιτευχθεί αύξηση του άλλου κριτηρίου κατά μία μονάδα.

Τα αποτελέσματα των διαδοχικών φάσεων της επίλυσης του προβλήματος προγραμματισμού πολλαπλών στόχων παρουσιάζονται με τους ακόλουθους τίτλους:

- Εκτίμηση του κόστους ευκαιρίας από τη μείωση της χρήσης του νερού και των αγροχημικών από τη γεωργία στη λεκάνη του Στρυμόνα
- Αξιολόγηση της δυνατότητας μείωσης της χρήσης νερού και αγροχημικών από την εφαρμογή αγροπεριβαλλοντικών μέτρων στη λεκάνη του Στρυμόνα
- Εκπόνηση βέλτιστων διαχειριστικών σχεδίων της φυτικής παραγωγής στη λεκάνη του Στρυμόνα

Βιβλιογραφία

Cohon, J.L. 1978. Multiobjective Programming and Planning. New York Academic Press.

Piech, B. and T. Rehman. 1993. Application of Multiple Criteria Decision Making Methods to Farm Planning: A Case Study. *Agricultural Systems*, 41, pp.305 – 319.

Psychoudakis, A., S. Aggelopoulos, and E. Dimitriadou. 2002. Agricultural Land Use in an Environmentally Sensitive Area : An Assessment of an Environmental Policy Measure. *Journal of Environmental Planning and Management*, 45(4), pp. 481 – 491.

Romero, C. and T. Rehman. 1989. *Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions*. Elsevier.

Β' ΜΕΡΟΣ

Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας τεχνικής έκθεσης είναι η εκτίμηση των επιπτώσεων στο ακαθάριστο κέρδος και, κατά συνέπεια, στο γεωργικό εισόδημα από τη μείωση της χρησιμοποιούμενης ποσότητας νερού, της εφαρμοζόμενης ποσότητας αζώτου και της αξίας των χρησιμοποιούμενων γεωργικών φαρμάκων, όταν μεταβάλλεται η διάρθρωση των καλλιεργειών στην περιοχή, ενώ διατηρούνται οι γεωργικές πρακτικές. Στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα εφαρμογής της μεθοδολογίας.

1. Αποτελέσματα

1.1. Pay-off Πίνακας

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται ο pay-off πίνακας. Πρόκειται για τα αποτελέσματα εφαρμογής μαθηματικού προγραμματισμού, με διαφορετική κάθε φορά αντικειμενική συνάρτηση και τον ίδιο πίνακα περιορισμών εδάφους, εργασίας και μεταβλητού κεφαλαίου. Για κάθε λύση παρουσιάζονται τόσο η άριστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης που τίθεται, όσο και οι τιμές των άλλων αντικειμενικών συναρτήσεων. Τα στοιχεία της διαγωνίου του Πίνακα 1 (που είναι ένας 4X4 πίνακας) αποτελούν την ιδανική λύση για την περιοχή, για την οποία μεγιστοποιείται το ακαθάριστο κέρδος και ελαχιστοποιούνται η χρησιμοποιούμενη ποσότητα αζώτου, η αξία των γεωργικών φαρμάκων και η ποσότητα του αρδευτικού νερού. Έτσι, το μέγιστο ακαθάριστο κέρδος είναι 67,58 εκ.€ (117,99€/στρ.), η ελάχιστη ποσότητα αζώτου 4,05 εκ. kg (7,07 kg N/στρ.), η ελάχιστη αξία γεωργικών φαρμάκων 5,18 εκ.€ (9,04 €/στρ.) και η ελάχιστη ποσότητα νερού 374,3 εκ. m³ (653,37 m³/στρ.). Η λύση 1, όπου μεγιστοποιείται το ακαθάριστο κέρδος, αντιπροσωπεύει το συνδυασμό των συντελεστών της παραγωγής που θα επικρατήσει στην περιοχή με την εφαρμογή της νέας ΚΑΠ και είναι συγκρίσιμη με τον υφιστάμενο συνδυασμό των συντελεστών.

Από τον Πίνακα 1 φαίνεται η ουσιαστική επίδραση της μείωσης των εισροών στο επιτυγχανόμενο ακαθάριστο κέρδος στο σύνολο της περιοχής. Έτσι, στη λύση 2, όπου ελαχιστοποιείται η ποσότητα αζώτου, το ακαθάριστο κέρδος διαμορφώνεται στα 47,32 εκ.€, από 67,58 εκ.€ (μείωση 20,26 εκ.€ ή 30,0%). Στη λύση 3 η ελαχιστοποίηση της αξίας των χρησιμοποιούμενων γεωργικών φαρμάκων συνεπάγεται τη μείωση του ακαθάριστου κέρδους από 67,58 εκ.€ σε 38,20 εκ.€ (μείωση 29,38 εκ.€ ή 43,5%). Ακόμα μεγαλύτερη είναι η μείωση του επιτυγχανόμενου οικονομικού αποτελέσματος στην περίπτωση της λύσης 4, όπου η ελαχιστοποίηση του χρησιμοποιούμενου αρδευτικού νερού επιφέρει μείωση του ακαθάριστου κέρδους από 67,58 εκ.€ σε 33,77 εκ.€ (μείωση 33,81% ή 50,0%).

Με βάση τον pay-off πίνακα είναι δυνατό να υπολογιστούν τα trade-offs μεταξύ του ακαθάριστου κέρδους και των τριών εισροών. Έτσι, η τιμή του trade-off μεταξύ του ακαθάριστου κέρδους και του αρδευτικού νερού είναι 4,58 €/10 m³, που δείχνει ότι η μείωση της κατανάλωσης νερού κατά 10 m³ οδηγεί σε μείωση του ακαθάριστου κέρδους κατά 4,58 €. Με αντίστοιχο τρόπο ερμηνεύονται και οι τιμές

των trade-offs μεταξύ του ακαθάριστου κέρδους και της ποσότητας αζώτου και του ακαθάριστου κέρδους και της αξίας γεωργικών φαρμάκων, που είναι 10,39 €/kg.N και 3,90 €/€ αντίστοιχα. Είναι προφανές πως η μείωση των συντελεστών περιορίζει το ακαθάριστο κέρδος, σε διαφορετικό όμως βαθμό.

