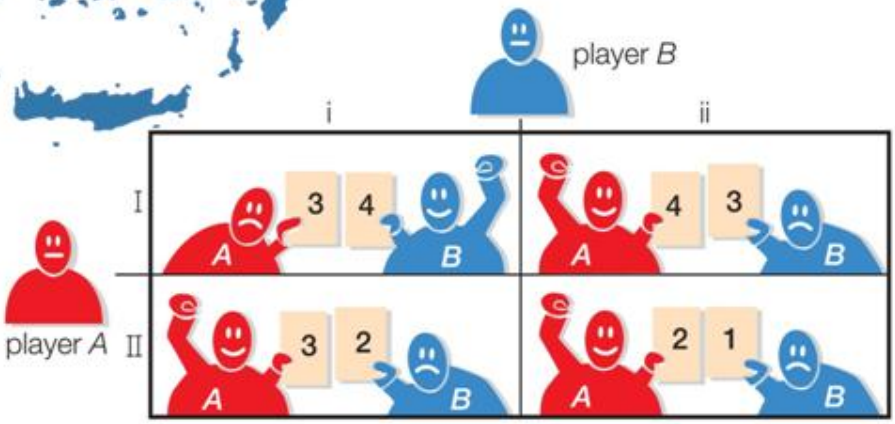
Εφαρμογή της Θεωρίας Παιγνίων στην Επιλογή Στρατηγικών Εξοικονόμησης Νερού στην Ελληνική Γεωργία

Λιβανίου Φρ. Ιωάννα

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Πολυτεχνείο Κρήτης

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα: «Περιβαλλοντική και Υγειονομική Μηχανική»

Επιβλέπων Καθηγητής: Παλαιολόγος Ευάγγελος

Εξεταστική Επιτροπή: Μουστάκης Βασίλειος,

Παρανυχιανάκης Νικόλαος

Χανιά, Αύγουστος 2011

Στους γονείς μου
Φραγκίσκο και Νικολέτα,
για την αμέριστη στήριξη
και αγάπη που μου δίνουν
όλα αυτά τα χρόνια.

Τους ευχαριστώ πολύ!!

Περίληψη

Κανείς δεν συνειδητοποιεί πόσο όμορφο
είναι να ταξιδεύει, μέχρι που γυρίζει
σπίτι του και κοιμάται στο παλιό,
γνώριμό του μαξιλάρι.

- *Lin Yutang (1895 - 1976)*

Η ορθολογική χρήση για την εξοικονόμηση αρδευτικού νερού, αποτελεί συχνά ένα πεδίο αντιθέσεων και συγκρούσεων για πολλούς φορείς που μοιράζονται υδατικούς πόρους. Η αναδιάρθρωση των καλλιεργειών με άξονα την περιβαλλοντική και οικονομική βιωσιμότητα, η αλλαγή της εφαρμοζόμενης αρδευτικής πρακτικής, η επαναχρησιμοποίηση των υποβαθμισμένων νερών και η αλλαγή του τρόπου τιμολόγησης του νερού με βάση την οδηγία πλαίσιο για το νερό (WFD, 2000/60) είναι λίγοι από τους τρόπους που θα μπορούσαν να μειώσουν την χρήση του αρδευτικού νερού.

Η Θεωρία παιγνίων ασχολείται με αποφάσεις, υπό αβέβαιες συνήθως συνθήκες, όπου εμπλέκονται δύο ή και περισσότεροι νοήμονες «αντίπαλοι», και όπου ο καθένας τους φιλοδοξεί να βελτιστοποιήσει την δική του απόφαση εις βάρος των άλλων ή σε συνεργασία με άλλους, διαμορφώνοντας ίσως συνασπισμούς. Εφόσον συμμετέχουν τουλάχιστον δύο παίκτες με τουλάχιστον δύο στρατηγικές ο καθένας με αντίθετα συμφέροντα, το αποτέλεσμα για κάθε παίκτη καθορίζεται από τις συνδυασμένες επιλογές όλων των παικτών και δίνεται από τον πίνακα αποτελεσμάτων του παιγνίου (μήτρα).

Η Θεωρία Παιγνίων μπορεί να εντοπίζει και να ερμηνεύσει τις συμπεριφορές των διαφόρων φορέων σε προβλήματα διαχείρισης υδάτινων πόρων και να περιγράψει τον τρόπο αλληλεπίδρασης των διαφόρων μερών που ο καθένας δίνει προτεραιότητα στους δικούς του στόχους και συμφέροντα, με αποτέλεσμα να χάνει συνήθως το περιβάλλον.

Τα παραδείγματα που θα παρουσιαστούν, είναι εφαρμογής της θεωρίας παιγνίων στη διαχείριση των υδατικών πόρων για την επίλυση των συγκρούσεων μέσα από μία

σειρά μη - συνεργατικών παιγνίων των υδάτινων πόρων. Πιο συγκεκριμένα, θα μελετηθεί η περίπτωση της Θεσσαλίας, όπου αντιμετωπίζει μεγάλο πρόβλημα έλλειψης νερού εξαιτίας της υπέρμετρης χρήσης αρδευτικού νερού. Η κύρια καλλιέργεια του Θεσσαλικού κάμπου είναι το βαμβάκι η οποία απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού καθώς και συγκεκριμένες αρδευτικές πρακτικές. Η εφαρμογή αναφέρεται σε μεμονωμένους χρήστες του νερού της περιοχής, όπως οι αγρότες, και στοχεύει να αναπτύξει ένα μοντέλο με ακριβή δεδομένα, και επίσης να παρέχει στους ενδιαφερόμενους φορείς της Θεσσαλικής πεδιάδας ένα ισχυρό εργαλείο της αξίας που έχει σε τέτοιες περιπτώσεις η συνεργασία για τη βελτίωση της διαχείρισης των υδάτων σε ολόκληρη τη λεκάνη.

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε με τη βοήθεια, τη συνεργασία και τη συμπαράσταση πολλών ανθρώπων. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων Καθηγητή μου Ευάγγελο Παλαιολόγο για την πολύτιμη βοήθειά του, αλλά και την άριστη συνεργασία μας από το προπτυχιακό μέχρι το μεταπτυχιακό. Επίσης, που μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, όπως είναι η Θεωρία Παιγνίων. Ευχαριστώ επίσης και τα άλλα μέλη της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής μου, τους Καθηγητές κ. Μουστάκη Βασίλη και κ. Παρανυχιανάκη Νικόλαο για την άριστη συνεργασία μας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την υποψήφια διδάκτορα Σκιτζή Ειρήνη για την πολύτιμη βοήθειά της και τις συμβουλές της. Της εύχομαι ολόψυχα καλή συνέχεια!

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους αγαπημένους φίλους μου, Αλίκη, Άλκηστις, Αντώνη, Ελένη, Μαίρη, Νικολέττα, Ντίνο και Τάνια για τις στιγμές που μοιραστήκαμε στα όμορφα Χανιά, βρίσκονταν δίπλα μου στα καλά και στα άσχημα. Όλα γίνονται πιο εύκολα όταν τα μοιράζεσαι!

Ιδιαίτερα ευχαριστώ τη φίλη μου Μυρτώ Μαρονικολάκη, για τη συμπαράσταση και την αγάπη της. Της εύχομαι ολόψυχα, όλα της τα όνειρα να γίνουν πραγματικότητα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Φραγκίσκο και Νικολέτα που με στηρίζουν όλα αυτά τα χρόνια, που λείπω από κοντά τους, σε όλες μου τις επιλογές. Τους ευχαριστώ γιατί στήριξαν από την πρώτη στιγμή την απόφασή μου να συνεχίσω για άλλα δύο χρόνια τις σπουδές μου στο εξωτερικό. Σε αυτούς άλλωστε αφιερώνω τη δουλειά μου αυτή.

Λιβανίου Ιωάννα,
Αύγουστος 2011.

Περιεχόμενα

Περίληψη **iv**

Ευχαριστίες **vi**

Περιεχόμενα **vii**

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή 1

Κεφάλαιο 2: Θεωρία Παιγνίων, Γενικά Χαρακτηριστικά 11

2.1. Εισαγωγή ***11***

2.2. Ιστορική Αναδρομή ***12***

2.3. Βασικά Χαρακτηριστικά ***14***

2.3.1. Μαθηματικός Ορισμός 14

2.3.2. Περιγραφή Παιγνίων 15

2.4. Ταξινόμηση Παιγνίων ***20***

2.5. Παίγνια Μηδενικού Αθροίσματος ***21***

2.5.1. Η Περίπτωση καθαρής στρατηγικής 22

2.6. Ορθολογίσιμες στρατηγικές (rationalizable strategies) ***27***

2.7. Παίγνια Μη-Μηδενικού αθροίσματος ***28***

2.8. Ισορροπία Nash (Nash Equilibrium) ***31***

2.8.1. Προσέγγιση Ισορροπίας Nash 31

2.8.2. Μαθηματικός Ορισμός 34

2.9. Εξέταση βασικών στρατηγικών Παιγνίων

2.9.1. Το δίλημμα του Φυλακισμένου "Prisoner's Dilemma" 37

2.9.2. Η μάχη των Φύλων "Battle of Sexes" 42

2.9.3. Το παίγνιο Δειλίας "Chicken Game" 45

2.9.4. Παίγνιο Ελαφοθηρίας "Stag Hunt" 48

2.10. Παίγνια χωρίς ισορροπία Nash σε καθαρές στρατηγικές. Ισορροπία σε Μεικτές Στρατηγικές 49

Κεφάλαιο 3: Εφαρμογές της Θεωρίας Παιγνίων στη Διαχείριση Υδάτων 53

3.1. Θεωρία Παιγνίων και Υδατικοί Πόροι 53

3.1.1. Εισαγωγή 53

3.1.2. Γιατί χρήση της Θεωρία Παιγνίων; 54

3.2. Εφαρμογές της θεωρίας παιγνίων σε συγκρούσεις υδατικών πόρων 55

3.3. Παραδείγματα 57

3.4. Εξέλιξη της δομής του παιγνίου (Δυναμικά Παίγνια) 64

3.5. Παίγνιο Διαπραγμάτευσης σε Υδατικούς Πόρους 69

3.5.1. Εισαγωγή 69

3.6. Εφαρμογής της Θεωρίας Παιγνίων στη Διαχείριση του Διακρατικού ποταμού Syr Darya 72

3.6.1. Εισαγωγή 72

3.6.2. Η διαμορφωμένη κατάσταση 75

3.6.3. Η διαμόρφωση του Μοντέλου 80

3.6.4. Το περιβάλλον του παιγνίου 81

3.6.5. Συμπεράσματα 82

Κεφάλαιο 4: Περιοχή Μελέτης, Θεσσαλία 84

4.1. Γενικά Χαρακτηριστικά 84

4.2. Πληθυσμιακά Στοιχεία 87

4.3. Κοινωνικοοικονομική Κατάσταση 89

4.4. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας (ΥΔ) 92

4.5. Υδατικές Ανάγκες ***94***

4.6. Γεωργικές Υδατικές Ανάγκες ***96***

4.7. Βαμβάκι ***98***

4.7.1. Η Ιστορία του Βαμβακιού 98

4.7.2. Το Βαμβάκι στην Ευρωπαϊκή Ένωση και σε παγκόσμιο επίπεδο 98

4.7.3. Οικονομικές Ενισχύσεις στο καθεστώς βάμβακος 100

4.7.4. Στάδια καλλιέργειας του βαμβακιού 105

4.7.5. Κόστος παραγωγής βαμβακιού 105

4.7.6. Εμπειρική Εκτίμηση του κόστους παραγωγής 107

4.7.7. Καλλιεργούμενες εκτάσεις 108

4.7.8. Στρεμματικές αποδόσεις 109

4.8. Βιολογικό Κτηνοτροφικό Ρεβίθι ***111***

4.8.1. Γενικά Χαρακτηριστικά 111

4.8.2. Καλλιεργητικές Απαιτήσεις 112

4.8.3. Παραγωγή και Κατανάλωση 112

4.8.4. Συγκομιδή 114

4.8.5. Απόδοση – Τιμή 114

4.8.6. Κόστος Παραγωγής 115

4.8.7. Ακαθάριστη Πρόσοδος – Κέρδος 116

4.8.8. Προοπτικές Καλλιέργειας 116

Κεφάλαιο 5: Παίγνιο Καλλιεργειών 120

5.1. Εισαγωγή ***120***

5.2. Στήσιμο Παιγνίου ***120***

5.2.1. Παίκτες 120

5.2.2. Στρατηγικές 122

Βήμα 1°: Υπολογισμός Μεικτού Κέρδους Καλλιέργειας Α 122

Βήμα 2°: Υπολογισμός Μεικτού Κέρδους Καλλιέργειας Β 123

Βήμα 3°: Υπολογισμός Δαπανών, Καλλιέργειας Α 124

Βήμα 4°: Υπολογισμός Υδατικών Απαιτήσεων της Καλλιέργειας του Βαμβακιού 125

Βήμα 5°: Υπολογισμός Δαπανών, Καλλιέργειας Β 128

Βήμα 6°: Υπολογισμός Υδατικών Απαιτήσεων της Καλλιέργειας του Βιολογικού Κτηνοτροφικού Ρεβιθιού 129

Βήμα 7°: Υπολογισμός Καθαρού Κέρδους, Καλλιέργειας Α 130

Βήμα 8°: Υπολογισμός Καθαρού Κέρδους, Καλλιέργειας Β 130

5.3. Χρησιμοποιούμενο Λογισμικό Πρόγραμμα 131

5.4. Εξέλιξη Δυναμικού Παιγνίου Καλλιεργειών, χωρίς υπολογισμό απωλειών από δίκτυα άρδευσης 131

5.5. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων 137

5.6. Παίγνιο Συστημάτων Άρδευσης 141

5.7. Καλλιέργεια Βιολογικού Κτηνοτροφικού Ρεβιθιού, με μειωμένη άρδευση 143

5.8. Παρουσίαση Παιγνίου σε Αναλυτική μορφή 145

5.9. Συζήτηση – Συμπεράσματα – Προτάσεις 150

5.9.1. Συμπεράσματα 150

5.9.2. Αρνητικές επιπτώσεις της τιμολόγησης στο εισόδημα και τη γεωργική απασχόληση 151

5.9.3. Επιβολή ποσοστώσεων στο προσφερόμενο νερό 152

5.9.4. Καλλιέργεια βαμβακιού με τη μέθοδο της γεωργίας ακριβείας 153

Βιβλιογραφία 156

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

"Fierce competition for fresh water may well become a source of conflict and wars in the future."
Kofi Annan, March 2001

"But the water problems of our world need not be only a cause of tension; they can also be a catalyst for cooperation.... If we work together, a secure and sustainable water future can be ours."
Kofi Annan, February 2002

Η ιστορία της ανθρωπότητας ξεκίνησε με τον πόλεμο για την κατάκτηση της φωτιάς. Δεν αποκλείεται να τελειώσει με τον πόλεμο για την πρόσβαση στο νερό. Αυτή η δήλωση ανήκει στον πρώην γενικό γραμματέα. του ΟΗΕ Κόφι Ανάν, ο οποίος το 2001 τόνιζε ότι «οι μελλοντικές συγκρούσεις στον πλανήτη είναι πιθανόν να διεξάγονται με μήλον της Έριδος το νερό. Το νερό, η υγιεινή του και η αμερόληπτη διανομή του θέτουν μεγάλες κοινωνικές προκλήσεις στον κόσμο μας». Και δυστυχώς, μέχρι στιγμής τα δεδομένα τον δικαιώνουν.

Σύμφωνα με τον ΟΗΕ, το 1/3 του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε χώρες που υφίστανται μέτριες έως υψηλές ελλείψεις νερού. Υπολογίζεται πως μέχρι το 2025 τα 2/3 του παγκόσμιου πληθυσμού θα αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα με τη διαθεσιμότητα νερού. Στο μεταξύ ήδη, τα οικοσυστήματα πόσιμου νερού (λίμνες, ποτάμια, βάλτοι) εξαφανίζονται ή αλλοιώνονται και μολύνονται με ραγδαίους ρυθμούς.

Πίσω από τις εξελίξεις αυτές δεν βρίσκεται μόνον η πληθυσμιακή έκρηξη των τελευταίων δεκαετιών, αλλά περισσότερο η υπερεκμετάλλευση, η σπατάλη, η μόλυνση, οι ακραίες αρδευτικές πρακτικές και γενικότερα, η συχνά καταστροφική διαχείριση των υδάτων.

Όπως επισημαίνουν οι ειδικοί, η επώδυνη κρίση νερού έχει ραντεβού με την ανθρωπότητα τα προσεχή 20 - 30 έτη. Και όπως δείχνουν οι σχετικές προστριβές στη Μέση Ανατολή, το δυναμικό για διεθνείς συγκρούσεις σχετικά με τη διανομή του νερού είναι υψηλό. Από την προσεχή υδάτινη κρίση ενδέχεται να μη λείψει ούτε η Ελλάδα για πολλούς. Η αποτελεσματική διαχείριση των υπαρχόντων υδάτινων πόρων θα καθορίσει το μέλλον.

Επομένως, η αξιοποίηση των περιορισμένων υδατικών πόρων, ιδιαίτερα σε περιοχές με υψηλή ζήτηση, παράγει αναπόφευκτα συγκρούσεις μεταξύ των ενδιαφερόμενων, καθώς καθένας από αυτούς μπορεί να έχει θέσει τις δικές του προτεραιότητες. Για να καταλήξουμε σε ένα κοινωνικά αποδεκτό συμβιβασμό, οι ιθύνοντες θα πρέπει να επιδιώξουν τη βέλτιστη εξισορρόπηση μεταξύ των αντικρουόμενων προτεραιοτήτων των διαφόρων ενδιαφερόμενων.

Όπως αναφέρθηκε ήδη, η διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων, όπως το νερό, τα δάση και το έδαφος σε όλο τον κόσμο, μειώνονται με την πάροδο των χρόνων (τόσο από πλευράς ποσότητας αλλά και ποιότητας), ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης και της επέκτασης της αστικοποίησης και της γεωργίας. Οι αναπόφευκτες συνέπειες της αυξημένης ζήτησης σε σχέση με την μείωση των διαφόρων πόρων (συμπεριλαμβανομένου και της υποβάθμισης της ποιότητας), κυρίως του νερού, είναι η αύξηση της αξίας των εν λόγω περιορισμένων αγαθών και των υπηρεσιών τους, με αποτέλεσμα την αύξηση του ανταγωνισμού για την κατανομή τους. Ως εκ τούτου, υπάρχει ανάγκη σταθερών ρυθμίσεων βιώσιμου χαρακτήρα, οι οποίες θα ικανοποιούν όλα τα εμπλεκόμενα μέρη, άμεσα και έμμεσα.

Σύμφωνα με την κλασική οικονομική θεωρία, όταν ένα αγαθό (ή ένας φυσικός πόρος) υπάρχει σε απεριόριστη διαθεσιμότητα, χαρακτηρίζεται ως ελεύθερο αγαθό το οποίο δεν υπόκειται στους νόμους της αγοράς και επομένως δεν έχει καμία οικονομική αξία. Αυτή ήταν ως σχετικά πρόσφατα και η επικρατούσα αντίληψη για το νερό - και όχι άδικα - καθώς υπήρχε, τουλάχιστον στον δυτικό κόσμο, σε σχετική αφθονία. Καθώς όμως τα τελευταία χρόνια, η φυσική προσφορά του νερού σε σύγκριση με τη ζήτησή του παρουσιάζει ολοένα και αυξανόμενη σπανιότητα, το νερό είναι φυσιολογικό να αποκτάει πλέον σημαντική οικονομική αξία, (Ward and Michelsen, 2002).

Το νερό έχει αρχίσει να γίνεται όλο και πιο σπάνιο αγαθό σε πολλά μέρη του πλανήτη. Η έλλειψη νερού προέρχεται από την χαμηλή διαθεσιμότητα του πόρου, όμως πολύ συχνά φτάνει σε ανησυχητικά επίπεδα, λόγω της έντονης χρήσης των υδάτων. Ανταγωνισμός και διαμάχες για τη χρήση του νερού αλλά και μεταξύ των χρηστών προκύπτουν ως επί των πλείστων σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο. Ως εκ τούτου, η κατανομή του νερού στους διάφορους τομείς κατανάλωσης (π.χ. ύδρευση, βιομηχανία και άρδευση) είναι σήμερα ένα πολύ σοβαρό θέμα για τις περισσότερες χώρες του κόσμου. Η κατανομή του νερού είναι πράγματι ένα δύσκολο έργο καθώς οι αποφάσεις για την ικανοποίηση όλων των αναγκών σε όλους τους τομείς πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τους διαφορετικούς κοινωνικούς στόχους, όπως ότι θα πρέπει να τηρείται οικονομική αποδοτικότητα, βιωσιμότητα και ισότητα, (Latinopoulos, 2005).

Για να γίνει συντονισμός των δραστηριοτήτων που είναι απαραίτητες να γίνουν για τη βιώσιμη διαχείριση των υδάτων, αλλά και τις σχετικές πολιτικές των κρατών μελών της, η Ευρωπαϊκή Ένωση, υιοθέτησε την Οδηγία – Πλαίσιο για τα ύδατα (Water Framework Directive), (European Commission, 2000). Ένα από τα στοιχεία με τα οποία θα ασχοληθεί η συγκεκριμένη διπλωματική θα είναι με το κομμάτι της Οδηγίας το οποίο αναφέρεται στην τιμολόγηση του νερού και την ανάκτηση του κόστους όλων των υπηρεσιών ύδατος μέσω της τιμολόγησης. Στην πραγματικότητα, η εφαρμογή ενός συστήματος τιμολόγησης που θα εγγυηθεί την πλήρη κάλυψη του κόστους του νερού φαίνεται να είναι μία πολύπλοκη και αμφισβητήσιμη εργασία, τουλάχιστον για ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες (Tardieu and Prefol, 2002). Τα κυριότερα εμπόδια εμφανίζονται σε χώρες της Νότιας Ευρώπης, στις οποίες ο γεωργικός τομέας είναι μακράν ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού. Από παλαιότερες μελέτες, φαίνεται ότι η υψηλή τιμολόγηση του νερού, αν δεν συμπληρωθεί και με άλλα μέτρα, έχει σημαντικά αρνητικές επιπτώσεις στα έσοδα των αγροτών, ενώ ταυτόχρονα δεν διασφαλίζει τη βιωσιμότητα, δηλαδή τους στόχους διατήρησης νερού (Chohin-Kuper et al., 2003).

Η *Θεωρία Παιγνίων* είναι ένας σχετικά νέος κλάδος των μαθηματικών και των κοινωνικών επιστημών, που έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην επίτευξη βελτίωσης της κατανόησης πολλών εμπορεύσιμων ή μη γεγονότων. Χρησιμοποιείται για να διευκρινίσει τη λήψη αποφάσεων σε περιβάλλοντα όπου η καλύτερη επιλογή κάποιου παίκτη σε μία συγκεκριμένη αλληλεπίδραση εξαρτάται, σε κάποιο βαθμό,

στην επιλογή κάποιου άλλου παίκτη (ή άλλων παραγόντων). Αυτό συχνά αποκαλείται «στρατηγική επιλογή». Προσπαθώντας να αναλυθεί η λογική πίσω από τη συμπεριφορά σκοπιμότητας των παικτών που εμπλέκονται σε κάποια στρατηγική αλληλεπίδραση, είναι δυνατόν να προσδιοριστεί πώς τα άτομα θα έπρεπε να κάνουν τις επιλογές τους με σημαντικές αλληλεπιδράσεις, εφόσον αποδέχονται τις αρχές του ορθολογισμού. Οι αρχές της ορθολογικές επιλογής, απαιτούν ότι οι συμπεριφορές των παικτών παρακινούνται από τους δικούς τους στόχους και τις αξίες τους, όπως τροποποιήθηκαν από τις προσδοκίες τους και όπως περιορίστηκαν από τους πόρους και τους κανόνες του θεσμικού πλαισίου στο οποίο λειτουργούν. Στη διάλεκτο της θεωρίας των παιγνίων, η έκβαση ενός παιχνιδιού εξαρτάται από το σύνολο των εφικτών αποτελεσμάτων, τις επιλογές των συμμετεχόντων, καθώς και τους κανόνες του παιχνιδιού, (Dinar, 2004).

Αυτό φαίνεται να είναι απαραίτητο στη διαχείριση κοινωνικών αποτελεσμάτων. Η προσπάθεια να κατευθύνει κανείς την κοινωνική πολιτική περιλαμβάνει δύο στάδια: **1.** τον προσδιορισμό των κοινωνικών στόχων και **2.** το σχεδιασμό των θεσμικών οργάνων, κανόνων, ή στρατηγικών ώστε να διοχετεύσει τα κοινωνικά αποτελέσματα προς την κατεύθυνση των στόχων του. Η θεωρία παιγνίων σε συνδυασμό με τον πειραματισμό, είναι ιδανική για αυτούς τους στόχους. Άλλωστε, η ιδέα πίσω από ένα παιχνίδι είναι οι θεσμοί και οι συμφωνίες που καθορίζουν τα δικαιώματα και τις εξουσίες των συμμετεχόντων. Καθορίζουν τόσο τις διαθέσιμες κινήσεις των παικτών, όσο και τις συνέπειες που προκύπτον από οποιοδήποτε σχέδιο πράξεων που λαμβάνονται από το σύνολο των παικτών. Οι κινήσεις των παικτών, εξαρτώνται τόσο από τις επιλογές των φορέων και των οργάνων που καθορίζουν τις διαδικασίες και τους κανόνες. Αυτοί οι κανόνες, που διέπουν ή τουλάχιστον επηρεάζουν την συνολική έκβαση του παιχνιδιού, αποτελούν το βασικό περιεχόμενο των αποφάσεων.

Όταν η ζήτηση του πληθυσμού για νερό σε μία λεκάνη απορροής ποταμού, αρχίζει να προσεγγίζει την παροχή, οι κάτοικοι έχουν τρεις επιλογές. (οι επιλογές αυτές ισχύουν εξίσου και σε προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι κάτοικοι σε μία λεκάνη η οποία περιλαμβάνει δύο ή περισσότερες πολιτικές οντότητες).

Οι κάτοικοι μπορούν να λειτουργήσουν μονομερώς και να αυξήσουν την προσφορά – με τη χρήση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων, με την αφαλάτωση ή την αύξηση της απορροής ή αποθήκευσης – ή με τη μείωση της ζήτησης, μέσα από την αύξηση

της αποτελεσματικότητας των γεωργικών πρακτικών. Επίσης, οι κάτοικοι της λεκάνης, μπορούν να συνεργαστούν με τους κατοίκους των άλλων λεκανών για μια πιο αποτελεσματική κατατομή των υδατικών πόρων μεταξύ των λεκανών. Ή, οι κάτοικοι μπορεί να μην κάνουν καμία αλλαγή στο σχεδιασμό ή τις υποδομές, αλλά να αντιμετωπίσουν τις περιόδους ξηρασίας με αυξημένη δυσκολία, (Dinar, 2004)..

Υπάρχουν τρείς κύριες διασυνδέσεις μεταξύ των συγκρούσεων και του νερού:

- ***Η πρόσβαση σε επαρκείς ποσότητα νερού:*** είναι πολύ πιθανό να υπάρξει σύγκρουση για το νερό, όταν οι διαφορές αφορούν πρόσβαση σε νερό καλής ποιότητας και ποσότητας. Ακόμα και όταν τα αποθέματα νερού δεν σοβαρά περιορισμένα, η κατανομή του νερού στους διάφορους χρήστες και χρήσεις (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία, για παράδειγμα) μπορεί να αμφισβητηθεί ιδιαίτερα. Υποβαθμισμένη ποιότητα νερού, η οποία μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα υγείας αλλά και να επιδεινώσει την έλλειψη, είναι επίσης μία αιτία δυνητικά βίαιων διενέξεων. Τέλος, όταν το νερό προμηθεύει μεγάλες αρδευόμενες περιοχές, χωρίς να τηρούνται οι όροι της ποσότητας ή της ποιότητας του νερού, μπορεί να αποτελέσει έναυσμα μεταναστεύσεων και να αποσταθεροποιήσει πολιτικά τις γειτονικές χώρες ή πόλεις που θα δεχτούν τον επιπλέον πληθυσμό.
- ***Νερό, μείωση προς το ζην και εμφύλιες συγκρούσεις:*** Η σημασία του νερού στη διατήρηση της ανθρώπινης διαβίωσης μπορεί να συνδεθεί έμμεσα με το νερό. Το νερό είναι βασικός πόρος για τη γεωργία, που παραδοσιακά είναι η μεγαλύτερη πηγή εσόδων. Εάν τα έσοδα αυτά δεν είναι πλέον διαθέσιμα, οι άνθρωποι αναγκάζονται συχνά να αναζητήσουν ευκαιρίες για απασχόληση στις πόλεις, ή να ασχοληθούν με άλλους τρόπου, μερικές φορές παράνομα, ώστε να εξασφαλίσουν τα προς το ζην.

  Η μετανάστευση - που προκαλείται από την έλλειψη νερού, την ξαφνική ξηρασία και πλημμύρες, τις υποδομές κατασκευών (όπως φράγματα), οι καταστροφές από τη ρύπανση, ή η απώλεια εσόδων για την επιβίωση – μπορεί να παράγει εντάσεις μεταξύ των τοπικών κοινοτήτων, ειδικά όταν αυξάνει την πίεση στους ήδη ανεπαρκείς πόρους, (Ohlsson, 2000).
- ***Η διαχείριση των υδάτων και των συγκρούσεων:*** Στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είναι η έλλειψη του νερού που οδηγεί σε σύγκρουση, αλλά ο ανεπαρκής τρόπος με τον οποίο οι διαθέσιμοι πόροι διοικούνται και

διαχειρίζονται. Υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους η διαχείριση των υδάτων αποτυγχάνει, συμπεριλαμβανομένων της έλλειψης επαρκών θεσμικών οργάνων, την ανεπαρκή διοικητική ικανότητα, την έλλειψη διαφάνειας, διφορούμενη δικαιοδοσία, κατακερματισμένες θεσμικές δομές και η έλλειψη των απαραίτητων υποδομών (Carius, 2004).

Η Διαχείριση του αρδευτικού νερού στην Ελλάδα.

Γεωργία και Άρδευση

Όπως και στις περισσότερες χώρες της Μεσογείου, η γεωργία αποτελεί ένα σημαντικό κλάδο της ελληνικής οικονομίας. Η Ε.Ε. επενδύει στην Ελληνική γεωργία με σκοπό όχι μόνο την προώθηση του συγκεκριμένου τομέα της οικονομίας, αλλά και για τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων. Τόσο οι δημόσιες, όσο και οι ιδιωτικές επενδύσεις στη γεωργία, έδειξαν μία ανοδική τάση την τελευταία δεκαετία. Επιπλέον το πλαίσιο στήριξης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Ελλάδα, επέτρεψε τη διάθεση σημαντικών ποσών σε σχέδια υποδομής για την αρδευόμενη γεωργία (Mamatzakis, 2003). Ως αποτέλεσμα, η συμβολή του γεωργικού τομέα στο ΑΕΠ της χώρας – τώρα στο 7% - είναι ένα από τα υψηλότερα σε όλες τις χώρες της Ε.Ε. (OECD, 2003). Η σημασία της αγροτικής οικονομία στη Ελλάδα, φαίνεται επίσης στο γεγονός ότι περίπου το 20% του ενεργού πληθυσμού ζουν από αυτό.

Η άρδευση στην Ελλάδα, ήταν αρχικά περιορισμένη σε λίγες καλλιέργειες (π.χ. κηπευτικά και δέντρα) αλλά όσο περνούσαν τα χρόνια επεκτάθηκαν αρκετά οι καλλιεργούμενες εκτάσεις, μεταξύ άλλων, από αροτραίες καλλιέργειες όπως το βαμβάκι, το καλαμπόκι και τα ζαχαρότευτλα. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων σε ποσοστό 65% τα τελευταία 25 χρόνια. Η αύξηση αυτή ήταν πιο έντονη σε πεδινές εκτάσεις από ό, τι σε ημιορεινές περιοχές. Σήμερα οι αρδευόμενες εκτάσεις υπολογίζονται έως και σε 1,4 εκατομμύρια εκτάρια, που αντιπροσωπεύουν το 40% της συνολικής καλλιεργήσιμης έκτασης της χώρας και το 10% της συνολικής χερσαίας επιφάνειάς της.

Το υψηλό μερίδιο της αγροτικής οικονομίας στο συνολικό της χώρας, επηρεάζει επίσης την κατανομή των υδατικών πόρων σε εθνικό επίπεδο. Επιπλέον, το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση υπολογίζεται ότι αντιστοιχεί στο 80%από τη συνολική κατανάλωση νερού της χώρας, το οποίο είναι επίσης το μεγαλύτερο ποσοστό

κατανάλωσης στον συγκεκριμένο τομέα από όλες τις χώρες της Ε.Ε.. Από τα επιφανειακά νερά, χρησιμοποιείται περίπου το 60% για άρδευση, ενώ το υπόλοιπο που χρειάζεται καλύπτεται από το υπόγειο. Σε εθνικό επίπεδο η μέση χρήση του νερού για άρδευση κυμαίνεται από 5.000 μέχρι 9.000 m^3 ha^{-1} ανά έτος, το οποίο εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το είδος της καλλιέργειας, το είδος του συστήματος άρδευσης και το τοπικό κλίμα.

Τα δημόσια δίκτυα καλύπτουν το ένα τρίτο των συνολικών αρδευόμενων εκτάσεων, ενώ τα υπόλοιπα δύο τρίτα που απομένουν αρδεύονται από ιδιωτικά δίκτυα. Παράλληλά οι επενδύσεις στην άρδευση δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες μέσα στη χώρα, αφήνοντας πολλές περιοχές με λίγα συλλογικά δίκτυα. Το σύστημα άρδευσης με καταιονισμό κυριαρχεί στην ελληνική γεωργία (δημόσια και ιδιωτικά) ακόμα, ένα άμεσο κίνητρο για στάγδην άρδευση, μπορεί να αλλάξει τα σημερινά ποσοστά που είναι επιφανειακή 36%, καταιονισμός 53% και στάγδην 11%. Τα δημόσια έργα είναι λίγο πολύ, εξοπλισμένα με σύγχρονες τεχνολογίες (π.χ. καταιονισμού ή στάγδην άρδευση) και λειτουργούν σε ποσοστό 60% από δίκτυα άρδευσης υπό πίεση, ενώ στο υπόλοιπο 40%, χρησιμοποιούνται τα λιγότερο αποδοτικά συστήματα βαρύτητας, (Latinopoulos, 2005).

Τιμολόγηση του Αρδευτικού Νερού

Σύμφωνα με τον Young, 1996, ως αξία του αρδευτικού νερού ορίζεται το ανώτατο ποσό το οποίο είναι διατεθειμένος να πληρώσει ένας πλήρως ενημερωμένος γεωργός για μια επιπλέον ποσότητα νερού.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω η αρδευόμενη γεωργία αποτελεί σήμερα ένα σημαντικό ζήτημα σε παγκόσμιο επίπεδο για δύο βασικούς λόγους: α) Είναι τελείως απαραίτητη για την παραγωγή τροφίμων. β) Με δεδομένη τη σπανιότητα του νερού, η ποσοστιαία αναλογία του αρδευτικού νερού, που φθάνει το 70% της παγκόσμιας κατανάλωσης, δημιουργεί έντονα προβλήματα στις λοιπές ανταγωνιστικές χρήσεις του.

Οι παραπάνω λόγοι και το γεγονός ότι η χρήση του αρδευτικού νερού απαιτεί υψηλές επενδύσεις για την κατασκευή απαραίτητων έργων, οδηγεί τις κυβερνήσεις να αναζητούν εξειδικευμένες πολιτικές κατανομής των υδατικών πόρων στους αγρότες.

Μία από τις κυρίαρχες πολιτικές είναι η τιμολόγηση του αρδευτικού νερού, (Johansson, 2000).

Η μετάβαση από την επικρατούσα κατάσταση της δωρεάν ή πολύ χαμηλού κόστους παροχής του αρδευτικού νερού σ' ένα καθεστώς ουσιαστικής χρέωσής του δεν βρίσκει όλες τις χώρες στην ίδια κατάσταση αποδοχής και ετοιμότητας (OECD, 2002). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η Οδηγία για το νερό (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2000) έχει προκαλέσει για το θέμα έντονη συζήτηση, κυρίως σχετικά με τις επιπτώσεις της τιμολόγησης στις οικονομίες ορισμένων χωρών.