Πίνακας 1. Pay-off πίνακας

Λύσεις	Ακαθάριστο Κέρδος (εκ.€)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ.€)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)
1. Ακαθάριστο κέρδος	67,58	6,00	12,72	44,80
2. Ποσότητα αζώτου	47,32	4,05	12,21	43,17
3. Αξία γεωργικών φαρμάκων	38,20	10,87	5,18	43,07
4. Ποσότητα αρδευτικού νερού	33,77	13,02	10,64	37,43

1.2. Προγραμματισμός πολλαπλών στόχων

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων, όπου στην αντικειμενική συνάρτηση τίθεται το ακαθάριστο κέρδος των κλάδων παραγωγής και ο πίνακας περιορισμών εδάφους, εργασίας και μεταβλητού κεφαλαίου είναι ο ίδιος με αυτόν του πίνακα γραμμικού προγραμματισμού. Επιπλέον, οι υπόλοιπες τρεις αντικειμενικές συναρτήσεις τίθενται ως περιορισμοί. Ακολουθούν 3 εφαρμογές της μεθόδου, σε κάθε μία από τις οποίες αλλάζει διαφορετικός μεταβαλλόμενος συντελεστής. Την πρώτη φορά μεταβάλλεται η χρησιμοποιούμενη ποσότητα αζώτου, τη δεύτερη η αξία των χρησιμοποιούμενων γεωργικών φαρμάκων και την τρίτη η χρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού. Το εύρος μεταβολής κάθε συντελεστή καθορίζεται από τις τιμές που παρουσιάζονται στον pay-off πίνακα, πρόκειται για τη διαφορά μεταξύ της ελάχιστης τιμής (που αποτελεί στοιχείο της διαγωνίου) και της μέγιστης τιμής. Έτσι, η χρησιμοποιούμενη ποσότητα λιπασμάτων μειώνεται από 13,02 εκ. kg N (22,73 kg N/στρ.) σε 4,05 εκ. kg N (7,07 kg N/στρ.) (μεταβολή κατά 8,97 εκ. kg αζώτου ή 68,9%), η αξία των γεωργικών φαρμάκων μειώνεται από 12,72 εκ.€ (22,20 €/στρ.) σε 5,18 εκ.€ (9,04 €/στρ.) (μεταβολή κατά 7,54 εκ.€ ή 59,3%) και η ποσότητα του νερού μειώνεται από 448,00 εκ.μ³ (782,18 m³/στρ.) σε 374,40 εκ.μ³ (653,37 m³/στρ.) (μεταβολή κατά 73,6 εκ.μ³ ή 16,4%).

Από την εφαρμογή του προγραμματισμού πολλαπλών στόχων προκύπτουν συνολικά 144 λύσεις, οποίες και παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Είναι προφανές πως

κάθε λύση αποτελεί διαφορετικό συνδυασμό των κλάδων παραγωγής, που αξιοποιούν σε διαφορετικό βαθμό τους διαθέσιμους συντελεστές παραγωγής.

Πίνακας 2. Αποτελέσματα εφαρμογής του προγραμματισμού πολλαπλών στόχων

A/A Λύσης	Ακαθάριστο Κέρδος (εκ.€)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ.€)
1	33,77	10,64	374,25	13,02
2	37,36	10,82	374,76	12,14
3	37,48	10,83	374,78	12,09
4	38,20	5,18	399,98	10,87
5	39,47	11,22	375,19	11,22
6	39,67	11,29	375,27	11,04
7	40,45	11,65	375,63	10,40
8	41,15	5,32	400,40	10,15
9	42,23	12,52	376,61	8,60
10	42,50	12,72	376,79	8,25
11	43,64	5,53	402,39	9,36
12	43,84	5,55	402,76	9,31
13	44,59	12,72	378,50	7,85
14	44,86	12,72	378,73	7,80
15	45,39	12,72	379,48	7,71
16	46,64	12,72	381,31	7,51
17	46,65	12,72	381,33	7,51
18	47,32	12,21	401,03	4,05
19	47,54	12,72	382,97	7,27
20	47,54	12,72	382,97	7,27
21	48,23	12,04	402,75	4,05
22	48,27	12,19	401,51	4,05
23	48,31	12,18	401,65	4,05
24	48,56	12,72	384,94	7,33
25	48,68	12,17	402,89	4,05
26	48,78	12,72	385,38	7,33
27	48,80	6,03	400,64	9,21
28	48,83	12,72	385,49	7,33
29	48,95	6,05	401,08	9,23

A/A Λύσης	Ακαθάριστο Κέρδος (εκ.€)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ.€)
30	49,04	6,06	401,10	9,20
31	49,24	12,72	386,29	7,31
32	49,38	11,38	406,33	4,06
33	49,41	11,39	406,38	4,06
34	49,43	11,39	406,17	4,06
35	49,57	6,13	402,20	9,18
36	50,20	11,37	407,72	4,08
37	50,53	11,29	408,87	4,09
38	50,59	6,29	403,77	9,05
39	50,71	6,31	404,36	9,13
40	50,79	12,72	389,46	7,03
41	51,25	6,40	405,45	9,09
42	51,27	6,40	405,50	9,09
43	51,32	6,41	405,66	9,10
44	52,23	6,58	404,91	9,05
45	52,74	12,72	393,74	6,92
46	52,77	12,72	393,80	6,91
47	53,04	12,72	394,43	6,91
48	53,20	12,72	394,80	6,92
49	53,50	12,72	395,61	7,18
50	53,60	6,85	405,19	8,46
51	53,60	12,72	395,86	7,18
52	53,72	6,87	405,74	8,52
53	53,95	12,72	396,79	7,19
54	54,06	12,72	397,10	7,18
55	54,36	7,01	405,19	8,49
56	54,37	12,72	397,97	6,88
57	55,23	11,65	406,61	4,24
58	55,35	11,22	408,54	4,24
59	55,38	7,24	404,10	8,44
60	55,43	12,72	401,02	6,84
61	55,51	12,72	401,26	6,84

A/A Λύσης	Ακαθάριστο Κέρδος (εκ.€)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ.€)
62	55,64	11,18	409,02	4,26
63	55,81	11,22	404,74	4,26
64	56,12	12,72	403,11	6,78
65	56,22	7,44	403,52	8,38
66	56,39	7,48	403,36	8,37
67	56,42	12,72	404,06	6,72
68	56,56	7,52	404,44	8,46
69	56,61	7,54	404,39	8,46
70	56,78	11,35	403,59	4,32
71	56,79	12,72	405,25	6,72
72	57,11	12,72	406,27	6,69
73	57,37	7,73	403,29	8,52
74	57,40	11,72	405,80	4,36
75	57,40	7,74	403,24	8,52
76	57,47	11,73	405,91	4,36
77	57,86	12,72	408,73	6,65
78	58,29	7,98	402,14	8,60
79	58,33	11,83	405,29	4,42
80	58,36	12,72	410,39	6,61
81	58,45	12,72	410,70	6,60
82	58,48	12,72	410,79	6,60
83	58,64	8,08	402,94	8,58
84	58,76	8,12	403,54	8,64
85	59,08	12,03	404,20	4,48
86	59,66	12,12	403,60	4,52
87	60,55	12,36	402,50	4,60
88	60,63	12,72	418,06	6,30
89	60,82	8,75	408,25	8,15
90	61,21	12,49	401,70	4,66
91	61,99	12,53	403,16	4,73
92	62,02	12,72	422,93	5,86
93	62,04	12,72	423,00	5,86

A/A Λύσης	Ακαθάριστο Κέρδος (εκ.€)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ.€)
94	62,11	12,72	423,23	5,86
95	62,26	9,24	410,74	7,97
96	62,52	9,33	412,32	8,04
97	62,59	9,35	412,45	8,04
98	63,05	12,72	405,06	4,84
99	63,06	9,53	414,57	8,23
100	63,10	12,72	405,14	4,84
101	63,16	9,56	414,61	8,13
102	63,24	12,72	427,39	5,88
103	63,35	12,72	405,74	4,86
104	63,43	9,68	414,17	8,11
105	63,95	12,72	429,96	5,98
106	63,96	12,72	430,02	5,98
107	64,20	12,72	430,96	5,98
108	64,26	10,03	415,68	7,95
109	64,29	12,72	407,72	4,96
110	64,68	12,72	432,82	6,01
111	64,75	10,26	415,90	7,55
112	64,84	12,72	433,46	6,01
113	65,46	12,72	436,13	5,95
114	65,51	10,63	416,32	6,77
115	65,64	12,72	436,97	5,94
116	65,71	12,72	437,30	5,96
117	65,83	12,72	413,55	5,13
118	65,89	12,72	413,54	5,13
119	65,93	10,86	417,33	6,76
120	66,04	12,72	413,50	5,15
121	66,08	12,72	413,49	5,16
122	66,14	12,72	439,45	6,06
123	66,28	12,72	413,97	5,18
124	66,34	12,72	440,49	6,08
125	66,54	11,23	419,54	6,79

A/A Λύσης	Ακαθάριστο Κέρδος (εκ.€)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ.€)
126	66,65	12,72	415,30	5,23
127	66,75	12,72	415,81	5,24
128	66,84	12,72	443,07	6,10
129	66,96	12,72	443,73	6,18
130	67,00	12,72	417,96	5,32
131	67,03	11,55	420,81	6,70
132	67,06	12,72	444,38	5,99
133	67,26	11,72	420,96	6,40
134	67,31	12,72	446,06	5,94
135	67,33	12,72	420,52	5,42
136	67,38	11,85	420,31	6,48
137	67,45	12,72	420,72	5,51
138	67,55	12,21	420,55	6,04
139	67,56	12,23	420,56	6,04
140	67,57	12,72	418,07	5,89
141	67,57	12,72	447,95	6,00
142	67,58	12,72	417,37	6,00
143	67,58	12,72	417,37	6,00
144	67,58	12,72	448,04	6,00

Από τον Πίνακα 2 προκύπτουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

1. Τα όρια μεταβολής των εισροών (νερό, άζωτο, γεωργικά φάρμακα) αλλά και του ακαθάριστου κέρδους είναι αυτά που καθορίζονται στον pay-off Πίνακα.

2. Το ακαθάριστο κέρδος μεταβάλλεται μεταξύ 67,58 εκ.€ (117,99 €/στρ.) και 33,77 εκ.€ (58,95 €/στρ.), δηλαδή κατά 33,81 εκ.€. Πρόκειται για υποδιπλασιασμό του μεγέθους που οφείλεται στην μείωση της διαθεσιμότητας συντελεστών παραγωγής και ιδιαίτερα του νερού, η ποσότητα του οποίου ελαχιστοποιείται στη λύση 1, όπου το ακαθάριστο κέρδος παρουσιάζει την ελάχιστη τιμή του, και μεγιστοποιείται στη λύση 144, όταν μεγιστοποιείται και το ακαθάριστο κέρδος.

3. Ο ρυθμός μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους μεταξύ διαδοχικών λύσεων δεν παραμένει σταθερός, αντίθετα παρατηρείται μια σχετικά γρήγορη αύξηση του μεγέθους για διαδοχικές αυξήσεις του εκάστοτε μεταβαλλόμενου

συντελεστή σε χαμηλά επίπεδα αυτού που μετατρέπεται σε βραδύτερη αύξησή του σε υψηλότερα επίπεδα χρήσης του συντελεστή.

4. Ορισμένες από τις λύσεις του Πίνακα 2 είναι σχεδόν παρόμοιες όσον αφορά το οικονομικό αποτέλεσμα και τη χρήση των συντελεστών παραγωγής. Αντίθετα, σε ορισμένες περιπτώσεις, διαφορετικοί συνδυασμοί των συντελεστών παραγωγής έχουν σαν αποτέλεσμα ελάχιστες διαφορές στο επιτυγχανόμενο ακαθάριστο κέρδος. Παράδειγμα της πρώτης κατηγορίας αποτελούν οι λύσεις 21 και 22, όπου υπάρχουν ελάχιστες μεταβολές των μεγεθών, ενώ παράδειγμα της δεύτερης κατηγορίας αποτελούν οι λύσεις 27 και 28, όπου το ακαθάριστο κέρδος αυξάνεται κατά 0,06% με μείωση του νερού και του αζώτου κατά 3,8% και 20,4% αντίστοιχα και αύξηση της αξίας των γεωργικών φαρμάκων κατά 110,9%.

1.3. Compromise Programming

Ο σχετικά μεγάλος αριθμός των λύσεων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 και οι μικρές διαφορές μεταξύ ορισμένων λύσεων, σύμφωνα με την παρατήρηση 4, έχουν ως αποτέλεσμα την παροχή μεγάλου σχετικά πλήθους πληροφοριών που ενδεχομένως δεν είναι αξιοποιήσιμες. Για το λόγο αυτό, στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται 25 επιλεγμένες λύσεις από τις 144 λύσεις του Πίνακα 2. Η επιλογή έγινε με μια τεχνική «φιλτραρίσματος» (filtering technique) που περιγράφεται από τους Romero et al. (1987). Η τεχνική προβλέπει την επιλογή των λύσεων εκείνων στις οποίες η τιμή μιας οποιασδήποτε από τις αντικειμενικές συναρτήσεις διαφέρει ουσιαστικά από τις τιμές της στις υπόλοιπες λύσεις. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή, το κριτήριο είναι το ακαθάριστο κέρδος και το επίπεδο μεταβολής του, που καταδεικνύει μια ενδιαφέρουσα μεταβολή, τίθεται σε 4%.