Η τιμή του νερού που παρέχεται από δημόσια δίκτυα στην Ελλάδα διαφέρει από περιοχή σε περιοχή, και το είδος και μέγεθος της κατανάλωση (Κολοκυθά και Μυλόπουλος, 2000). Η βασική τιμή του πόσιμου νερού στο δίκτυο της πόλης του Βόλου ήταν 0,38 € το 1 m^3, το 2003 (Φαφούτης κ.α.. 2006). Αντίστοιχα, η τιμή του αρδευτικού νερού το οποίο παρέχεται από δημόσια δίκτυα, κυμαίνεται μεταξύ 0,02 € και 0,08 € το 1 m^3 (Latinopoulos, 2005). Οι τιμές αυτές είναι επιδοτούμενες και δεν αντιπροσωπεύουν το πραγματικό κόστος του νερού, αφού καλύπτονται τα διοικητικά και λειτουργικά έξοδα και το κόστος συντήρησης αλλά όχι το κόστος κατασκευής των δημοσίων δικτύων και άλλα παρεμφερή έξοδα. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία για το Υδατικό Πλαίσιο (European Water Framework Directive, 2000) περιλαμβάνει μια σειρά μέτρων για μια πιο ορθολογική τιμολόγηση του νερού (water pricing) –σε αντίθεση με την έως τώρα πρακτική αντιμετώπισής του ως απεριόριστου αγαθού – με σκοπό τη δημιουργία κινήτρων για τη μείωση της κατανάλωσης, την προστασία και την ορθολογική διαχείρισή του.

Πιο συγκεκριμένα, η τιμή του νερού σύμφωνα με την Οδηγία για το Νερό της Ε.Ε (WFD 60/2000) θα πρέπει να περιλαμβάνει:

a. Το οικονομικό κόστος (financial cost), που αντιπροσωπεύει το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης (O&M) των υποδομών.
b. Το περιβαλλοντικό κόστος (environmental cost), που αντιπροσωπεύει το κόστος ή τη ζημία που η χρήση του νερού προκαλεί στο περιβάλλον (π.χ. αλάτωση εδαφών, υποβάθμιση της ποιότητας του οικοσυστήματος).
c. Το κόστος του φυσικού πόρου (resource cost), που αντιπροσωπεύει το κόστος που πιθανόν να προκληθεί σε άλλες χρήσεις, λόγω υπερβολικής χρήσης και αδυναμία αναπλήρωσης (π.χ. υπεράντλησης υδροφορέων).

Θα πρέπει να εφαρμοσθεί πολιτική τιμών τέτοια που η τιμή του νερού να διαφοροποιείται ανάλογα με τη προέλευσή του (άντληση ή φυσική ροή) και να καλύπτει το πραγματικό κόστος λειτουργίας και συντήρησης των έργων από τους χρήστες. Η τιμή του νερού, για κατανάλωση πάνω από τις ανάγκες της καλλιέργειας, να προσαυξάνεται κλιμακωτά, μέχρι και 500% σε συλλογικά δίκτυα με άντληση (Ισραήλ, κλπ.). Η τιμή του αρδευτικού νερού στο Ισραήλ κυμαίνεται από 1,7 €/ m^3 – 2,5 €/ m^3. Η διαφορά στην τιμή σε σχέση με τη χώρα μας είναι πάρα πολύ μεγάλη.

Στη συνέχεια αναφέρονται ενδεικτικά αποτελέσματα από τη χρήση οικονομικών μεθόδων στη διαχείριση του νερού από τη διεθνή εμπειρία:

- Η κατανάλωση του νερού στην πρώην Ανατολική Γερμανία μειώθηκε εντυπωσιακά, από 400 σε 120 λίτρα/άτομο/ημέρα μεταξύ 1989 και 1994, μετά την ένωση των δύο Γερμανιών, οπότε ακολουθήθηκε η πολιτική της Δ. Γερμανίας, που προβλέπει την τιμολόγηση του νερού με βάση το πραγματικό κόστος του.
- Στην Iowa των ΗΠΑ, με την επιβολή έμμεσης φορολόγησης κατάφεραν να μειώσουν την χρήση χημικών γεωργικών φαρμάκων και συνεπώς την μόλυνση του νερού κατά 77%.
- Παρόμοιο παράδειγμα αποτελεί και η περίπτωση της βιομηχανικής χρήσης νερού στην Αμερική που λόγω επιβολής προστίμων μειώθηκε από το 1980 έως το 1990 κατά 33%, τη στιγμή κατά την οποία η βιομηχανική δραστηριότητα σημείωνε αύξηση.
- Στη Γαλλία η εφαρμογή της αρχής «ο ρυπαίνων και ο χρήστης πληρώνουν» μείωσε την άντληση υπόγειου νερού κατά 15% και τη βιομηχανική χρήση νερού κατά 55% σε μια εποχή που σε άλλες χώρες σημειώθηκαν εντυπωσιακές αυξήσεις, (1970-1989).
- Στην Ολλανδία τα αποτελέσματα μιας πολιτικής ποινών και φορολόγησης για τη ρύπανση των νερών, έπεισε το 66% των μεγάλων βιομηχανιών να ενσωματώσουν σύγχρονες καθαρές τεχνολογίες επεξεργασίας και ανακύκλωσης του νερού στη λειτουργία τους.

Έχει υπολογιστεί ότι με εφαρμογή μιας αποτελεσματικής πολιτικής στην κατεύθυνση της διαχείρισης της ζήτησης του νερού, κατά μέσον όρο σε όλον τον κόσμο, οι αγρότες έχουν περιθώρια να περικόψουν την κατανάλωση του νερού κατά 10-50%, η

βιομηχανία κατά 40-90% και η ύδρευση κατά 30%, χωρίς καμία διαφορά στο οικονομικό αποτέλεσμα, αλλά και χωρίς αυτό να σημαίνει υποβάθμιση της ποιότητας της ζωής (Μυλόπουλος).

Επομένως, μια τιμολόγηση θα πρέπει να στηρίζεται σε τιμές που να αντανακλούν την πραγματική αξία του συγκεκριμένου φυσικού πόρου με σκοπό την όσο το δυνατόν πιο ορθολογική και αποτελεσματική χρήση του. Ταυτόχρονα, το εύρος των τιμών του νερού δεν θα πρέπει να θέτει σε κίνδυνο το αγροτικό εισόδημα, όπως π.χ. μπορεί να συμβεί αν το κόστος του νερού αποβεί μεγαλύτερο από την επιθυμία των γεωργών για πληρωμή, (Latinopoulos and Mylopoulos, 2005).

Από τη βιβλιογραφία, σύμφωνα με τους Latinopoulos et.al, 2005, η προσπάθεια εφαρμογής της πολιτικής τιμολόγησης του αρδευτικού νερού, εκτός από τη δυνατότητα μεταβολής της κατανάλωσης, μπορεί να επιφέρει και άλλες έμμεσες συνέπειες στον αγροτικό χώρο που έρχονται συνήθως σε αντιδιαστολή με τη θετική συμβολή της στην εξοικονόμηση του νερού.

Στην παρούσα εργασία, θα δούμε με τη βοήθεια της Θεωρίας Παιγνίων, τις επιπτώσεις που θα προκαλέσει μία πιθανή αύξηση της τιμής του αρδευτικού τού, στην περιοχή της Θεσσαλίας, μία κατεξοχήν γεωργική περιοχή της Ελλάδας. Τα στρέμματα που επιλέχθηκαν να καλλιεργούν οι Αγρότες – Παίκτες του παιχνιδιού που θα στηθεί, θα βρίσκονται στο νομό Λάρισας. Η μελέτη έγινε για δύο καλλιέργειες, το βαμβάκι, το οποίο καλλιεργείται σε μεγάλα ποσοστά στην περιοχή και επιπλέον απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού, και μία νέα εναλλακτική καλλιέργεια, το βιολογικό κτηνοτροφικό ρεβίθι, η οποία είναι ξερική και επομένως μπορεί να έχει καλές ετήσιες αποδόσεις και με πολύ μικρή ποσότητα νερού. Έτσι, με βάση τη μείωση του γεωργικού εισοδήματος των αγροτών της περιοχής, θα δούμε σε πιο βαθμό είναι διατεθειμένοι να αλλάξουν καλλιέργεια, αλλά συγχρόνως και να εφαρμόσουν σύγχρονες μεθόδους άρδευσης προκειμένου οι καλλιέργειες να αρδεύονται όσο χρειάζονται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Θεωρία Παιγνίων, Γενικά Χαρακτηριστικά

2.1. Εισαγωγή

Οι διαμάχες λόγω αντίθετων συμφερόντων αποτέλεσαν και αποτελούν και σήμερα ένα συχνό φαινόμενο σε κάθε μορφή κοινωνίας. Καταστάσεις όπου παρατηρούνται διαφορετικές ατομικές ή ομαδικές προτιμήσεις εμφανίζονται συχνά σε διάφορους τομείς, ενώ η συχνότητα εμφάνισης τους οδήγησε στην ανάπτυξη βασικών θεωριών για την ανάλυσή τους. Η παρουσία διαμαχών αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης σε διάφορα πεδία, όπως η οικονομία, η κοινωνιολογία και οι πολιτικές επιστήμες.

Η Θεωρία παιγνίων ασχολείται με αποφάσεις, υπό αβέβαιες συνήθως συνθήκες, όπου εμπλέκονται δύο ή και περισσότεροι νοήμονες «αντίπαλοι», και όπου ο καθένας τους φιλοδοξεί να βελτιστοποιήσει την δική του απόφαση εις βάρος των άλλων ή σε συνεργασία με άλλους, διαμορφώνοντας ίσως συνασπισμούς. Εφόσον συμμετέχουν τουλάχιστον δύο παίκτες με τουλάχιστον δύο στρατηγικές ο καθένας με αντίθετα συμφέροντα, το αποτέλεσμα για κάθε παίκτη καθορίζεται από τις συνδυασμένες επιλογές όλων των παικτών και δίνεται από τον πίνακα αποτελεσμάτων του παιγνίου.

Οι μαθηματικές τεχνικές που αναπτύχθηκαν επιχειρούν να αναλύσουν καταστάσεις με αντικρουόμενα συμφέροντα για τους εμπλεκόμενους, όπου οι αποφάσεις του ενός επηρεάζουν την ευημερία (κέρδος) του άλλου. Για το λόγο αυτό, η Θεωρία των Παιγνίων πήρε τον τίτλο «επιστήμη της στρατηγικής» καθώς αναλύει περιπτώσεις όπου οι τύχες των ανθρώπων αλληλοεξαρτώνται, προσφέροντας ένα συστηματικό τρόπο για το σχεδιασμό των κατάλληλων στρατηγικών που οδηγούν στην εξομάλυνση ανταγωνιστικών καταστάσεων (Μπράντενμπεργκερ και Νέιλμπαφ, 1999).

Η χρήση της Θεωρίας των Παιγνίων επιχειρεί τον άμεσο συσχετισμό θεωρίας και πράξης χρησιμοποιώντας την επιστήμη των εφαρμοσμένων μαθηματικών για την ανάλυση και μελέτη ρεαλιστικών καταστάσεων. Καθώς ασχολείται με εξέχοντα θέματα όπως οικονομικές, πολιτικές ή ακόμα και διεθνείς σχέσεις, διακρίνεται μία αντίφαση του τίτλου της με τη σπουδαιότητα των θεμάτων που πραγματεύεται. Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκε ο όρος «παίγνιο» είναι ότι κλασικά παιχνίδια όπως το σκάκι και διάφορα παιχνίδια τύχης αποτέλεσαν τη βάση για την ανάπτυξη της θεωρίας σε πιο πολύπλοκα ζητήματα. Ίσως οι τίτλοι «Ανάλυση Αντιθέσεων» ή «Θεωρία των Αποφάσεων» θα ήταν πιο αντιπροσωπευτικοί (Myerson, 1991), παρόλα αυτά επικράτησε ο αρχικός τίτλος.

2.2. Ιστορική Αναδρομή

Η πρώτη γνωστή συζήτηση για τη θεωρία παιγνίων εμφανίζεται σε μία επιστολή που γράφτηκε από τον James Waldegrave το 1713. Σε αυτή την επιστολή, ο Waldegrave

εμφανίζει μία λύση μεικτής στρατηγικής minimax σε μία εκδοχή δύο παικτών σε ένα παιχνίδι με χαρτιά (Madison, 1787, Rakove, 2007). Ένας πιο σύγχρονος αναλυτής, ο Zermelo (1913) ασχολήθηκε με τη σύνδεση της θεωρίας παιγνίων με το σκάκι (Aumann and Hart, 1992). Απέδειξε ότι μία παρτίδα σκάκι έχει πάντα μία λύση με την ύπαρξη νικηφόρας στρατηγικής για έναν από τους δύο παίκτες από οποιαδήποτε κατάσταση χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της «προς τα πίσω επαγωγής» (backward induction).

Η θεωρία παιγνίων, δεν υπήρχε σαν ένας ξεχωριστός τομέας, μέχρι που ο John von Neumann έκανε μία δημοσίευση το 1928, όπου απέδειξε ότι τα παίγνια μηδενικού αθροίσματος έχουν πάντα λύση, (Neumann, 1928). Παρόλο που ο Γάλλος μαθηματικός Émile Borel έκανε ορισμένες εργασίες νωρίτερα πάνω σε παίγνια, ο Von Neumann μπορεί δίκαια να θεωρείται ο εφευρέτης της Θεωρίας Παιγνίων. Η προηγούμενη δουλειά του, κατέληξε το 1944, στην έκδοση του βιβλίου “Theory of Games and Economic Behavior” με τον Oskar Morgenstern. Η συνεισφορά τους ήταν

πολύ χρήσιμη για την περαιτέρω εξέλιξη της Θεωρίας Παιγνίων, καθώς έθεσαν τις βάσεις σε τρεις σημαντικούς τομείς: πρώτον, στη θεωρία της χρησιμότητας, δεύτερον στην εύρεση λύσεων για τα παίγνια μηδενικού-αθροίσματος και τρίτον, εισήγαγαν την κατηγορία παιγνίων συνεργασίας.

Το επόμενο ορόσημο για την ιστορία της Θεωρίας Παιγνίων τέθηκε το 1950 από τον John Nash με την εισαγωγή της έννοιας της ισορροπίας, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στη σύγχρονη θεωρία παιγνίων και ονομάστηκε ισορροπία Nash. Για το επίτευγμα, του απονεμήθηκε βραβείο Nobel στα Οικονομικά το 1994. Η εργασία του προώθησε την εφαρμογή της θεωρίας παιγνίων εκτός από τα παίγνια μηδενικού-αθροίσματος και σε περιπτώσεις μη μηδενικού αθροίσματος, όπου οι παίκτες μπορούν να χάνουν ή να κερδίζουν συγχρόνως.

Ο John Nash μοιράστηκε το βραβείο Nobel με τους John Harsanyi και Reinhard Selten, οι οποίοι γενίκευσαν την έννοια της ισορροπίας Nash και σε άλλες κατηγορίες παιγνίων όπως τα δυναμικά και τα παίγνια με ελλιπή πληροφόρηση (incomplete information), τα οποία βρίσκουν ευρεία εφαρμογή στις οικονομικές επιστήμες (Rasmussen, 1994).

Αξιοσημείωτη πρόοδος παρατηρήθηκε και στην κατηγορία των συνεργάσιμων παιγνίων με τον Lloyed Shapley (1971) ο οποίος εισήγαγε την έννοια της Τιμής Shapley (Shapley Value) για παίγνια με τη δυνατότητα δημιουργίας συνασπισμών. Το πιο διαδεδομένο σύγγραμμα εκδόθηκε το 1957 από τους Duncan Luce και Howard Raiffa, όπου εισήγαγαν την έννοια των επαναλαμβανόμενων παιγνίων και αποτελεί ακόμα και σήμερα τη βασική πηγή πληροφόρησης για τη Θεωρία Παιγνίων.

Η θεωρία παιγνίων προσελκύει έντονο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια εξαιτίας των ποικίλων εφαρμογών της σε ένα μεγάλο φάσμα επιστημονικών περιοχών. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη μαθηματική δομή της θεωρίας (Davis, 1970) η οποία διαφέρει έντονα από τις προηγούμενες προσπάθειες για εύρεση μαθηματικών λύσεων στα κοινωνικά φαινόμενα. Ο ανθρώπινος παράγοντας παίζει μεγάλο ρόλο στην επίλυση κοινωνικών φαινομένων, καθώς η ανθρώπινη συμπεριφορά χαρακτηρίζεται από ποικίλες αντιδράσεις όπως ανταγωνιστικές τακτικές, επιδίωξη συνεργασίας και γνώση ή μη του αντιπάλου.

Εκτός από τις ποικίλες εφαρμογές της θεωρίας παιγνίων στις οικονομικές επιστήμες, παρατηρείται τα τελευταία χρόνια η επέκταση της και στην επιστήμη της βιολογίας. Ο συνδυασμός αυτός προέκυψε κυρίως από την αναγνώριση ότι οι φυσικές διεργασίες ακολουθούν λογικές επιλογές (Robson, 2001). Σε αντίθεση με τις οικονομικές εφαρμογές, στο χώρο της βιολογίας τα οφέλη κάθε παίκτη εκφράζονται ως φυσική κατάσταση και με αυτόν τον τρόπο ερμηνεύεται η εξέλιξη των ειδών. Η πιο γνωστή θέση ισορροπίας στη βιολογία εξελικτική σταθερή στρατηγική (evolutionary stable strategy), η οποία εφόσον υιοθετηθεί από κάποιον οργανισμό, δεν μπορεί να παραβιαστεί. Η έννοια αυτή παρουσιάστηκε από τον John Maynard (1982) ενώ η αρχική ιδέα μπορεί να αναζητηθεί ακόμα και στη θεωρία του Δαρβίνου.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η θεωρία παιγνίων στη μελέτη των διεθνών σχέσεων (Βαρβαρούσης, 1998), καθώς συνδυάζει τη θεωρία με την πράξη, εισάγοντας την ορθολογική σκέψη στην πολιτική. Η θεωρία παιγνίων εφαρμόστηκε επίσης στις πολιτικές επιστήμες, στη φιλοσοφία και στη ψυχολογία. Ο David Lewis το 1969 χρησιμοποίησε τη θεωρία παιγνίων για την ανάλυση της κοινής λογικής ενώ ο Thomas Hobbes (Kavka, 1986) ασχολήθηκε με την αναζήτηση της ηθικής μέσω της ιδιοτέλειας. Η πιο πρόσφατη εφαρμογή της θεωρίας παιγνίων είναι στο χώρο της πληροφορικής, με την εφαρμογή παιγνίων για τη μοντελοποίηση της επικοινωνίας του υπολογιστή και του χρήστη. Επίσης, χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό αλγορίθμων, πρωτόκολλα δικτύων και αυτόνομους πράκτορες. Αντίστροφα, η θεωρία παιγνίων έχει επωφεληθεί από την εξέλιξη της πληροφορικής, καθώς στο παρελθόν η εφαρμογή κλασικών μοντέλων της ΘΠ περιοριζόταν αισθητά λόγω αδυναμίας επίλυσης πολύπλοκων μαθηματικών διαδικασιών.

2.3. Βασικά Χαρακτηριστικά

2.3.1. Μαθηματικός Ορισμός

Ένα παίγνιο σε κανονική μορφή αποτελείται από (τουλάχιστον) δύο συμμετέχοντες, οι οποίοι διαθέτουν ένα σύνολο εναλλακτικών επιλογών που ονομάζουμε σύνολο στρατηγικών (strategies). Για κάθε συνδυασμό στρατηγικών θα υπάρχει ένα αποτέλεσμα του παιγνίου όπου θα περιγράφει με τη σειρά του τις αποδόσεις (payoff) των παικτών όταν αυτό προκύψει. Μπορούμε να διακρίνουμε δύο γενικότερες κατηγορίες παιγνίων, τα παίγνια σε κανονική μορφή (games in normal form or non-cooperative games) και τα παίγνια σε χαρακτηριστική μορφή (games in characteristic

form or cooperative games). Οι δύο κατηγορίες εξετάζουν την στρατηγική συμπεριφορά των παικτών ωστόσο η βασική διαφορά τους είναι ότι στα παίγνια σε κανονική μορφή δεν επιτρέπεται επικοινωνία μεταξύ των παικτών και η δυνατότητα συνασπισμού τους. Αντίθετα στα παίγνια σε χαρακτηριστική μορφή οι απευθείας συμφωνίες μεταξύ των παικτών επιτρέπονται ωστόσο επιβάλλονται με αξιωματικό τρόπο.

Στην αναλυτική μορφή του παιγνίου, ονομάζουμε το σύνολο των παικτών N={1,2,…}, αποτελούμενο από τον παίκτη 1, τον παίκτη 2 κ.ο.κ. ανάλογα με το πλήθος των παικτών. Στη συνέχεια ορίζουμε για κάθε παίκτη ένα σύνολο στρατηγικών επιλογών, S_i, i=1,2,… Οι στρατηγικές επιλογές μπορούν να έχουν οποιαδήποτε μορφή αριθμητική ή όχι. Για παράδειγμα, μπορεί να αφορά την απόφαση αν θα πρέπει να ταξιδέψω προς ένα προορισμό με αυτοκίνητο ή με το αεροπλάνο ή ακόμη την απόφαση ενός ολιγοπωλητή για την ποσότητα του αγαθού που θα επιλέξει να παράγει. Στην πρώτη περίπτωση το σύνολο των στρατηγικών θα παίρνει την μορφή S_i={αυτοκίνητο, αεροπλάνο} ενώ στη δεύτερη περίπτωση το σύνολο στρατηγικών θα είναι αριθμητικό πλήθος των μονάδων προϊόντος που θα επιλέξει να παράγει S_i ={1, 2, … C} όπου C η παραγωγική ικανότητα του ολιγοπωλητή. Φυσικά στην περίπτωση που το προϊόν είναι πλήρως διαχωρίσιμο (π.χ. πετρέλαιο, σιτάρι κ.λ.π.) τότε το σύνολο των στρατηγικών θα είναι το συνεχές διάστημα S_i = (0, …., C]. Τέλος, η απόδοση του παίκτη θα είναι μία συνάρτηση από τον χώρο των συνδυασμών στρατηγικών προς τους πραγματικούς αριθμούς. Συνήθως, σε ένα τοπικό παίγνιο με 2 παίκτες, N = {i, j} η απόδοση του παίκτη i θα δίνεται από την $\upsilon_i : S_i \times S_j \rightarrow \mathbb{R}$.

Συνοψίζουμε ως εξής:

ΟΡΙΣΜΟΣ: Ως **παίγνιο σε κανονική μορφή** θα ορίζουμε την συλλογή

$$\Gamma = \{ N, (S_i)_{i \in N}, (\upsilon_i)_{i \in N} \}$$

Όπου N το σύνολο των παικτών, S_i το σύνολο των στρατηγικών για κάθε παίκτη i και τέλος υ_i η συνάρτηση αποδόσεων του (Βολιώτης, 2009).

Έχοντας ορίσει την δομή του παιγνίου, αναζητούμε τους τρόπους ή μεθόδους επίλυσης του, δηλαδή τα κριτήρια ή τις συνθήκες ευστάθειας όπου θα προκρίνουν

κάποια αποτελέσματα ως ικανά να προκύψουν μέσα από την διαδικασία επιλογής. Στην αναζήτηση μας αυτή, και λαμβάνοντας υπ' όψη την υπόθεση της εργαλειακής ορθολογικότητας (instrumental rationality) θεωρούμε ότι οι παίκτες θα επιλέγουν εκείνες τις στρατηγικές που θα μεγιστοποιούν τις αποδόσεις τους, δοσμένης της στρατηγικής συμπεριφοράς των άλλων παικτών. Με άλλα λόγια υποθέτουμε ότι παίκτες θα αντιδρούν **βέλτιστα** στις επιλογές των άλλων παικτών. Είναι αντιληπτό ότι μπορεί να υπάρχουν πλέον της μιας στρατηγικής που αποτελούν βέλτιστη αντίδραση σε μια στρατηγική του αντιπάλου.

2.3.2. Περιγραφή Παιγνίων

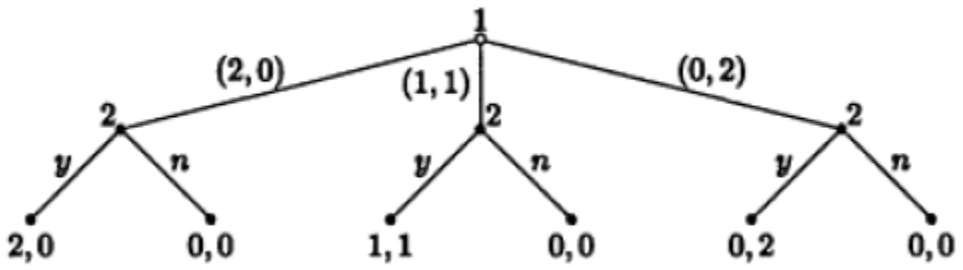
Τα παίγνια μπορούν να παρουσιαστούν σε τρεις μορφές, η κάθε μία από τις οποίες παρέχει διαφορετικές πληροφορίες και λεπτομέρειες. Αξίζει να σημειωθεί πως η μορφή που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από την περίσταση και το είδος της ανάλυσης.

1. Η *αναλυτική ή εκτεταμένη μορφή* (εικόνα 2.1) ενός παιγνίου, είναι όταν οι κανόνες που διέπουν το παίγνιο περιγράφονται μέσω ενός δέντρου, του δέντρου παιγνίου, όπου οι κινήσεις δηλώνονται ως οι κλάδοι και ο παίκτης που έχει σειρά για να κάνει μια κίνηση ως κορυφή ή κόμβος. Παριστάνονται επίσης οι πληροφορίες και οι επιλογές που είναι στην διάθεση των παικτών, όπως και οι τελικές αμοιβές ή απώλειες όλων των παικτών στο τέλος του «παιξίματος».

Τα παίγνια αναπαρίστανται ως δένδρα που ξεκινούν από τον κόμβο αφετηρίας. Κάθε ενδιάμεσος κόμβος καλείται κόμβος απόφασης και αντιπροσωπεύει ένα σημείο απόφασης κάποιου παίκτη, (αυτού που αναγράφεται στον καθένα) ενώ οι κλάδοι που ξεκινούν από τον κάθε κόμβο, είναι οι πιθανές κινήσεις - αποφάσεις του παίκτη. Σε κάθε κόμβο απόφασης καταλήγει μόνον ένας κλάδος αλλά είναι πιθανό να ξεκινούν από αυτόν περισσότεροι του ενός κλάδοι. Τα αποτελέσματα της κάθε στρατηγικής φαίνονται στον τερματικό κόμβο, στο τέλος του δέντρου.

Ένα παίγνιο σε εκτεταμένη μορφή είναι τέλειας πληροφόρησης εάν δεν γίνονται ταυτόχρονες κινήσεις και για κάθε κίνηση όλοι οι παίκτες γνωρίζουν τις επιλογές που έγιναν σε όλες τις προηγούμενες κινήσεις, έστω και αν οι κινήσεις ήταν τυχαίες. Το σκάκι είναι παράδειγμα παιγνίου τέλειας πληροφόρησης, ενώ το πόκερ δεν είναι. Η εκτεταμένη μορφή των παιγνίων

είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην ανάπτυξη προγραμμάτων υπολογιστών που παίζουν επιτραπέζια παιχνίδια, όπως σκάκι και τάβλι (Turocy and Stengel, 2001).



Εικόνα 2.1: Εκτεταμένη μορφή ή δενδροδιάγραμμα.

2. Η *χαρακτηριστική μορφή* ενός παιγνίου χρησιμοποιείται όταν ελάχιστες πληροφορίες απαιτούνται για να περιγραφεί το παιχνίδι. Παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις αποδόσεις σε έναν μόνο παίκτη ή για τη συνεργασία τους και τίποτα άλλο, (Aumann 1987; Schotter & Schwödiauer 1980). Ένα ο αριθμός των στρατηγικών του κάθε παίκτη δεν είναι πεπερασμένος, τότε οι στρατηγικές αυτές θα μπορούσαν να περιγραφούν σαν στοιχεία κάποιου συνόλου, ενώ οι αμοιβές ή οι απώλειες των παικτών θα μπορούσαν να εκφραστούν σαν πραγματικές συναρτήσεις με πεδίο ορισμού το καρτεσιανό γινόμενο των συνόλων των στρατηγικών.

3. Μία λιγότερο αυστηρή περιγραφή των κανόνων του παιχνιδιού, των στρατηγικών και των αποδόσεων που είναι διαθέσιμες για κάθε παίκτη δίνονται από την *Στρατηγική ή κανονική μορφή Αναπαράστασης (ΣΜΑ)* του παιχνιδιού. Αυτή η μορφή παρουσιάζεται σαν πίνακας στον οποίο δίνονται οι στρατηγικές κάθε παίκτη (Zagare, 1984).

Τα πεπερασμένα παίγνια δύο παικτών περιγράφονται συνήθως με την βοήθεια δύο μήτρων και τότε λέμε για τα δι-μητρικά παίγνια ή δι-πινακοπαίγνια. Οι μήτρες αυτές παρουσιάζουν μέσω των στοιχείων τους την αμοιβή ή την απώλεια των παικτών κάθε ζεύγους στρατηγικών, όπου οι στρατηγικές του ενός αντιστοιχούν στις γραμμές των μήτρων, ενώ οι στρατηγικές του άλλου στις στήλες.

Είναι η πιο διαδεδομένη μορφή παιγνίου, η οποία θα χρησιμοποιηθεί και στην παρούσα εργασία. Καθορίζεται από τις παράγοντες, τους παίκτες του

παιγνίου, τις δυνατές επιλογές κάθε παίκτη και τα οφέλη (απολαβές) που προκύπτουν από κάθε συνδυασμό των επιλογών.

Το πιο απλό παίγνιο αυτής της μορφής είναι αυτό με δύο παίκτες, έκαστος με δύο επιλογές (1: Α,Β και 2: Γ,Δ και f(x)), το οποίο απεικονίζεται σε έναν 2x2 πίνακα ο οποίος ονομάζεται μήτρα του παιγνίου:

Παίκτης 2 / **Παίκτης 1**	**Γ**	**Δ**
Α	$f_1(A, \Gamma)$, $f_2(A, \Gamma)$	$f_1(A, \Delta)$, $f_2(A, \Delta)$,
Β	$f_1(B, \Gamma)$, $f_2(B, \Gamma)$	$f_1(B, \Delta)$, $f_2(B, \Delta)$,

Πίνακας 2.2.: Μήτρα απλού παιγνίου 2x2.

Αν για παράδειγμα ο παίκτης 1 επιλέξει Α και ο παίκτης 2, Γ το όφελος θα είναι $f_1(A,\Gamma)$ και $f_2(A,\Gamma)$ για τον 1 και 2 αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι τα οφέλη των παικτών εξαρτώνται τόσο από τη δική τους επιλογή όσο και από την επιλογή του αντιπάλου. Το σύνολο των στρατηγικών κάθε παίκτη συμβολίζεται με $S_i = \{a_1, a_2,\ldots, a_m\}$, έτσι για τον παίκτη 1: $S_1 = \{A, B\}$.

Η ΣΜΑ στηρίζεται στις παρακάτω υποθέσεις:

- Κάθε παίκτης γνωρίζει τις διαθέσιμες εναλλακτικές, τόσο τις δικές του όσο και του αντιπάλου, καθώς και τις συνέπειες κάθε επιλογής του, δηλαδή έχει γνώση της μήτρας του παιγνίου.
- Κάθε παίκτης έχει μία συγκεκριμένη σειρά προτιμήσεων για κάθε αποτέλεσμα, δηλαδή για κάθε ζεύγος οφελών, που σημαίνει ότι κατά τη σύγκριση δύο αποτελεσμάτων είτε έχει καθαρή προτίμηση για ένα από τα δύο, είτε ότι είναι ουδέτερος.
- Κάθε παίκτης γνωρίζει τη σειρά προτιμήσεων του αντιπάλου.

Οι παίκτες προσπαθούν ταυτόχρονα να μεγιστοποιήσουν τα οφέλη τους, όμως καθώς τα συμφέροντα είναι αλληλο-αντικρουόμενα, γεννάται το ερώτημα τι κινήσεις πρέπει να ακολουθήσει κάθε παίκτης ώστε να ικανοποιήσει τις επιθυμίες του, (Βολιώτης, 2009). Οι παίκτες επιλέγουν τις στρατηγικές τους ανεξάρτητα (independently) και τις ανακοινώνουν ταυτοχρόνως (simultaneously), (Μυγδαλάς, 2007). Η μελέτη των παιγνίων αυτής της

κατηγορίας αναφέρεται σε παίγνια όπου οι προτιμήσεις των παικτών είναι αντίθετες και προσπαθεί να δώσει απαντήσεις στο παραπάνω ερώτημα.

Επειδή οι παίκτες πρέπει να αποφασίσουν ταυτοχρόνως και ανεξάρτητα, ουδείς γνωρίζει την επιλογή των άλλων όταν επιλέγει την δική του στρατηγική. Η ταυτόχρονη και ανεξάρτητη επιλογή στρατηγικής αναφέρεται στο γεγονός και όχι κατ'ανάγκη στην επιλογή την ίδια χρονική στιγμή. Θα μπορούσαμε δηλαδή να φανταστούμε ότι οι παίκτες, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, εσωκλείουν τις αντίστοιχες επιλογές τους σε φακέλους, και οι φάκελοι αυτοί ανοίγονται ταυτόχρονα από κάποιο ουδέτερο πρόσωπο οπότε οι επιλογές των παικτών γίνονται δημόσια γνωστές (Μυγδαλάς, 2007).

Τι είναι στρατηγική μορφή; Είναι πολύ απλά μια μήτρα, για παράδειγμα ας υποθέσουμε ότι είμαστε σε ένα απλό παιχνίδι με 2 παίκτες: τους 1 και 2.

Ο παίκτης (1) ή αλλιώς ο «παίκτη γραμμής» έχει τις στρατηγικές A και B ενώ ο παίκτης (2) ή «παίκτης στήλης» τις C και D. Οι επικεφαλίδες των γραμμών και των στηλών είναι οι στρατηγικές του κάθε παίκτη. Στη κελιά του κάθε πίνακα (μήτρα) υπάρχουν αριθμοί που δείχνουν το κέρδος (όφελος, payoff) κάθε παίκτη για τον συνδυασμό στρατηγικών. Σε κάθε κουτάκι χρειαζόμαστε δύο νούμερα: π.χ. το τι πετυχαίνει ο παίκτης (1) όταν ακολουθεί τη στρατηγική A, τη στιγμή που ο παίκτης (2) ακολουθεί τη στρατηγική C. Το πρώτο παριστάνει το τι πετυχαίνει ο παίκτης (1), ενώ το δεύτερο το τι πετυχαίνει παίκτης (2). Έτσι για παράδειγμα το (7, 9) μας δίνει το αποτέλεσμα όταν οι στρατηγικές είναι A και C. Αντίστοιχα έχουμε τα άλλα νούμερα στα υπόλοιπα κουτιά.

Παίκτης 2

		C	**D**
Παίκτης 1	**A**	7, 9	3,10
	B	9, 19	0, -7

Πίνακας 2.3.: Μήτρα παιγνίου 2 παικτών.

Το παιχνίδι ξεκινάει και οι παίκτες επιλέγουν ταυτόχρονα μία στρατηγική. Το κελί που αντιστοιχεί στο σημείο τομής των δύο επιλογών δείχνει το κέρδος που έχουν οι δύο παίκτες (Πετράκης).

2.4. Ταξινόμηση Παιγνίων

Τα παίγνια ταξινομούνται συχνά σε διάφορα είδη μέσω ποικίλων κριτηρίων. Μερικές από αυτές τις κατηγορίες θα παρουσιαστούν εδώ.

1. ***Αριθμός των παικτών.***

   Ένα βασικό κριτήριο, βάσει του οποίου μπορεί να ταξινομηθεί ένα παίγνιο είναι ο αριθμός των παικτών που συμμετέχουν. Αν λοιπόν συμμετέχουν δύο παίκτες τα παίγνια ονομάζονται *«παίγνια δύο παικτών»*, ενώ εάν συμμετέχουν n παίκτες είναι τα *«παίγνια n παικτών»*, όπου n>2.

2. ***Συνεργασίας ή Άνευ-συνεργασίας.***

   Η παρουσία δύο παικτών είναι η ελάχιστη απαίτηση για να έχουμε φαινόμενα ανταγωνισμού και συνεργασίας. Η παρουσία τριών ή περισσότερων παικτών οδηγεί περαιτέρω και στην δυνατότητα σχηματισμού συνασπισμών. Όπου μια ομάδα από δύο ή περισσότερους παίκτες ενώνουν τα ενδιαφέροντα τους και συναρμονίζουν τις στρατηγικές τους. Έτσι έχουμε «*παίγνια με ή άνευ συνεργασίας»*, μια ταξινόμηση που βασίζεται στο κατά πόσο οι παίκτες πριν παίξουν το παίγνιο μπορούν να μορφώσουν συνασπισμούς και να επιτύχουν δεσμευτικές συμφωνίες για τις στρατηγικές.

3. **Δυναμικά ή Στατικά.**

   Τα παίγνια επίσης, μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με το εάν η σειρά που λαμβάνονται οι αποφάσεις παίζει ρόλο ή όχι. Έτσι έχουμε τα «*δυναμικά*» παίγνια όπου η σειρά με την οποία λαμβάνονται οι αποφάσεις παίζει ρόλο και τα «*στατικά*» παίγνια, στα οποία η σειρά με την οποία ο παίκτης παίρνει τις αποφάσεις, δεν έχει σημασία.

4. **Πεπερασμένα ή Μη-Πεπερασμένα.**

   Επίσης, ο αριθμός στρατηγικών ταξινομεί τα παίγνια σε «*πεπερασμένα*» και σε «*μη-πεπερασμένα*» ή σε απειροπαίγνια. Επειδή οι αμοιβές ή οι απώλειες δύο παικτών με πεπερασμένο αριθμό στρατηγικών μπορούν να διαταχθούν σε πίνακες ή μήτρες, τα παίγνια αυτά είναι γνωστά ως μητρικά ή πινακοπαίγνια.

5. **Μηδενικού Αθροίσματος και Μη-Μηδενικού Αθροίσματος.**

   Ένας άλλος τρόπος ταξινόμησης των παιγνίων είναι ως προς τα χαρακτηριστικά των συναρτήσεων αμοιβής ή απώλειας. Έτσι σε παίγνια δύο παικτών, όπου η αμοιβή του ενός είναι ίση και προέρχεται από την απώλεια του άλλου, οι παίκτες βρίσκονται σε σύγκρουση και οποιαδήποτε συνεργασία

είναι ανέφικτη. Τα παίγνια αυτά ονομάζονται παίγνια «*μηδενικού αθροίσματος*» αφού το άθροισμα των αμοιβών είναι μηδενικό.

Στα παίγνια γενικού μη-μηδενικού αθροίσματος, υπάρχουν συνήθως στοιχεία ανταγωνισμού όσο και συνεργασίας. Έχουμε δύο ακραίες περιπτώσεις. Στην ειδική περίπτωση παιγνίων μη-μηδενικού αθροίσματος οι παίκτες βρίσκονται σε σύγκρουση και η αμοιβή του ενός σημαίνει απώλεια για τον άλλον, ενώ στην ειδική περίπτωση παιγνίων σταθερής διαφοράς, οι παίκτες πρέπει να συνεργασθούν διότι είτε κερδίζουν είτε χάνουν μαζί.

6. **Παίγνια Καθαρής Στρατηγικής ή Μεικτής Στρατηγικής.**

   Τέλος υπάρχει και μια ακόμη κατηγορία παιγνίων η οποία καθορίζεται από το εάν ο κάθε παίκτης επιλέγει διακριτές στρατηγικές. Πιο συγκεκριμένα, εάν ο παίκτης επιλέγει διακριτές στρατηγικές (π.χ ή την 1 ή την 2,…) λέμε ότι ο παίκτης παίζει με καθαρή στρατηγική, οπότε αυτού του είδους τα παίγνια ονομάζονται παίγνια «*καθαρής στρατηγικής*». Στην αντίθετη περίπτωση, οπού ο κάθε παίκτης είναι δυνατόν να επιλέξει έναν συνδυασμό στρατηγικών, λέμε ότι έχουμε παίγνια «*μεικτής στρατηγικής*», (Μυγδαλάς, 2007).

2.5. Παίγνια Μηδενικού Αθροίσματος

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ονομάζουμε παίγνια μηδενικού αθροίσματος, τα παίγνια εκείνα όπου η απώλεια του ενός παίκτη είναι η αμοιβή του άλλου, οπότε το άθροισμα τους είναι μηδέν. Φυσικά, τα ενδιαφέροντα των παικτών σ’ ένα τέτοιο παίγνιο είναι εντελώς αντίθετα και βρίσκονται σε σύγκρουση. Επομένως, δεν υπάρχει περίπτωση συνεργασίας των παικτών. Τα παίγνια αυτού του είδους ονομάζονται μη-συνεργατικά παίγνια ή παίγνια άνευ συνεργασίας. Για τον λόγο αυτό τα παίγνια με αυτά τα χαρακτηριστικά είναι γνωστά και ως αυστηρά ανταγωνιστικά ή μονομαχίες (duels).

Η θεωρία των παιγνίων με μηδενικό άθροισμα και δύο παίκτες αναπτύχθηκε κυρίως υπό των John von Neumann και Oscar Morgenstern και η εργασία τους αποτέλεσε το έναυσμα για την περαιτέρω ανάπτυξη της Θεωρίας Παιγνίων. Η ουσιαστική προϋπόθεση για την ανάπτυξη της θεωρίας των παιγνίων μηδενικού αθροίσματος είναι η εκ διαμέτρου αντίθεση των στόχων των δύο παικτών. Σε περίπτωση όπου η προϋπόθεση αυτή δεν ισχύει, το παίγνιο δεν είναι μηδενικού αθροίσματος και η θεωρία δεν είναι εφαρμόσιμη.

2.5.1. Η Περίπτωση καθαρής στρατηγικής

Για την αναζήτηση «βέλτιστης» στρατηγικής του, ένας παίκτης θα πρέπει να υποδυθεί διττό χαρακτήρα, τον εαυτό του και τον αντίπαλό του, και να αναζητήσει τις βέλτιστες επιλογές αμφοτέρων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όταν παίζω τη βέλτιστη στρατηγική μου δεν σημαίνει κατ' ανάγκη ότι κερδίζω διότι, εξ' ορισμού, στα παίγνια μηδενικού αθροίσματος μπορεί να υπάρξει μόνο ένας νικητής (και βεβαίως ένας ηττημένος). Η βέλτιστη στρατηγική του ηττημένου είναι αυτή που περιορίζει το εύρος της ήττας του και του εγγυάται ότι για την δεδομένη περίσταση και τον δεδομένο αντίπαλο έπραξε το βέλτιστο. Το ακόλουθο παράδειγμα διαφωτίζει την έννοια της βέλτιστης στρατηγικής.

***Παράδειγμα 1:* Η Μάχη του Βίσμαρκ.**

Ο Haywood ανέλυσε την μάχη της θάλασσας του Βίσμαρκ που έλαβε χώρα ανάμεσα σε Αμερικάνους και Ιάπωνες κατά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο στον Ειρηνικό ωκεανό. Συγκεκριμένα, κατά την κρίσιμη φάση της ανακατάληψης της Νέας Γουινέας από τους Αμερικανούς, οι τελευταίοι, που είχαν ήδη σπάσει τους κωδικούς επικοινωνίας των Ιαπώνων, αποκωδικοποίησαν μήνυμα με ένδειξη ότι οι Ιάπωνες ετοιμάζονταν να ενισχύσουν δια της θαλάσσιας οδού τους αμυνόμενους με εφόδια και νέες δυνάμεις. Υπήρχαν δύο πιθανοί οδοί ανεφοδιασμού, η βόρεια και η νότια. Αμφότερες διάρκειας τριών ημερών. Η μετεωρολογική υπηρεσία του στρατού ενημέρωσε τον αμερικανό στρατηγό George Churchill Kenney ότι η βόρεια οδός θα έχει κακή ορατότητα τις επόμενες τρεις ημέρες ενώ ο καιρός πάνω από την νότια οδό θα ήταν βασικά διαυγής. Ο στρατηγός θα έπρεπε να συγκεντρώσει τις αναγνωριστικές πτήσεις των αεροσκαφών του στην βόρεια ή στη νότια οδό. Μόλις ο Ιαπωνικός στόλος εντοπιζόταν θα άρχιζε ο βομβαρδισμός του. Οι Ιάπωνες θέλουν φυσικά την μικρότερη δυνατή έκθεση των πλοίων τους σε βομβαρδισμό, ενώ ο στρατηγός Kenney επιθυμεί ακριβώς το αντίθετο.

Έχουμε ένα *παίγνιο μηδενικού αθροίσματος*, όπου η κάτωθι μήτρα (Πίνακας 2.4.) παρουσιάζει ακριβώς τις προσδοκώμενες ημέρες έκθεσης σε βομβαρδισμούς λόγω καλής ορατότητας:

Αμερικάνοι	Ιάπωνες	
	ΒΟ	ΝΟ
ΒΟ	2	2
ΝΟ	1	3

Πίνακας 2.4.: Μήτρα με τις προσδωκούμενες μέρες έκθεσης σε βομβαρδισμούς λόγω καλής ορατότητας.

Αμφότεροι οι παίκτες πρέπει να αποφανθούν μη γνωρίζοντας την απόφαση του αντιπάλου τους, οι μεν Ιάπωνες εάν θα ακολουθήσουν τη βόρεια (ΒΟ) ή την νότια (ΝΟ) οδό, οι δε Αμερικανοί αν θα επικεντρώσουν τις αναγνωριστικές τους πτήσεις στην βόρια (ΒΟ) ή στη νότια (ΝΟ) οδό.

Ο στρατηγός Kenney έχει ένα πρόβλημα: να συγκεντρώσει τις αναγνωριστικές πτήσεις στην ίδια θαλάσσια οδό με τους Ιάπωνες, που όμως δεν γνωρίζει. Είναι όμως έτσι; Αν ο στρατηγός Kenney υποδυθεί και τον χαρακτήρα του Ιάπωνα στρατηγού και δει το πρόβλημα από την σκοπιά των Ιαπώνων, όλα γίνονται πολύ απλά: Η κακή ορατότητα της βόρειας διαδρομής ελαχιστοποιεί την έκθεση του Ιαπωνικού στόλου στα αμερικανικά αναγνωριστικά ο,τιδήποτε και αν πράξουν οι Αμερικάνοι. Επομένως η επιλογή των Ιαπώνων είναι απλά να επιλέξουν την βόρεια οδό. Μ' αυτόν τον συλλογισμό, ο στρατηγός Kenney αποφασίζει να συγκεντρώσει τις αναγνωριστικές πτήσεις στην βόρεια οδό. Τόσο για τους Ιάπωνες όσο και για τους Αμερικανούς η βέλτιστη στρατηγική είναι η επιλογή της βόρειας οδού, όπου η προσδοκώμενη έκθεση σε βομβαρδισμό είναι δύο ημέρες.

Τι συνέβη τελικά; Η ιστορία μας διδάσκει ότι τον Φεβρουάριο του 1943 οι Ιάπωνες πράγματι επέλεξαν ΒΟ και ότι πράγματι ο Kenney συγκέντρωσε τις αναγνωριστικές πτήσεις στην ΒΟ. Η ιαπωνική νηοπομπή εντοπίστηκε μία ημέρα μετά τον απόπλου της και υπέστη δριμύ βομβαρδισμό με τρομερές απώλειες ως επακόλουθο.

Παρά την σχεδόν ολική καταστροφή, δεν μπορούμε να πούμε ότι ο Ιάπωνας στρατηγός έσφαλε στην στρατηγική του κάτω από δεδομένες συνθήκες που δεν του πρόσφεραν παρά μόνον μειονεκτήματα. Για την δεδομένη περίσταση, ο Ιάπωνας στρατηγός επέλεξε ορθολογικά καθώς η στρατηγική της ΒΟ ήταν τουλάχιστον τόσο καλή όσο η ΝΟ απέναντι σε οποιαδήποτε επιλογή του στρατηγού Kenney. Για τους Ιάπωνες, η στρατηγική της ΒΟ κυριαρχεί επί της στρατηγικής της ΝΟ. Η κυριαρχία αυτή είναι εμφανής στη μήτρα του παιγνίου από το γεγονός ότι τα στοιχεία της

στήλης ΒΟ είναι μικρότερα από ή ίσα με τ' αντίστοιχα στοιχεία της στήλης ΝΟ (Μυγδαλάς, 2007).

Η **βασική υπόθεση** στην θεωρία αυτή επομένως, όπως φαίνεται και στο παραπάνω παράδειγμα, είναι: *«Κάθε παίκτης επιλέγει μια στρατηγική που του δίνει την δυνατότητα να επιτύχει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, δεδομένου ότι ο αντίπαλος γνωρίζει την στρατηγική που αυτός ακολουθεί».*

Στο παράδειγμα αυτό αναφέρεται ότι η επιλογή ΒΟ *κυριαρχεί* επί της στρατηγικής της ΝΟ και ότι η κυριαρχία αυτή είναι εμφανής στην μήτρα του παιγνίου από το γεγονός ότι τα στοιχεία της στήλης ΒΟ είναι μικρότερα από ή ίσα με τ'αντίστοιχα στοιχεία της στήλης ΝΟ. Η αναγνώριση τέτοιων στρατηγικών γίνεται με την βοήθεια του **κριτηρίου κυριαρχίας**:

Ορισμός 2: *Για μία δεδομένη μήτρα αμοιβής **A**, λέγεται ότι ο στοίχος p **κυριαρχεί** ή **επικρατεί** (dominates) του στοίχου i, εάν*

$$a_{pj} \geq a_{ij} \text{ για όλα τα j και}$$

$$a_{pj} > a_{ij} \text{ για τουλάχιστον ένα j.}$$

Ομοίως λέγεται ότι η στήλη q κυριαρχεί της στήλης j, εάν

$$a_{iq} \leq a_{ij} \text{ για όλα τα i και}$$

$$a_{iq} < a_{ij} \text{ για τουλάχιστον ένα i.}$$

Εάν όλες οι σχέσεις στον προηγούμενο ορισμό ικανοποιούνται ως αυστηρές *ανισότητες*, τότε μιλάμε πλέον για **αυστηρή κυριαρχία**.

Επίσης, οι ανισότητες στον ορισμό κυριαρχίας εμφανίζονται αντίστροφες για τις στήλες εν συγκρίσει προς τις ανισότητες των στοίχων. Αυτό είναι φυσικό επακόλουθο της υπόθεσης ότι ενώ ο παίκτης στοίχου προσπαθεί να μεγιστοποιήσει την αμοιβή του, ο παίκτης στήλης προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει την απώλειά του.

Η κυριαρχία δύναται να εκφρασθεί και σε όρους στρατηγικής: Λέγεται ότι μία καθαρή στρατηγική κυριαρχεί μιας άλλης καθαρής στρατηγικής, εάν η επιλογή της πρώτης στρατηγικής είναι τουλάχιστον τόσο καλή όσο η επιλογή της δεύτερης, και σε

ορισμένες περιπτώσεις καλύτερη. Λέγεται ότι υπάρχει διπλασιασμός στρατηγικής εάν δύο στήλες ή οι στοίχοι στην μήτρα του παιγνίου επαναλαμβάνονται.

Ορισμός 3: *Η στρατηγική p του παίκτη στοίχου* ***κυριαρχεί (αυστηρά)*** *επί της στρατηγικής του i εφόσον ο στοίχος p κυριαρχεί (αυστηρά) του στοίχου i. Ομοίως, η στρατηγική q του παίκτη στήλης* ***κυριαρχεί (αυστηρά)*** *επί της στρατηγικής του j εάν η στήλη q κυριαρχεί (αυστηρά) της στήλης j.*

Παράδειγμα 2

Έστω ότι έχουμε το παίγνιο μεταξύ δύο παικτών I και II που παίζεται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.5.):

Σε κάθε τετράγωνο φαίνεται η *ωφέλεια* που θα έχει ο παίκτης I εάν επιλέξει τη στρατηγική που αντιστοιχεί σε αυτή τη γραμμή και ο αντίπαλός του (II) επιλέξει τη στρατηγική που αντιστοιχεί σε αυτή τη στήλη. Στόχος του κάθε παίκτη είναι με δεδομένη την επιλογή του αντιπάλου του να επιλέξει την ενέργεια που θα του αποφέρει την μεγαλύτερη ωφέλεια ή την μικρότερη ωφέλεια στον αντίπαλό του.

		Παίκτης II			
		1	**2**	**3**	**4**
Παίκτης I	**1**	8	2	9	5
	2	6	5	7	18
	3	7	3	-4	10

Πίνακας 2.5.: Μήτρα ωφελειών των δύο παικτών ανάλογα με την στρατηγική που θα επιλέξουν.

Ο υποτιθέμενος ορθολογισμός των εμπλεκόμενων παικτών τους οδηγεί στην κάτωθι διαδικασία διαλογισμού: Αν ο παίκτης I επιλέξει την στρατηγική 1, τότε ο παίκτης II θα πρέπει να επιλέξει την στρατηγική 2, για να κρατήσει την ωφέλεια του πρώτου παίκτη σε όσο το δυνατόν χαμηλότερα επίπεδα. Όμοια αν ο πρώτος παίκτης επιλέξει την στρατηγική 2, ο δεύτερος παίκτης θα πρέπει να επιλέξει την στρατηγική 2 και αν τέλος ο πρώτος παίκτης επιλέξει την στρατηγική 3, τότε ο δεύτερος παίκτης θα επιλέξει την στρατηγική 3. Ενώ στις δύο πρώτες περιπτώσεις ο δεύτερος παίκτης προσπαθεί να έχει εκείνος λιγότερες απώλειες και έτσι ο πρώτος παίκτης να έχει λιγότερες ωφέλειες, στην τρίτη περίπτωση παρατηρούμε ότι χάνει ο πρώτος παίκτης και έχει ωφέλειες ο δεύτερος παίκτης.

Έτσι λοιπόν στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.6.) βλέπουμε ποιες είναι οι δυνατές ωφέλειες του Ι παίκτη αν παίξει πρώτος αυτός και επίσης βλέπουμε την maxmin τιμή, που είναι η υψηλότερη τιμή/αμοιβή που ο παίκτης Ι μπορεί να πάρει στα σίγουρα επιλέγοντας κάποια συγκεκριμένη ενέργεια. Αντίστοιχα, η minmax είναι η χαμηλότερη τιμή στην οποία μπορεί να τον περιορίσει ο αντίπαλός του.

Παίκτης I \ Παίκτης II	**1**	**2**	**3**	**4**	min στοίχου
1	8	2	9	5	2
2	6	5	7	18	5
3	7	3	-4	10	-4

maximin τιμή = 5

Πίνακας 2.6.: Μήτρα με τις υψηλότερες αμοιβές που μπορεί να έχει ο παίκτης Ι, αν παίξει πρώτος.

Αν τώρα παίξει πρώτος ο ΙΙ παίκτης έχουμε τον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.7.):

Παίκτης I \ Παίκτης II	**1**	**2**	**3**	4	min στοίχου
1	8	2	9	5	2
2	6	5	7	18	5
3	7	3	-4	10	-4
max στήλης	8	5	9	18	

maximin τιμή = 5

minimax τιμή = 5

Πίνακας 2.7.: Μήτρα με τις υψηλότερες αμοιβές που μπορεί να έχει ο παίκτης ΙΙ, αν παίξει πρώτος.

Από τον οποίο βλέπουμε ότι αν ο παίκτης ΙΙ θέλει να ελαχιστοποιήσει την απώλεια του θα επιλέξει την στρατηγική 2. Έτσι, η minmax τιμή είναι 5 και δηλώνει την ανώτερη τιμή ή απώλεια που ο παίκτης ΙΙ δύναται να χάσει.

Η κατώτερη τιμή (maxmin τιμή) του πρώτου παίκτη και η ανώτερη τιμή (minmax τιμή) του δεύτερου είναι συντηρητικές τιμές και αποτελούν κατά κάποιο τρόπο τα επίπεδα ασφαλείας των δύο παικτών (Πετράκης).

Όπως είδαμε παραπάνω, ο πρώτος παίκτης θα αμειφθεί με τουλάχιστον 5 μονάδες, ενώ ο παίκτης ΙΙ θα χάσει το πολύ 5 μονάδες. Επομένως το μόνο λογικό αποτέλεσμα

που περιμένουμε να δούμε είναι όντως ο Ι παίκτης να κερδίσει 5 μονάδες και ο ΙΙ παίκτης να χάσει 5 μονάδες.

Το παραπάνω παράδειγμα έχει την ιδιότητα να ικανοποιεί την παρακάτω συνθήκη:

maximin τιμή= minimax τιμή

Παίγνια αυτού του είδους, λέγεται ότι είναι αυστηρώς προσδιορισμένα, αφού η έκβαση τους είναι «προκαθορισμένη».

Στα παίγνια μηδενικού αθροίσματος, όπου ο το κέρδος του ενός είναι ίσο με και προέρχεται από την απώλεια του άλλου, συνήθως λαμβάνομε τις αποφάσεις στηριζόμενοι στο minmax-maxmin κριτήριο. Βάσει αυτού του κριτηρίου, το οποίο χαρακτηρίζεται ως συντηρητικός τρόπος λήψεως απόφασης, κάθε παίκτης επιλέγει την στρατηγική που του επιφέρει την καλύτερη δυνατή έκβαση από το σύνολο των χειρότερων αποτελεσμάτων (Βολιώτης).

2.6. Ορθολογίσιμες στρατηγικές

Μέχρι τώρα είδαμε ότι οι παίκτες αποκλείοντας τις κυριαρχούμενες στρατηγικές τους, οδηγούνται σε ένα μικρότερο σύνολο στρατηγικών που προκρίνονται ως υποψήφιες για να επιλεγούν. Οι κυριαρχούμενες στρατηγικές δεν είναι ποτέ στρατηγικές βέλτιστης αντίδρασης. Ωστόσο θα μπορούσαν να υπάρξουν στρατηγικές οι οποίες δεν είναι αυστηρά κυριαρχούμενες αλλά ούτε και στρατηγικές βέλτιστης αντίδρασης. Με άλλα λόγια, το σύνολο των μη-βέλτιστων στρατηγικών θα είναι υποσύνολο των κυριαρχούμενων στρατηγικών.

Ορισμός 4: *Έστω ένα παίγνιο σε κανονική μορφή* Γ. *Το σύνολο των στρατηγικών που προκύπτει από την διαδοχική απαλοιφή των μη-βέλτιστων στρατηγικών θα καλούνται ορθολογισιμες στρατηγικές.*

Τις καλούμε ορθολογίσιμες καθώς κάτω από την υπόθεση κοινής γνώσης της ορθολογικότητας, συμφωνά με την οποία όλοι οι παίκτες γνωρίζουν αμοιβαία ότι όλοι δεν θα επιλέξουν μια στρατηγική η οποία δεν είναι βέλτιστη αντίδραση, προκρίνονται σύμφωνα με τις επιταγές της εργαλειακής ορθολογικότητας. Χρήσιμο για την ανάλυση μας είναι, ωστόσο, να γνωρίζουμε το παρακάτω.

2.7. Παίγνια Μη-Μηδενικού αθροίσματος

Τα περισσότερα πρότυπα παιγνίου που εμφανίζονται σε οικονομικές και άλλες κοινωνικές περιπτώσεις δεν είναι σταθερού ή μηδενικού αθροίσματος, διότι είναι σπάνιο φαινόμενο να υπάρχουν π.χ. οικονομικοί ή εμπορικοί ανταγωνιστές που έχουν ολική σύγκρουση συμφερόντων. Στα παίγνια αυτά παρατηρείται δηλαδή το φαινόμενο να ποικίλει το άθροισμα των αμοιβών ή απωλειών των παικτών. Έτσι, εάν α_{ij} είναι η αμοιβή του παίκτη I και b_{ij} η αμοιβή του παίκτη II για την επιλογή της στρατηγικής i από τον πρώτο και j από τον δεύτερο, έχουμε ότι η ποσότητα $\alpha_{ij} + b_{ij}$ είναι διαφορετική για διαφορετικά ζεύγη (i,j), σε αντίθεση προς τα παίγνια μηδενικού αθροίσματος, όπου $b_{ij} = - \alpha_{ij}$, $\forall$ (i,j), και τα παίγνια σταθερού αθροίσματος, όπου $b_{ij} = c - \alpha_{ij}$, $\forall$ (i,j). Για το λόγο αυτό τα παίγνια αυτά ονομάζονται παίγνια μη-σταθερού αθροίσματος (non-constant sum games). Στα παίγνια αυτού του είδους είμαστε αναγκασμένοι να παρουσιάζουμε ρητώς τις αμοιβές (απώλειες) αμφότερων των παικτών αφού δεν είναι δυνατόν να συμπεράνουμε τις αμοιβές (απώλειες) του ενός από τις αμοιβές (απώλειες) του άλλου.

Γενικώς, ένα παίγνιο με μη-σταθερό, και άρα γενικό άθροισμα διατυπώνεται ως ένα ζεύγος μητρών αμοιβής ή απώλειας, A και B, ή ως μία «διπλή» μήτρα [A,B], όπου κάθε στοιχείο της είναι ένα διατεταγμένο ζεύγος (α_{ij}, b_{ij}) στοιχείων της A και B αντίστοιχα. Τα στοιχεία α_{ij} και b_{ij} είναι οι αμοιβές ή απώλειες του παίκτη I και II, εφόσον αυτοί επιλέξουν την στρατηγική i και j αντίστοιχα. Παίγνια αυτής της μορφής ονομάζονται δι-μητρικά παίγνια ή δι-πινακοπαίγνια (bi-matrix games). Εάν i= 1,2,…,m είναι οι στρατηγικές του παίκτη I και j=1,2,…,n οι στρατηγικές του παίκτη II, τότε διαμορφώνεται σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 2.8.):

		II			
		1	2	…	n
I	1	(a_{11}, b_{11})	(a_{12}, b_{12})	$\cdots$	(a_{1n}, b_{1n})
	2	(a_{21}, b_{21})	(a_{22}, b_{22})	$\cdots$	(a_{2n}, b_{2n})
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
	m	(a_{m1}, b_{m1})	(a_{m2}, b_{m2})	$\cdots$	(a_{mn}, b_{mn})

Πίνακας 2.8.: Μορφή παιγνίου

Γίνεται η υπόθεση ότι οι παίκτες είναι πλήρως πληροφορημένοι, γνωρίζουν δηλαδή όλες τρεις πληροφορίες που εμπεριέχονται στον άνω πίνακα. Επειδή τα συμφέροντα των παικτών δεν είναι αναγκαστικά τελείως αντίθετα, καλούνται πλέον ανταγωνιστές

και όχι αντίπαλοι. Οι παίκτες θεωρούνται *ορθολογιστές*. Αυτό σημαίνει ότι έκαστος επιδιώκει το ατομικό του συμφέρον. Είναι εγωκεντρικός αλλά όχι κακεντρεχής. Οι επιλογές δεν γίνονται με σκοπό να προκαλέσει απώλειες στον ανταγωνιστή του εάν ο ίδιος δεν επιτυγχάνει κάποιο κέρδος απ' αυτήν την διαδικασία. Από την άλλη η έννοια της αλληλεγγύης του είναι τελείως ξένη. Το συλλογικό συμφέρον δεν τον αγγίζει. Για την επιλογή της τελικής του δράσης συγκρίνει τις αμοιβές (απώλειες) που αφορούν αποκλειστικά αυτόν τον ίδιο. Για τον λόγο αυτό, ο ορθολογιστής παίκτης, δεν επιλέγει στρατηγική με βάση το αμοιβαίο συμφέρον αλλά μόνο με βάση το ατομικό του συμφέρον.

Στην κλασική τους μορφή, τα παίγνια αυτά παρουσιάζονται είτε με δύο μήτρες αμοιβής είτε με δύο μήτρες απώλειας. Δηλαδή, σε αντίθεση με τα παίγνια μηδενικού ή σταθερού αθροίσματος, αμφότεροι οι παίκτες μεγιστοποιούν την αντίστοιχη αμοιβή τους ή ελαχιστοποιούν την αντίστοιχη απώλειά τους.

Στα αυστηρώς ανταγωνιστικά παίγνια είναι αδύνατη η επίτευξη συμφωνίας για συνεργασία μεταξύ των παικτών που αποβαίνει σε κοινό όφελος. Αντιθέτως, στα παίγνια μη-σταθερού αθροίσματος, ενώ η συνεργασία μεταξύ των παικτών ενός τέτοιου παιγνίου δύναται να αποβεί εις όφελος και των δύο, συχνά παρατηρείται το φαινόμενο της απαγόρευσης μιας τέτοιας συνεργασίας, π.χ. λόγω νομοθεσίας. Άλλες πάλι φορές μία δεσμευτική συμφωνία μεταξύ των παικτών αποτρέπεται λόγω έλλειψης αμοιβαίας εμπιστοσύνης ή/και επικοινωνίας. Συνεπώς είναι υποχρεωτικό να θέτονται στους κανόνες του παιγνίου εάν η συνεργασία, μέσω προκαταρτικής (preplay) επικοινωνίας, των παικτών επιτρέπεται ή όχι. Γενικώς διακρίνονται δύο ακραίες περιπτώσεις δι-μητρικών παιγνίων:

- **Μη-συνεργατικά παίγνια ή παίγνια άνευ συνεργασίας (non-cooperative games)**, όπου η επικοινωνία των παικτών πριν την έναρξη της παρτίδας δεν επιτρέπεται και συνεπώς οποιαδήποτε σύμπραξη των παικτών πριν από την έναρξη του παιγνίου απαγορεύεται, και
- **Συνεργατικά παίγνια ή παίγνια συνεργασίας (cooperative games)**, όπου οι παίκτες έχουν το δικαίωμα επικοινωνίας πριν την έναρξη της παρτίδας και συνεπώς επιτρέπεται να προβούν σε όλες τις μορφές σύμπραξης και συνεργασίας που είναι δεσμευτικές.

Στα παίγνια μη-σταθερού αθροίσματος ενυπάρχουν συνήθως τόσα στοιχεία συνεργασίας και ανταγωνισμού, τα ενδιαφέροντα των παικτών είναι αντίθετα από μία άποψη και συμπληρωματικά από μία άλλη. Στα μηδενικού και σταθερού αθροίσματος παίγνια, οι παίκτες δεν έχουν τίποτα κοινό στις επιθυμίες τους. Από την άλλη πλευρά, στα πλήρως συνεργατικά παίγνια οι παίκτες έχουν μόνο κοινά ενδιαφέροντα και καμία αντίθεση. Τα περισσότερα παίγνια μη-σταθερού αθροίσματος μορφοποιούν τον χώρο μεταξύ των δύο αυτών ακραίων περιπτώσεων. Παίγνια που συνδυάζουν τόσο στοιχεία συνεργασίας όσο και ανταγωνισμού είναι πιο ενδιαφέροντα και πιο πολύπλοκα απ' ότι τα πλήρως ανταγωνιστικά και τα πλήρως συνεργατικά παίγνια, και μορφοποιούν συχνότερα καταστάσεις από την καθημερινή ζωή. Ο διαχωρισμός τους σε μη-συνεργατικά και σε συνεργατικά παίγνια, όπως ορίσθηκε παραπάνω, αφορά τους κανόνες που διέπουν το παίξιμο του παιγνίου και όχι την ταυτόχρονη ύπαρξη ανταγωνιστικών και συνεργατικών στοιχείων.

Στα μη-συνεργατικά παίγνια θέτονται κανόνες όμοιοι με αυτούς των παιγνίων μηδενικού αθροίσματος: οι παίκτες επιλέγουν τις στρατηγικές τους ανεξάρτητα και τις ανακοινώνουν ταυτοχρόνως χωρίς να γνωρίζουν εκ των προτέρων με ακρίβεια τις επιλογές των αντιπάλων.

Το παράδειγμα που ακολουθεί *είναι παίγνιο σταθεράς διαφοράς (constant difference),* οι παίκτες πρέπει να συνεργασθούν για να επιτύχουν το καλύτερο δυνατόν αποτέλεσμα, ενώ στα επόμενα παραδείγματα που θα παρουσιαστούν, τόσο η συνεργασία όσο και η μη-συνεργασία αποτελούν προαιρετικές επιλογές των παικτών.

Παίγνιο συντονισμού (Coordination game)

Δύο άνθρωποι έχουν αποκλεισθεί σ' ένα φλεγόμενο κτήριο της «Κακοτεχνούπολης», και δεν έχουν ελπίδες σωτηρίας απ' έξω, διότι η Πυροσβεστική Υπηρεσία δεν μπορεί να προλάβει έγκαιρα στον τόπο πυρκαγιάς λόγω κακής χωροθέτησης του σταθμού της και της κυκλοφοριακής συμφόρησης που είναι αποτέλεσμα του κακού σχεδιασμού και της ανεξέλεγκτης ανάπτυξης της πόλης. Το κτήριο διαθέτει πυρασφάλεια, η οποία έχει ενεργοποιηθεί και έχει κλείσει, για περιορισμό της φωτιάς, την σιδερένια θύρα πυρασφάλειας στον διάδρομο που θα τους οδηγούσε έξω από το κτήριο. Η θύρα δεν μπορεί να παραβιαστεί από έναν άνθρωπο μόνον. Οι δύο μαζί όμως δύναται να την ανοίξουν και να σωθούν.

Μία τέτοια κατάσταση θα μπορούσε να αποδοθεί από την ακόλουθη μορφή παιγνίου και την «διπλή» μήτρα αμοιβής (Πίνακας 2.9.) :

Αποκλεισμένος I	Αποκλεισμένος II	
	Ώθησε την θύρα	Μην ωθήσεις την θύρα
Ώθησε την θύρα	(100,100)	(0,0)
Μην ωθήσεις την θύρα	(0,0)	(0,0)

Πίνακας 2.9.: Μήτρα Αμοιβής του παιγνίου συντονισμού.

Το άθροισμα των στοιχείων κάθε ζεύγους κυμαίνεται από το ελάχιστο 0 (=0+0) έως και το μέγιστο 200 (=100+100). Επομένως, είναι *παίγνιο μη-σταθερού αθροίσματος*.

Αμφότεροι οι παίκτες επιδιώκουν την σωτηρία τους και άρα προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν, έκαστος χωριστά, τις αμοιβές τους. Παρατηρείται ότι οι δύο παίκτες δεν έχουν άλλη επιλογή από το να συνεργαστούν, δηλαδή να ωθήσουν την θύρα από κοινού και να σωθούν. Η στρατηγική της «ώθησης» είναι η κυριαρχούσα στρατηγική και για τους δύο παίκτες! Εάν αμφότεροι επιλέξουν την κυριαρχούσα στρατηγική τους, τότε σώζονται από το φλεγόμενο κτήριο (Μηλιώτης, 2007).

2.8. Ισορροπία Nash (Nash Equilibrium)

2.8.1. Προσέγγιση της ισορροπίας Nash

Το θεώρημα που διατύπωσε ο Nash και έγινε γνωστό σε όλο τον κόσμο αναφέρει πως *κάθε παίγνιο με πεπερασμένο πλήθος παικτών και ενεργειών έχει τουλάχιστον ένα σημείο ισορροπίας, σύμφωνα με το οποίο όλοι οι παίκτες επιλέγουν τις πιο συμφέρουσες για αυτούς ενέργειες, γνωρίζοντας και τις επιλογές των αντιπάλων τους.* Οι παίκτες σκέφτονται τι μπορεί να διαλέξει ο αντίπαλος τους, προσπαθούν να καταλάβουν τη συμπεριφορά των άλλων και επιλέγουν την στρατηγική τους σύμφωνα με αυτό. Δηλαδή η στρατηγική ενός παίκτη αποτελεί την καλύτερη αντίδραση (απόκριση) (best response), στην στρατηγική του άλλου παίκτη. Αυτός ο συνδυασμός στρατηγικών αποτελεί ισορροπία Nash (16).

Ο παίκτης επιλέγει εκείνη από τις δικές του στρατηγικές, η οποία είναι η καλύτερη απάντηση στην στρατηγική που νομίζει ότι θα επιλέξει ο άλλος παίκτης. Επομένως κανένας παίκτης δεν έχει κίνητρο να φύγει μονομερώς από αυτήν την ισορροπία που έχει δημιουργηθεί. Οι παίκτες καταλαβαίνουν πως βρίσκονται σε ισορροπία αν μια αλλαγή στις στρατηγικές από οποιονδήποτε από αυτούς, οδηγήσει σε χαμηλότερο κέρδος από αυτό που θα είχαν αν παρέμεναν στη σωστή στρατηγική (17). Δεδομένου

των επιλογών των αντιπάλων, ο παίκτης δεν έχει να κερδίσει κάποιο μεγαλύτερο όφελος και για αυτό δεν αλλάζει στρατηγική.

Όπως είναι φανερό η θεωρία για την ισορροπία Nash, έχει δύο συνιστώσες: πρώτα κάθε παίκτης κάνει την επιλογή του βασιζόμενος στην ορθολογική απόφαση που προέρχεται από τις πεποιθήσεις του για το τι θα πράξει ο αντίπαλος και δεύτερον κάθε πεποίθηση του παίκτη για την επιλογή του αντιπάλου του είναι σωστή (Martin, 2002).

Για να κατανοήσουμε πλήρως την έννοια της ισορροπίας Nash, θα παρουσιαστεί ένα απλό παράδειγμα (Πίνακας 2.10.) για ευκολία.

Παίκτης 2

		C	D
Παίκτης 1	**A**	5, 5	-100, 4
	B	0, 1	0, 0

Πίνακας 2.10.: Μήτρα απλού παιγνίου με ισορροπία Nash.