Στον Πίνακα 3 παρατίθενται και οι λύσεις του compromise programming L_1 και L_∞ , που περικλείουν τις άριστες συμβιβαστικές λύσεις. Τα όρια αυτά είναι 39,97 εκ.€ (69,77 €/στρ.) και 56,72 εκ.€ (99,00 €/στρ.) για το ακαθάριστο κέρδος, για επίπεδα χρήσης νερού, λιπασμάτων και γεωργικών φαρμάκων 422,5 εκ. m^3 - 434,4 εκ. m^3 (737,60 m^3 /στρ. - 758,40 m^3 /στρ.), 5,29 εκ. kg N - 5,76 εκ. kg N (9,24 kg N/στρ. - 10,06 kg N/στρ.), 9,35 εκ.€ - 11,33 εκ.€ (16,32 €/στρ. - 19,78 €/στρ.) αντίστοιχα.

Πίνακας 3. Αντιπροσωπευτικές λύσεις εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων

A/A λύσης	Ακαθάριστο κέρδος (εκ. €)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ. €)
1	33,77	37,43	13,02	10,64
2	37,48	37,48	12,09	10,83
3	39,47	37,52	11,22	11,22
4	40,45	37,56	10,40	11,65
5	42,23	37,66	8,60	12,52
6	43,64	40,24	9,36	5,53
7	44,59	37,85	7,85	12,72
8	45,39	37,95	7,71	12,72
9	47,32	40,10	4,05	12,21
10	48,68	40,29	4,05	12,17
11	50,20	40,77	4,08	11,37
12	51,32	40,57	9,10	6,41
13	52,74	39,37	6,92	12,72
14	54,06	39,71	7,18	12,72
15	55,38	40,41	8,44	7,24
16	56,78	40,36	4,32	11,35
17	58,29	40,21	8,60	7,98
18	59,66	40,36	4,52	12,12
19	60,82	40,82	8,15	8,75
20	62,11	42,32	5,86	12,72
21	63,43	41,42	8,11	9,68
22	64,84	43,35	6,01	12,72
23	66,14	43,94	6,06	12,72
24	67,55	42,05	6,04	12,21
25	67,58	41,74	6,00	12,72
L1	56,72	42,25	5,76	9,35
L [∞]	39,97	43,45	5,29	11,33

1.4. Προγραμματισμός πολλαπλών στόχων – Αρδευτικά δίκτυα

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ενδεικτικά ορισμένες από τις 25 λύσεις του Πίνακα 3 για κάθε αρδευτικό δίκτυο χωριστά. Σημειώνεται πως ο αριθμός στην

πρώτη στήλη συμβολίζει τον αύξοντα αριθμό της λύσης του Πίνακα 3 στην οποία αντιστοιχεί η λύση του κάθε πίνακα.

Αρδευτικό δίκτυο ΓΟΕΒ Πεδιάδας Σερρών (49.288 στρέμματα)

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται το ακαθάριστο κέρδος και τα επίπεδα χρήσης εισροών για ορισμένες από τις 25 επιλεγμένες λύσεις του Πίνακα 3 για το αρδευτικό δίκτυο ΓΟΕΒ Πεδιάδας Σερρών. Σε επίπεδο αρδευτικού δικτύου το ακαθάριστο κέρδος μειώνεται από 5,06 εκ.€ σε 1,89 εκ.€ (μείωση κατά 3,17 εκ.€ ή 62,6%). Η μείωση του ακαθάριστου κέρδους συνδέεται με τη μείωση του χρησιμοποιούμενου αρδευτικού νερού. Η χρήση λιπασμάτων μειώνεται μεταξύ των δύο ακραίων λύσεων, χωρία όμως σαφή μειωτική τάση στο ενδιάμεσο, ενώ το αντίθετο παρατηρείται για τη χρήση γεωργικών φαρμάκων, χωρίς επίσης να διαφαίνεται συγκεκριμένη τάση. Οι λύσεις L1 και L ∞ καθορίζουν το εύρος των τεσσάρων μεγεθών, εντός του οποίου επιτυγχάνεται η συμβιβαστική λύση μεταξύ των αντικρουόμενων αντικειμενικών σκοπών. Για τον ΓΟΕΒ Πεδιάδας Σερρών, τα όρια αυτά για το ακαθάριστο κέρδος είναι μεταξύ 2,58 εκ.€ και 3,95 εκ.€ για επίπεδα χρήσης νερού, λιπασμάτων και γεωργικών φαρμάκων 30,6 εκ. m³, 0,59 εκ. kg N, 1,01 εκ.€ και 33,0 εκ. m³, 0,41 εκ. kg N, 0,77 εκ.€ αντίστοιχα.

Πίνακας 4. Αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΓΟΕΒ Πεδιάδας Σερρών (Αντιπροσωπευτικές λύσεις)

A/A λύσης	Ακαθάριστο κέρδος (εκ. €)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ. €)
3	1,89	2,90	1,17	0,79
5	2,67	2,94	0,53	1,15
6	3,31	3,27	0,93	0,48
11	4,17	3,37	0,39	0,85
12	4,33	3,43	0,80	0,63
19	4,45	3,49	0,87	0,67
13	4,84	3,38	0,56	0,94
22	5,06	3,45	0,54	1,02
L1	3,95	3,30	0,41	0,77
L ∞	2,58	3,06	0,59	1,01

Αρδευτικό δίκτυο ΤΟΕΒ Ηράκλειας (62.343 στρέμματα)

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι τιμές των τεσσάρων εξεταζόμενων μεγεθών για τον ΤΟΕΒ Ηράκλειας, σε επιλεγμένες λύσεις του προγραμματισμού πολλαπλών στόχων. Το ακαθάριστο κέρδος μειώνεται από 6,70 εκ.€ σε 3,57 εκ.€ (μείωση κατά 3,13 εκ.€ ή 46,7%). Οι διαφαινόμενες τάσεις στη χρήση των εισροών αποκαλύπτουν μείωση του αρδευτικού νερού, αύξηση των λιπασμάτων και μείωση της αξίας των γεωργικών φαρμάκων για μείωση του ακαθάριστου κέρδους. Το εύρος του ακαθάριστου κέρδους και της χρήσης των εισροών, όπως καθορίζονται από τις λύσεις L1 και L ∞ , αποκαλύπτει μείωση κατά 1,43 εκ.€ του οικονομικού αποτελέσματος για μείωση του αρδευτικού νερού κατά 0,5 εκ.m³ και αύξηση των λιπασμάτων και των γεωργικών φαρμάκων κατά 0,12 εκ. kg N και 0,23 εκ.€ αντίστοιχα.