Ξεκινώντας με τον παίκτη 1 βρίσκουμε ποια στρατηγική θα επιλέξει σε συγκεκριμένη στρατηγική του αντιπάλου. Έστω ότι ο 1 πιστεύει ότι ο 2 θα επιλέξει την C στρατηγική. Τότε προφανώς θα επιλέξει εκείνη από τις δύο δικές του στρατηγικές που θα του δώσει το μεγαλύτερο όφελος. Η A θα του δώσει 5 μονάδες ωφέλειας, ενώ η B θα του δώσει 0 (όπως αναφέραμε και πιο πριν οι πρώτοι αριθμοί σε κάθε κελί αντιστοιχούν στον παίκτη γραμμής, δηλαδή στον 1). Άρα θα επιλέξει την A στρατηγική με κέρδος 5. Αυτό το νούμερο το κυκλώνουμε. Αν ο 1 πιστεύει πως ο 2 θα διαλέξει την D στρατηγική αυτός φυσικά θα προτιμήσει την B αφού το κέρδος του θα είναι μεγαλύτερο (-100<0), άσχετα αν πρόκειται για 0 μονάδες.

Ύστερα από τις επιλογές του παίκτη 1, ο πίνακας παρουσιάζεται ως εξής (Πίνακας 2.11.) :

Παίκτης 2

		C	D
Παίκτης 1	**A**	5, 5	-100, 4
	B	0, 1	0, 0

Πίνακας 2.11.: Μήτρα με τις επιλογές – κινήσεις του Παίκτη 1.

Ομοίως κάνουμε και για τον παίκτη 2. Αν αυτός νομίζει ότι ο 1 θα επιλέξει την A στρατηγική, θα προτιμήσει την C στρατηγική που θα του δώσει κέρδος 5 μονάδες και

όχι 4 μονάδες (οι δεύτεροι αριθμοί σε κάθε κελί είπαμε πως αναφέρονται στον παίκτη στήλης, δηλαδή στον B). Αν ο 2 νομίζει για τον 1 πως θα ακολουθήσει την D στρατηγική, θα προτιμήσει και πάλι την C αφού θα έχει κέρδος 1 μονάδα αντί για 0 μονάδες. Αυτά τα νούμερα τα βάζουμε σε ένα μπλε τετράγωνο.

Ύστερα και από τις επιλογές του 2 παίκτη ο πίνακας έχει ως εξής (Πίνακας 2.12.):

Παίκτης 2

		C	D
Παίκτης 1	**A**	5, 5	-100, 4
	B	0, 1	0, 0

Πίνακας 2.12.: Μήτρα με τις επιλογές – κινήσεις και του Παίκτη 2.

Η ισορροπία Nash υπάρχει όταν η καλύτερη απόκριση του παίκτη 1 είναι ίδια με την καλύτερη απόκριση του παίκτη 2, όταν δηλαδή σε ένα κελί υπάρχουν οι επιλογές και των δύο παικτών. Αυτό είναι και το σημείο ισορροπίας. Στο παράδειγμα μας ισορροπία έχουμε στο κελί **(A, C)=(5, 5).**

Υπάρχουν παιχνίδια που έχουν παραπάνω από μία ισορροπίες Nash, ενώ υπάρχουν και παιχνίδια χωρίς κανένα σημείο ισορροπίας Nash.

Έχουμε αναφέρει πως εκτός από τις καθαρές στρατηγικές έχουμε και τις μεικτές. Είπαμε πως η επιλογή μεικτής στρατηγικής ισοδυναμεί με το να επιλέξει ο παίκτης τυχαία μεταξύ συγκεκριμένων καθαρών στρατηγικών. Για παράδειγμα μπορούμε να πούμε πως ο παίκτης 1 θα επιλέξει την A στρατηγική με πιθανότητα p ή την B με πιθανότητα p-1. Ο παίκτης δηλαδή που διαλέγει μεικτή στρατηγική επιλέγει τις πιθανότητες καθεμιάς από τις καθαρές στρατηγικές που εμπεριέχονται στην συγκεκριμένη μεικτή στρατηγική, αφήνοντας τα υπόλοιπα στην τύχη. Όσο και αν φαίνεται παράξενο υπάρχουν πολλές περιπτώσεις στην καθημερινή ζωή όπου οι παίκτες προτιμούν να χρησιμοποιήσουν μεικτές στρατηγικές.

Ο Nash κατάφερε επίσης να αποδείξει πως όλα τα πεπερασμένα παίγνια εμπεριέχουν τουλάχιστον ένα σύνολο μικτών στρατηγικών (μία ανά παίκτη) που συνιστά ισορροπία Nash σε μεικτές στρατηγικές (ΙΝΜΣ). Όταν υπάρχουν πολλές ισορροπίες Nash (σε καθαρές στρατηγικές), τη λύση δίνει η ισορροπία Nash σε μικτές στρατηγικές (Βαρουφάκης).

Ακόμη και αν δεν υπάρχει ισορροπία σε καθαρές στρατηγικές, υπάρχει μία μοναδική ισορροπία σε μεικτές στρατηγικές (19).

Η ισορροπία σε καθαρές στρατηγικές φαίνεται πιο ελκυστική πρόταση από την ισορροπία στις μεικτές, αφού δεν χρειάζεται οι παίκτες να επιλέγουν στην τύχη.
Όμως από τη στιγμή που δεν υπάρχει ισορροπία σε κάθε παιχνίδι, η ισορροπία σε μεικτές στρατηγικές αποκτάει μεγαλύτερη αξία αφού πλέον για κάθε παιχνίδι υπάρχει σίγουρα μία ισορροπία (Daskalakis, 2008).

2.8.2. Μαθηματικός Ορισμός

ΟΡΙΣΜΟΣ: Έστω ένα παίγνιο σε κανονική μορφή $\Gamma = \{N, (S_i)_{i \in N}, (\upsilon_i)_{i \in N}\}$ *θα καλούμε ένα συνδυασμό στρατηγικών* $(s_1^*, s_2^* .. s_n^*)$ **Ισορροπία κατά Nash** *εάν για κάθε παίκτη i θα έχουμε:*

$$\upsilon_i(s_1^*, s_2^* .. s_i^* ... s_n^*) \geq \upsilon_i(s_1^*, s_2^* .. s_i \ ... s_n^*)$$

Για κάθε στρατηγικη s_i στο S_i

Με άλλα λόγια, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η ισορροπία κατά Nash μας λέει ότι δοσμένης της στρατηγικής επιλογής των αντιπάλων παικτών, θα πρέπει οι παίκτες να επιλέγουν την στρατηγική εκείνη όπου θα μεγιστοποιεί την συνάρτηση αποδόσεων τους, και αυτό θα πρέπει να ισχύει για όλους τους παίκτες *ταυτόχρονα.* Σε αυτό το σημείο, σημειώστε ότι ένα παίγνιο μπορεί να έχει πλέον της μιας ισορροπίες, το οποίο στην συνέχεια θα αναδείξει ένα σημαντικό μειονέκτημα της θεωρίας ως προς την προβλεψιμότητα της, αυτό της πολλαπλότητας των ισορροπιών και της απροσδιοριστίας των λύσεων.

Αλγόριθμος: *Αναζήτηση Σημείου Ισορροπίας Nash*

Δεδομένου παιγνίου με μήτρες αμοιβών A και B:

Βήμα 1. Σε κάθε στήλη της μήτρας A υπογράμμισε τα μέγιστα στοιχεία της.

Βήμα 2. Σε κάθε στοίχο της μήτρας B υπογράμμισε τα μέγιστα στοιχεία του.

Βήμα 3. Τα ζεύγη (i, j), εάν υπάρχουν, που αντιστοιχούν σε στοιχεία α_{ij} και b_{ij} τα οποία έχουν αμφότερα υπογραμμισθεί, είναι οι στρατηγικές ισορροπίας Nash ενώ τα ζεύγη (α_{ij}, b_{ij}) είναι οι εκβάσεις που αντιστοιχούν στα σημεία ισορροπίας Nash.

Παράδειγμα 4

Έστω ότι έχουμε το παίγνιο:

		Παίκτης II	
		1	**2**
Παίκτης I	**1**	3, 2	2, 3
	2	4, 1	1, 0

Πίνακας 2.13.: Παίγνιο για την εκτέλεση του αλγόριθμου αναζήτησης σημείων ισορροπίας κατά Nash.

Αν εκτελέσουμε τον αλγόριθμο αναζήτησης σημείων ισορροπίας κατά Nash, θα βρούμε δύο σημεία ισορροπίας κατά Nash, το (1, 1) και το (2, 2), τα οποία αντιστοιχούν στα αποτελέσματα (3, 2) και (1, 0) αντίστοιχα.

Στο παράδειγμα αυτό παρατηρούμε ένα συχνά εμφανιζόμενο φαινόμενο, να παρουσιάζονται περισσότερα από ένα σημεία ισορροπίας κατά Nash και οι εκβάσεις να είναι διαφορετικές σε κάθε περίπτωση. Έτσι λοιπόν αν σε κάποιο παίγνιο έχουμε περισσότερα από ένα σημεία ισορροπίας θα πρέπει να βρούμε έναν τρόπο διάταξης αυτών των σημείων, έτσι ώστε να μπορούμε να βρούμε το καλύτερο δυνατό σημείο από αυτά, δηλαδή το σημείο ισορροπίας που θα επιφέρει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα στους παίκτες. Υπάρχουνε περιπτώσεις παιγνίων που είναι εμφανές πιο είναι το καλύτερο σημείο ισορροπίας (συνήθως και οι δύο παίκτες έχουνε την μικρότερη δυνατή απώλεια), όμως υπάρχουνε και παίγνια που δεν μπορούμε άμεσα να εντοπίσουμε το καλύτερο σημείο ισορροπίας κατά Nash ανάμεσα στο σύνολο όλων των σημείων ισορροπίας. Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει διατάξουμε τα σημεία αυτά και τότε να επιλέξουμε το καλύτερο από αυτά. Παρόλα αυτά υπάρχει το ενδεχόμενο να μην μπορούμε να έχουμε μια ολική διάταξη πολυδιάστασων σημείων και έτσι καταφεύγουμε σε μερική διάταξη του συνόλου και σύμφωνα με κάποιες συνθήκες που έχουνε οριστεί στο υπό εξέταση παίγνιο (διαφορετικές για κάθε παίγνιο), επιλέγουμε τελικά εκείνο το σημείο ισορροπίας που επιφέρει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα σε όλους τους παίκτες ή στην πλειοψηφία αυτών.

Ορισμός 5: Ένα ζεύγος στρατηγικών (k.l) καλείται «ατομικώς ευσταθές» αν είναι μη-συνεργατικό σημείο ισορροπίας.

ενώ

Ορισμός 6: Ένα ζεύγος στρατηγικών (k.l) καλείται «συλλογικά ασταθές» εάν δεν κυριαρχείται από κάποιο άλλο ζεύγος στρατηγικών. Τα συλλογικά ευσταθή ζεύγη στρατηγικών είναι **« Pareto βέλτιστα»** ή **«Pareto αποτελεσματικά σημεία».**

Έτσι τα ζεύγη αμοιβής ενός πίνακα [A, B], τα οποία δεν κυριαρχούνται από κανένα άλλο ζεύγος αμοιβής ονομάζονται «Pareto μέγιστα». Ενώ τα ζεύγη απώλειας ενός πίνακα [A, B], τα οποία δεν κυριαρχούνται από κανένα άλλο ζεύγος απώλειας λέγονται «Pareto ελάχιστα».

Ορισμός 7: Λέμε ότι το σημείο ισορροπίας Nash (p,q) είναι « προτιμότερο» από ένα δεύτερο σημείο ισορροπίας Nash (k,l), το σημείο (p,q) κυριαρχεί.

Ορισμός 8: Ένα σημείο ισορροπίας Nash το οποίο ταυτόχρονα είναι και **Pareto ελάχιστο** ονομάζεται « αποδεκτό».

Έχουμε όμως και μια ιδιόμορφη περίπτωση, όπου ένα δι-μητρικό παίγνιο επιδέχεται ένα μοναδικό μη-συνεργατικό σημείο ισορροπίας, το οποίο ταυτόχρονα είναι και Pareto βέλτιστο. Σε μια τέτοια περίπτωση, έστω και αν οι παίκτες δεν έχουνε κάνει μια εκ των προτέρων συμφωνία είναι λογικό να υποθέσουμε ότι όλοι οι παίκτες τείνουν να επιλέξουν το ζεύγος στρατηγικών που απευθύνεται σε αυτό το σημείο. Έστω και αν υπάρχουν περισσότερα από ένα μη-συνεργατικά σημεία ισορροπίας, όταν υπάρχει μεταξύ αυτών μοναδικό Pareto βέλτιστο, όλοι οι παίκτες τείνουν να το επιλέξουν.

Αντίθετα, μια πολύ συνηθισμένη περίπτωση που συναντούμε στα δι-μητρικά παίγνια είναι όταν το παίγνιο δεν έχει ένα μοναδικό αποδεκτό σημείο ισορροπίας Nash. Σε αυτή την περίπτωση, υπάρχει κίνδυνος το πραγματικό αποτέλεσμα του παιγνίου να αντιστοιχεί σε ένα σημείο ανισορροπίας κατά Nash. Ο κίνδυνος αυτός ορισμένες φορές αποφεύγεται αν υπάρχει κάποιο είδος συνεργασίας ή επικοινωνίας μεταξύ των παικτών. Κάτι τέτοιο δεν αποτελεί εγγύηση, αφού παρά την επικοινωνία των παικτών η επιλογή του καλύτερου σημείου μη-συνεργατικής ισορροπίας μπορεί να μην είναι εύκολο να προσδιοριστεί. Όταν λέμε ότι ένα σημείο είναι **σημείο ανισορροπίας κατά Nash**, εννοούμε ότι στην προσπάθεια του κάθε παίκτης να επιβάλει ένα σημείο ισορροπίας Nash στους συμπαίκτες του, οι παίκτες καταλήγουνε σε ένα ζεύγος στρατηγικών που δεν αντιστοιχεί σε κάποιο σημείο ισορροπίας Nash από τα πολλά που υπάρχουν.

2.9. Εξέταση βασικών στρατηγικών παιγνίων

Ένα από τα παράδοξα της ισορροπίας Nash που μπορεί να θεωρηθεί και σαν αδυναμία της είναι ότι σε κάποια παίγνια οι παίκτες έχουν μεγαλύτερο όφελος αν δεν διαλέξουν την ισορροπία Nash και διαλέξουν άλλη στρατηγική. Ενώ η ισορροπία Nash δίνει την ελκυστικότερη λύση για όλους τους παίκτες, οδηγώντας στο σημείο ισορροπίας, εντούτοις υπάρχουν κάποια διάσημα παίγνια που είναι εξαίρεση στον κανόνα.

2.9.1. Το δίλημμα του φυλακισμένου "Prisoner's Dilemma"

Σε αντίθεση με το παράδειγμα συντονισμού που παρουσιάστηκε παραπάνω, σ' άλλες περιπτώσεις, όπως στο παράδειγμα που ακολουθεί, η απόφαση για συνεργασία δεν είναι ούτε τόσο απλή ούτε τόσο εύκολη για να πραγματοποιηθεί, καθώς υπεισέρχεται ο παράγων αλληλοεμπιστοσύνης μεταξύ των παικτών και η έλλειψη επικοινωνίας.

Το πιο γνωστό και σημαντικό παίγνιο στην ιστορία της θεωρίας παιγνίων είναι το παίγνιο του διλήμματος του φυλακισμένου(Prisoner's dilemma).
Τον Ιανουάριο του 1950 οι Melvin Dresher και Merrill Flood επινόησαν το συγκεκριμένο παίγνιο και το χρησιμοποίησαν σαν παράδειγμα στο RAND Corporation. Αργότερα όταν παρουσιάστηκε αυτό το παράδειγμα σε ένα σεμινάριο στο Stanford University, ο Albert W. Tucker σκαρφίστηκε μία ιστορία πάνω στην οποία βάσισε όλη του την διάλεξη. Το παίγνιο αυτό έμεινε από τότε στην ιστορία κάνοντας την θεωρία παιγνίων γνωστή σε όλες τις κοινωνικές επιστήμες, ενώ και πάρα πολλοί μελετητές έχουν ασχοληθεί με αυτό γράφοντας διάφορα βιβλία (Straffin, 1993).
Όμως η κατάσταση που μορφοποιεί είναι ενδεχομένως γνωστή από αρχαιοτάτων χρόνων αλλά και στη σύγχρονη εποχή. Στην Σουηδία υπάρχει πρόσφατη δικαστική απόφαση αθώωσης δύο υπόπτων για ανθρωποκτονία διότι δεν επετεύχθη η πέρα πάσης αμφιβολίας εξακρίβωση του ποιος εκ των δύο κρατούσε το φονικό όργανο και διότι αμφότεροι ομολόγησαν ότι το κρατούσε ο άλλος!

Η ιστορία του Tucker έχει ως εξής:

Δύο φυλακισμένοι συνελήφθησαν για ένοπλη ληστεία και φυλασσόμενοι σε διαφορετικούς χώρους, χωρίς δυνατότητα επικοινωνίας, αναμένουν δίκη για το

έγκλημα που διέπραξαν. Οι αστυνομικοί είναι σίγουροι για την ενοχή τους, αλλά ελλείψει αποδεικτικών στοιχειών χρειάζεται την μαρτυρία του ενός εναντίον του άλλου. Τους πλησιάζει *χωριστά* και τους προτείνει: «Εάν μόνον ο ένας σας ομολογήσει και μαρτυρήσει εναντίον του άλλου, αυτός που ομολογήσει θα ελευθερωθεί, ενώ ο άλλος θα καταδικαστεί σε 20-ετή κάθειρξη. Εάν και οι δύο ομολογήσετε, τότε θα καταδικασθείτε αμφότεροι σε φυλάκιση 5ετών. Εάν, τέλος, κανείς δεν ομολογήσει, τότε είμαι σε θέση να σας καταδικάσω για πταίσμα, οπότε φυλακίζεσθε για ένα 1 έτος έκαστος.» Πώς θα ενεργήσουν οι φυλακισμένοι;

Υπό την προϋπόθεση ότι οι φυλακισμένοι δεν επιτρέπεται να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, οι στρατηγικές και η μήτρα του παιγνίου θα έχουν ως εξής:

Φυλακισμένος I	***Φυλακισμένος II***	
	Ομολογία	**Μη Ομολογία**
Ομολογία	(5,5)	(0,20)
Μη ομολογία	(20,0)	(1,1)

Πίνακας 2.14.: Μήτρα Παιγνίου Διλήμματος του Φυλακισμένου, οι αμοιβές-απώλειες είναι τα χρόνια φυλάκισης ανάλογα με το αν θα ομολογήσουν ή όχι.

Ο πρώτος αριθμός του κάθε ζεύγους αποδίδει την απώλεια (σε έτη κάθειρξης) του πρώτου φυλακισμένου, ενώ ο δεύτερος αριθμός ανταποκρίνεται στην απώλεια του δεύτερου φυλακισμένου. Ασφαλώς, αμφότεροι ενδιαφέρονται να *ελαχιστοποιήσουν* τον αριθμό ετών κάθειρξης. Το άθροισμα των στοιχείων κάθε ζεύγους στον πίνακα του παιγνίου κυμαίνεται από το ελάχιστο 2 (=1+1) έως και το μέγιστο 20 (=20+0). Είναι παίγνιο μη-σταθερού αθροίσματος επομένως.

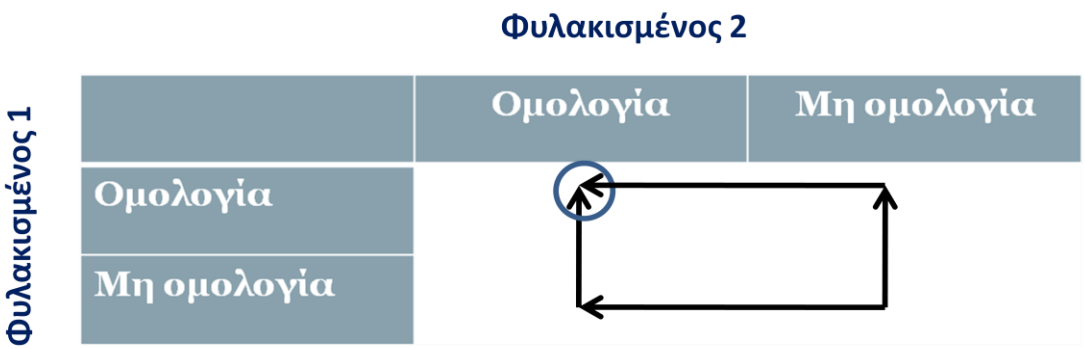
Για κάθε φυλακισμένο, η στρατηγική «ομολογίας» *κυριαρχεί,* επί της στρατηγικής της «μη ομολογίας». Εάν όμως έκαστος ακολουθήσει την κυρίαρχη στρατηγική του, τότε ο καθένας τους θα φυλακισθεί από 5 έτη. Από την άλλη πλευρά, εάν έκαστος επιλέξει την κυριαρχούμενη στρατηγική του, τότε ο καθένας τους θα εκτίσει φυλάκιση ενός έτους.

Φαίνεται δηλαδή εκ πρώτης όψεως ότι είναι προτιμότερο, σε *αντίθεση* μα τα παίγνια μηδενικού αθροίσματος, να επιλέξουν αμφότεροι την κυριαρχούμενη στρατηγική τους. Αυτό όμως προϋποθέτει την συνεργασία των δύο, που, λόγω έλλειψης επικοινωνίας, προϋποθέτει *δεσμευτική* αλληλοεμπιστοσύνη (εάν υπάρχει τέτοια).

Το ζεύγος ποινών (5,5), όπου αμφότεροι ομολογούν, ανταποκρίνεται στο σημείο ισορροπίας του παιγνίου, διότι εάν ο ένας επιλέξει αλλαγή της στρατηγικής του μονομερώς, ενώ ο άλλος επιμείνει στην στρατηγική της «ομολογίας» τότε η ποινή του αυξάνει από 5 σε 20 έτη. Συνεπώς κανείς δεν μετανιώνει για την επιλογή στρατηγικής που τον οδηγεί σε ομολογία και άρα δεν υπάρχει κίνητρο για μονομερή εκούσια αλλαγή στρατηγικής.

Ασφαλώς, το ζεύγος ποινών (1,1) *φαίνεται* ν' αντιστοιχεί στην έκβαση που ευνοεί και τους δύο. Το σημείο όμως αυτό δεν αντιστοιχεί σε σημείο ισορροπίας, διότι, με κίνητρο την μείωση της ποινής, μπορεί ένας ν' αποφασίσει την εξαπάτηση του άλλου αλλάζοντας την στρατηγική του από «μη ομολογία» σε «ομολογία» ώστε να έχει εκείνος της μείωσης της ποινής του από 1 σε 0 έτη και ταυτοχρόνως, όμως, αύξηση της ποινής του άλλου από 1 σε 20 έτη. Βέβαια, ο δεύτερος παίκτης, ως ορθολογιστής το γνωρίζει αυτό και σκεπτόμενος αναλόγως θα επιλέξει την στρατηγική της ομολογίας και αυτός. Συνεπώς, λόγω του ορθολογισμού των παικτών, το ζεύγος των πινών (5,5) είναι το *μοναδικό μη-συνεργατικό σημείο ισορροπίας* για το παίγνιο αυτό. Η διαδικασία κυκλικού διαλογισμού των παικτών διακόπτεται σ'αυτό το σημείο όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 1, όπου, επειδή και οι δύο παίκτες *ελαχιστοποιούν* τις ποινές τους, σύρονται τόξα για μεν τον παίκτη Ι προς το μικρότερο στοιχείο κάθε στήλης της μήτρας Α, για δε τον παίκτη ΙΙ προς το μικρότερο στοιχείο κάθε στοίχου της μήτρας Β.

Αυτό που έχει συμβεί είναι ότι οι δύο φυλακισμένοι κατέληξαν σε μία ισορροπία κυρίαρχης στρατηγικής (dominant strategy equilibrium) αφού η στρατηγική της «ομολογίας» είναι η κυρίαρχη στρατηγική έκαστου.



Σχήμα 2.15.: Διακοπή του κυκλικού διαλογισμού στο σημείο ισορροπίας για το δίλημμα του φυλακισμένου.

Το παίγνιο του φυλακισμένου διευκρινίζει ότι όταν *και οι δύο* παίκτες επιλέξουν τις στρατηγικές τους με *ατομικά ορθολογικά κριτήρια* καταλήγουν σε μία έκβαση που, για έναν ουδέτερο παρατηρητή, δεν φαίνεται να είναι η καλύτερη δυνατή για το *κοινό* τους συμφέρον. Η ατομική ορθολογική συμπεριφορά από τη μία και η έλλειψη επικοινωνίας από την άλλη δεν φαίνεται να επιφέρουν το «βέλτιστο» αποτέλεσμα για τους δύο φυλακισμένους.

Πρόκειται για ένα παιχνίδι όπου τα κέρδη προέρχονται από τη συνεργασία. Το καλύτερο αποτέλεσμα και για τους δύο παίκτες είναι να μη μιλήσουν στους αστυνομικούς . Παρόλα αυτά, κάθε παίκτης έχει ένα μεγάλο κίνητρο να γίνει προδότης. Οτιδήποτε και να κάνει ο ένας παίκτης, ο αντίπαλος προτιμάει να ομολογήσει. **Έτσι το παίγνιο αυτό έχει μία μοναδική Nash ισορροπία, μία κυρίαρχη στρατηγική, η οποία είναι η λύση (Ομολογία, Ομολογία) = (5, 5), η από κοινού ομολογία** (Martin and Rubinstein, 1998).
Το παίγνιο «δίλημμα του φυλακισμένου» είναι ενδιαφέρον διότι εξηγεί τον λόγο για τον οποίο δύο ανταγωνιστές αποτυγχάνουν συχνά να συνεργασθούν, έστω και αν μία τέτοια συνεργασία θα απέβαινε σε αμοιβαίο όφελος.

Τα μη-συνεργατικά σημεία ισορροπίας λέγονται και σημεία ισορροπίας Nash.
Μια άλλη περίπτωση είναι οι δύο ύποπτοι να μην ομολογήσουν, μόνο αν έχουν ξαναπεράσει όλο αυτό και γνωρίζουν πως δεν πρόκειται να προδοθούν Αυτή η ισορροπία λέγεται "υπό-παιγνιακή τέλεια ισορροπία Nash" όπου οι φυλακισμένοι έχουν μάθει να μην καρφώνουν ο ένας τον άλλον και έτσι ελαχιστοποιούν την συλλογική ποινή τους.
Όταν το δίλημμα του φυλακισμένου αφορά πάνω από δύο πρόσωπα ονομάζεται free rider problem (το πρόβλημα των τζαμπατζήδων). Έχει την ίδια δομή με το δίλημμα του φυλακισμένου αφού και εδώ η κυρίαρχη ατομική στρατηγική υπερέχει της κοινής λογικής. Αφορά όλες τις περιπτώσεις δημοσίων αγαθών (όλοι τα εκμεταλλεύονται άσχετα αν έχουν πληρώσει γι'αυτά, όπως για παράδειγμα η καθαρή ατμόσφαιρα) όπου η πρόσβαση δεν μπορεί να περιοριστεί σε αυτούς που έχουν πληρώσει και στους άλλους, τους τζαμπατζήδες, οι οποίοι δεν συνεισφέρουν αλλά τα χρησιμοποιούν (Madani, 2010).

Το πιο διάσημο παιχνίδι στην ιστορία της θεωρίας παιγνίων μελετήθηκε εκτενέστατα από πάρα πολλούς ανθρώπους, ανάμεσα τους ο John Nash (όπως αναφέρθηκε παραπάνω) και ο Robert Axelrod. Στα τέλη της δεκαετίας του '70 ο Axelrod προσπάθησε να προσεγγίσει το πρόβλημα όταν αυτό επαναλαμβάνεται, αφού έτσι γίνεται πιο περίπλοκο και δεν είναι απόλυτα σαφές ποια στρατηγική είναι βέλτιστη. Έτσι λοιπόν οργάνωσε ένα πρωτάθλημα όπου κάλεσε θεωρητικούς των παιγνίων να δημιουργήσουν αλγορίθμους που να περιέχουν από μία στρατηγική και τους έβαλε να διαγωνιστούν για έναν καθορισμένο αριθμό γύρων. Οι "άπληστες" στρατηγικές έτειναν να έχουν άσχημη έκβαση, σε αντίθεση με τις πιο αλτρουιστικές που τα πήγαν καλύτερα. Νικητής αναδείχτηκε ο Anatol Rapoport που δημιούργησε τον πιο απλό αλγόριθμο, τον Tit for Tat, δηλαδή "μία σου και μία μου".

Πρόκειται για μία στρατηγική δεσμευμένης συνεργασίας όπου ο παίκτης ξεκινάει με συνεργασία, σαν κίνηση καλής θέλησης, και έπειτα αντιγράφει την στρατηγική που επέλεξε ο αντίπαλος στον προηγούμενο γύρο. Το πείραμα επαναλήφθηκε και για την περίπτωση όπου η ακολουθία των αγώνων μεταξύ των δύο παικτών θα τερματιζόταν τυχαία με νικητή πάλι τον ίδιο αλγόριθμο. Η "σοφία" αυτής της στρατηγικής έχει να κάνει με τον συνδυασμό αυστηρότητας απέναντι στους αποστάτες (αφού τους τιμωρείς άμεσα) αλλά και ηπιότητας(αφού μέσα σε έναν γύρο μπορείς να τον συγχωρήσεις (Βαρουφάκης).
Τελικά φαίνεται πως αυτός που δεν συμπεριφέρεται εγωιστικά, είναι αυτός που κερδίζει.
Το δίλημμα του φυλακισμένου αν και φαίνεται άσχετο με την καθημερινότητα του ανθρώπου, μπορούμε να το διακρίνουμε παντού, σε όλα τα κοινωνικά φαινόμενα.

Υπάρχει μια τεράστια βιβλιογραφία που το αναλύει και μάλιστα πολλοί πιστεύουν πως αποτελεί τον κεντρικό πυρήνα της κοινωνικής ζωής. Οι εφαρμογές του λοιπόν στην καθημερινότητα ποικίλλουν από την οικονομία, την πολιτική και την κοινωνιολογία έως την εθνολογία και την εξελικτική βιολογία.

Στην πολιτική για παράδειγμα αυτό το παίγνιο χρησιμοποιείται για να επεξηγήσει το πρόβλημα που έχουν δύο κράτη με την απόκτηση όπλων. Υπάρχουν δύο στρατηγικές επιλογές για τα κράτη: είτε να αυξήσουν την στρατιωτική τους δύναμη και να αγοράσουν καινούριο εξοπλισμό, είτε να κάνουν μια συμφωνία έτσι ώστε να

μειώσουν την χρησιμοποίηση όπλων. Κανένα κράτος δεν είναι βέβαιο ότι το άλλο θα κρατήσει την υπόσχεση του και επομένως και τα δύο κλίνουν στο να αγοράσουν τελικά τα όπλα. Παράδειγμα για αυτήν την περίπτωση αποτελεί η διαμάχη Αμερικής - Ρωσίας τη δεκαετία του 50 (όταν πρωτομελετήθηκε το συγκεκριμένο παίγνιο) για την απόκτηση πυρηνικού εξοπλισμού (Martin, 2002).

Επίσης στον αθλητισμό πολλοί παλαιστές καταφεύγουν στο χάσιμο πολλών κιλών με σκοπό να διαγωνιστούν με ελαφρύτερους αντιπάλους , πηγαίνοντας στην μικρότερη κατηγορία. Αυτό μπορεί να το κάνουν πολλοί διαγωνιζόμενοι με αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται ο συναγωνισμός. Ακόμη όμως και αν κάποιος διαγωνιζόμενος παραμείνει στο αρχικό του βάρος, είναι πολύ πιθανό να συναγωνιστεί κάποιον που έχει χάσει αρκετό βάρος.

Είναι φανερό πως σε κάθε συναλλαγή ή σύγκρουση ατομικών συμφερόντων που θίγει τους ανθρώπους, υπάρχει κάπου εκεί το δίλημμα του φυλακισμένου. Τα παραδείγματα ποικίλλουν από τα πολιτικά παζάρια και τους πλειστηριασμούς έως την συμπεριφορά των οδηγών στους δρόμους και την επιλογή δύο αντιμαχόμενων μερών για το αν θα χρησιμοποιήσουν δικηγόρους ή/ και θα καταφύγουν στα δικαστήρια για να λύσουν τις διαφορές τους (Rasmusen, 2001).

Το κοινό στοιχείο σε όλα αυτά τα παραδείγματα είναι ότι αν ο καθένας δράσει συνεργατικά θα υπάρξει το καλύτερο αποτέλεσμα. Δυστυχώς σχεδόν όλοι σκέφτονται μόνο το προσωπικό συμφέρον, με αποτέλεσμα να οδηγηθούν σε μη επιθυμητά αποτελέσματα.

Τα μη-συνεργατικά σημεία ισορροπίας παρουσιάζουν και άλλες μη-επιθυμητές ιδιότητες. Στο παράδειγμα 2.9.3. (Παίγνιο δειλίας) εξετάζεται μία εξ αυτών: την ύπαρξη πολλαπλών σημείων ισορροπίας Nash τα οποία όμως δεν είναι εναλλάξιμα.

2.9.2. Η μάχη των φύλων "Battle of sexes"

Το παίγνιο "battle of the sexes" (η μάχη των φύλων) αποτελεί ένα από τα κλασσικά παιχνίδια στη θεωρία παιγνίων. Στην παραδοσιακή ανάλυση του παιχνιδιού, το οποίο χρονολογείται από τη δεκαετία του '50, ένας άντρα και μια γυναίκα προσπαθούν να αποφασίσουν πως θα περάσουν το απόγευμα τους. Ο άντρας προτιμά να πάνε στο γήπεδο και να δούνε τον αγώνα, ενώ η γυναίκα προτιμά να πάνε στην όπερα. Και οι δύο όμως θέλουν να κάνουν κάτι μαζί και όχι να μείνουν χώρια.

Κάθε ένας από τους συζύγους έχει δύο επιλογές:

1. Να παρακολουθήσει τον αγώνα στο γήπεδο
2. Να παρακολουθήσει την παράσταση στην Όπερα.

Φυσικά οι προτιμήσεις του άντρα και της γυναίκας είναι αναμενόμενες, δηλαδή ο άντρας επιθυμεί να παρακολουθήσει τον αγώνα (βαθμός προτίμησης, έστω 3), ενώ επιθυμεί να συνοδέψει τη γυναίκα του στην όπερα με βαθμό προτίμησης, έστω 1 και τέλος δεν θέλει να πάει μόνος του στο γήπεδο ή στην όπερα με βαθμό προτίμησης 0. Αντίστοιχα η γυναίκα επιθυμεί να πάνε μαζί στην όπερα με βαθμό προτίμησης 3, να παρακολουθήσει τον αγώνα στο γήπεδο με βαθμό προτίμησης 1 και δεν επιθυμεί να παρακολουθήσει μόνη της τον αγώνα ή να πάει μόνη της στην όπερα με βαθμό προτίμησης 0.

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαμορφώνεται ο εξής πίνακας 2.16.:

Γυναίκα / **Άντρας**	**Γήπεδο**	**Όπερα**
Γήπεδο	3, 1	0, 0
Όπερα	0, 0	1, 3

Πίνακας 2.16.: Μήτρα του παιγνίου της Μάχης των Φύλων, οι αμοιβές αντιστοιχούν στο βαμθό προτίμησης του κάθε παίκτη.

Παρατηρούμε ότι το ζεύγος των καθαρών στρατηγικών (Γήπεδο, Γήπεδο) και (Όπερα, Όπερα) αποτελεί σημείο ισορροπίας. Δηλαδή, παρόλο που ο καθένας τους έχει διαφορετικά ενδιαφέροντα, προτιμούν να μείνουν μαζί. Τα ζεύγη των στρατηγικών (Γήπεδο, Όπερα) και (Όπερα, Γήπεδο) δεν αποτελούν σημεία ισορροπίας.