Πίνακας 5. Αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΤΟΕΒ Ηράκλειας (Αντιπροσωπευτικές λύσεις)

A/A λύσης	Ακαθάριστο κέρδος (εκ. €)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ. €)
1	3,57	4,74	1,47	1,38
6	3,86	5,65	1,26	0,55
11	4,24	5,91	0,43	1,78
13	4,43	4,89	1,36	1,67
15	4,88	5,54	1,19	0,79
14	5,01	4,99	1,29	1,87
17	5,06	5,65	1,27	0,83
16	5,38	5,37	0,49	1,94
20	6,40	5,48	0,85	1,87
21	6,50	5,90	1,09	1,32
24	6,67	5,92	0,66	1,69
25	6,70	5,60	0,62	2,17
L1	5,13	5,58	0,57	1,31
L ∞	3,70	5,53	0,69	1,54

Αρδευτικό δίκτυο ΤΟΕΒ Προβατά (141.150 στρέμματα)

Το αρδευτικό δίκτυο Προβατά περιλαμβάνει τη μεγαλύτερη καλλιεργούμενη έκταση για την περιοχή. Το ακαθάριστο κέρδος μειώνεται από 17,68 εκ.€ σε 9,44 εκ.€, σύμφωνα με τις επιλεγμένες λύσεις του προγραμματισμού πολλαπλών στόχων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6. Πρόκειται για μείωση κατά 46,6%. Τα επίπεδα χρήσης των εισροών σε νερό, άζωτο και γεωργικά φάρμακα δεν ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη τάση, πάντως η διαμόρφωση του ακαθάριστου κέρδους στην ελάχιστη τιμή του προκαλείται από μείωση της ποσότητας αρδευτικού νερού και της αξίας των γεωργικών φαρμάκων και αύξηση της ποσότητας αζώτου. Το εύρος του ακαθάριστου κέρδους που περικλείουν οι συμβιβαστικές λύσεις L1 και L ∞ είναι 7,62 εκ.€ - 15,54 εκ.€ για εύρος χρήσης αρδευτικού νερού 12,04 εκ. m³ - 13,52 εκ. m³, αζώτου 1,20 εκ. kg N - 1,29 εκ. kg N και γεωργικών φαρμάκων 2,45 εκ.€ - 2,55 εκ.€.

Πίνακας 6. Αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΤΟΕΒ Προβατά (Αντιπροσωπευτικές λύσεις)

A/A λύσης	Ακαθάριστο κέρδος (εκ. €)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ. €)
6	9,44	12,19	2,46	1,42
1	11,47	11,03	3,20	2,10
11	11,56	12,49	0,98	2,39
5	13,25	11,13	1,40	2,96
15	14,39	11,98	2,36	1,90
20	15,57	12,05	1,21	2,44
16	16,26	12,27	1,14	2,75
19	16,45	12,45	1,86	1,70
21	16,91	12,66	2,06	1,87
22	17,10	12,52	1,34	2,00
25	17,68	12,70	1,28	2,24
L1	15,54	12,04	1,20	2,45
L ∞	7,62	13,52	1,29	2,55

Αρδευτικό δίκτυο ΤΟΕΒ Σιδηροκάστρου (72.438 στρέμματα)

Οι αντιπροσωπευτικές λύσεις του προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΤΟΕΒ Σιδηροκάστρου παρουσιάζονται στον Πίνακα 7. Το επιτυγχανόμενο οικονομικό αποτέλεσμα κυμαίνεται μεταξύ 3,05 εκ.€ και 9,09 εκ.€. Μείωση του ακαθάριστου κέρδους προκαλείται από μείωση του χρησιμοποιούμενου αρδευτικού νερού, αν και η τάση μεταβολής του σε σχέση με τον συγκεκριμένο συντελεστή δεν είναι μειωτική σε όλες τις περιπτώσεις. Το ίδιο περίπου ισχύει και για την αξία των γεωργικών φαρμάκων, ενώ η μείωση του ακαθάριστου κέρδους στις προηγούμενες περιπτώσεις συνδέεται με σχετική αύξηση των εισροών αζώτου, που είναι ιδιαίτερα αυξημένες στην πρώτη λύση, όπου ελαχιστοποιείται το οικονομικό αποτέλεσμα. Οι λύσεις L1 και L ∞ , που περικλείουν το σύνολο των συμβιβαστικών λύσεων, καθορίζουν ένα εύρος μεταξύ 6,67 εκ.€ - 7,35 εκ.€ για το ακαθάριστο κέρδος, η μείωση του οποίου οφείλεται σε μείωση του αζώτου και της αξίας των γεωργικών φαρμάκων κατά 0,15 εκ.kg και 0,23 εκ.€ αντίστοιχα και σε αύξηση της ποσότητας του νερού κατά 5,9 εκ.m³.

Πίνακας 7. Αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΤΟΕΒ Σιδηροκάστρου (Αντιπροσωπευτικές λύσεις)

A/A λύσης	Ακαθάριστο κέρδος (εκ. €)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ. €)
1	3,05	4,43	1,56	0,99
5	6,64	4,48	0,67	1,17
6	7,06	5,04	0,53	0,84
9	7,59	5,15	0,51	0,91
18	8,20	5,37	0,54	1,28
17	8,48	5,04	0,58	1,15
24	9,09	5,26	0,62	1,52
L1	6,67	4,48	0,67	1,16
L ∞	7,35	5,07	0,52	0,93

Αρδευτικό δίκτυο ΤΟΕΒ Νιγρίτας (64.224 στρέμματα)

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικές λύσεις του προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για το αρδευτικό δίκτυο Νιγρίτας. Η μεταβολή των επιπέδων χρήσης των εισροών νερού, αζώτου και γεωργικών φαρμάκων έχει σημαντική επίδραση στο οικονομικό αποτέλεσμα που επιτυγχάνεται στην περιοχή. Πράγματι το εύρος του ακαθάριστου κέρδους διαμορφώνεται μεταξύ 3,44 εκ.€ και 8,25 εκ.€. Πρόκειται για μείωση κατά 4,81 εκ.€ ή κατά 58,3%. Όπως και στους προηγούμενους ΤΟΕΒ, οι απαιτήσεις σε άζωτο είναι αυξημένες, προκειμένου για χαμηλό ακαθάριστο κέρδος, ενώ όταν το οικονομικό αποτέλεσμα αυξάνεται, η χρησιμοποιούμενη ποσότητα αζώτου είναι χαμηλότερη. Παρόμοια τάση υπάρχει και για την αξία των γεωργικών φαρμάκων. Αντίθετα, η μείωση της χρήσης αρδευτικού νερού συνοδεύεται από μείωση του ακαθάριστου κέρδους. Οι λύσεις L1 και L ∞ καθορίζουν ένα εύρος 7,18 εκ.€ – 7,71 εκ.€ για το ακαθάριστο κέρδος, 4,34 εκ. m³- 4,47 εκ. m³ για το νερό, 0,58 εκ. kg N – 0,67 εκ. kg N για το άζωτο και 9,7 εκ.€ - 10,0 εκ.€ για τα γεωργικά φάρμακα.