Ο άντρας προτιμάει το πρώτο ζεύγος στρατηγικών (Γήπεδο, Γήπεδο), ενώ η γυναίκα το δεύτερο ζεύγος στρατηγικών (Όπερα, Όπερα). Δηλαδή δεν είναι ξεκάθαρο ότι τα δύο αυτά ζεύγη στρατηγικών είναι «ευσταθή», αφού ακόμη και αν ο άντρας ξέρει ότι η γυναίκα θα επιλέξει την δεύτερη στρατηγική, μπορεί αυτός να επιμένει στην στρατηγική 1 (Γήπεδο) ελπίζοντας ότι θα αλλάξει τη στρατηγική της η γυναίκα. Ο κίνδυνος να μην έχουμε ισορροπία Nash είναι εμφανής. Αυτό θα γίνει αν ο άντρας επιλέξει τη στρατηγική 1 (γήπεδο) ελπίζοντας ότι η γυναίκα του θα αλλάξει τη στρατηγική της, ενώ στην πραγματικότητα η γυναίκα δεν έχει σκοπό να αλλάξει την

στρατηγική της και επιμένει στην αρχική επιλογή της, δηλαδή τη στρατηγική 2 (όπερα). Ανάλογα μπορεί να γίνει και με τη γυναίκα, δηλαδή να επιλέξει μια στρατηγική ελπίζοντας να αλλάξει ο άντρας στρατηγική, κάτι που δεν θα κάνει τελικά. Επειδή όμως και οι δύο προτιμούνε να είναι μαζί από το να πραγματοποιήσουν την μεγαλύτερη επιθυμία τους, θα μπορούσανε να καταφύγουνε σε άλλους τρόπους για να επιλύσουν την διαφωνία τους. Θα μπορούσανε λοιπόν να ρίξουν ένα κέρμα και ανάλογα με την έκβαση του νομίσματος να παρακολουθήσουν μαζί τον αγώνα ή να πάνε στην όπερα.

Η μάχη των φύλων επομένως, παρουσιάζει μια κατάσταση κατά την οποία το ζευγάρι πρέπει να συνεργαστεί, αν και έχουν διαφορετικές προτιμήσεις, αφού σε καμία περίπτωση δεν θέλουν να μείνουν χώρια. **Πρόκειται για συνεργατικό και όχι ανταγωνιστικό παίγνιο.** Εδώ μας ενδιαφέρει ο αντίπαλος να μάθει τη στρατηγική που πρόκειται να εφαρμόσουμε, γιατί μπορεί να τη χρησιμοποιήσει για κοινό μας όφελος (25).

Αν και το παιχνίδι ανήκει στην κατηγορία των παιχνιδιών που παίζονται ταυτόχρονα, δεν είναι αναγκαίο για τους παίκτες να δράσουν έτσι. Το μόνο που απαιτείται είναι ο καθένας να δράσει χωρίς γνώση για το πώς θα πράξει ο άλλος. Αυτό επιτυγχάνεται αν οι παίκτες πάρουν την απόφαση τους χωρίς προηγουμένως να έχουν μιλήσει (Rasmusen, 2001). Είναι μη ρεαλιστικό να υποθέσουμε πως το ζευγάρι δεν θα το συζητήσει και δεν θα παιχτεί το ίδιο «έργο» πολλές φορές. Αν κάθε μέρα έχουν να πάρουν μια τέτοια απόφαση (επαναλαμβανόμενο παίγνιο) τότε σίγουρα ο ένας θα μπορεί να μαντέψει τις κινήσεις του άλλου.

Σημαντικό ρόλο σε αυτό το παιχνίδι έχει το ποιος θα παίξει πρώτος και θα ανακοινώσει την απόφαση του στο ταίρι του. Αν για παράδειγμα η γυναίκα έχει αγοράσει από πριν τα εισιτήρια για την όπερα, είναι πολύ πιθανό ο άντρας να πεισθεί και να επιλέξει από την αρχή να πάνε στην όπερα παρόλο που θα προτιμούσε τον αγώνα. Σε πάρα πολλά παιχνίδια(όχι σε όλα) αυτός που κινείται πρώτος έχει και το μεγαλύτερο πλεονέκτημα.

Εύκολα φαίνεται πως δεν υπάρχει κάποια κυρίαρχη στρατηγική για κανέναν από τους δύο παίκτες. Βρίσκουμε όμως πως υπάρχουν δύο σημεία ισορροπίας Nash στο συγκεκριμένο παίγνιο, η λύση (Γήπεδο, Γήπεδο)=(3,1) και η λύση (Όπερα, Όπερα)=(1, 3). Αν και οι δύο επιλέξουν να δούνε αγώνα ο άντρας έχει όφελος 3 μονάδες και η γυναίκα 1 μονάδα, ενώ αν πάνε στην όπερα η γυναίκα έχει όφελος 3

μονάδες και ο άντρας 1. Σε αυτές τις δύο στρατηγικές κανένας δεν έχει κίνητρο να αποκλίνει και να επιλέξει κάτι άλλο (Rasmusen, 2001).

2.9.3. Το παίγνιο δειλίας "The Chicken Game"

Κατά τον Poundstone, το παίγνιο οφείλει το όνομά του σε μία παλιά αμερικανική ταινία «Rebel without a cause» του 1955 με πρωταγωνιστή τον τότε δημοφιλή ηθοποιό James Dean. Στην ταινία αυτή, έφηβοι αμερικανοί με κλεμμένα αυτοκίνητα οδηγούν με μεγάλη ταχύτητα προς ένα βάραθρο και πηδούν έξω από αυτά την τελευταία ακριβώς στιγμή. Ο έφηβος που πρώτος εγκαταλείπει το αυτοκίνητο που οδηγεί είναι ο δειλός, «η κότα» της παρέας. Στη συνέχεια, το 1959, ο Βρετανός μαθηματικός και φιλόσοφος Bertrand Russell, υιοθέτησε στο βιβλίο του «Common Sense and Nuclear Warfare» μία παραλλαγή του παιγνίου για να αποδώσει την γεωπολιτική κατάσταση στον εξελισσόμενο ψυχρό πόλεμο μεταξύ δυτικού και ανατολικού συνασπισμού.

Στο παίγνιο αυτό, δύο παίκτες οδηγούν με μεγάλη ταχύτητα σε μία ευθεία τ' αυτοκίνητά τους προς ολομέτωπη σύγκρουση. **Έκαστος έχει δύο επιλογές:** (α) να συνεχίσει να οδηγεί κατά μέτωπο προς τον ανταγωνιστή του και (β) την τελευταία, κυριολεκτικά, στιγμή να στρέψει το τιμόνι του για να αποφύγει την σύγκρουση. Υποτίθεται ότι κάθε οδηγός γνωρίζει το χρόνο αντίδρασής του και την ακτίνα στροφής του οχήματός του.

Οι απόψεις των παικτών λαμβάνονται την *τελευταία κυριολεκτικά στιγμή*. Η απόφαση εκάστου είναι *μη αναστρέψιμη* και λαμβάνεται πραγματικά *εν αγνοία της απόφασης του αντιπάλου*. Δεν υπάρχει χρόνος αντίδρασης για αλλαγή της στρατηγικής την τελευταία στιγμή υπό την επήρεια της απόφασης του αντιπάλου.

Τέσσερις δυνατές εκβάσεις εγκυμονούν. Η χειρότερη έκβαση είναι αυτή όπου κανείς δεν στρέφει το τιμόνι και οι δύο καταλήγουν σε γραφείο κηδειών. Η καλύτερη έκβαση θεωρείται από τον παίκτη εκείνη όπου αυτός επιβεβαιώνει το θάρρος και τον αντρισμό του οδηγώντας στην ευθεία και αφήνοντας την «στροφή» στον ανταγωνιστή. Η επίδειξη δειλίας είναι μία κακή έκβαση, καλύτερη όμως από το να «αποδημήσει» κανείς «εις Κύριων».

Τέλος η τέταρτη έκβαση έχει το στοιχείο της συνεργασίας και δεν είναι και τόσο κακή: και οι δύο στρίβουν οπότε επιζούν και κανείς δεν μπορεί να αποκαλέσει τον άλλο «κότα». Ο παρακάτω πίνακας 2.17. αμοιβών θα μπορούσε να αποδώσει το συγκεκριμένο παίγνιο:

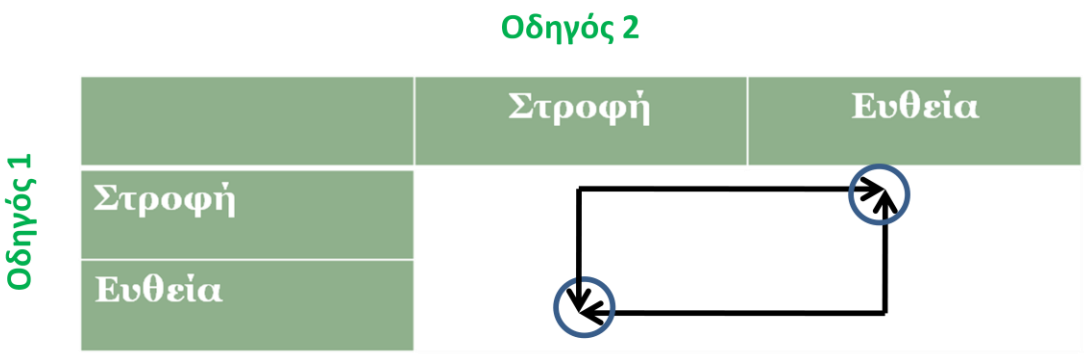
Οδηγός I	***Οδηγός II***	
	Στροφή	**Ευθεία**
Στροφή	(2,2)	(1,3)
Ευθεία	(3,1)	(0,0)

Πίνακας 2.17.: Μήτρα του παιγνίου Δειλίας, οι αμοιβές αντιστοιχούν στην προτίμηση του κάθε οδηγού.

Το παίγνιο αυτό διαφέρει από το δίλημμα του φυλακισμένου. Στο τελευταίο, η έκβαση που προσπαθεί να αποφύγει ένας παίκτης είναι εκείνη όπου ο ίδιος δείχνει διάθεση συνεργασίας (δεν ομολογεί) αλλά ο άλλος παίκτης τον εξαπατά επιλέγοντας να μην συνεργασθεί ομολογώντας. **Αντίθετα στο παίγνιο της δειλίας την έκβαση που φοβούνται περισσότερο και οι δύο παίκτες είναι εκείνη της μη συνεργασίας, όπου και οι δύο οδηγούν ευθεία χωρίς να στρίψουν.**

Ενώ στο παίγνιο του φυλακισμένου η καλύτερη στρατηγική φαίνεται να είναι της μη συνεργασίας ανεξαρτήτων του ό,τι αποφασίσει να πράξει ο άλλος παίκτης (η μη συνεργασία του άλλου θεωρείται ουσιαστικά δεδομένη), και άρα και οι δύο καταλήγουν στην χρήση της *ίδιας στρατηγικής*, στο παίγνιο της δειλίας κάθε παίκτης *επιθυμεί* να πράξει το *αντίθετο* από αυτό που σκοπεύει να πράξει ο ανταγωνιστής του:

Εάν ο παίκτης γνώριζε με απόλυτη βεβαιότητα ότι ο ανταγωνιστής του θα στρίψει, τότε θα ήθελε να οδηγήσει στην ευθεία. Εάν πάλι γνώριζε με απόλυτη βεβαιότητα ότι ο ανταγωνιστής του δεν πρόκειται να στρίψει, τότε θα επιθυμούσε να στρίψει ο ίδιος αφού προτιμά να είναι «κότα» παρά νεκρός. Επομένως, το παίγνιο δειλίας έχει *δύο σημεία ισορροπίας*, τα (1,3) και (3,1) που αντιστοιχούν στα ζεύγη στρατηγικών (Στροφή, Ευθεία) και (Ευθεία, Στροφή). Στο σχήμα 2.18. που ακολουθεί σύρονται τα τόξα που οδηγούν στο συγκεκριμένο συμπέρασμα.



Σχήμα 2.18.: Σημεία ισορροπίας στο παίγνιο δειλίας.

Η ύπαρξη πολλαπλών, μη-εναλλάξιμων, σημείων ισορροπίας είναι ένα σοβαρό πρόβλημα διότι δεν μας επιτρέπει να γνωρίζουμε τι ακριβώς θα συμβεί όταν το παίγνιο εξελιχθεί. Στο προηγούμενο παράδειγμα είχαμε δύο σημεία ισορροπίας, τα οποία είναι ανισο-συμμετρικά, το ένα ευνοεί τον **οδηγό Ι** και το άλλο τον **οδηγό ΙΙ**. Σύμφωνα με την ισορροπία Nash, αμφότερα αποτελούν ορθολογικές εκβάσεις του παιγνίου: Μπορεί να μην γνωρίζουμε με ακρίβεια ποιο, αλλά ή το ένα ή το άλλο θα έπρεπε ν' αντιστοιχεί στην έκβαση που θα μπορούσαμε να παρατηρήσουμε εάν το παίγνιο εξελίσσονταν εμπρός μας. Είναι όμως έτσι; Τι θα συμβεί εάν κάθε παίκτης ελπίζοντας για. την επίτευξη της έκβασης που τον ευνοεί επιμείνει στην στρατηγική της «ευθείας»; Έκαστος θα έχει δράσει «ορθολογικά» ακολουθώντας μία στρατηγική του ισορροπίας και το αποτέλεσμα θα είναι ένα μεγάλο «ορθολογικό» μπάμ! Η «απλή λογική» φαίνεται να προάγει την στρατηγική της «στροφής». Εάν όμως αμφότεροι ακολουθήσουν αυτήν την απλή λογική, η έκβαση του παιγνίου θα είναι (Στροφή, Στροφή) που όμως δεν αντιστοιχεί σε σημείο ισορροπίας. Αμφότεροι οι οδηγοί θα μεταμεληθούν, *μετά* την λήξη του παιγνίου, για την επιλογή της στρατηγικής τους αφού καθένας τους θα σκέπτεται ότι έπρεπε να είχε οδηγήσει «ευθεία» εφόσον ο ανταγωνιστής του επέλεξε να στρίψει! Κατά κάποιο τρόπο, το παίγνιο της δειλίας φαίνεται να ευνοεί *μη-ορθολογική συμπεριφορά:* ο οδηγός με τάσεις αυτοκτονίας οδηγεί «ευθεία», ενώ ο «λογικός» ανταγωνιστής του στρίβει. Συμφέρει επομένως να έχεις ήδη την φήμη του άλογου ανθρώπου με πιθανές τάσεις αυτοκτονίας *πριν* εμπλακείς σ' ένα τέτοιο παίγνιο (Μυγδαλάς, 2007).

Η στρατηγική της «ευθείας» οδηγεί κυριολεκτικά στο «χείλος του γκρεμού». Ένα μικρό «στραβοπάτημα», η λανθασμένη δηλαδή εκτίμηση ότι ο ανταγωνιστής θα επιλέξει *οπωσδήποτε* την «στροφή» και ότι τελικά θα επιτύχει, την τελευταία κυριολεκτικά στιγμή πριν την σύγκρουση, να ελέγξει το αυτοκίνητο του και πράγματι

να στρίψει, είναι ό,τι απαιτείται για να βρεθούν αμφότεροι στον Καιάδα. Για τον λόγο αυτό, η στρατηγική της «ευθείας» αναφέρεται στην αγγλόφωνη βιβλιογραφία ως brinkmanship.

Στο επόμενο παράδειγμα εξετάζουμε μία περίπτωση όπου η συνεργασία είναι επιθυμητή από τους παίκτες για την επιτυχία ενός κοινού σκοπού αλλά υπάρχει και το ενδεχόμενο ν' αποτύχουν να συντονισθούν.
Το chicken game μοιάζει λίγο με το battle of the sexes, αν και εδώ υπάρχει το χειρότερο σενάριο, αυτό όπου αν και οι δύο παίκτες συνεχίσουν θα πεθάνουν. Και στα δύο παίγνια που είδαμε ο παίκτης πρέπει να αποφασίσει για μία από δύο σχετικά λογικές στρατηγικές που αποτελούν ισορροπία Nash (Μυγδαλάς, 2007).

2.9.4. Παίγνιο Ελαφοθηρία "Stag Hunt"

Οι δύο παίκτες έχουν βγει για κυνήγι ελαφιού, η διαδικασία του οποίου απαιτεί καρτέρι σε διαφορετικές θέσεις και διατήρηση αυτών των θέσεων τους (για να μην γίνουν αντιληπτοί από το ελάφι και για την αποφυγή ατυχήματος). Υπάρχει βεβαίως πάντοτε το ενδεχόμενο να περάσει κάποιος λαγός κοντά από την θέση του κυνηγού. Το κυνήγι του ελαφιού, που και οι δύο επιθυμούν καθώς δίνει την μεγαλύτερη αμοιβή σε κάθε παίκτη, απαιτεί συντονισμένη δράση (συνεργασία). Αντίθετα το κυνήγι του λαγού μπορεί να γίνει από έναν μόνον άνδρα και έχει χαμηλότερη αμοιβή. Η χειρότερη περίπτωση για έναν παίκτη επομένως είναι όταν εκείνος επιλέγει να κυνηγήσει το ελάφι (συνεργασία) ενώ ο άλλος επιλέγει το κυνήγι του λαγού (μη-συνεργασία). *Το ερώτημα είναι επομένως εάν θα διατηρήσουν οι κυνηγοί τις θέσεις τους*. Ο κάθε κυνηγός προτιμά το ελάφι από τον λαγό, και τον λαγό από το τίποτα.

Οπότε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι έχουμε τον ακόλουθο πίνακα 2.19. αμοιβών:

Κυνηγός I	Κυνηγός II: Ελάφι	Κυνηγός II: Λαγός
Ελάφι	3,3	1,2
Λαγός	2,1	2,2

Πίνακας 2.19.: Μήτρα του παιγνίου ελαφοθηρίας, οι αμοιβές αντιστοιχούν στην προτίμηση του κάθε κυνηγού για να κυνηγήσει λαγό ή ελάφι.

Διαπιστώνουμε εύκολα όχι η έκβαση συνεργασίας (Ελάφι, Ελάφι), όπου οι κυνηγοί διατηρούν τις θέσεις τους, είναι ισορροπία Nash. Η έκβαση (Λαγός, Λαγός), που

αντιστοιχεί στην αποστασία αμφοτέρων, είναι επίσης ισορροπία Nash. Όμως, οι αμοιβές των παικτών για την έκβαση συνεργασίας υπερτερούν των αμοιβών τους στην έκβαση αποστασίας και είναι οι καλύτερες αμοιβές που μπορούν να επιτύχουν. Για τον λόγο αυτό η έκβαση (Ελάφι, Ελάφι) *αυτεπιβάλλεται* ως η μοναδική ορθολογική έκβαση του παιγνίου. Πειρασμός για αποστασία υπάρχει μόνον όταν κάποιος αμφιβάλει για τον ορθολογισμό του άλλου και είναι πεπεισμένος ότι ο άλλος θ' αποστατήσει.

Στο παράδειγμα αυτό, σε αντίθεση με το παίγνιο δειλίας, η ύπαρξη πολλαπλών σημείων ισορροπίας Nash δεν αποτελεί απροσπέλαστο προβληματισμό. Μάλιστα, υπό την υπόθεση ορθολογιστών παικτών, είμαστε σε θέση να προτείνουμε μία από τις ισορροπίες ως αυτεπιβαλλόμενη έκβαση του παιγνίου (Μυγδαλάς, 2007).

2.10. Παίγνια χωρίς ισορροπία Nash σε καθαρές στρατηγικές. Ισορροπία σε μεικτές στρατηγικές.

Παρουσιάζουμε μια κατηγορία παιγνίων η οποία δεν έχει ισορροπία κατά Nash στην μορφή όπου παρουσιάσαμε παραπάνω. Για να αντιμετωπίσουμε αποτελεσματικά αυτή την περίπτωση θα επαναδιατυπώσουμε τον ορισμό της ισορροπίας κατά Nash ώστε να είναι εφικτή η ισορροπία (Βολιώτης).

Παράδειγμα 5. Πέτρα-Ψαλίδι-Χαρτί

Το παιχνίδι αυτό είναι το γνωστό παιχνίδι των παιδικών μας χρόνων και οι κανόνες του είναι λίγο πολύ γνωστοί σε όλους. Οι δύο παίκτες επιλέγουν μια στρατηγική μεταξύ των ΠΕΤΡΑ, ΨΑΛΙΔΙ, ΧΑΡΤΙ. Αν οι παίκτες επιλέξουν την ίδια στρατηγική π.χ. {ΠΕΤΡΑ, ΠΕΤΡΑ} δεν κερδίζει κάνεις παίκτης. Σε αντίθετη περίπτωση η διάταξη που βγάζει τον νικητή είναι η εξής: ΧΑΡΤΙ > ΠΕΤΡΑ > ΨΑΛΙΔΙ > ΧΑΡΤΙ.

Ας ορίσουμε τώρα το παίγνιο στην αναλυτική του μορφή.

- Σύνολο παικτών N — {παίκτης 1, παίκτης 2}
- *Σύνολο* στρατηγικών S_i — {πέτρα, χαρτί, ψαλίδι }

Οι αποδόσεις δίνονται από την ακόλουθη μήτρα (πίνακας, 2) και αντιστοιχούν σε κερδίζω=1 και χάνω=-1.

Παίκτης 2

		Πέτρα	Χαρτί	Ψαλίδι
Παίκτης 1	**Πέτρα**	0, 0	-1, 1	1, -1
	Χαρτί	1, -1	0, 0	-1, 1
	Ψαλίδι	-1, 1	1, -1	0, 0

Πίνακας 2.20. : Μήτρα Παιγνίου, Πέτρα-Ψαλίδι-Χαρτί.

Δοσμένου ότι ο παίκτης 2 παίζει ΠΕΤΡΑ ο παίκτης 1 θα επιλέξει να παίξει ΧΑΡΤΙ, άρα τα αποτελέσματα {ΠΕΤΡΑ, ΠΕΤΡΑ} και {ΨΑΛΙΔΙ, ΠΕΤΡΑ} δεν είναι ισορροπίες. Αλλά ούτε και το αποτέλεσμα {ΧΑΡΤΙ, ΠΕΤΡΑ} είναι ισορροπία καθώς δοσμένου ότι ο παίκτης 1 παίζει ΧΑΡΤΙ ο παίκτης 2 επιλέγει ΨΑΛΙΔΙ. Άρα κανένα αποτέλεσμα της πρώτης στήλης της μήτρας αποδόσεων δεν αποτελεί ισορροπία. Ας εξετάσουμε τα αποτελέσματα της δεύτερης στήλης. Δοσμένου ότι ο παίκτης 2 επιλέγει ΧΑΡΤΙ ο παίκτης 1 θα επιλέξει ΨΑΛΙΔΙ, άρα τα αποτελέσματα {ΠΕΤΡΑ, ΧΑΡΤΙ} και {ΧΑΡΤΙ, ΧΑΡΤΙ} δεν αποτελούν ισορροπία. Αλλά ούτε και το {ΨΑΛΙΔΙ, ΧΑΡΤΙ} είναι ισορροπία καθότι εάν ο παίκτης 1 επιλέξει να παίξει ΨΑΛΙΔΙ ο παίκτης 2 θα επιλέξει ΠΕΤΡΑ. Όμοια και για την τρίτη στήλη, δοσμένου ότι ο παίκτης 2 επιλέγει ΨΑΛΙΔΙ, ο παίκτης 1 θα επιλέξει ΠΕΤΡΑ και συνεπώς τα αποτελέσματα {ΧΑΡΤΙ, ΨΑΛΙΔΙ} και {ΨΑΛΙΔΙ, ΨΑΛΙΔΙ} δεν είναι ισορροπίες. Αλλά ούτε και το αποτέλεσμα { ΠΕΤΡΑ, ΨΑΛΙΔΙ} είναι αποτέλεσμα αφού ο παίκτης 2 θα έχει κίνητρο να αποκλίνει και να επιλέξει ΧΑΡΤΙ. Συνεπώς δεν υπάρχει ισορροπία κατά Nash όπως την ορίσαμε παραπάνω.

Παρατηρούμε ότι οι κύκλοι που παρουσιάζονται στις αποδόσεις των παικτών, δηλαδή ότι δεν υπάρχει μια στρατηγική για τους παίκτες η οποία να επικρατεί όλων των άλλων, αποτελεί των βασικό λόγο για να μην υπάρξει «αυστηρή ισορροπία κατά Nash» στο παίγνιο αυτό. Προφανώς, οι παίκτες θα πρέπει να είναι σε θέση να προβλέψουν τι θα επιλέξει ο αντίπαλος παίκτης, ώστε να επιλέξουν με την σειρά τους την στρατηγική η οποία θα τους οδηγήσει στην νίκη. Με άλλα λόγια θα πρέπει να έχουμε στον μυαλό μας ένα μηχανισμό ώστε να εκτιμούμε με ποια πιθανότητα θα επιλέξει ο αντίπαλος παίκτης την μία ή την άλλη στρατηγική και συμφωνά με αυτόν τον μηχανισμό να υπολογίσουμε ποιο θα είναι το ενδεχόμενο αποτέλεσμα του

παιγνίου και ποια η αναμενόμενη απόδοση μας. Εκτιμώντας την πιθανότητα με την οποία ο αντίπαλος παίκτης θα επιλέξει την μία η την άλλη στρατηγική θα είμαστε σε θέση να βρούμε με ποια πιθανότητα θα πρέπει εμείς με την σειρά μας να επιλέξουμε μεταξύ των δικών μας στρατηγικών ώστε να αντιδρούμε βέλτιστα στην στρατηγική του αντιπάλου παίκτη, όπως αυτή πλέον εκφράζεται ως μια κατανομή πιθανότητας. Μια τέτοια κατανομή πιθανότητας πάνω στον χώρο των στρατηγικών είναι η «μεικτή στρατηγική» του κάθε παίκτη. Επομένως στο παραπάνω παίγνιο οι στρατηγικές {ΠΕΤΡΑ, ΧΑΡΤΙ, ΦΑΛΙΔΙ} θα είναι οι καθαρές στρατηγικές ενώ μια κατανομή πιθανότητας,

$$(p_\pi, p_\chi, p_\psi)\ \mu\varepsilon \sum_i p_i = 1$$

όπου μου περιγράφει με ποια πιθανότητα θα επιλέξω ΠΕΤΡΑ (p_π) και με ποιες θα επιλέξω ΧΑΡΤΙ (p_χ) και ΦΑΛΙΔΙ (p_ψ) θα είναι μια μεικτή στρατηγική (Reny, 1999).

Ας προσπαθήσουμε τώρα να *υπολογίσουμε* την ισορροπία κατά Nash με μεικτές στρατηγικές. Οι παίκτες πλέον θα μεγιστοποιούν την αναμενόμενη απόδοση τους, δηλαδή το σταθμισμένο άθροισμα των αποδόσεων τους, βάση των μεικτών στρατηγικών. Ας χωρίσουμε την μήτρα των αποδόσεων των παικτών σε δύο ξεχωριστές μήτρες,

Παίκτης 1

	Πέτρα	Χαρτί	Ψαλίδι
Πέτρα	0	-1	1
Χαρτί	1	0	-1
Ψαλίδι	-1	1	0

Πίνακας 2.21.: Μήτρα αμοιβών Παίκτη 1.

Παίκτης 2

	Πέτρα	Χαρτί	Ψαλίδι
Πέτρα	0	1	-1
Χαρτί	-1	0	1
Ψαλίδι	1	-1	0

Πίνακας 2.22: Μήτρα αμοιβών Παίκτη 2.

Για τον παίκτη 1, ας ορίσουμε μεικτή στρατηγική η οποία περιγράφεται από την κατανομή (p_π, p_χ, p_ψ) και για τον παίκτη 2 μεικτή στρατηγική που ορίζεται από την κατανομή (q_π, q_χ, q_ψ). Σύμφωνα με αυτές τις μεικτές στρατηγικές, η πιθανότητα να

προκύψει το αποτέλεσμα (ΧΑΡΤΙ, ΠΕΤΡΑ) που δίνει στον παίκτη 1 απόδοση 1 θα έχει $p_\chi q_\pi$. Συνεπώς, η αναμενόμενη απόδοση του παίκτη 1 θα είναι

$$\pi_1 = p_\pi q_\chi(-1) + p_\pi q_\psi 1 + p_\chi q_\pi 1 + p_\chi q_\psi(-1) + p_\psi q_\pi(-1) + p_\psi q_\chi 1$$

Αντίστοιχα για τον παίκτη 2 θα είναι:

$$\pi_2 = p_\pi q_\chi(1) + p_\pi q_\psi(-1) + p_\chi q_\pi(-1) + p_\chi q_\psi 1 + p_\psi q_\pi 1 + p_\psi q_\chi(-1)$$

Οι δύο παίκτες θα μεγιστοποιήσουν την αναμενόμενη απόδοση τους. Συνεπώς, για τον παίκτη 1 από τις αναγκαίες συνθήκες πρώτες πρώτης τάξης θα έχουμε,

$$\frac{\partial \pi_1}{p_\pi} = -q_\chi + q_\psi = 0$$

$$\frac{\partial \pi_1}{p_\chi} = q_\pi - q_\psi = 0$$

$$\frac{\partial \pi_1}{p_\psi} = -q_\pi + q_\chi = 0$$

Όπου προκύπτει ότι $q_\pi = q_\chi = q_\psi$ και πλέον ότι $q_\pi + q_\chi + q_\psi = 1$ θα έχουμε $(q_\pi, q_\chi, q_\psi) = \left(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}\right)$. Αντίστοιχα βρίσκουμε και για τον παίκτη 1, ότι $(p_\pi, p_\chi, p_\psi) = (\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3})$. Συνεπώς, οι μεικτές στρατηγικές $(q_\pi, q_\chi, q_\psi) = (p_\pi, p_\chi, p_\psi) = (\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3})$ μεγιστοποιούν την αναμενόμενη απόδοση των δύο παικτών και θα αποτελούν ισορροπία κατά Nash σε μεικτές στρατηγικές.

Πράγματι, εάν αντικαταστήσουμε τα νούμερα αυτά στις παραπάνω συναρτήσεις αναμενόμενων αποδόσεων θα δίνουν την μέγιστη τιμή τους. Μάλιστα ο Nash απέδειξε πώς κάθε παίγνιο με η-παίκτες θα έχει πάντα ισορροπία σε μεικτές στρατηγικές (Reny, 1999).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Εφαρμογές της Θεωρίας Παιγνίων στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων

3.1. Θεωρία Παιγνίων και Υδατικοί Πόροι

3.1.1. Εισαγωγή

Οι συγκρούσεις σε ζητήματα διάθεσης νερού δεν σχετίζονται μόνο με το κόστος και τα αντικρουόμενα οφέλη, αλλά μπορούν να προκύψουν και από κοινωνικές και πολιτικές πτυχές του σχεδιασμού, της λειτουργίας και διαχείρισης έργων ύδρευσης. Κατά την ανάλυση, λειτουργία ή σχεδιασμό ενός σύνθετου έργου, ο λήπτης της απόφασης πρέπει να διασφαλίσει ότι το έργο δεν είναι μόνο σωματικά, περιβαλλοντικά, οικονομικά εφικτό αλλά επίσης κοινωνικά και πολιτικά αξιόπιστο. Τεχνικές βελτιστοποίησης, όπως ο γραμμικός ή δυναμικός προγραμματισμός μπορούν να βοηθήσουν ώστε να βρεθούν οι βέλτιστες τιμές των μεταβλητών απόφασης υπό αυτές τις συνθήκες.

Το ενδιαφέρον για την επίλυση των συγκρούσεων που προκύπτουν σε υδατικούς πόρους έχει αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες και διάφορες μέθοδοι, ποσοτικές και ποιοτικές, έχουν προταθεί κατά καιρούς για την επίλυση των συγκρούσεων αυτών.

Η Θεωρία Παιγνίων μπορεί παρέχει ένα πλαίσιο για τη μελέτη στρατηγικής μεμονωμένων φορέων ώστε να αναπτύξουν γενικότερα αποδεκτές λύσεις. Ωστόσο, η θεωρία Παιγνίων δεν είναι ακόμα καλά ενσωματωμένη σε γενικά συστήματα ανάλυσης για τη διαχείριση υδάτινων πόρων. Επιπλέον, η αξία της Θεωρίας Παιγνίων πιθανόν να παραμένει ασαφής στην κοινότητα των υδατικών πόρων, εξαιτίας της έλλειψης κατανόησης των βασικών εννοιών της. Όπως συμβαίνει και με άλλους επιστημονικούς χώρους (π.χ. οικονομία, πολιτικές επιστήμες, κοινωνικές επιστήμες, νοημοσύνη των υπολογιστών, κλπ.) οι μελετητές που ασχολούνται με θέματα νερού θα εκτιμήσουν τη χρησιμότητα της μεθόδου, σε προβλήματα διαχείρισης υδάτινων πόρων τα οποία δεν λύνονται από συμβατικές μεθόδους. Σε γενικές γραμμές τα

αποτελέσματα της Θεωρίας Παιγνίων, είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα, καθώς η μέθοδος αυτή αντικατοπτρίζει καλύτερα τις συμπεριφορές των εμπλεκόμενων φορέων, κάτι που συχνά παραμελείται από τις συμβατικές μεθόδους βελτιστοποίησης, (Madani, 2010).

Στο Κεφάλαιο που ακολουθεί, φαίνεται η χρησιμότητα της Θεωρίας Παιγνίων στα υδατικά συστήματα ανάλυσης και επίλυσης συγκρούσεων, συζητώντας τα γνωστά παίγνια της θεωρίας παιγνίων και παρουσιάζοντας μερικές απλές εφαρμογές παιγνίων δύο επί δύο των υδατικών πόρων. Επίσης, θα συζητηθεί το πώς η δυναμική δομή των προβλημάτων των υδατικών πόρων και η εξέλιξη του παιχνιδιού μπορεί να επηρεάσει τις αποφάσεις των συμμετεχόντων σε διαφορετικές περιόδους της σύγκρουσης (Madani, 2010).

3.1.2. Γιατί χρήση της Θεωρίας Παιγνίων;

Μεγάλη ποικιλία μεθόδων έχουν προταθεί για τη λύση στρατηγικών συγκρούσεων (Li et al.,2004), συμπεριλαμβανομένης της ονομαζόμενης metagame analysis (ανάλυση μετα-παιγνίων) Howard 1971, hypergame ανάλυση (Bennett, 1980; Wang et al., 1988), η χρήση γραφικού μοντέλου για την ανάλυση συγκρούσεων GMCR) (Kilgour et al, 1987, Fang et al, 1993), τη θεωρία κινήσεων (theory of moves, Brams, 1994). Τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται με τη θεωρία παιγνίων, είναι συνήθως πολλαπλών κριτηρίων, πολλαπλής λήψης αποφάσεων προβλήματα. Τυπικά, η τέλεια συνεργασία μεταξύ των φορέων για την επίτευξη βέλτιστης λύσης είναι δεδομένη. Ωστόσο, στη θεωρία παιγνίων, κάθε φορέας παίζει το παιχνίδι ώστε να επιτύχει τη βέλτιστη κατάσταση για τον εαυτό του, γνωρίζοντας ότι οι αποφάσεις των άλλων παικτών επηρεάζουν την αντικειμενική αξία του και ότι η απόφασή του επηρεάζει παράλληλα τις αποφάσεις και τα κέρδη των άλλων.

Σταθερά αποτελέσματα του παιχνιδιού, που προβλέπονται από τη θεωρία παιγνίων, δεν είναι απαραίτητα Pareto βέλτιστα. Το κύριο μέλημα των παικτών είναι να μεγιστοποιήσουν το δικό τους όφελος, γνωρίζοντας ότι το τελικό αποτέλεσμα είναι προϊόν όλων των αποφάσεων που έγιναν (Madani, 2010).

3.2. Εφαρμογές της θεωρίας παιγνίων σε συγκρούσεις υδατικών πόρων

Σε μία διαμάχη σχετικά με το νερό, διάφορες ομάδες – φορείς, μπορούν να μοντελοποιηθούν σαν ενδιαφερόμενοι (παίκτες), όπου ο κάθε φορές- παίκτης μπορεί να κάνει τις επιλογές του μονομερώς και ο συνδυασμός των επιλογών όλων των παικτών καθορίζει τα από κοινού αποτελέσματα της διαμάχης. Αντί για μονομερής κινήσεις, οι παίκτες μπορεί να αποφασίσουν να συνεργαστούν ή να σχηματίσουν συμμαχίες που θα οδηγούν σε κατά Pareto βέλτιστες λύσεις. Μία συστηματική μελέτη μίας στρατηγικής διαμάχης για το νερό, παρέχει ιδέες για το πώς η σύγκρουση μπορεί να επιλυθεί καλύτερα και μπορεί να προταθούν καινοτόμες λύσεις.

Πολλοί ερευνητές έχουν προσπαθήσει μελέτες επίλυσης συγκρούσεων σχετικά με το νερό στα πλαίσια της θεωρίας παιγνίων. Carraro et al. 2005, Parrachino et al. 2006, και Zara et al. 2006, κατέγραψαν τα παίγνια που παρουσιάζουν θεωρητικές μελέτες επίλυσης προβλημάτων σχετικά με το νερό. Η βιβλιογραφία σχετικά με τις εφαρμογές της θεωρία παιγνίων στους υδατικούς πόρους, καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα από τοποθεσίες, μεθόδους επίλυσης, είδη ανάλυσης, και ταξινομήσεις (Πίνακας 1).

Η μη-συνεργατική θεωρία παιγνίων, ασχολείται με μη-συνεργατικά παίγνια στα οποία οι παίκτες ανταγωνίζονται και λαμβάνουν αποφάσεις ανεξάρτητα, από την άλλη η συνεργατική θεωρία παιγνίων ασχολείται με συνεργατικά παίγνια στα οποία ομάδες ή συνασπισμοί παικτών παίρνουν αποφάσεις από κοινού και περιλαμβάνει την κατανομή των οφελών από τη συνεργασία. Με βάση τις προηγούμενες εφαρμογές της θεωρία παιγνίων στη διαχείριση των προβλημάτων υδατικών πόρων στη βιβλιογραφία και στους Πίνακας 1, κάποιος θα βγάλει συμπέρασμα ότι η κατανομή των οφελών/προνομίων και οι εφαρμογές της συνεργατικής θεωρίας παιγνίων είναι πιο συχνές μεταξύ των ερευνητών σε σχέση με άλλες εφαρμογές και μεθόδους. Αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή η διαπραγμάτευση και ο επιμερισμός του κόστους, με τη συνεργατική θεωρία παιγνίων είναι πιο εύκολα κατανοητή από τους μηχανικούς, καθώς οι λύσεις είναι πολύ συχνά ίδιες με λύσεις βελτιστοποίησης.

Objective(s)	Location	Citation
Providing insights into and resolution of the strategic conflict arose after discovery of carcinogen in the aquifer supplying water to Elmira, Ontario	Canada	Hipel et al. 1993 and Kilgour et al. 1996
Studying the roles of cooperation and non-cooperation on sustainability of groundwater extraction	USA	Loaiciga 2004
International conflict over flooding of Ganges and Brahmaputra rivers	India and Pakistan	Rogers 1969
Conflict over water diversions from the Great Lakes	Canada and USA	Becker and Easter 1995
Developing a flexible water allocation rule which guarantees efficient (Paretooptimal) distribution of river (Ganges in this paper) flows to countries in a river basin	Bangladesh and India	Kilgour and Dinar 2001
Providing insights into the conflict between Israel and the rab nations over the Jordan river and determining the most likely outcomes of the conflict	Israel, Jordan, Lebanon, Palestine, and Syria	Madani and Hipel 2007
Management of an aquifer which a multi-objective management goal	Hungary	Szidarovszky et al. 1984
Modeling the strategies of phosphorus application, resulting in water contamination, by farmers of the Hopkins basin	Australia	Schreider et al. 2007
Application of game theory for a groundwater conflict in Mexico	Mexico	Salazar Raquel S., Ferenc Sz., Emery Jr. C., Abraham R., 2007
Conflict Resolution in the Management of Transboundary Cathcments: Application in the Nestos River	Greece	Eleftheriadou, E., Mylopoulos Y. 2005
Cooperation in Managing Transboundary Water Resources: Evaluation approaches and experiments	Ankara, Turkey	Dinar A., 2004
The Syr Darya River Conflict: An Experimental Case Study		Abbink K., Moller L.C., O'Hara S., 2005
Sharing a river		Ambec S. and Sprumont Y., 2002
Conflict and cooperation in managing international water resources	Washington, USA	Barrett S., 1994
Water, Conflict, and Cooperation		Carius A., Dabelko G. D., and Wolf A. T., 2004
The decision support system GMCR in environmental conflict management		Hipel, K.W.D., Kilgour, D.M., Fang, L., Peng, X., 1997
Game theory and Water Resources	USA	Madani K., 2010

Πίνακας 1: Βιβλιογραφική ανασκόπηση για της εφαρμογής της Θεωρίας Παιγνίων σε θέματα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων.

3.3. Παραδείγματα

Στη συνέχεια ακολουθούν απλά παίγνια της θεωρία παιγνίων στη διαχείριση υδατικών πόρων, τα οποία έχουν τη δομή των βασικών εφαρμογών που έχουν παρουσιαστεί ήδη στο Κεφάλαιο 2.

Ο Πίνακας 3.1. συνοψίζει τα χαρακτηριστικά των τριών παιγνίων που έχουν παρουσιαστεί έως τώρα. Ομοίως με το παίγνιο του διλλήματος του φυλακισμένου, το παίγνιο ελαφοθηρίας είναι ένα παίγνιο συνεργασίας και πολύ εύκολα θα μπορούσε να δημιουργηθεί σύγχυση. Και στα δύο παίγνια, η επιλογή της συνεργασίας είναι Pareto-optimal και η μη-συνεργασία Pareto-inferior είναι ισορροπία Nash. Παρόλα αυτά, αντίθετα με το δίλλημα του φυλακισμένου, το παίγνιο ελαφοθηρίας δεν έχει αυστηρά κυρίαρχη στρατηγική (3 > 2 αλλά 1 < 2) και επιπλέον υπάρχει ένα παραπάνω σημείο ισορροπίας Nash. Σε αντίθεση με το παίγνιο δειλίας, στο οποίο ο κάθε παίκτης επιλέγει το αντίθετο από τον αντίπαλό του, στην ελαφοθηρία, ο κάθε παίκτης θέλει να ακολουθήσει ακριβώς την ίδια στρατηγική με τον αντίπαλό του. Παρόλο που στο παίγνιο ελαφοθηρίας δεν μοιάζει να υπάρχει δίλλημα, σύμφωνα με τη θεωρία παιγνίων υπάρχει δίλλημα και προβλέπει ότι οι παίκτες δεν συνεργάζονται πάντα ώστε να επιτευχθεί η μοναδική Pareto-optimal λύση (Σ,Σ). Στην πραγματικότητα, μερικές φορές, οι παίκτες μπορεί να επιλέξουν να μην συνεργαστούν, πιθανότατα λόγω της έλλειψης εμπιστοσύνης, γεγονός που οδηγεί στη λύση Pareto-inferior (Η,Η). Επομένως, το παίγνιο μπορεί να αποκαλείται επίσης και «Παίγνιο Εμπιστοσύνης» (Grim et al., 1999).

	Prisoner's Dilemma	**Chicken**	**Stag-Hunt**
Strictly dominant strategy	Non-cooperation	-	-
Dominant strategy	Non-cooperation	-	-
Nash equilibrium	Non-cooperative	Non-cooperative	Cooperative
Dominant strategy equilibrium	Non-cooperative	-	-
Pareto optimal outcome	Cooperative	Cooperative Non-cooperative	Cooperative
Classification	Coordination game	Anti-Coordination game	Coordination game

Πίνακας 3.1.: Χαρακτηριστικά των 2 επί 2 παιγνίων.

Δίλλημα του Φυλακισμένου (Prisoner's Dilemma)

Ένα παράδειγμα το οποίο βασίζεται *στη δομή του Διλήμματος του Φυλακισμένου*, αλλά αναφέρεται σε διαχείριση υπόγειου νερού, είναι αυτό που ακολουθεί.

Δύο αγρότες μοιράζονται έναν υδροφορέα για μεγάλο χρονικό διάστημα, (περίπου 25 χρόνια). Η αμοιβή (κέρδος) για κάθε αγρότη είναι τα έσοδα από τις πωλήσεις των καλλιεργειών, μείων το κόστος της άντλησης του νερού. Κάθε παίκτης, πρέπει να επιλέξει μεταξύ της συνεργασίας και της μη-συνεργασίας στα ποσοστά άντλησης, με το ποσοστό της μη-συνεργασίας (ποσοστό άντλησης 2) να υπερβαίνει το ποσοστό συνεργασίας (ποσοστό άντλησης 1). Αν και οι δύο αγρότες αποφασίσουν να αντλούν με χαμηλό ποσοστό, τότε η στάθμη του υπόγειου υδροφορέα δεν θα πέσει και οι αγρότες θα μπορούν να απολαύσουν μακροπρόθεσμα το χαμηλό κόστος άντλησης. Παρόλα αυτά, αν και οι δύο αγρότες αντλούν νερό με το μέγιστο ποσοστό, τότε η στάθμη θα πέσει, θα αυξηθεί το κόστος άντλησης και ταυτόχρονα θα μειωθεί και το κέρδος, επομένως κάνει την άντληση οικονομικά ανέφικτη και συγχρόνως σταματάει την άρδευση και τα κέρδη. Η συνεργασία στην άντληση αυξάνει τα κέρδη και για τους δύο αγρότες. Να γίνουν «τσαμπατζής, - free ride» (δηλαδή, να αφήσουν άλλους να συνεισφέρουν και να επωφεληθούν από την συνεισφορά τους χωρίς να πληρώσουν οι ίδιοι) θα τους έδινε το καλύτερο αποτέλεσμα. Σε αυτή την περίπτωση, ο ένας αγρότης αντλεί με το μέγιστο ποσοστό ενώ ο άλλος έχει δεσμευτεί να αντλεί με το ελάχιστο. Ο «τσαμπατζής, - free ride» κερδίζει την υψηλότερη αμοιβή με αυτή την κατάσταση που οφείλεται στο χαμηλό κόστος άντλησης σε σχέση με την περίπτωση όπου οι και δύο αγρότες αντλούν νερό με μη-συνεργασία (non-cooperation rate), αλλά ταυτόχρονα έχει και τα έσοδα από την πώληση των καλλιεργειών τα οποία είναι μεγαλύτερα από ό,τι στην περίπτωση συνεργασίας (cooperative rate). Από την άλλη πλευρά όμως, η επιλογή μίας στρατηγικής συνεργασίας, ενώ ο άλλος αγρότης είναι πρόθυμος να συνεργαστεί, έχει ως αποτέλεσμα την ελάχιστη αμοιβή εξαιτίας του υψηλού κόστους άντλησης και τα χαμηλά έσοδα από τις καλλιέργειες (Madani, 2010).

	Αγρότης ΙΙ	
Αγρότης Ι	**Ποσοστό Άντλησης 1 (ΠΑ1)**	**Ποσοστό Άντλησης 2 (ΠΑ2)**
Ποσοστό Άντλησης 1 (ΠΑ1)	(3,3)	(1,4)
Ποσοστό Άντλησης 2 (ΠΑ2)	(4,1)	(2,2)

Πίνακας 3.2.: Παίγνιο υπόγειων υδάτων με τακτικές αποδόσεις.

Η βέλτιστη αμοιβή, σε αυτό το παίγνιο είναι το (ΠΑ1, ΠΑ1) όταν και οι δύο μεριές αντλούν με χαμηλό ποσοστό (Loaiciga, 2004). Ωστόσο, η θεωρία παιγνίων, προτείνει σε μεμονωμένα κάθε αγρότη την κατώτερη επιλογή ΠΑ2, ως την αυστηρά κυρίαρχη στρατηγική. Για το λόγο αυτό η επιλογή (ΠΑ2, ΠΑ2) είναι η αναμενόμενη αμοιβή για το παίγνιο μη-συνεργασίας, άλλωστε η υπεράντληση συμβαίνει τις περισσότερες φορές και στην πραγματικότητα. Η έλλειψη εμπιστοσύνης και η επιβολή στρατηγικής συνεργασίας (με τον έλεγχο των ποσοστών άντλησης, μέτρησης κλπ.) οδηγεί τους αγρότες να προτιμούν την άντληση με υψηλά ποσοστά, ώστε να αυξήσουν τα κέρδη τους βραχυπρόθεσμα, «a tragedy of the commons» (Hardin, 1968). Η συνεργασία γίνεται πιο δύσκολη όσο περισσότεροι αγρότες αντλούν από τον υδροφορέα.

Σε πολλά προβλήματα διαχωρισμού του νερού, σε όλο τον κόσμο, οι μη-συνεργάσιμες συμπεριφορές έχουν οδηγήσει στην «tragedy of the commons» αμοιβή, παρά την ύπαρξη Pareto-optimal λύσης. Η θεωρία παιγνίων εξηγεί και προβλέπει τέτοιες περιπτώσεις, ακόμα και χωρίς την ύπαρξη ακριβή ποσοτικών στοιχείων. Στο παίγνιο του διλλήματος του κρατούμενου, η πρόβλεψη ήταν η ίδια και με ποσοτικές (1^{α}) και ποιοτικές (1β) τιμές. Επομένως, τα αποτελέσματα και κάθε πρόβλημα διαχείρισης νερού με την ίδια δομή, θα είναι το ίδιο καθώς στα παίγνια μη-συνεργασίας η ιεραρχία των αποτελεσμάτων έχει μεγαλύτερη σημασία από τις πραγματικές τιμές αμοιβής.

Εάν το παίγνιο του διλλήματος του φυλακισμένου, επαναληφθεί περισσότερες από μία φορά, η επικοινωνία επιτρέπεται, και/ή οι πλευρές εμπιστεύονται η μία την άλλη, η τελική απόφαση μπορεί να είναι η συνεργασία (ΔΨ) ώστε να επιτύχουν Pareto-optimal λύση. Παρόμοια, στις διαμάχες για το νερό, όπου η δομή του παιγνίου είναι ίδια, η κατανόηση του προβλήματος στις δύο μεριές, καθώς και δεσμευτικές συμβάσεις ή άλλου είδους εμπιστοσύνης, μπορεί να οδηγήσει σε συνεργασία και συγχρόνως καλύτερα αποτελέσματα. Γενικά, στο δίλλημα του φυλακισμένου, ο απειλή της ομολογίας από τους άλλους οδηγεί στην επιλογή της μη-συνεργασίας. Για το συγκεκριμένο παράδειγμα διαχείρισης νερού, εάν οι δύο μεριές είναι βέβαιες ότι οι εξαγωγές παρακολουθούνται και εποπτεύονται από μία ανώτερη αρχή και επιπλέον υπάρχει ποινή αν δεν τηρήσεις την συμφωνία, τότε η στρατηγική της μη-συνεργασίας παύει να είναι η κυρίαρχη.

Αν το πρόβλημα αλλάξει, ώστε οι αγρότες που δεν τήρησαν την συμφωνία και υπερέβησαν το όριο άντλησης, να μην έχουν δικαίωμα παροχής νερού, τότε η δομή του παιγνίου θα αλλάξει και θα γίνει όπως φαίνεται στον πίνακα 4. Οι αμοιβές αλλάζουν με βάση τον νέο κανονισμό. Οι αγρότες βεβαιώνονται, ότι από τη στιγμή που δέχονται να συνεργαστούν οι προηγούμενες αμοιβές δεν ισχύουν πλέον και η δομή του παιγνίου αλλάζει από αυτή του διλλήματος του φυλακισμένου (πίνακας 3) σε αυτή που δείχνει πίνακας 3.3. Στο νέο παίγνιο, η συνεργασία, είναι η αυστηρά κυρίαρχη στρατηγική και η κατάσταση (PR1, PR1) είναι ταυτόχρονα Pareto-βέλτιστο.

	Αγρότης ΙΙ	
Αγρότης Ι	**Ποσοστό Άντλησης 1 (ΠΑ1)**	**Ποσοστό Άντλησης 2 (ΠΑ2)**
Ποσοστό Άντλησης 1 (ΠΑ1)	(3,3)	(4,1)
Ποσοστό Άντλησης 2 (ΠΑ2)	(1,4)	(2,2)

Πίνακας 3.3.: Παίγνιο υπόγειων υδάτων με κυρώσεις, επειδή δεν τήρησαν την συνεργασία.

Οι Carraro et al. (2005) θεωρούν πολλά ζητήματα διαχείρισης φυσικών πόρων έχουν τα χαρακτηριστικά του διλλήματος του φυλακισμένου: η κυρίαρχη στρατηγική των παικτών είναι η μη-συνεργασία, και η προκύπτουσα ισορροπία δεν είναι η Pareto-βέλτιστη.

Chicken Game

Παίγνια της δομής *του παιγνίου δειλίας (Chicken Game)* είναι σπάνια σε εφαρμογή σε περιπτώσεις διαχείρισης υδάτινων πόρων, καθώς τα περισσότερα προβλήματα χειρίζονται σαν παίγνια συνεργασίας και «μοντελοποιούνται» με βάση το δίλλημα του φυλακισμένου. Ένα παράδειγμα, παιγνίου μη-συνεργασίας είναι η διαμάχη Ιράν-Αφγανιστάν για τον ποταμό Helmand την περίοδο καθεστώτος των Ταλιμπάν στο Αφγανιστάν. Ο ποταμός Helmand ρέει από το Αφγανιστάν στο Ιράν και είναι σημαντικός για την γεωργία και στις δύο χώρες, καθώς επίσης και για την επιβίωση της λίμνης Hamoun, μία διεθνώς αναγνωρισμένη ελώδης περιοχή στο Ιράν, στην επαρχία Sistan-va-Balouchestan. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει μία συμφωνία κατανομής μεταξύ των δύο χωρών από το 1972, το Ιράν ακόμα αγωνίζεται για να λάβει το μερίδιο του από το ποτάμι.

Η διαμάχη μεταξύ των δύο χωρών δεν έχει ακόμα λυθεί και η κατάσταση πολλές φορές επιδεινώνεται από την ξηρασία και την πολιτική αστάθεια στο Αφγανιστάν.

Όταν το καθεστώς των Ταλιμπάν ήταν στην εξουσία, ήταν απρόθυμοι (ή δεν είχαν την οικονομική δυνατότητα) να πληρώσουν τα έξοδα για τις εργασίες και τη συντήρηση (κυρίως την αφαίρεση του ιζήματος) από τον ταμιευτήρα Kajaki που βρισκόταν στο έδαφος του Αφγανιστάν. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα ο ποταμός Helmand να στερέψει κάτω από το φράγμα επηρεάζοντας έτσι την γεωργία και την αστική υδροδότηση και στις δύο πλευρές των συνόρων αλλά και η λίμνη Hamoun με το οικοσύστημά της είχαν αρχίσει να ξηραίνονται. Από τη στιγμή που ήταν ευθύνη των Αφγανών να συντηρήσουν τον ταμιευτήρα και να διασφαλίσουν το μερίδιο των Ιρανών, αλλά οι Ταλιμπάν δεν ήταν πρόθυμοι να το κάνουν, οι Ιρανιοί πήραν την πρωτοβουλία να φτιάξουν το σύστημα από την άλλη μεριά των δικών τους συνόρων. Κατά την περίοδο αυτή, η δομή της σύγκρουσης ήταν σαν το παίγνιο δειλίας (πίνακας 3.4.). Και οι δύο μεριές μπορούν να επωφεληθούν από τις απαιτούμενες εργασίες συντήρησης.

		Αφγανιστάν	
		Πληρωμή (Π)	Μη Πληρωμή (ΜΠ)
Ιράν	Πληρωμή (Π)	3,3	2,4
	Μη Πληρωμή (ΜΠ)	4,2	1,1

Πίνακας 3.4.: Ιράν-Αφγανιστάν διαμάχη για τον ποταμό Hirmand (Helmand) την περίοδο του καθεστώτος των Ταλιμπάν.

Οι αμοιβές για κάθε χώρα, ήταν ίσες με τα αστικά, γεωργικά και περιβαλλοντικά οφέλη μείον το κόστος συντήρησης. Οι τιμές που φαίνονται στον πίνακα 3.4. είναι ταξικές. Προφανώς, κάθε πλευρά ήταν διατεθειμένη να έχει “free ride” να ξοδέψει λίγα (ελαχιστοποίηση κόστους) αλλά να κερδίσει πολλά (μεγιστοποίηση εσόδων). Το status quo (παρούσα κατάσταση) του παιχνιδιού, (ΔΠ, ΔΠ), στο οποίο καμία μεριά δεν θα πληρώσει συντήρηση, δίνει το χειρότερο αποτέλεσμα, αφού οι απώλειες από τις αστικές, γεωργικές και περιβαλλοντικές εργασίες είναι πολύ μεγάλες. Οι δύο ισορροπίες στο παιχνίδι είναι (ΔΠ, Π) και (Π, ΔΠ) όπου η μία πλευρά κάθε φορά πληρώνει έξοδα συντήρησης. Το παιχνίδι είναι ένα παίγνιο δειλίας, και παρόλο που είναι κοινωνικά και Pareto-optimal η επιλογή συνεργασίας (Π, Π) δεν είναι ισορροπία Nash. Σε αυτή τη διαμάχη, οι Ιρανοί έκαναν τις «κότες» και να στείλουν ομάδα ώστε να επαναφέρουν το σύστημα σε λειτουργία.

Μία καλή τακτική στο παίγνιο δειλίας, είναι μειώσεις τις επιλογές και τα εφικτά αποτελέσματα του αντιπάλου, δείχνοντας από την αρχή τις προθέσεις σου (πλάνα) με σαφήνεια στον αντίπαλο, νωρίς στο παιχνίδι. Το μήνυμα που θα σταλεί, πρέπει να

είναι ισχυρό, επιθετικό και επιβλητικό ώστε να πείσει την άλλη μεριά, ότι η επιλογή της αποστασίας (ΔΣ ή ΔΠ) δεν είναι η σωστή επιλογή.

Αντίθετα με το δίλλημα του φυλακισμένου, όπου και οι δύο πλευρές χάνουν μαζί, το παίγνιο δειλίας, έχει έναν νικητή και έναν χαμένο. Η δομή του παιγνίου δειλίας, και η απόδοση των κερδών δεν αφήνουν κανένα κίνητρο συνεργασίας. Σε προβλήματα υδατικών πόρων με παρόμοια δομή, θα μπορούσε κανείς να προωθήσει τη συνεργασία αυξάνοντας την ποινή της 'λιποταξίας' (μη-συνεργασίας). Για παράδειγμα, σε μία διαμάχη ανάμεσα σε δύο αγρότες σχετικά με την πληρωμή των εξόδων συντήρησης των αντλιών και των γεωργικών καναλιών όπου και οι δύο χρησιμοποιούν (πίνακας 3.5α), μία ανώτερη αρχή, με ανώτερη δύναμη (όπως μία ένωση αγροτών), μπορεί να επιβάλλει επιπλέον επιβαρύνσεις στους αγρότες όπου δεν πληρώνουν τα έξοδα συντήρησης και με αυτό τον τρόπο να προάγουν την συνεργασία μεταξύ των αγροτών (πίνακας 3.5β). Χωρίς κυρώσεις (πίνακας 3.5α) κάθε αγρότης θέλει να τη γλυτώσει και να μην πληρώσει, οδηγώντας όμως το σύστημα σε κατάρρευση με αυτό τον τρόπο. Σε αυτή την περίπτωση, κάθε αγρότης επιθυμεί, να μην αποστατήσει, αλλά να συνεργαστεί μόνο όταν ο άλλος αγρότης αποστατήσει (δεν συνεργαστεί) και να αποστατήσει μόνο όταν ο ξέρει ότι ο άλλος θα πληρώσει. Αν όμως, η αποστασία έχει μεγάλα έξοδα (υψηλές ποινές) (πίνακας 5β), ο παίκτης δεν θα θέλει τόσο πολύ να τη βγάλει καθαρή και να μην πληρώσει, επομένως η συνεργασία γίνεται η αυστηρά κυρίαρχη στρατηγική, και η λύση της συνεργασίας (Π, Π) γίνεται η κυρίαρχη στρατηγική και ταυτόχρονα ισορροπία Nash.

Πίνακες 3.5: Παίγνιο κόστους συντήρησης.

Αγρότης I	Αγρότης II	
	Π	ΜΠ
Πληρωμή (Π)	3,3	2,4
Μη Πληρωμή (ΜΠ)	4,2	1,1

(3.5.α) χωρίς κυρώσεις

Αγρότης I	Αγρότης II	
	Π	ΜΠ
Π	3,3	2,2
ΜΠ	2,2	1,1

(3.5.β) με κυρώσεις

Stag – Hunt Game

Ένα παίγνιο διαχείρισης υδάτων με *δομή όμοια με αυτή του παιγνίου ελαφοθηρίας* παρουσιάζεται στο πίνακα 3.6. Σε αυτό το παίγνιο, δύο παραθαλάσσιες χώρες μοιράζονται μία λίμνη. Κάθε χώρα έχει ένα ποτάμι που ρέει μέσα στη λίμνη. Ως αποτέλεσμα της υψηλής εξάτμισης και της μείωσης της εποχιακής ροής των δύο ποταμών, από την ανάντη καταναλωτική χρήση, η λίμνη στερεύει, τα ποσοστά αλατότητας αυξάνονται και το περιβαλλοντικό οικοσύστημα αρχίζει να κινδυνεύει επικίνδυνα. Ο μόνος τρόπος για να επιβιώσει η λίμνη και το οικοσύστημά της, είναι και οι δύο χώρες να αυξήσουν την ποσότητα του νερού που απελευθερώνεται κατά ένα συγκεκριμένο ποσό (40%). Λόγω της αυξημένης εξάτμισης, η αύξηση της ροής μόνο από τη μία χώρα δεν μπορεί να λύσει το πρόβλημα. Η αμοιβή για κάθε χώρα, είναι το περιβαλλοντικό όφελος από την αύξηση των εισροών στη λίμνη, μείον τα έσοδα που χάνονται από τη μείωση της κατανάλωσης του νερού ανάντη της λίμνης (ακόμα και αν δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός του περιβαλλοντικού οφέλους με νομισματικές ισοτιμίες, οι δύο μεριές εξακολουθούν να είναι σε θέση να ταξινομήσουν τα πιθανά αποτελέσματα). Αν και οι δύο χώρες μειώσουν την κατανάλωση του νερού και αυξήσουν την ποσότητα που απελευθερώνουν και καταλήγει στη λίμνη, τα περιβαλλοντικά οφέλη θα υπερβαίνουν τις απώλειες που θα υπάρχουν λόγω της μείωση στην κατανάλωση του νερού. Αν όμως μόνο η μία χώρα αυξήσει την ποσότητα του νερού, το πρόβλημα της λίμνης θα λυθεί εν μέρει, τα περιβαλλοντικά οφέλη θα είναι ελάχιστα και το κέδρος της χώρας θα μειωθεί από τις απώλειες εσόδων εξαιτίας της μειωμένης κατανάλωσης νερού. Το παίγνιο έχει δύο ισορροπίες, τη συνεργασία (Α,Α) και τη μη-συνεργασία (ΜΑ,ΜΑ).

		Χώρα ΙΙ	
		Π	ΜΠ
Χώρα Ι	Αύξηση (Α)	3,3	1,2
	Μη Αύξηση (ΜΑ)	2,1	2,2

Πίνακας 3.6.: Γειτονικές χώρες με κοινό περιβαλλοντικό πρόβλημα.

Στο Παίγνιο Εμπιστοσύνης, εάν υπάρχει εμπιστοσύνη μεταξύ των παικτών, δεν υπάρχει κίνδυνος αποτυχημένης συνεργασίας και οι παίκτες θα συνεργαστούν. Βέβαια, στην πραγματικότητα, η επιλογή της μη-συνεργασίας είναι μία ακίνδυνη

στρατηγική, που οδηγεί σε ένα αποτέλεσμα το οποίο δεν είναι το βέλτιστο αλλά σίγουρα καλύτερο από το χειρότερο σε περίπτωση έλλειψης εμπιστοσύνης μεταξύ των παικτών. Γενικά, δεν υπάρχει τάση για free ride στο παίγνιο ελαφοθηρίας καθώς η αμοιβή για τη μη-συνεργασία είναι ευαίσθητη σε ποια απόφαση θα πάρει ο άλλος παίκτης. Επομένως, εάν ο ένας παίκτης αντιληφθεί σημάδια συνεργασίας από την άλλη μεριά, θα συνεργαστεί. Παρόμοια, με το δίλλημα του φυλακισμένου, η επανάληψη του παιγνίου ελαφοθηρίας μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της εμπιστοσύνης μεταξύ των παικτών ώστε να καταλήξουν σε μία Pareto-optimal λύση. Στη συγκεκριμένη διαμάχη για το νερό που παρουσιάστηκε, ωστόσο, ίσως οι δύο μεριές να μην έχουν τη δυνατότητα να επαναλάβουν το παίγνιο πολλές φορές ώστε να βρουν εάν οι άλλοι παίκτες είναι αξιόπιστοι. Αντ' αυτού, διαπραγματεύσεις και καθαρά σημάδια συνεργασίας θα είναι χρήσιμα ώστε να επιτευχθεί η Pareto-optimal λύση (A,A).

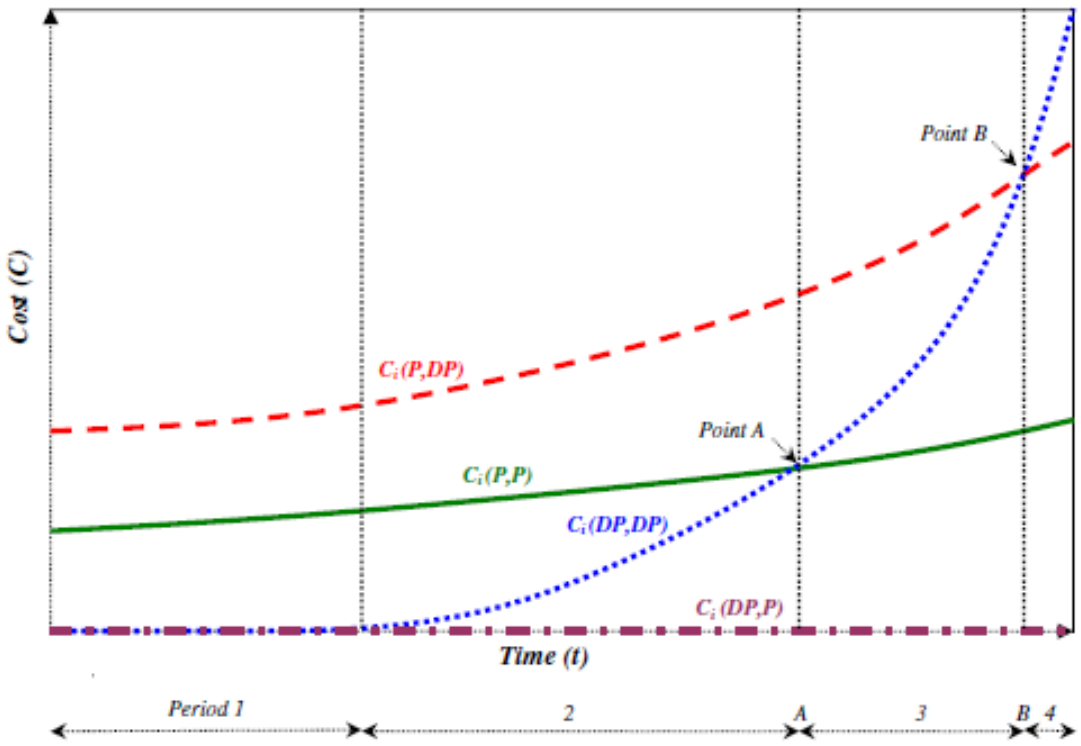
3.4. Εξέλιξη της δομής του παιγνίου (Δυναμικά Παίγνια)

Γενικά, κατά τη διάρκεια μοντελοποίησης συγκρούσεων χρησιμοποιώντας τη θεωρία παιγνίων, πρέπει να δίνεται προσοχή στον προσδιορισμό των όρων του παιχνιδιού και πως αυτές οι συνθήκες μπορούν να αλλάξουν. Αλλαγές στο πλαίσιο της σύγκρουσης μπορούν να αλλάξουν τις αμοιβές και τις αξίες των παικτών με την πάροδο του χρόνου. Μεταβαλλόμενες συνθήκες μπορούν να αλλάξουν τη δομή του παιγνίου, τις ισορροπίες και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη θεωρία παιγνίων. Εκτός από το δημιουργό του παιχνιδιού, οι παίκτες θα πρέπει να γνωρίζουν την εξέλιξη του παιχνιδιού και τις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Έγκαιρη γνώση της μεταβαλλόμενης δομής του παιχνιδιού μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικές συμπεριφορές από τους παίκτες ώστε να μειώσουν τον κίνδυνο μελλοντικών μειωμένων αμοιβών.

Τα προβλήματα που είναι σχετικά με το νερό συχνά εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου. Η γνώση των μεταβαλλόμενων αμοιβών και της δομής των προβλημάτων είναι σημαντική ώστε να βρεθούν λογικά αποτελέσματα αλλά και χρήσιμες γνώσεις πάνω στο πρόβλημα. Σε ένα παράδειγμα προβλήματος διαχείρισης υδάτων, δύο αγρότες μοιράζονται μία νέα κατασκευή συστήματος άρδευσης και καθένας έχει την επιλογή να πληρώσει το κόστος συντήρησης του συστήματος ή να μην το πληρώσει. Το διάγραμμα 3.7. δείχνει πως οι αμοιβές για κάθε παίκτη αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου για τα τέσσερα πιθανά αποτελέσματα του παιχνιδιού ((P,P), (P,DP),

(DP,P), (DP,DP)). Δεδομένου ότι το παράδειγμα είναι συμμετρικό, η αμοιβή (payoff) είναι η ίδια για κάθε παίκτη. Η πρώτη στρατηγική σε παρένθεση ανήκει στον παίκτη i και η δεύτερη στον παίκτη $j \neq i$ όπου, i, j e N = {Αγρότης 1, Αγρότης 2}. Ο πίνακας 7 δείχνει πως οι αμοιβές, που διαφέρουν με το πέρασμα του χρόνου, έχουν υπολογιστεί. Στην αρχή (Περίοδος 1) οι αγρότες μπορούν να πληρώνουν το πολύ μικρό απαιτούμενο για το σύστημα κόστος συντήρησης, αλλά, δεν υπάρχει κίνδυνος αποτυχίας σε αυτό το στάδιο, επομένως η αμοιβή για τον παίκτη που πληρώνει το κόστος συντήρησης είναι ίσο με το μερίδιο που δίνει για συντήρηση (αν και οι δύο παίκτες πληρώνουν, το κόστος μοιράζεται ισότιμα). Από τη στιγμή που δεν υπάρχει κίνδυνος βλάβης στο σύστημα άρδευσης, ο παίκτης που δεν πληρώνει τίποτα, έχει μηδενικό κέρδος την πρώτη περίοδο. Εάν δεν γίνεται η συντήρηση όσο περνάει ο καιρός, το κόστος συντήρησης αλλά και η πιθανότητα να παρουσιάσει βλάβη το σύστημα άρδευσης αυξάνεται.

Στην Περίοδο 2, ο κίνδυνος αποτυχίας αυξάνεται και ο κίνδυνος της απώλειας εσόδων για κάθε παίκτη είναι λιγότερο από το μισό του κόστους συντήρησης, εφόσον κανένας γεωργός δεν πληρώνει το κόστος συντήρησης. Όταν, ένας γεωργός πληρώνει μόνο το κόστος συντήρησης, τότε η αμοιβή του (payoff) είναι ολόκληρο το κόστος συντήρησης ενώ ο άλλος γεωργός έχει μηδενική αμοιβή επειδή το σύστημα επιδιορθώνεται και δεν υπάρχει κίνδυνος βλάβης. Εάν κανένας γεωργός δεν δώσει χρήματα για τη συντήρηση του συστήματος, ο κίνδυνος οικονομικής ζημίας γίνεται μεγαλύτερος από το μισό του κόστους συντήρησης στην τρίτη περίοδο και μεγαλύτερος από το συνολικό κόστος συντήρησης την τέταρτη περίοδο. Ο κίνδυνος οικονομικής ζημίας είναι το μισό του κόστους συντήρησης στο σημείο Α και ίσο με το κόστος συντήρησης στο σημείο Β.



Διάγραμμα 3.8.: Αμοιβές ενός παίκτη i κατά τη διάρκεια διαμάχης για την συντήρηση δικτύου άρδευσης.

Possible outcomes and descriptions of payoffs in the irrigation system's maintenance conflict.

Outcome (S_i, S_j) $S_i, S_j \in S = \{P, DP\}$	Payoff $C_i(t)$, $C_j(t)$
(P, P)	$C_i(t)$ = Half of the total maintenance cost $C_j(t)$ = Half of the total maintenance cost
(P, DP)	$C_i(t)$ = Total maintenance cost $C_j(t)$ = 0 (There is no risk of revenue loss to player *j* due to the system's failure when player *i* pays for the maintenance)
(DP, P)	$C_i(t)$ = 0 $C_j(t)$ = Total maintenance cost
(DP, DP)	$C_i(t)$ = Risk of revenue loss to player i due to the system's failure $C_j(t)$ = Risk of revenue loss to player j due to the system's failure

Πίνακας 3.9.: Πιθανά αποτελέσματα και περιγραφές αμοιβών στη διαμάχη για τη συντήρηση του δικτύου άρδευσης.