Πίνακας 8. Αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΤΟΕΒ Νιγρίτας (Αντιπροσωπευτικές λύσεις)

Α/Α λύσης	Ακαθάριστο κέρδος (εκ. €)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ. €)
5	3,44	3,52	1,53	1,60
7	5,80	3,71	1,58	2,13
8	6,13	3,73	0,68	1,82
6	6,95	4,45	0,61	0,80
11	7,26	4,27	0,54	1,51
13	7,47	4,05	0,64	1,62
12	7,49	4,56	0,57	0,89
14	8,01	4,16	0,60	1,71
23	8,21	4,40	0,62	1,19
24	8,25	4,45	0,63	1,09
L1	7,71	4,34	0,67	1,00
L ∞	7,18	4,47	0,58	0,97

Αρδευτικό δίκτυο ΤΟΕΒ Δήμητρας (37.550 στρέμματα)

Στο αρδευτικό δίκτυο Δήμητρας οι τάσεις μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους σε σχέση με το επίπεδο των χρησιμοποιούμενων εισροών είναι παρόμοιες με τα προηγούμενα δίκτυα (Πίνακας 9). Το οικονομικό αποτέλεσμα μεταβάλλεται μεταξύ 1,97 εκ.€ και 4,67 εκ.€. Στις περισσότερες λύσεις, η μείωση του ακαθάριστου κέρδους συνδέεται με αυξημένες ποσότητες χρήσης λιπασμάτων και γεωργικών φαρμάκων και μείωση της ποσότητας νερού, σε σχέση με τις τιμές τους στην τελευταία λύση, όπου το ακαθάριστο κέρδος είναι το μέγιστο. Σύμφωνα με τις λύσεις L1 και L ∞ , το εύρος του ακαθάριστου κέρδους όπου συμβιβάζονται οι αντικρουόμενοι αντικειμενικοί σκοποί είναι 2,74 εκ.€ - 4,14 εκ.€ και οι ποσότητες νερού και αζώτου και η αξία των γεωργικών φαρμάκων 26,1 εκ. m³, 0,35 εκ. kg N, 0,66 εκ.€ και 23,3 εκ. m³, 0,28 εκ. kg N και 1,46 εκ.€ αντίστοιχα.

Πίνακας 9. Αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΤΟΕΒ Δήμητρας (Αντιπροσωπευτικές λύσεις)

A/A λύσης	Ακαθάριστο κέρδος (εκ. €)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ. €)
10	1,97	2,18	0,26	1,47
5	2,15	2,09	0,83	1,26
8	2,62	2,16	0,79	1,24
6	3,19	2,64	0,79	0,29
11	3,44	2,68	0,28	0,67
16	3,74	2,72	0,30	0,63
14	3,77	2,34	0,71	1,17
15	3,95	2,64	0,83	0,45
13	4,03	2,36	0,37	1,36
18	4,32	2,66	0,34	0,73
23	4,55	2,53	0,46	1,64
25	4,67	2,78	0,43	0,94
L1	4,14	2,61	0,35	0,66
L ∞	2,74	2,33	0,28	1,46

Αρδευτικό δίκτυο ΤΟΕΒ Δημητρίσιου (47.570 στρέμματα)

Ο Πίνακας 10 περιλαμβάνει τα αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων που αφορούν τον ΤΟΕΒ Δημητρίσιου. Μεταξύ των άριστων λύσεων όπου το ακαθάριστο κέρδος λαμβάνει τη μέγιστη (4,94 εκ.€) και ελάχιστη (2,07 εκ.€) τιμή του παρατηρείται αντίστοιχα μείωση της ποσότητας νερού κατά 4,3 εκ.μ³, αύξηση της ποσότητας αζώτου κατά 0,57 εκ. kg N και αύξηση της αξίας των γεωργικών φαρμάκων κατά 0,75 εκ.€. Το εύρος του ακαθάριστου κέρδους που καθορίζουν οι λύσεις L1 και L ∞ είναι 1,52 εκ.€ - 3,99 εκ.€.

Πίνακας 10. Αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΤΟΕΒ Δημητρίσιου (Αντιπροσωπευτικές λύσεις)

A/A λύσης	Ακαθάριστο κέρδος (εκ. €)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ. €)
9	2,07	2,88	0,26	1,61
5	2,41	2,61	1,07	1,04
11	2,97	3,05	0,26	1,44
16	3,09	3,25	0,26	1,02
6	3,16	3,16	0,96	0,28
12	3,28	3,22	1,04	0,30
13	3,85	2,91	0,81	1,00
14	3,86	2,92	0,82	0,96
18	3,95	3,18	0,32	1,12
17	4,11	3,16	1,00	0,50
20	4,68	3,06	0,64	1,35
23	4,82	3,25	0,75	0,84
25	4,94	3,31	0,83	0,86
L1	3,99	3,10	0,92	0,48
L ∞	1,52	2,89	0,39	1,08

Αρδευτικό δίκτυο ΤΟΕΒ Δυτικής Διόρυγας (50.751 στρέμματα)

Οι αντιπροσωπευτικές λύσεις του προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για το αρδευτικό δίκτυο Δυτικής Διόρυγας παρουσιάζονται στον Πίνακα 11. Το ακαθάριστο κέρδος μεταβάλλεται από 2,53 εκ.€ σε 5,82 εκ.€ και η μεταβολή των τριών εισροών στις δύο αυτές λύσεις είναι 31,5 εκ. m³ – 37,6 εκ. m³ για το νερό, 0,40 εκ. kg N – 1,31 εκ. kg N για το άζωτο και 0,82 εκ.€ - 1,12 εκ.€ για την αξία των γεωργικών φαρμάκων. Οι λύσεις L1 και L[∞] καθορίζουν ένα εύρος 3,61 εκ.€ - 5,21 εκ.€ για το ακαθάριστο κέρδος και 32,7 εκ. m³ – 35,2 εκ. m³ για το νερό, 0,35 εκ. kg N – 0,49 εκ. kg N για το άζωτο και 0,93 εκ.€ - 1,03 εκ.€ για τα γεωργικά φάρμακα.

Πίνακας 11. Αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΤΟΕΒ Δυτικής Διόρυγας (Αντιπροσωπευτικές λύσεις)

A/A λύσης	Ακαθάριστο κέρδος (εκ. €)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ. €)
2	2,53	3,15	1,31	0,82
6	2,93	3,56	1,00	0,50
8	4,52	3,19	0,44	1,21
11	4,90	3,68	0,28	0,91
20	5,15	3,40	0,39	1,20
15	5,21	3,52	0,35	0,93
19	5,56	3,60	0,33	1,03
21	5,82	3,76	0,40	1,12
L1	5,21	3,52	0,35	0,93
L [∞]	3,61	3,27	0,49	1,03

Αρδευτικό δίκτυο ΤΟΕΒ Νέου Σκοπού (10.864 στρέμματα)

Στο αρδευτικό δίκτυο Νέου Σκοπού οι τάσεις μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους σε σχέση με το επίπεδο των χρησιμοποιούμενων εισροών είναι παρόμοιες με τα προηγούμενα δίκτυα (Πίνακας 12). Το οικονομικό αποτέλεσμα μεταβάλλεται μεταξύ 0,77 εκ.€ και 1,39 εκ.€. Στις περισσότερες λύσεις, η μείωση του ακαθάριστου κέρδους συνδέεται με αύξηση των λιπασμάτων και των γεωργικών φαρμάκων και μείωση της ποσότητας αρδευτικού νερού σε σχέση με τις τιμές τους στην τελευταία λύση, όπου το ακαθάριστο κέρδος είναι το μέγιστο. Σύμφωνα με τις λύσεις L1 και L ∞ , το εύρος του ακαθάριστου κέρδους όπου συμβιβάζονται οι αντικρουόμενοι αντικειμενικοί σκοποί είναι 0,85 εκ.€ - 1,18 εκ.€ και η ποσότητα νερού και η αξία των γεωργικών φαρμάκων είναι 7,2 εκ.μ³, 0,21 εκ.€ και 7,5 εκ.μ³, 0,19 εκ.€ αντίστοιχα, ενώ η ποσότητα αζώτου παραμένει περίπου σταθερή στις 0,09 εκ. kg N.

Πίνακας 12. Αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΤΟΕΒ Νέου Σκοπού (Αντιπροσωπευτικές λύσεις)

A/A λύσης	Ακαθάριστο κέρδος (εκ. €)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ. €)
3	0,77	0,68	0,25	0,16
6	0,87	0,76	0,23	0,10
5	0,97	0,68	0,07	0,24
11	1,01	0,75	0,05	0,22
12	1,12	0,82	0,20	0,13
17	1,29	0,80	0,19	0,17
14	1,31	0,79	0,10	0,19
25	1,39	0,81	0,10	0,21
L1	1,18	0,75	0,09	0,19
L ∞	0,85	0,72	0,09	0,21

Αρδευτικό δίκτυο ΤΟΕΒ Νεοχωρίου (3.127 στρέμματα)

Οι αντιπροσωπευτικές λύσεις του προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΤΟΕΒ Νεοχωρίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 13. Το επιτυγχανόμενο οικονομικό αποτέλεσμα κυμαίνεται μεταξύ 0,22 εκ.€ και 0,41 εκ.€. Η μείωση του ακαθάριστου κέρδους, σε σχέση με την τελευταία λύση όπου είναι μέγιστο, προκαλείται από μείωση του χρησιμοποιούμενου αρδευτικού νερού, αν και η τάση μεταβολής του δεν είναι μειωτική σε όλες τις περιπτώσεις. Η αξία των γεωργικών φαρμάκων μεταβάλλεται σε ορισμένες μόνο από τις λύσεις στις οποίες μειώνεται το ακαθάριστο κέρδος, ενώ η μείωση του ακαθάριστου κέρδους εντείνεται με σχετική αύξηση των εισροών αζώτου, που είναι ιδιαίτερα αυξημένες στην πρώτη λύση. Οι λύσεις L1 και L ∞ , που περιλαμβάνουν το σύνολο των συμβιβαστικών λύσεων, καθορίζουν ένα εύρος μεταξύ 0,27 εκ.€ - 0,35 εκ.€ για το ακαθάριστο κέρδος, η μείωση του οποίου οφείλεται σε αύξηση του αζώτου και της αξίας των γεωργικών φαρμάκων κατά 0,02 εκ.kg και 0,02 εκ.€ αντίστοιχα και μείωση της ποσότητας του νερού κατά 1,0 εκ.m³ περίπου.

Πίνακας 13. Αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΤΟΕΒ Νεοχωρίου (Αντιπροσωπευτικές λύσεις)

A/A λύσης	Ακαθάριστο κέρδος (εκ. €)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ. €)
1	0,22	0,17	0,07	0,04
6	0,26	0,20	0,05	0,02
9	0,29	0,21	0,01	0,04
5	0,33	0,18	0,02	0,06
10	0,32	0,22	0,01	0,04
14	0,36	0,18	0,02	0,06
12	0,37	0,21	0,01	0,04
17	0,41	0,20	0,02	0,05
L1	0,35	0,20	0,01	0,03
L ∞	0,27	0,21	0,03	0,05

Αρδευτικό δίκτυο ΤΟΕΒ Ψυχικού – Πεθελινού (30.000 στρέμματα)

Στον Πίνακα 14 παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικές λύσεις του προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για το αρδευτικό δίκτυο Ψυχικού - Πεθελινού. Η μεταβολή των επιπέδων χρήσης των εισροών νερού, αζώτου και γεωργικών φαρμάκων έχει σημαντική επίδραση στο οικονομικό αποτέλεσμα που επιτυγχάνεται στην περιοχή. Πράγματι το εύρος μεταβολής του ακαθάριστου κέρδους διαμορφώνεται μεταξύ 1,98 εκ.€ και 3,16 εκ.€. Πρόκειται για μείωση κατά 1,18 εκ.€ ή κατά 37,3%. Χαμηλά επίπεδα οικονομικού αποτελέσματος συνδέονται με χαμηλές σχετικά απαιτήσεις σε άζωτο, οι οποίες αυξάνονται σημαντικά σε άλλες λύσεις, με υψηλότερο ακαθάριστο κέρδος. Οι απαιτήσεις σε γεωργικά φάρμακα παρουσιάζουν αυξομειώσεις, αλλά μεγιστοποιούνται όταν επιτυγχάνεται το μέγιστο ακαθάριστο κέρδος. Το ίδιο συμβαίνει και με τις απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό. Οι λύσεις L1 και L ∞ καθορίζουν ένα εύρος 2,35 εκ.€ – 2,59 εκ.€ για το ακαθάριστο κέρδος.

Πίνακας 15. Αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΤΟΕΒ Ψυχικού - Πεθελινού (Αντιπροσωπευτικές λύσεις)

A/A λύσης	Ακαθάριστο κέρδος (εκ. €)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ. €)
9	1,98	2,02	0,31	0,45
5	2,05	1,87	0,54	0,42
6	2,33	2,11	0,50	0,23
11	2,40	2,02	0,31	0,58
12	2,48	2,15	0,53	0,25
16	2,73	2,13	0,32	0,50
20	2,75	2,11	0,51	0,36
22	3,16	2,21	0,49	0,59
L1	2,59	2,07	0,48	0,34
L ∞	2,35	2,14	0,31	0,44

Αρδευτικό δίκτυο ΤΟΕΒ Πετριτσίου (3.500 στρέμματα)

Ο Πίνακας 15 περιλαμβάνει τα αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΤΟΕΒ Πετριτσίου. Μεταξύ των άριστων λύσεων όπου το ακαθάριστο κέρδος λαμβάνει τη μέγιστη (0,42 εκ.€) και την ελάχιστη (0,23 εκ.€) τιμή του παρατηρείται αντίστοιχα μείωση της ποσότητας νερού κατά 0,5 εκ. m³, αύξηση της ποσότητας αζώτου κατά 0,01 εκ. kg N και υποδιπλασιασμός της αξίας των γεωργικών φαρμάκων. Το εύρος του ακαθάριστου κέρδους που καθορίζουν οι λύσεις L1 και L[∞] είναι 0,21 εκ.€ - 0,27 εκ.€.