Στο διάγραμμα 3.10. και τον πίνακα 3.11. φαίνεται πως η δομή του παιγνίου της συντήρησης του συστήματος άρδευσης εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου. Ως αποτέλεσμα της μεταβαλλόμενης δομής του προβλήματος, η ισορροπία και το κατά

Pareto βέλτιστο αποτέλεσμα του παιγνίου αλλάζει. Κατά τη διάρκεια των περιόδων 1 (Fig. 10a) και 2 (Fig. 10b) και στο σημείο A (Fig. 10c) η επιλογή ΔΠ είναι η αυστηρά κυρίαρχη στρατηγική και (ΔΠ, ΔΠ) είναι η αυστηρά κυρίαρχη ισορροπία, η μοναδική ισορροπία Nash καθώς επίσης και το μοναδικό Pareto-optimal outcome. Στην περίοδο 2 και στο σημείο A, το πρόβλημα έχει άλλο Pareto-optimal αποτέλεσμα, αλλά από τη στιγμή που δεν είναι ισορροπίες, η θεωρία παιγνίων δείχνει ότι οι γεωργοί είναι απρόθυμοι να μοιραστούν το κόστος συντήρησης σε αυτό το σημείο. Ωστόσο, με βάση μία λύση κατά Nash (ορισμός σταθερότητας) το αποτέλεσμα (Π, Π) δεν είναι μία πιθανή λύση της σύγκρουσης. Στην περίοδο 3 (Fig. 10d) το πρόβλημα παίρνει τη δομή του διλλήματος του φυλακισμένου. Η επιλογή ΔΠ είναι ακόμα η αυστηρά κυρίαρχη στρατηγική και (ΔΠ, ΔΠ) είναι ισορροπία κατά Nash και Pareto-inferior αποτέλεσμα. Παρά το γεγονός ότι η στρατηγική (ΔΠ, ΔΠ) είναι Pareto-inferior της επιλογής (Π, Π) όπου οι γεωργοί μοιράζονται το κόστος συντήρησης, οι δύο μεριές ενδέχεται να αποφασίσουν να μην καταβάλουν κανένα ποσό σε αυτή την περίοδο. Στο σημείο B (Fig. 10ε), η ΔΠ είναι κυρίαρχη (όχι αυστηρά κυρίαρχη) στρατηγική (3>2 και 1=1) και υπάρχουν τρεις ισορροπίες κατά Nash ((DP, P), (P, DP), και (ΔΠ, ΔΠ)), δύο από τις οποίες είναι και Pareto-optimal ((Π, ΔΠ) και (ΔΠ, Π)). Η στρατηγική (Π, Π) είναι ένα άλλο Pareto-βέλτιστο αποτέλεσμα του παιχνιδιού. Η στρατηγική (ΔΠ, ΔΠ) είναι Pareto-inferior και των τριών Pareto-optimal. Σύμφωνα με τη θεωρία παιγνίων ένας παίκτης με χαμηλό κίνδυνο ανοχής μπορεί να αποφασίσει να αναλάβει τη φροντίδα συντήρησης του δικτύου σε αυτό το στάδιο. Εάν οι παίκτες έχουν την ίδια ανοχή κινδύνου, θα καταλήξουν στο να μην πληρώσουν τα έξοδα συντήρησης και να βρεθούν στην Περίοδο 4 (Fig. 10f), που έχει τη δομή του παιγνίου δειλίας. Σε αυτή την περίοδο ένας παίκτης θα υποχωρήσει και τελικά θα πληρώσει τα έξοδα συντήρησης ώστε να αποφύγει υψηλές απώλειες από τη βλάβη του συστήματος.

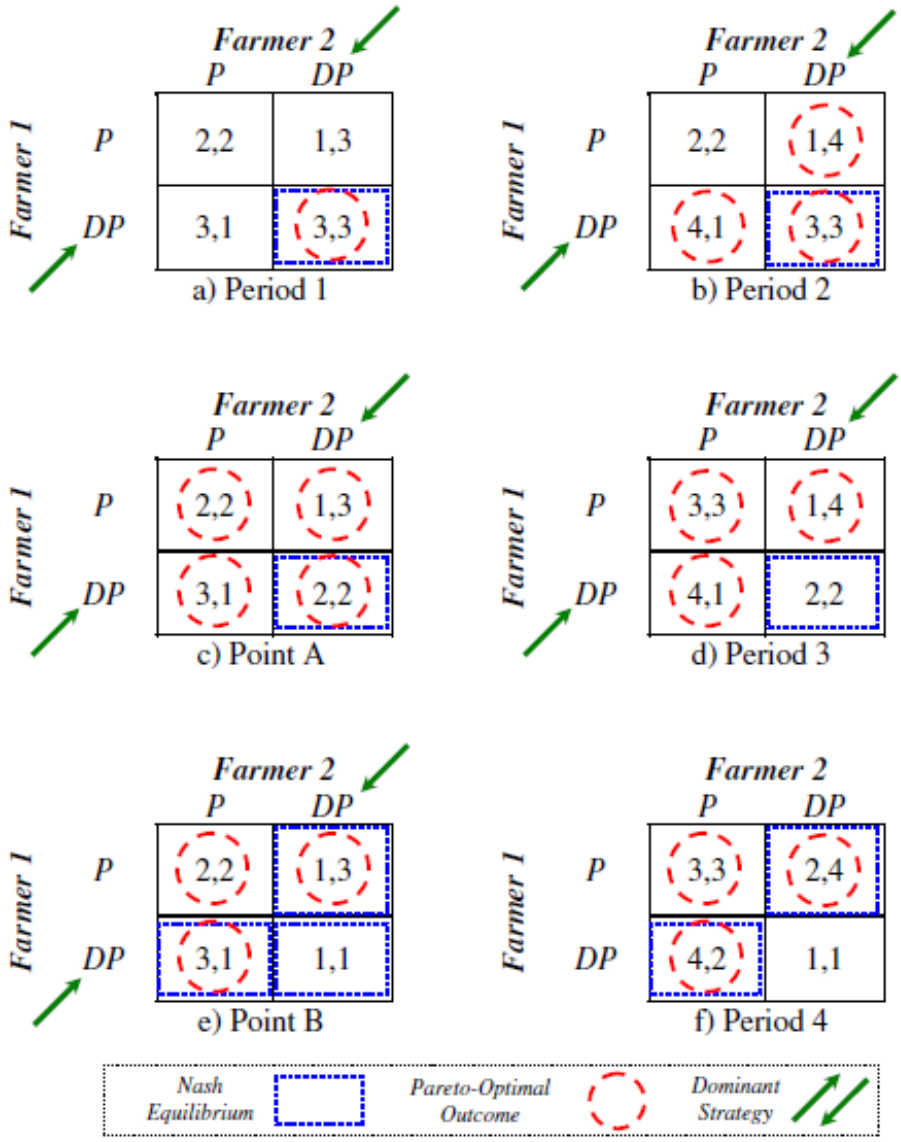
Τα προβλήματα σύγκρουσης αλλάζουν σημαντικά ανάμεσα σε κάθε κράτος. Εάν η εξέλιξη του προβλήματος είναι γνωστή, η θεωρία παιγνίων μπορεί να παρέχει χρήσιμες πληροφορίες στο να εξηγήσει τις αλλαγές στις συμπεριφορές των παικτών. Επιπλέον, είναι χρήσιμο να γνωρίζεις το σωστό στάδιο του προβλήματος για τη μοντελοποίηση του. Εάν το πρόβλημα δεν έχει μοντελοποιηθεί σωστά, και η εξέλιξη του δεν έχει ληφθεί υπόψη, τα αποτελέσματα μπορεί να είναι λανθασμένα ή να παρερμηνευτούν. Αναλύοντας τα διάφορα στάδια των συγκρούσεων συστήματος

άρδευσης, βρέθηκε γιατί οι παίκτες μπορεί να αποφεύγουν να πληρώσουν ή να μοιραστούν τα έξοδα συντήρησης στα αρχικά στάδια ώστε να μην καταλήξουν να πληρώνουν μεγάλα ποσά αργότερα, κάτι που θα μπορούσε να ερμηνευτεί ως παράλογη συμπεριφορά, στην περίπτωση που η εξέλιξη της πορείας δεν έχει ληφθεί υπόψη.

Η βέλτιστη λύση στο παίγνιο του συστήματος άρδευσης είναι να μοιράζονται τα έξοδα συντήρησης του δικτύου από την αρχή. Ωστόσο, οι παίκτες μπορεί να μην έχουν πλήρη εικόνα του προβλήματος, πως θα εξελιχθεί η δομή του παιγνίου, πόσο διάστημα θα εμπλέκονται, και τον κίνδυνο ανοχής των παικτών. Μερικές φορές, οι παίκτες βλέπουν βραχυπρόθεσμα και παίρνουν τις αποφάσεις τους με βάση τις τρέχουσες κάθε φορά συνθήκες, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τους μελλοντικές μεταβολές. Εάν ένας παίκτης έχει επίγνωση της μεταβαλλόμενης δομής του παιχνιδιού και είναι βέβαιος ότι τελικά θα «δειλιάσει» είτε γιατί ο αντίπαλος είναι πιο αποφασιστικός είτε πιο επιθετική συμπεριφορά, πιθανότατα θα αποφασίσει να πληρώσει όλο τις δαπάνες συντήρησης από την αρχή, ώστε να αποφύγει το υψηλότερο κόστος στο μέλλον. Από την άλλη πλευρά βέβαια, ο παίκτης με τέλεια πρόβλεψη για το μέλλον και μία ανοχή υψηλού κινδύνου, μπορεί να είναι πρόθυμος να παρατείνει το παιχνίδι και να φτάσει την τελευταία περίοδο (στάδιο δειλίας) για να αναγκάσει τον άλλο παίκτη να δειλιάσει και να αναλάβει τα έξοδα συντήρησης.

	Period 1	Period 2	Point A	Period 3	Point B	Period 4
Strictly dominant strategy	DP	DP	DP	DP	–	–
Dominant strategy	DP	DP	DP	DP	DP	–
Nash equilibria	(DP, DP)	(DP, DP)	(DP, DP)	(DP, DP)	(P, DP), (DP, P), (DP, DP)	(P, DP), (DP, P)
Dominant strategy equilibrium	(DP, DP)	(DP, DP)	(DP, DP)	(DP, DP)	(DP, DP)	–
Pareto-optimal outcomes	(DP, DP)	(P, DP), (DP, P), (DP, DP)	(P, P), (P, DP), (DP, P) (DP, DP)	(P, P), (P, DP), (DP, P)	(P, P), (P, DP), (DP, P)	(P, P), (P, DP), (DP, P)

Πίνακας 3.11.: Χαρακτηριστικά του παιγνίου συντήρησης δικτύου άρδευσης σε διαφορετικά στάδια.



Διάγραμμα 3.10.: Παίγνιο συντήρησης δικτύου άρδευσης.

3.3. Παίγνιο Διαπραγμάτευσης σε Υδατικούς Πόρους

3.3.1. Εισαγωγή

Αντιθέσεις και συγκρούσεις εμφανίζονται σε διάφορους τομείς όπως στις διεθνείς σχέσεις, στην περιβαλλοντική διαχείριση και σε διαφορετικά επίπεδα από κρατικά έως ατομικά. Οι διαμάχες προκαλούνται όταν υπάρχουν δύο ή και περισσότεροι εμπλεκόμενοι με αντικρουόμενα συμφέροντα και με διαφορετικές προσδοκώμενες εκβάσεις. Κανένας δεν έχει τον απόλυτο έλεγχο της κατάστασης αλλά όλα τα μέρη έχουν μία ορισμένη δύναμη επιρροής ως προς τα αποτελέσματα της διαμάχης.

Η εξομάλυνση των αντιθέσεων αποτελεί ένα πολύ σημαντικό θέμα προς λύση για την περιβαλλοντική διαχείριση. Η επιδιωκόμενη βιώσιμη ανάπτυξη μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την εισαγωγή συμβιβασμών μεταξύ των ανταγωνιζόμενων ομάδων. Είναι λοιπόν επιτακτική η ανάγκη να αναπτυχθούν εφαρμόσιμα εργαλεία, αποδεκτά από όλες τις πλευρές, τα οποία θα εισάγουν τον παράγοντα της αντικειμενικότητας στις αναλύσεις διαμαχών και θα προσφέρουν την κατάλληλη υποστήριξη στα εμπλεκόμενα μέρη που θα τους οδηγήσει στην επίλυση των διαφορών τους και στην επίτευξη του μέγιστο δυνατού οφέλους για όλες τις αντιτιθέμενες πλευρές, (Eleftheriadou and Mylopoulos, 2005).

Η διαχείριση των διακρατικών λεκανών συνεπάγεται αναπόφευκτα την ανάπτυξη συγκρούσεων ή και διαμαχών μεταξύ των κρατών που μοιράζονται τους υδατικούς πόρους. Είναι απαραίτητη λοιπόν η χρήση ρεαλιστικών και ευέλικτων μεθόδων οι οποίες θα βοηθήσουν στην κατανόηση, στην προσομοίωση και στην ανάλυση των καταστάσεων αυτών. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η παρουσίαση μίας μεθόδου εξομάλυνσης αντιθέσεων και συγκρούσεων στον τομέα των διακρατικών νερών.

Οι συνοριακές περιοχές αποτελούν αναπόφευκτα προβληματικά πεδία για πολλές χώρες, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν κοινοί υδατικοί πόροι μεταξύ των γειτονικών κρατών. Το 50% περίπου παγκοσμίως βρίσκεται σε διακρατικές λεκάνες απορροής και υπάρχουν περίπου 200 διακρατικές συμφωνίες μέχρι σήμερα[1]. Οι συμφωνίες αποσκοπούν στην εξομάλυνση των εντάσεων και διαμαχών σχετικά με τη χρήση των κοινών υδατικών πόρων και οφείλουν να συμμορφώνονται με το διεθνές δίκαιο και τις σχετικές διεθνείς συμβάσεις.

Η κατανομή των διακρατικών υδατικών πόρων είναι μία επίπονη διαδικασία και συχνά οδηγεί σε εντάσεις και συγκρούσεις. Σε πολλές περιπτώσεις έχει αποτελέσει μέσο εκβιασμών και απειλών κλιμακώνοντας ήδη τεταμένες καταστάσεις (π.χ. Μέση Ανατολή). Είναι όμως δυνατόν να αποτελέσει ισχυρό κίνητρο για συνεργασία ακόμα και μεταξύ αντιπάλων κρατών (United Nations, 2003) καθώς σύμφωνα με ιστορικά στοιχεία, οι ασυμφωνίες σχετικά με διακρατικούς υδατικούς πόρους δεν έχει οδηγήσει μέχρι σήμερα σε βίαιες διαμάχες (Wolf et.al., 1999). Όπως είναι αναμενόμενο, δεν υπάρχουν συμφωνίες για όλες τις 263 διακρατικές λεκάνες παγκοσμίως. Επίσης, η ύπαρξη συμφωνιών δεν υποδηλώνει τη διευθέτηση του

[1] http://www.unesco.org/water/wwap/

προβλήματος, καθώς σε πολλές περιπτώσεις το πιο ισχυρό κράτος μπορεί να πετύχει μια πιο συμφέρουσα προς αυτό συμφωνία

Οι διεθνείς περιπτώσεις διαμάχης για το νερό κατατάσσονται σε τρεις γενικές κατηγορίες:

1. *Διαμάχες όπου οι «κατάντη» χώρες διεκδικούν δικαιώματα στο νερό από τις «ανάντη».* Οι περιπτώσεις αυτές αναφέρονται κυρίως σε ποταμούς που διαρρέουν σε δύο γειτονικές χώρες, διερχόμενοι πρώτα από τη μια (ανάντη) και ύστερα από την άλλη (κατάντη). Είναι η συνηθέστερη περίπτωση καθώς οι χώρες που διαρρέονται πρώτες είναι ευνοημένες σε ό,τι αφορά τη δυνατότητά τους να διαχειριστούν το νερό, σε αντίθεση με εκείνες που διαρρέονται στη συνέχεια και συνήθως υφίστανται τις επιπτώσεις είτε της μείωσης της παροχής είτε της ποιοτικής υποβάθμισης του νερού εξαιτίας των ανάντη δραστηριοτήτων.
2. *Διαμάχες όπου οι «ανάντη» χώρες διεκδικούν δικαιώματα από τις «κατάντη».* Πρόκειται για περιπτώσεις όπου οι δραστηριότητες μιας χώρας ευρισκομένης κατάντη ενός ποταμού μπορεί να επεκτείνονται και να έχουν επιπτώσεις στην ανάντη γειτονική χώρα.
3. *Τέλος, διαμάχες όπου δύο χώρες μοιράζονται τον ίδιο υδατικό πόρο.* Οι περιπτώσεις αυτές εμφανίζονται είτε με τη μορφή ποταμού που αποτελεί γεωγραφικό σύνορο είτε με τη μορφή λίμνης ή υπόγειου υδροφορέα που εκτείνεται εντός δύο ή και περισσοτέρων γειτονικών χωρών.

Το 50% περίπου της έκτασης της γης βρίσκεται σε διακρατικές λεκάνες απορροής ποσοστό που συνεχώς αυξάνεται με τη δημιουργία νέων κρατών, ενώ εκτιμάται ότι περίπου το 40% του συνολικού πληθυσμού κατοικεί σε διακρατικές λεκάνες και 33 χώρες έχουν πάνω από το 95% της έκτασης τους σε τέτοιες περιοχές (Phillips, 2006).

Η Θεωρία Παιγνίων έχει εφαρμοστεί σε διεθνείς συγκρούσεις για το νερό μόνο σποραδικά. Ο Rogers, το 1969 εφάρμοσε ένα θεωρητικό παιχνίδι την υπολεκάνη Γάγγη-Βραχμαπούτρα, που εμπλέκονταν διαφορετικές χρήσεις του νερού από την Ινδία και το Πακιστάν. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν μία σειρά από στρατηγικές για τη συνεργασία μεταξύ των δύο παρόχθιων εθνών που θα οδηγήσουν σε

σημαντικά οφέλη για τον καθένα. Σε ένα πιο πρόσφατο έγγραφο ο Rogers, το 1991, ασχολείται περαιτέρω με τη συνεργατική παίγνια συνεργασίας της θεωρίας παιγνίων που εφαρμόζονται για την ανταλλαγή του νερού μεταξύ τις Η.Π.Α. και τον Καναδά, στην κοιλάδα της πολιτείας Columbia, μεταξύ Νεπάλ, Ινδίας και Μπαγκλαντές στη λεκάνη του Γάγγη-Βραχμαπούτρα και μεταξύ Αιθιοπίας, Σουδάν και Αιγύπτου στη λεκάνη του Νείλου, (Dinar, 2004).

Το θέμα των διασυνοριακών ποταμών αποτελεί μείζον θέμα και για τη χώρα μας καθώς η πλειοψηφία των ποταμών της Β. Ελλάδος είναι διασυνοριακοί. Ο Έβρος, ο Νέστος, ο Στρυμόνας και ο Αξιός είναι όλα διακρατικά ποτάμια και η χώρα μας βρίσκεται στα κατάντη των ποταμών αυτών με εξαίρεση τον Αώο όπου βρισκόμαστε στα ανάντη. Αναπόφευκτα, η διαχείριση των υδατικών πόρων των ανάντη χωρών (Βουλγαρία, FYROM) επηρεάζει άμεσα κάθε οικονομική, βιομηχανική και τουριστική ανάπτυξη καθώς και την προστασία των οικοσυστημάτων και του φυσικού περιβάλλοντος της Β. Ελλάδος, (Eleftheriadou and Mylopoulos, 2005).
Ένα τέτοιο παράδειγμα λύσης διαμάχης μεταξύ των καρτών για το νερό ενός διασυνοριακού ποταμού με τη βοήθεια της Θεωρίας Παιγνίων, είναι αυτό που παρουσιάζεται παρακάτω.

3.4. Εφαρμογής της Θεωρίας Παιγνίων στη Διαχείριση του Διακρατικού ποταμού Syr Darya

3.4.1. Εισαγωγή

Η κατάρρευση της Σοβιετικής Ένωσης το 1991 δημιούργησε ένα νέο πολιτικό περιβάλλον μέσα στο οποίο οι σχέσεις που διαμορφώθηκαν μεταξύ των νέων χωρών δεν ήταν πάντα εύκολες και σε αρκετές περιπτώσεις ήταν έντονα ανταγωνιστικές. Σχεδόν αμέσως λοιπόν δημιουργήθηκε μια έντονη διαμάχη οικονομικών και πολιτικών προεκτάσεων σχετικά με τη διαχείριση του ποταμού Syr Darya. Το Κιργιστάν το οποίο βρίσκεται στα ανάντη διαχειρίζεται τον ταμιευτήρα του Toktogul με κύρια χρήση την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας ενώ οι κατάντη παρόχθιες χώρες χρησιμοποιούν το νερό του ποταμού για την άρδευση των τεράστιων βαμβακοπαραγωγικών εκτάσεων που διαθέτουν. Η διαμάχη προκύπτει από τις διαμετρικά αντίθετες εποχιακές απαιτήσεις σε νερό των χωρών. Το Κιργιστάν όπως είναι φυσικό έχει την μέγιστη ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια το χειμώνα και για αυτό

το λόγο επιθυμεί να αποθηκεύει τις θερινές παροχές στον ταμιευτήρα του Toctogul και να τις εκμεταλλεύεται τους χειμερινούς μήνες. Από την άλλη πλευρά οι κατάντη χώρες επιθυμούν να αξιοποιούν τα υδάτινα αποθέματα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες για την άρδευση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων τους (Abbink et.al., 2005).

Εικόνα 3.12.: Περιοχή στην οποία βρίσκεται ο ποταμός Syr Darya.

Οι διαφορετικές απαιτήσεις σε νερό μεταξύ των χωρών σαφώς είναι ένα πρόβλημα που υπήρχε και στο παρελθόν. Κατά την Σοβιετική περίοδο η απόφαση για το πότε και πόσο νερό θα απελευθερώνονταν από τον ταμιευτήρα παίρνονταν από μια κεντρική υπηρεσία στη Μόσχα. Για πολλά χρόνια το Κιργιστάν υποχρεούνταν να απελευθερώνει νερό το καλοκαίρι ώστε να αρδεύονται οι εκτάσεις βαμβακιού του Ουζμπεκιστάν και του Κιργιστάν. Σε αντάλλαγμα οι κατάντη χώρες θα παρείχαν ηλεκτρική ενέργεια, ορυκτά καύσιμα και φυσικό αέριο κατά τους χειμερινούς μήνες. Με την Μόσχα να μην μπορεί πλέον να παρέμβει, οι παρόχθιες χώρες έπρεπε να συμφωνήσουν σε μορφές συνεργασίας ώστε να διατηρηθεί το προηγούμενο καθεστώς διαχείρισης των υδάτων, παρόλα αυτά και όπως αναμένονταν, οι συμφωνίες αυτές έφτασαν να παραβιάζονται και από τις τρεις εμπλεκόμενες χώρες. Ήταν φανερό πως είχε δημιουργηθεί ένα έλλειμμα εμπιστοσύνης στις διάφορες διακρατικές συμφωνίες που συνήθισαν, σε τέτοιο βαθμό που όλες οι χώρες ανέχονταν ένα καθεστώς χειρότερο από αυτό που θα μπορούσε να προκύψει εάν έκαναν μια συμφωνία

αμοιβαίας εμπιστοσύνης στη διαχείριση των υδάτων του Syr Darya, (Abbink et.al., 2005).

Επηρεασμένες από την απογοήτευση κάθε φορά που μια συμφωνία μονομερώς τερματίζονταν οι κατάντη χώρες άρχισαν να οδηγούνται σε μια πολιτική απεξάρτησης από το Κιργιστάν. Σε μια τέτοια λογική το Ουζμπεκιστάν διαμόρφωσε σχέδια κατασκευής νέων ταμιευτήρων στην επικράτεια του προκειμένου να αποθηκεύει τις χειμερινές παροχές και να τις χρησιμοποιεί για άρδευση το καλοκαίρι. Η ερώτηση που πρέπει να απαντηθεί είναι *σε ποιο βαθμό οι νέοι αυτοί ταμιευτήρες αποτελούν την πολύ-αναμενόμενη λύση στη διαμάχη για το νερό του Syr Darya*.

Προκειμένου να δώσουμε αυτή την απάντηση θα πρέπει συνυπολογίσουμε μια σειρά από συνιστώσες.

* Το γεγονός ότι δεν υπήρχαν δυνατότητες μακρόπνοης συμφωνίας στο παρελθόν δεν σημαίνει ότι δεν μπορούν αυτές να υπάρξουν στο μέλλον. Η επανάσταση του Μαρτίου του 2005 στο Κιργιστάν με την επακόλουθη αποχώρηση της παλιάς κυβέρνησης έφερε νέους παίκτες στο τραπέζι των διαπραγματεύσεων με πιθανό το ενδεχόμενο οι νέοι παίκτες να δράσουν διαφορετικά ώστε η τεράστια επένδυση στην κατασκευή των νέων ταμιευτήρων να μπορεί να χαρακτηριστεί ως ξεπερασμένη.

Η νέα ερώτηση που προκύπτει είναι κατά ποσό η προηγουμένη αποτυχία στην σύναψη συμφωνίας είναι έμφυτος παράγοντας του προβλήματος ή απλώς ήταν ένας παράγοντας αδυναμίας συνεργασίας μεταξύ των συγκεκριμένων παικτών.

* Η δυνατότητα των νέων ταμιευτήρων είναι συγκεκριμένη, ενώ μετριάζουν το κόστος μιας απροσδιόριστης συμπεριφοράς στις διάφορες συμφωνίες παρόλα αυτά δεν εξαλείφουν την ανάγκη συνεργασίας προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η απόδοση τους από την στιγμή που βρίσκονται κατάντη. Σε περίπτωση δε που οι συνθήκες και τα κίνητρα συνεργασίας γίνουν ακόμη χειροτέρα, η απόδοση τους θα γίνει ακόμη μικρότερη.

Με βάση τα όσα αναφερθήκαν η κατασκευή ενός μοντέλου ορθής και δίκαιης διαπραγμάτευσης διαχείρισης των υδάτων και ειδικότερα της οικονομικής επίδρασης των νέων ταμιευτήρων στις παρόχθιες χώρες κρίνεται αναγκαία ώστε να καταστεί

δυνατή η διαδρομή από την μέχρι πρότινος μη συμφέρουσα διαμάχη στην επιθυμητή και συμφέρουσα για όλους συνεργασία (Abbink et.al., 2005).

Το μοντέλο που θα σχεδιαστεί, θα πρέπει να αντιμετωπίσει δυο βασικές δυσκολίες.

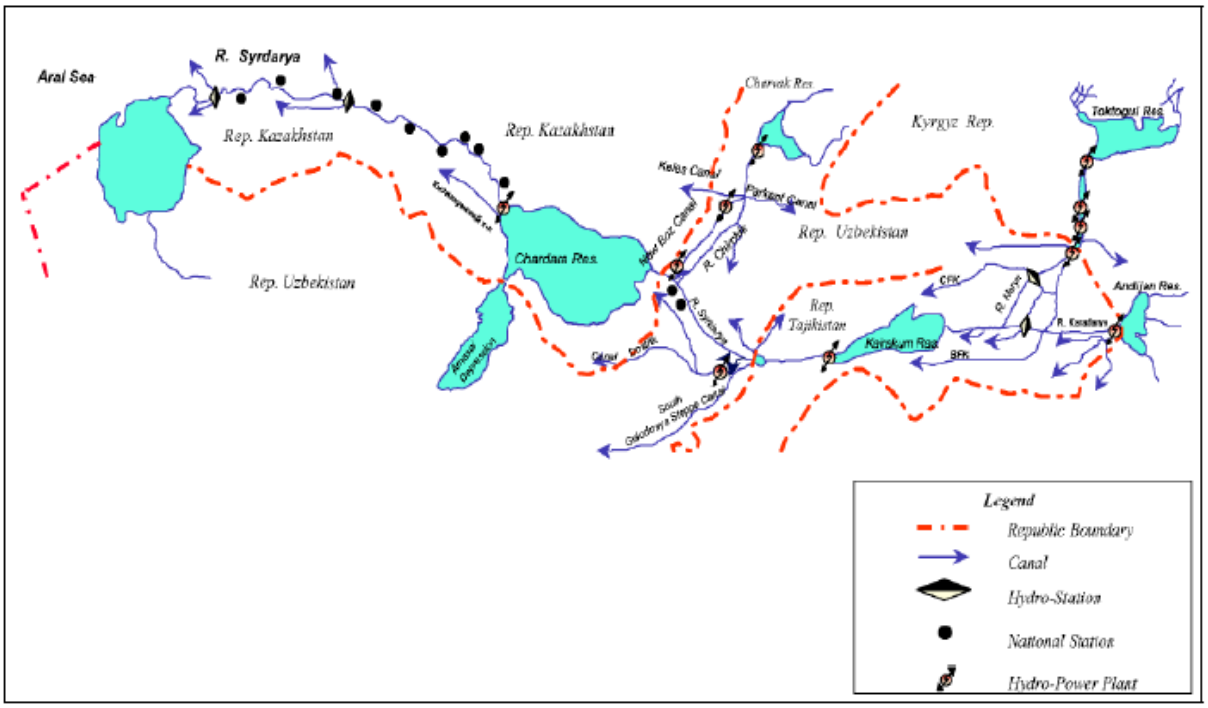
i. Θα πρέπει να αναπαραστήσει με την μέγιστη δυνατή ακρίβεια την παρούσα οικονομική κατάσταση, πράγμα ιδιαιτέρα δύσκολο από τη στιγμή που τα οικονομικά δεδομένα είναι ελάχιστα και οι πηγές τους περιορίζονται σε κρατικούς αξιωματούχους και διαφορές κυρίως διεθνείς υπηρεσίες.
ii. Δεύτερον, η ανάλυση κόστους–οφέλους θα προκύψει από την δυνατότητα συνεργασίας των ατόμων που θα λάβουν τις αποφάσεις το οποίο αποτελεί ένα ζήτημα συμπεριφοράς. Για να εξεταστεί το ζήτημα της συμπεριφοράς χρησιμοποιήθηκε ένα υπάρχον μοντέλο που προσαρμόστηκε σε αληθινά δεδομένα ώστε να δημιουργηθεί ένα παίγνιο που θα προσομοιάζει το περιβάλλον της διαμάχης του ποταμού Syr Darya και σε συνδυασμό με εργαστηριακά πειράματα μελέτης της πιθανότητας συνεργασίας θα αποτιμά την οικονομική επίδραση σε διαφορετικά μελλοντικά σενάρια με ή χωρίς την κατασκευή των ταμιευτήρων στο έδαφος του Ουζμπεκιστάν υπό την ανάλυση τριών διαφορετικών υδρολογικών σεναρίων (Abbink et.al., 2005).

3.4.2. Η διαμορφωμένη κατάσταση

Οι υδατικοί πόροι αποτελούν ζήτημα κυρίαρχης σημασίας για τις οικονομίες της κεντρικής Ασίας. Το ορεινό ανάγλυφο του Κιργιστάν, του δίνει τη δυνατότητα να καλύπτει το 80% των ενεργειακών του αναγκών από την το υδροδυναμικό του δυναμικό και οι εξαγωγές που συνδέονται με τη δυνατότητα του αυτή μέσω διαφόρων συμφωνιών με τη Ρωσία και τι άλλες δημοκρατίες της Κ. Ασίας αποτελούν το 10% των συνολικών του εξαγωγών και έχουν μια νομισματική αξία της τάξης των 46,8 εκ. δολαρίων το 2001. Στο Ουζμπεκιστάν μια κατεξοχήν αγροτική οικονομία η καλλιέργεια του βαμβακιού είναι η κύρια οικονομική δραστηριότητα. Η χωρά κατέχει τα δεύτερη θέση στις εξαγωγές βαμβακιού παγκοσμίως με εξαγωγές 669 εκ. δολαρίων το 2002, ίσο με το 26.7% των συνολικών εξαγωγών και περίπου ίσο με το 60% των εσόδων της από εισαγωγές σε σκληρό νόμισμα. Τέλος αν και ο Syr Darya είναι σχετικά μικρής οικονομικής σημασίας για το πετρελαιοπαραγωγό Καζακστάν έχει σημαντικό τοπικό χαρακτήρα για την χωρά καθώς οι εξαγωγές βαμβακιού από το

νότιο Καζακστάν (μια από τις δυο περιοχές που διαπερνά ο Syr Darya υπολογίζονται σε 104.6 εκ. δολάρια ή 1% των συνολικών εξαγωγών του Καζακστάν, (Abbink et.al., 2005).

Ο Syr Darya, είναι ένας από τους πιο σημαντικούς διασυνοριακούς ποταμούς της Κ.Ασιας και πηγάζει από τα βουνά του Κιργιστάν, έχει δυο κύριους παραποτάμους τον Naryn και τον Kara Darya που συνενώνονται στο ανατολικό Ουζμπεκιστάν ενώ από εκεί ο Syr Darya διατρέχει το Τατζικιστάν πριν ξαναμπεί στα όρια του Ουζμπεκιστάν και τελικά μέσω του Καζακστάν εκβάλει στην λίμνη Αράλη (εικόνα 3.13.). Η ετήσια παροχή του κυμαίνεται από 21 έως 54 δις. κυβικά μέτρα με ένα μέσο ετήσιο μέγεθος εκβολής 37 δις. κυβικών μέτρων. Η ροή του Syr Darya και των παραποτάμων του ελέγχεται από μια σειρά ταμιευτήρων που κατασκευαστήκαν κατά την σοβιετική περίοδο. Ο πιο σημαντικός από αυτούς τους ταμιευτήρες είναι του Toktogul κατασκευασμένος την δεκαετία του 1970 στον ποταμό Naryn στο έδαφος του Κιργιστάν. Ο ταμιευτήρας, ο οποίος έχει μια ενεργή δυνατότητα αποθήκευσης 14.5 δις m3 στην αρχή χρησιμοποιήθηκε για την βέλτιστη διαχείριση των διακυμάνσεων των παροχών κατά την διάρκεια του έτους προκειμένου να επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή δυνατότητα άρδευσης ενώ παράλληλα χρησιμοποιούνταν για την παραγωγή ενεργείας.



Εικόνα 3.13.: Χάρτης της περιοχής του Syr Darya, (Abbink et.al., 2005)

Υπό την Σοβιετική διοίκηση ο Toctogul λειτουργούσε με κυρία χρήση την άρδευση όπου το 75% της ετήσιας παροχής απελευθερώνονταν κατά τους θερινούς μήνες (Απρίλιος-Σεπτέμβριος). Επιπλέον η ενέργεια που παράγονταν το καλοκαίρι τροφοδοτούσε το κεντρικό ενεργειακό σταθμό της Κ.Ασιας για να χρησιμοποιηθεί αργότερα από το Ουζμπεκιστάν και το νότιο τμήμα του Καζακστάν. Από την στιγμή που στην Κιργιζία τα αποθέματα των ορυκτών καυσίμων δεν επαρκούσαν, αυτά ενισχύονταν από αποθέματα του Καζακστάν και του Ουζμπεκιστάν προκειμένου να καλυφθούν οι χειμερινές ανάγκες σε ηλεκτρικό ρεύμα και θερμότητα.

Μετά την ανεξαρτησία αυτή η συμφωνία εντός το προηγουμένου καθεστώτος άρχισε να τίθεται υπό αμφισβήτηση. Οι τιμές των ορυκτών καυσίμων αυξηθήκαν για να συναρτήσουν τα παγκόσμια επίπεδα και οι πληρωμές άρχισαν να γίνονται σε σκληρό νόμισμα. Οι συνήθειες των νοικοκυριών άλλαξαν, χρησιμοποιώντας πλέον κυρίως ηλεκτρική ενεργεία για θέρμανση αυξάνοντας συνεπακόλουθα τη ζήτηση για ηλεκτρικό. Το Κιργιστάν δεν μπορούσε πλέον να αντέξει οικονομικά την εισαγωγή ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και άρχισε να αυξάνει τις χειμερινές παροχές που απελευθερώνονταν από τον Toctogul για να καλύψει την ενεργειακή ζήτηση το χειμώνα και αντίστοιχα να μειώνει τις παροχές που απελευθερώνονταν το καλοκαίρι για να αυξήσει τον όγκο των υδάτινων αποθεμάτων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν τον επόμενο χειμώνα. Ως αποτέλεσμα οι αγρότες στο Ουζμπεκιστάν και στο Καζακστάν ήρθαν αντιμέτωποι με προβλήματα νερού κατά την άρδευση, (Abbink et.al., 2005).