Πίνακας 15. Αποτελέσματα εφαρμογής προγραμματισμού πολλαπλών στόχων για τον ΤΟΕΒ Πετριτσίου (Αντιπροσωπευτικές λύσεις)

A/A λύσης	Ακ. κέρδος (εκ. €)	Νερό (10 εκ. κ.μ.)	Λιπάσματα (εκ. kg N)	Γεωργικά φάρμακα (εκ. €)
5	0,23	0,23	0,05	0,04
6	0,28	0,27	0,04	0,02
9	0,30	0,27	0,03	0,06
13	0,31	0,24	0,05	0,07
17	0,34	0,26	0,04	0,04
18	0,37	0,28	0,03	0,07
14	0,40	0,27	0,04	0,06
24	0,42	0,27	0,04	0,06
25	0,42	0,28	0,04	0,08
L1	0,27	0,26	0,04	0,02
L [∞]	0,21	0,25	0,03	0,06

2. Συμπεράσματα

Στην παρούσα τεχνική έκθεση παρουσιάζεται μια σειρά πιθανών άριστων διαχειριστικών σχεδίων για την περιοχή. Η κατάρτισή τους στηρίζεται στην επιδίωξη διατήρησης των επικρατούντων κλάδων παραγωγής στην περιοχή και στη διερεύνηση των δυνατοτήτων αναδιάρθρωσης τους, χωρίς τη μεταβολή των γεωργικών πρακτικών. Τα διαχειριστικά σχέδια καταρτίζονται με την εφαρμογή της μεθόδου προγραμματισμού πολλαπλών στόχων. Σε κάθε διαχειριστικό σχέδιο η χρησιμοποιούμενη ποσότητα νερού, η εφαρμοζόμενη ποσότητα αζώτου και η αξία των χρησιμοποιούμενων γεωργικών φαρμάκων διαμορφώνονται σε διαφορετικά επίπεδα, καθώς μεταβάλλεται το σχέδιο καλλιέργειας της περιοχής. Κάθε συνδυασμός των εισροών, που μπορεί να διαφέρει σε μικρό ή και σε μεγάλο βαθμό από τους υπόλοιπους, έχει διαφορετική επίδραση στο επιτυγχανόμενο οικονομικό αποτέλεσμα (ακαθάριστο κέρδος), το οποίο είναι προφανές πως μειώνεται προκειμένου για χαμηλότερα επίπεδα χρήσης των συντελεστών παραγωγής. Η μείωση αυτή, σε κάθε λύση του προγραμματισμού πολλαπλών στόχων, αντικατοπτρίζει το κόστος ευκαιρίας της μείωσης των εισροών που αποτελούν παράγοντες πίεσης στο τοπικό οικοσύστημα και κυρίως στους υδατικούς πόρους της περιοχής. Η μεμονωμένη επίδραση κάθε συντελεστή παραγωγής στο ακαθάριστο κέρδος δεν ακολουθεί μια σταθερή μειωτική τάση, αντίθετα το οικονομικό αποτέλεσμα συχνά μειώνεται ακόμα και σε περιπτώσεις όπου μειώνεται η χρήση δύο ή και ενός μόνο συντελεστή παραγωγής.

Στον Πίνακα 16 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της ανάλυσης, που δείχνουν το μέγιστο κόστος ευκαιρίας από τη μείωση χρήσης εισροών. Το κόστος ευκαιρίας εκφράζεται ως το ποσοστό μείωσης του ακαθάριστου κέρδους, μεταξύ των ακραίων λύσεων, όπου το οικονομικό αποτέλεσμα ελαχιστοποιείται και μεγιστοποιείται.

Όλα τα σχέδια παραγωγής αποτελούν άριστες λύσεις του κάθε προβλήματος βελτιστοποίησης, δηλαδή σε κάθε περίπτωση οι διαθέσιμοι συντελεστές παραγωγής αξιοποιούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μεγιστοποιείται ή να ελαχιστοποιείται η τιθέμενη αντικειμενική συνάρτηση. Η επιλογή του καλύτερου ή των καλύτερων από αυτά τα σχέδια συναρτάται άμεσα με τις επιδιώξεις των μετόχων (stakeholders) της περιοχής. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων αυτών σε συναντήσεις με τους μετόχους, όπως προβλέπεται στη σύμβαση ανάθεσης του έργου, και η καταγραφή των

απόψεων των ομάδων αυτών μπορεί να ιεραρχήσει τις επιδιώξεις τους, οι οποίες αποτελούν και το κύριο κριτήριο επιλογής των λύσεων εκείνων που θα περιορίσουν τις πιέσεις της γεωργικής δραστηριότητας στο τοπικό οικοσύστημα με τον ελάχιστο δυνατό αντίκτυπο στα εισοδήματα από τη γεωργία, ενώ θα συγκεντρώνουν και την αποδοχή των γεωργών της περιοχής.

Πίνακας 16. Κόστος ευκαιρίας από τη μείωση χρήσης εισροών, ως ποσοστό μείωσης του ακαθάριστου κέρδους

Αρδευτικά δίκτυα	Ακαθάριστο κέρδος (εκ.€)		
	Μέγιστη	Ελάχιστη	Μεταβολή %
Σύνολο	67,58	33,77	-50,0
ΓΟΕΒ Πεδιάδας Σερρών	5,06	1,89	-62,6
ΤΟΕΒ Ηράκλειας	6,70	3,57	-46,7
ΤΟΕΒ Προβατά	17,68	9,44	-46,6
ΤΟΕΒ Σιδηροκάστρου	9,09	3,05	-66,4
ΤΟΕΒ Νιγρίτας	8,25	3,44	-58,3
ΤΟΕΒ Δήμητρας	4,67	1,97	-57,8
ΤΟΕΒ Δημητρισιού	4,94	2,07	-58,1
ΤΟΕΒ Δυτικής Διώρυγας	5,82	2,53	-56,5
ΤΟΕΒ Νέου Σκοπού	1,39	0,77	-44,6
ΤΟΕΒ Νεοχωρίου	0,41	0,22	-46,3
ΤΟΕΒ Ψυχικού - Πεθελινού	3,16	1,98	-37,3
ΤΟΕΒ Πετρισιού	0,42	0,23	-45,2