Με δεδομένη την απουσία κεντρικού σχεδιασμού για την επίλυση αυτής της διαμάχης τα νέα κράτη έπρεπε να βρουν από κοινού συμφωνημένες λύσεις συνεργασίας. Το Φεβρουάριο του 1992 υπέγραψαν την συμφωνία Almaty οπού τα νέα κράτη συμφώνησαν στην κοινή ιδιοκτησία και διαχείριση των υδατικών πόρων της περιοχής ενώ παράλληλα διατηρούσαν την απόλυτη δικαιοδοσία σε θέματα σοδειάς, βιομηχανικών αγαθών και ενέργειας που παράγονταν από την κάθε χωρά. Επίσης η συμφωνία επαναλάμβανε την ανάγκη συνεργασίας για την επίλυση του προβλήματος. Η συμφωνία αποδείχθηκε ανεπαρκής καθώς δεν μπορούσαν να υπάρξουν κοινά αποδεκτές συμφωνίες σχετικά με τις παροχές που θα απελευθερώνονταν από τον ταμιευτήρια και την ανταλλαγή ηλεκτρικής ενεργείας και ορυκτών καυσίμων. Τελικά το Μάρτιο του 1998 το Καζακστάν, το Κιργιστάν και το Ουζμπεκιστάν συμφώνησαν σε ένα Πλαίσιο Συμφωνίας μακράς διαρκείας (Long Term Framework Agreement)

όπου σαφέστατα αναγνώριζε ότι η ετησία και πολύχρονη αποθήκευση του νερού της άρδευσης έχει κόστος και για το λόγο αυτό θα πρέπει να αποζημιώνεται είτε χρηματικά είτε μέσω ανταλλαγών ορυκτών καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας. Αλλά, τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων άρχισαν να μειώνονται από την συμφωνηθείσα ποσότητα και ποιότητα και το Κιργιστάν εξαναγκαζόταν να αυξάνει τις απελευθερωθείσες χειμερινές παροχές. Σε χρονιές με υψηλά ύψη βροχής οι κατάντη χώρες δεν χρειάζονταν τις συμφωνημένες ποσότητες θερινών παροχών και αυτό επηρέαζε και την εξαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και το ποσό αποζημίωσης των ορυκτών καυσίμων που μεταφέρονταν στο Κιργιστάν. Το Κιργιστάν σύμφωνα με τη λογική αυτή ήταν εκτεθειμένο σε σοβαρό κίνδυνο καθώς δεν ήταν σίγουρο αν θα μπορούσε να καλύψει τις χειμερινές απαιτήσεις του σε ενέργεια και θερμότητα. Για να μειώσει αυτό τον κίνδυνο το Κιργιστάν, στη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, μείωσε κατά μέσο όρο τις απελευθερωθείσες θερινές παροχές στο 45% (και αύξησε τις χειμερινές στο 55%) των ετησίων παροχών, (Abbink et.al., 2005).

Η οριακή αυτή συμφωνία που είχε επιτευχθεί ουσιαστικά τινάχτηκε στον αέρα όταν τα κράτη δεν μπόρεσαν να καταλήξουν σε συμφωνία το 2003 και το 2004. Με κάποια ίσως υπερβολή αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στην αρκετά αυξημένη βροχόπτωση των ετών αυτών αλλά τα πιο ουσιαστικά αιτία της θα πρέπει να αναζητηθούν στην αλλαγή στάσης του Ουζμπεκιστάν σε μια πιο μονομερή θέση. Η πιο φανερή θέση σε αυτή την μονομερή κατεύθυνση ήταν η απόφαση των Ουζμπέκων να κατασκευάσουν μια σειρά νέων ταμιευτήρων του Kamarasay (0,69 δις m^3) του Razaksay (0,65-0,75 δις m3) και του Kangkulsay (0,3 δις m^3). Αυτοί ο νέοι ταμιευτήρες μαζί με το φυσικό ταμιευτήρα στην κοιλάδα του Arnasai (0,8 δις m^3) θα παρέχει στο Ουζμπεκιστάν δυνατότητα κατακράτησης επιπλέον 2,5 δις m^3.

Η επίδραση της απόφασης των Ουζμπέκων ήταν καθοριστικής σημασίας για το Κιργιστάν και το Καζακστάν. Η πρόκληση–πρόβλημα που προκύπτει για το Κιργιστάν είναι το γεγονός ότι ακόμη και όταν εκμεταλλεύεται τον ταμιευτήρα σε καθεστώς μη συνεργασίας και με καθαρά ενεργειακό προσανατολισμό το ενεργειακό ισοζύγιο είναι ελλειμματικό στο να καλύψει τις χειμερινές απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια. Με την μη ύπαρξη συμφωνίας μεταξύ των κρατών το Κιργιστάν θα πρέπει να καλύψει το έλλειμμα μέσω ενός συνδυασμού αλλαγών στις εγχώριες απαιτήσεις και κατασκευής νέων παραγωγικών μονάδων ενέργειας, κάθε μια από τις οποίες αποτελεί ένα αρκετά έως πολύ δύσκολο εγχείρημα για την πολιτεία. Το Καζακστάν

το οποίο έχει διαμορφώσει μια συνεργατική στρατηγική προς το Κιργιστάν πρέπει να συμμορφωθεί με το γεγονός ότι αυτή η στρατηγική του, πλέον εξαρτάται απόλυτα από τη θέληση του Ουζμπεκιστάν να συνεργαστεί. Από τη στιγμή που κάτι τέτοιο δεν φαίνεται να μπορεί να συμβεί άμεσα, το Καζακστάν έχει δείξει ενδιαφέρον για την δημιουργία νέων ταμιευτήρων στην περιοχή του με ενδεικτικό το σχέδιο ενός ταμιευτήρα 3 δις m^3 (Koksarai) κόστους 200 εκ. δολαρίων, (Abbink et.al., 2005).

Το βασικό πρόβλημα για την διακρατική συμφωνία είναι η εμπιστοσύνη. Αν το Κιργιστάν απελευθερώσει επιπλέον νερό κατά το καλοκαίρι πρέπει να εμπιστευτεί τις κατάντη παρόχθιες χώρες ότι θα του παραδώσουν τις συμφωνηθείσες ποσότητες ορυκτών καυσίμων το χειμώνα ώστε να αντιμετωπίσει τις ενεργειακές του απαιτήσεις. Από την άλλη πλευρά το Ουζμπεκιστάν και το Καζακστάν θα είναι λιγότερο πρόθυμα να δώσουν τα συμφωνηθέντα καύσιμα αν δεν είναι τόσο σίγουρα ότι το Κιργιστάν δεν θα παραβιάσει την συμφωνία απελευθερώνοντας μεγαλύτερες ποσότητες νερού το χειμώνα. Για τους παραπάνω λογούς η διαμάχη του ποταμού Syr Darya έχει χαρακτηριστικά παιγνίου εμπιστοσύνης.

Στα παίγνια εμπιστοσύνης ο παίκτης που κάνει την πρώτη κίνηση μπορεί να δώσει χρήματα στον δεύτερο παίκτη που μπορεί να του τα αποδώσει πίσω με την σειρά του. Στα παίγνια αυτού του τύπου και οι δυο παίκτες βρίσκονται σε καλύτερη θέση σε σχέση με τις αποδόσεις τους αλλά στην ισορροπία δεν θα επιδειχθεί εμπιστοσύνη και ανταμοιβή. Αντίθετα στις θεωρητικές προβλέψεις, το κοινό συμπέρασμα που προκύπτει σε αυτές τις μελέτες είναι ότι οι παίκτες που κάνουν την κίνηση πρώτοι επιδεικνύουν εμπιστοσύνη δίνοντας χρήματα τα οποία τους αποδίδονται πίσω από τον δεύτερο παίκτη ακόμη και όταν το παιχνίδι παιχτεί μονό μια φορά και υπό συνθήκες ανωνυμίας, (Abbink et.al., 2005).

Οι μελέτες για τους διασυνοριακούς υδατικού πόρους που υπάρχουν στην βιβλιογραφία αναφέρονται κυρίως στο πώς και υπό ποιες προϋποθέσεις μπορεί να επιτευχθεί συνεργασία μεταξύ των παρόχθιων χωρών που μοιράζονται μια μορφή υδατικού πόρου αλλά δεν εξετάζουν το πρόβλημα των διαφορετικών χρήσεων ανάντη και κατάντη με διαμετρικά αντίθετες τάσεις ζήτησης σε επίπεδο χρονικών εποχών Barrett (1994), Dinar and Wolf (1994), Moller (2004), Rogers (1997), Kilgour and Dinar (2001), Ambec and Spurmont (2002). Πρέπει βεβαία να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην μελέτη των Owen–Thomsen et al (1982) σχετικά με το φράγμα του

Ασουάν στην Αίγυπτο σχετικά με τη χρήση του μαθηματικού προγραμματισμού στην ανάλυση των επιπτώσεων στον αγροτικό τομές της απόφασης η χρήση ύδατος να προσανατολιστεί στην παραγωγή ενεργείας που έχει μεγαλύτερη παραγωγική δυνατότητα. Μελετητές όπως ο Hamilton et al (1989) και ο Chatterjee et al (1998) διερευνούν το ρολό της αγοράς και της διαμόρφωσης καθαρών δικαιωμάτων χρήσης και ιδιοκτησίας για να βελτιώσουν την διάθεση ενός φυσικού πόρου ,γεγονός όμως που περιπλέκεται όταν μελετούμε διεθνή ύδατα, οπού το θέμα της διαχείρισης δεν υπόκειται στους ρόλους ενός κράτους και της αγοράς αλλά εμπίπτει στο διεθνές δίκαιο και σε ζητήματα εθνικής εξωτερικής πολιτικής.

Υπάρχον ωστόσο τρεις μελέτες οικονομικού χαρακτήρα σε διεθνείς διαμάχες άρδευσης-υδροδυναμικής ενεργείας. Ο Aytemiz (2001) μελετά την διαμάχη Συρίας και Τουρκίας για τον Ευφράτη. Ο Moller (2005) αναπτύσσει ένα θεωρητικό μοντέλο σχετικά με την διαμάχη για τον Syr Darya. Η μελέτη αυτή βασισμένη σε ένα μη συνεργατικό μοντέλο εξετάζει την μείωση της σχετικής διαμάχης για μια σειρά έργων υποδομής–ταμιευτήρων και καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η κατασκευή των κατάντη ταμιευτήρων μειώνει την διαμάχη (απόδοση Pareto) όμως δεν επιτυγχάνει μια Pareto βέλτιστη λύση. Επίσης η Παγκόσμια Τράπεζα (2004) με μια συνεργατική προσέγγιση στην περίπτωση του Syr Darya εξετάζει πως πρέπει να λειτουργούν οι διακρατικές πληρωμές για να επιτύχουμε ένα καλύτερο αποτέλεσμα για όλες τις χώρες και αποδεικνύει πως η λειτουργία του ταμιευτήρα του Toctogul με κύριο προσανατολισμό χρήσης την άρδευση μπορεί να αποδώσει περσότερα κέρδη σε όλες τις εμπλεκόμενες χώρες. Η μελέτη αυτή που διεξήχθη πριν την κατάρρευση των ενδιαμέσων συμφωνιών ανταλλαγής υποδεικνύει μια σειρά από τρόπους και μηχανισμούς βελτίωσης της διακρατικής συμφωνίας όπως μεταξύ άλλων τις πολυετείς συμφωνίες ανταλλαγής αντί των ετησίων, τη δημιουργία ενός παρατηρητηρίου εφαρμογής και εγγυήσεων της συμφωνίας κ.α. που όμως δεν βρήκαν θετική ανταπόκριση από τις παρόχθιες χώρες.

3.4.3. Η διαμόρφωση του Μοντέλου

Το μοντέλο που δημιουργήθηκε, βασίστηκε μόνο στην κατασκευή ταμιευτήρων από μέρους του Ουζμπεκιστάν καθώς για την περίπτωση του Καζακστάν τα σχέδια για την κατασκευή τους είναι σε πολύ πρώιμο στάδιο. Επίσης, αγνοήθηκε η επίδραση των χειμερινών πλημμύρων, (Abbink et.al., 2005).

3.4.4. Το περιβάλλον του παιγνίου

Αφού διαμορφώθηκαν οι συναρτήσεις απόδοσης, η κατανόηση του περιβάλλοντος της διαμάχης ήταν το επόμενο που έπρεπε να γίνει. Η διαμάχη του Syr Darya χαρακτηρίζεται από τις διαπραγματεύσεις μεταξύ των κυβερνήσεων των τριών κρατών και το πρόβλημα εφαρμογής των συμφωνιών τους. Συνεπώς το παίγνιο που κατασκευάστηκε, αποτελείται από δυο μέρη.

i. Στο πρώτο μέρος που θα αφορά τις διαπραγματεύσεις (negotiation stage), οι τρεις παίκτες έχουν την δυνατότητα να κάνουν συμφωνία σε μια βάση συνδυασμού των υδατικών αποθεμάτων που απελευθερώνονται και των πιθανών ενδιαμέσων πληρωμών. Ωστόσο αυτή η συμφωνία είναι μη δεσμευτική καθώς δεν υπάρχει τρόπος επιβολής της στις εμπλεκόμενες χώρες.
ii. Στο δεύτερο μέρος του παιγνίου οι παίκτες αποφασίζουν για στο σχέδιο, για τα υδατικά αποθέματα και τις πληρωμές που τελικά θα εφαρμόσουν, (implementation stage).

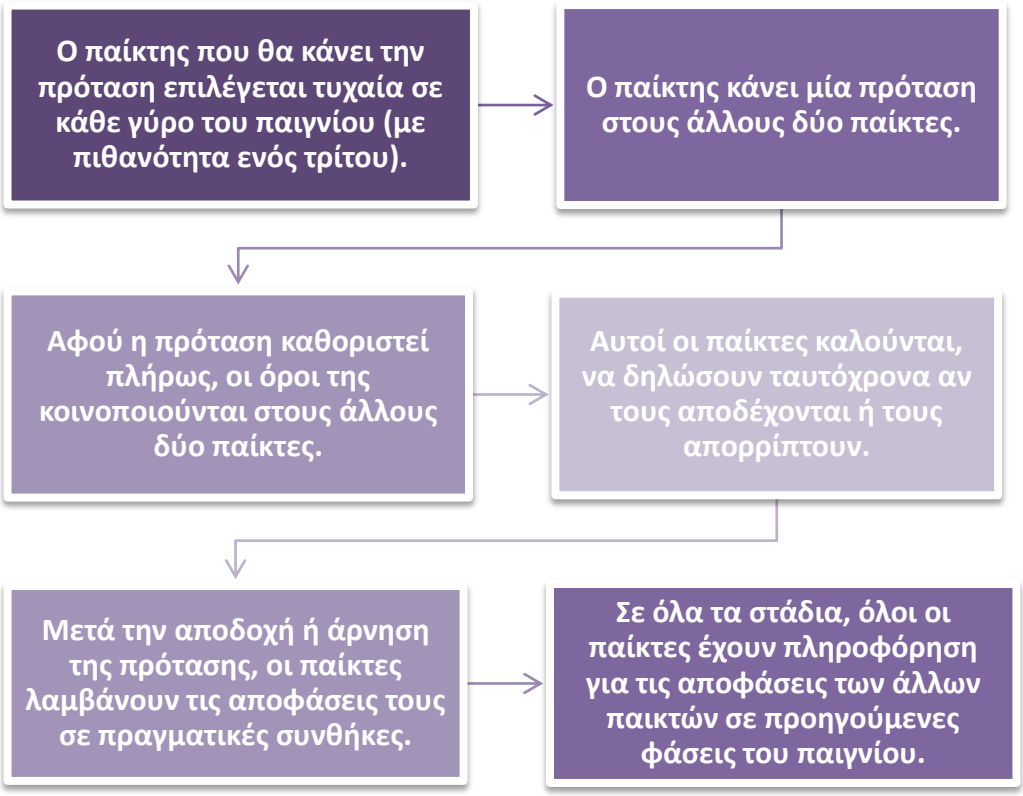
Η διαδικασία διαπραγματεύσεων, στο εργαστήριο, απλοποιείται δίνοντας τυχαία σε έναν παίκτη την δυνατότητα να κάνει μια πρόταση και οι άλλοι παίκτες μπορούν απλά να την δεχτούν ή να την απορρίψουν.

Η πρόταση θα περιλαμβάνει τα τέσσερα ακολουθά στοιχεία:

a. την ποσότητα ύδατος που θα απελευθερώνεται από τον ταμιευτήρια του Toctogul το καλοκαίρι
b. την ποσότητα του νερού που περνάει από το Ουζμπεκιστάν στο Καζακστάν
c. την αποζημίωση του Ουζμπεκιστάν στο Κιργιστάν
d. την αποζημίωση του Καζακστάν στο Ουζμπεκιστάν.

Οι εισροές είναι δεδομένες και γνωστές. Το Ουζμπεκιστάν μπορεί να απελευθερώσει προς το Καζακστάν τόση ποσότητα ύδατος όση δέχεται από το Κιργιστάν ενώ οι αποζημιώσεις είναι χρηματικές, (Abbink et.al., 2005).

Το παίγνιο έχει την παρακάτω μορφή:



3.4.5. Συμπεράσματα

Η θεωρητική ανάλυση αποκαλύπτει ότι η συνεργασία είναι απαραίτητη για να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη από την χρήση της λεκάνης απορροής. Υπό αυτή την έννοια οι ταμιεύτηκες δεν επιτυγχάνουν το στόχο του Ουζμπεκιστάν για επάρκεια σε υδατικά αποθέματα. Τα πειραματικά αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η αδυναμία συνεργασίας είναι συστηματική. Στα πειραματικά αποτελέσματα συναντώνται και μάλιστα κυρίαρχα μη αποτελεσματικές και μη συνεργατικές λύσεις που είναι στην ιδία λογική με την αδυναμία συνεργασίας στην περιοχή αλλά σε αντίθεση με τα περισσότερα παίγνια εμπιστοσύνης που αναφέρονται στην πειραματική βιβλιογραφία. Οι συμμετέχοντες στο πείραμα απέτυχαν να διαμορφώσουν αμοιβαία ωφέλιμες συμφωνίες (κυρίως σε χρονιές με χαμηλά ύψη βροχόπτωσης) και όποτε κατέληγαν σε συμφωνία, αυτή συχνά χαλούσε. Έτσι τα αποτελέσματα ουσιαστικά υποδηλώνουν ότι η αδυναμία εφαρμογής και τήρησης συμφωνιών συνεργασίας δεν πρέπει να αποδίδεται μονό στην απροθυμία των σημερινών ιθυνόντων αλλά και στην έμφυτη αδυναμία που προκύπτει από τα δομικά χαρακτηριστικά της διαμάχης.

Έτσι τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι σχετικά απαισιόδοξα για το αν οι ιθύνοντες θα μπορέσουν να επιτύχουν συνεργασία στο μέλλον και ουσιαστικά ***προτείνουν να αλλάξει η δομή του παιγνίου σημαντικά στο επίπεδο της αλληλουχίας στην απελευθέρωση του νερού και στο επίπεδο των αποζημιώσεων,*** (Abbink et.al., 2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Περιοχή Μελέτης, Περιφέρεια Θεσσαλίας

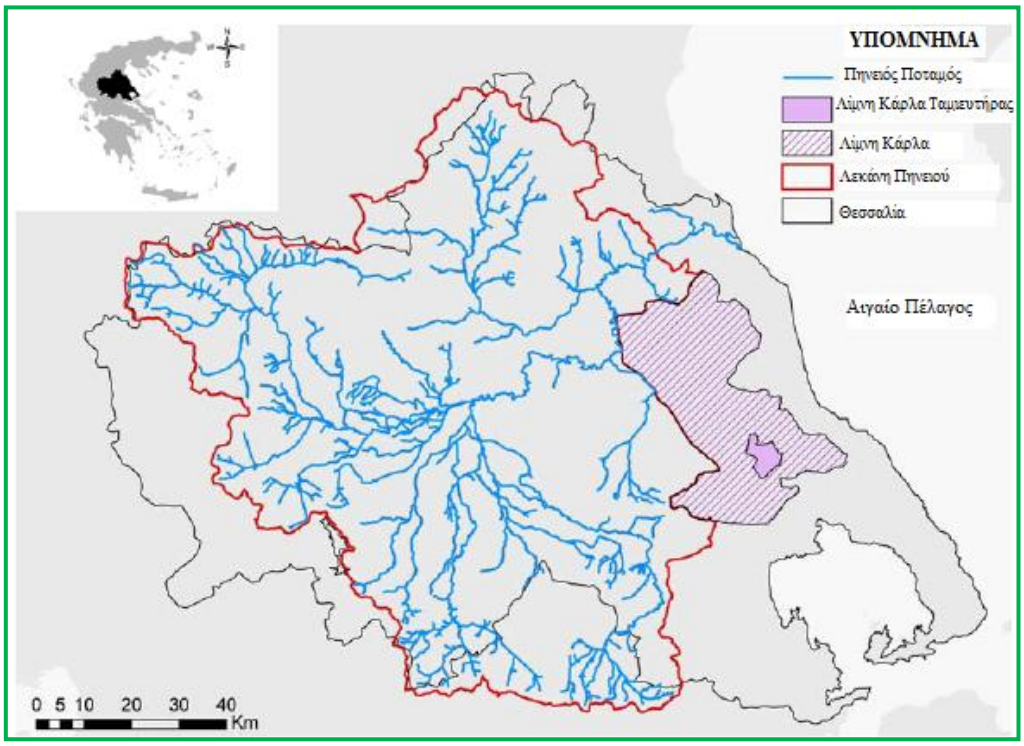
4.1. Γενικά Χαρακτηριστικά

Η Θεσσαλία βρίσκεται στην περιοχή της κεντρικής Ελλάδας και η πεδιάδα της περιοχής περιβάλλεται από το όρος Κίσαβος και το Πήλιο, στα αριστερά, κατά μήκος της ακτής του Αιγαίου, ο Όλυμπος προς τα βόρεια και η οροσειρά της Πίνδου στα δυτικά και η οροσειρά Όρθυς προς το νότο. Η Θεσσαλία καλύπτει μία συνολική έκταση 13.700 km^2 περίπου. Τα υψόμετρα κυμαίνονται από το επίπεδο της θάλασσας με μέγιστο ύψος τα 2.800 m και ελάχιστο 500 m (Χάρτης 4.1.). Η θεσσαλική πεδιάδα είναι η πιο παραγωγική γεωργική περιοχή στην Ελλάδα, με μία έκταση περίπου 40.000 km^2 και καταλαμβάνει ένα μέρος του Πηνειού ποταμού και της λίμνης Κάρλας, οι οποίες είναι οι δύο μεγαλύτερες υδρολογικές λεκάνες της Θεσσαλίας (Χάρτης 4.1.).

Η πεδιάδα αποτελείται από υδροφορείς, κυρίως από στρώσεις άμμου οι οποίες χωρίζονται από στρώσεις πηλού, λασπώδες-πηλού και Νεογενής καταθέσεις που αποτελούνται από μάργες και κροκαλοπαγή και οριοθετείται από σχιστόλιθους και καρστικούς ασβεστόλιθους ή μάρμαρα. Αδιαπέραστες γεωλογικές δομές καλύπτουν το 30,6% της συνολικής έκτασης, οι καρστικοί υδροφορείς το 14, 5% και διαπερατές δομές, οι οποίες παρατηρούνται κυρίως στην περιοχή του κάμπου, και καλύπτουν το 42,7% της συνολικής έκτασης, (Mylopoulos et.al., 2009).

Το κλίμα στη δυτική και κεντρική πλευρά της Θεσσαλίας είναι ηπειρωτικό, με κρύους χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια και μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας. Οι παράκτιες περιοχές, έχουν ένα τυπικό μεσογειακό κλίμα. Τα καλοκαίρια, είναι συνήθως πολύ ζεστά και ξηρά, ενώ τον Ιούλιο και τον Αύγουστο οι θερμοκρασίες μπορούν να φτάσουν έως και 40 C. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι περίπου 700mm. Ποικίλει από 450mm στην περιοχή της κεντρικής πεδιάδας, ενώ ξεπερνά τα 1850mm στις δυτικές βουνοκορφές και διανέμονται άνισα χωρικά και χρονικά. Σε

γενικές γραμμές, οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες από Ιούνιο μέχρι Αύγουστο. Οι ορεινές περιοχές λαμβάνουν σημαντικές ποσότητες χιονιού κατά τους χειμερινούς μήνες.

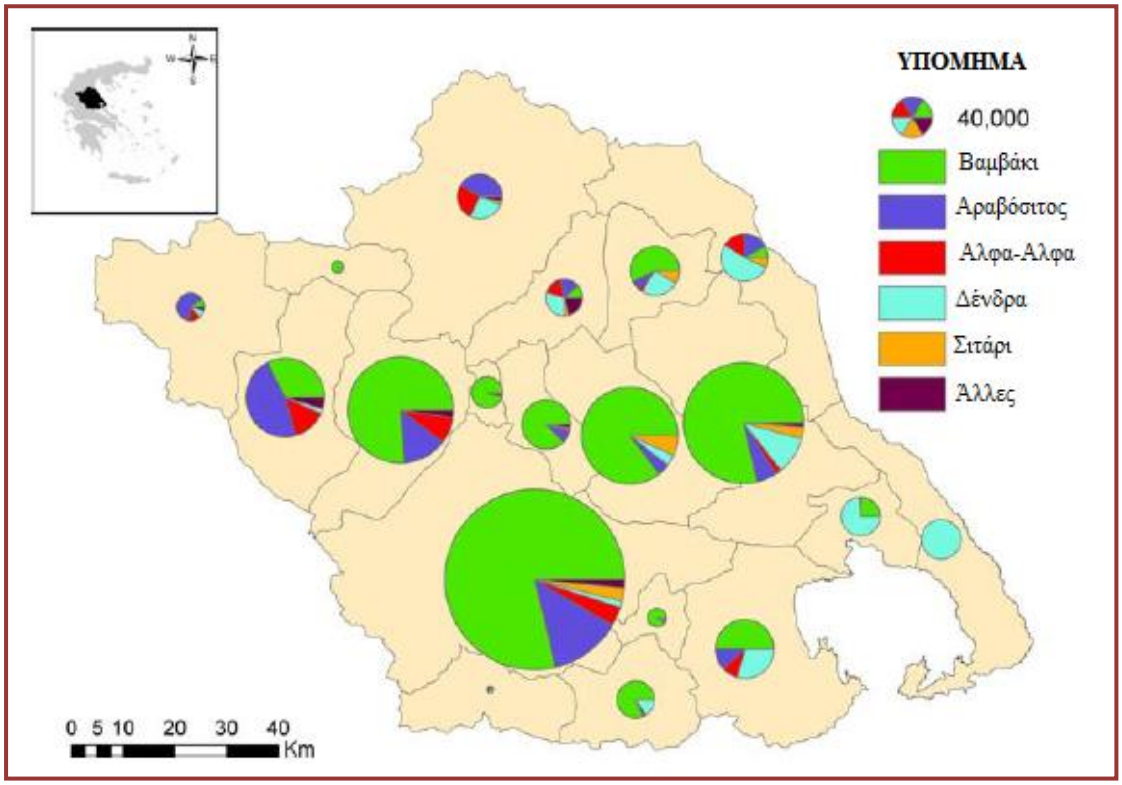


Χάρτης 4.1.: Χάρτης της Θεσσαλικής κοιλάδας, στον οποίο απεικονίζονται οι δύο μεγάλες λεκάνες: Λεκάνη Πηνειού ποταμού και Λεκάνη Λίμνης Κάρλας, (Mylopoulos et.al., 2009).

Το 56% της Θεσσαλίας είναι κυρίως αγροτική, ή ημι-αστική. Η αρδευόμενη έκταση καταλαμβάνει το 56% των συνολικών καλλιεργούμενων εκτάσεων που διαθέτει η Θεσσαλία. Η κυριότερη καλλιέργεια, στην περιοχή είναι το βαμβάκι καθώς καλύπτει το 42% της συνολικής ελληνικής παραγωγής, το σιτάρι, το καλαμπόκι και τα δέντρα (Χάρτης 4.2.). Η ετήσια ζήτηση νερού φτάνει τα 1,8-2,0 δισεκατομμύρια κυβικά νερού, τα οποία καταναλώνονται κυρίως από τη γεωργία (Χάρτης 4.3.). Η εντατική και εκτεταμένη καλλιέργεια, κυρίως λόγω της καλλιέργειας καρπών που έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε νερό, όπως το βαμβάκι και το σιτάρι, έχει οδηγήσει σε εντυπωσιακή αύξηση της κατανάλωσης νερού, το οποίο συνήθως καλύπτεται από την υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδάτινων πόρων.

Ο Πηνειός, ένα από τα μεγαλύτερα ποτάμια στη Ελλάδα, και οι παραπόταμοι του διασχίζουν την πεδιάδα της περιοχής, και η συνολική έκταση της λεκάνης απορροής είναι περίπου 9.000 km^2. Πηγάζει από την οροσειρά της Πίνδου και εκρέει προς το Αιγαίο Πέλαγος στο βορειοανατολικό τμήμα της Θεσσαλίας. Το υδρολογικό ισοζύγιο

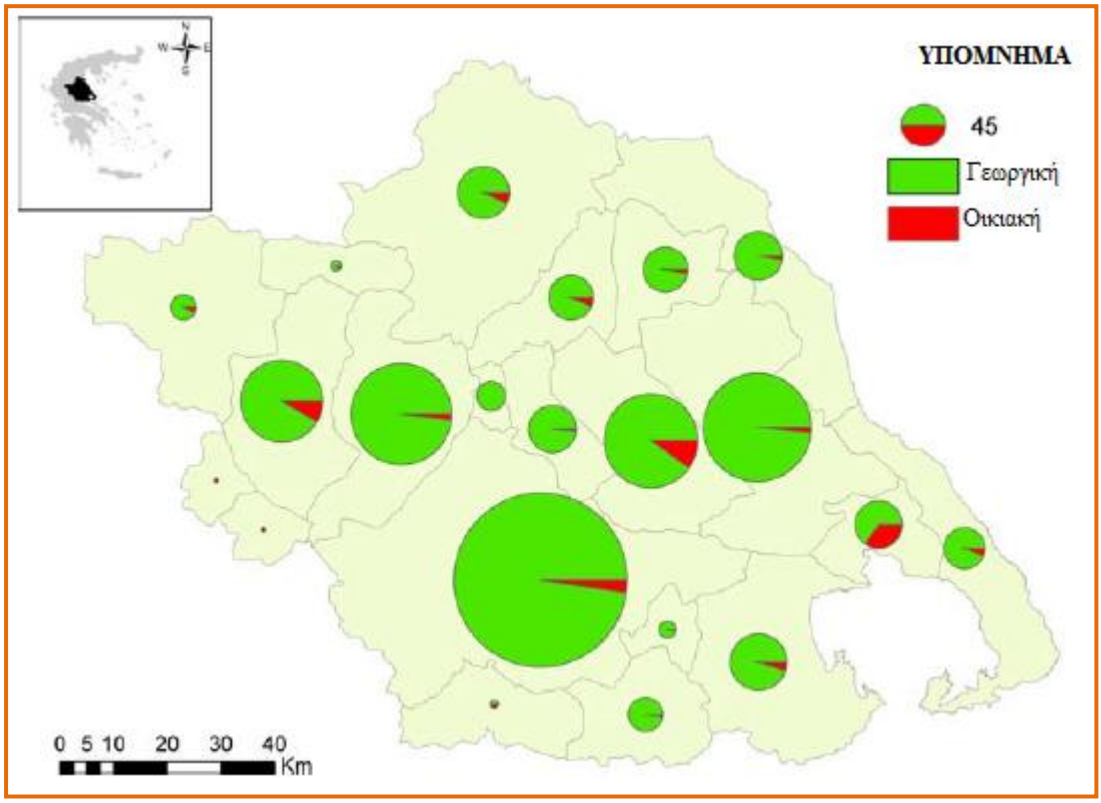
του ποταμού επηρεάζεται τόσο από τις βροχοπτώσεις το χειμώνα, όσο και από το λιώσιμο του χιονιού την άνοιξη. Η μέση ροή κοντά στο δέλτα του κυμαίνεται από άνω των 150 m^3/s, το Φεβρουάριο και το Μάρτιο ενώ είναι περίπου 10 m^3/s τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Το νερό του Πηνειού ποταμού, χρησιμοποιείται κυρίως για άρδευση. Για παράδειγμα, περίπου 65.000 ha αρδεύονται από τα επιφανειακά νερά του και περισσότερα από 210.000 ha γεωργικής γης παρέχονται από την άντληση υπογείων υδάτων, (Mylopoulos et.al., 2009).



Χάρτης 4.2.: Κατανομή των αρδευόμενων και των καλλιεργούμενων εκτάσεων (σε 10^3 m^2) για διάφορες καλλιέργειες και στις περιοχές της Θεσσαλίας (αγροτική έρευνα , 2002, Mylopoulos et.al., 2009)

Όσο αναφορά τη λεκάνη της λίμνης Κάρλας, μέχρι το 1962 η λίμνη είχε αποξηραθεί, καθώς και το μεγαλύτερο μέρος του ανατολικού τμήματος του θεσσαλικού κάμπου. Σήμερα, ένα σχέδιο για την μερική αποκατάστασή της είναι σε εφαρμογή και έχει σχεδόν ολοκληρωθεί. Αυτό προϋποθέτει τη δημιουργία ενός ταμιευτήρα στην πεδιάδα της προηγούμενης λίμνης, που θα καταλαμβάνει ένα μέγιστο χώρο περίπου 38 km^2. Ο ταμιευτήρας θα δέχεται τα ύδατα από τις πλημμύρες του Πηνειού τον χειμώνα, τα οποία θα εκτρέπονται μέσω ενός ανοιχτού καναλιού, την επιφανειακή απορροή των περιοχών που βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο καθώς και τα ύδατα από την βροχόπτωση στον ταμιευτήρα. Η επιφανειακή απορροή των χαμηλότερων

περιοχών θα διοχετεύεται επίσης στον ταμιευτήρα. Μετά την κατασκευή αυτών των έργων η λεκάνη απορροής της λίμνης Κάρλας θα έχει αποκατασταθεί σε 1.171 km^2.



Χάρτης 4.3.: Κατανομή μέσης ετήσιας ζήτησης νερού (σε hm^3) για διάφορες χρήσεις νερού, στις περιοχές της Θεσσαλίας (Mylopoulos et.al., 2009)

4.2. Πληθυσμιακά Στοιχεία

Η Θεσσαλία είναι μία περιφέρεια με συνεχή και αυξανόμενη ανάπτυξη. Η ανάπτυξη ήταν μεγάλη κατά τη δεκαετία του ’60 και του ’70 και ήταν εντυπωσιακά πάνω από τον εθνικό μέσο όρο. Περιορίστηκε όμως μόνο στις πεδινές περιοχές και οι ορεινές έχαναν συνεχώς τους ανθρώπους και τις θέσεις εργασίας όλο αυτό το διάστημα. Άφθονο νερό κυλούσε μέσα από τα αρδευτικά δίκτυα, με μεγάλες απώλειες, και σύντομα η καλλιεργούμενες εκτάσεις έφτασαν τα 200.000ha. Η σπάταλη διαχείριση και οι αυξανόμενες αρδευτικές ανάγκες σχετίζονται με τις χαμηλές τιμές τιμολόγησης του νερού και τη χρήση ακατάλληλων σπάταλων μεθόδων άρδευση (π.χ. ψεκαστήρες). Αυτά είχαν σαν αποτέλεσμα την σημαντική μείωση των επιφανειακών υδάτων και του υδροφόρου ορίζοντα του εδάφους.

Την Περιφέρεια την αποτελούν οι νομοί: **Καρδίτσας, Τρικάλων, Μαγνησίας και**

Λάρισας, με έδρα τη Λάρισα.

Σύμφωνα με το σχέδιο Καποδίστρια περιλαμβάνει 92 Δήμους και 11 Κοινότητες.

Η συνολική της έκταση αντιστοιχεί στο 10,6% της συνολικής επικράτειας.

Ο πληθυσμός (απογραφή 2001) ανέρχεται σε 753.888 κατοίκους και αποτελεί το 6,88% του συνολικού πληθυσμού της χώρας. Αποτελεί την τρίτη σε πληθυσμιακό μέγεθος Περιφέρεια της χώρας.

Κατά την εικοσαετία 1981-2001 ο πραγματικός πληθυσμός της χώρας αυξήθηκε κατά 12,6% ενώ της Θεσσαλίας κατά 8,4%. Την τελευταία δεκαετία η Περιφέρεια παρουσιάζει μεγαλύτερους ρυθμούς αύξησης σε όλες τις Νομαρχιακές της αυτοδιοικήσεις με μεγαλύτερες στη Μαγνησία (13,7%) και Λάρισα (9,9%), (Πίνακας 4.4.).

Γεωγραφικό Διαμέρισμα	1981 – 1991	1991 – 2001	1981 – 2001
Ελλάδα	**5,3**	**6,9**	**12,6**
Περιφέρεια Θεσσαλίας	**5,7**	**2,6**	**8,4**

Πίνακας 4.4.: Ρυθμός αύξησης πληθυσμού

Ο μέσος ρυθμός αύξησης του πληθυσμού της Περιφέρειας, την περίοδο 1981-2001, είναι μικρότερος από τον μέσο ρυθμό αύξησης του πληθυσμού της Χώρας (4,14%, έναντι 6,10%).

Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Περιφέρειας Θεσσαλίας για το έτος 2003 ήταν 11,52 χιλιάδες ευρώ, ποσοστό 82,4% του κατά κεφαλήν ΑΕΠ της χώρας (13,984 χιλιάδες ευρώ). Λάρισα και Μαγνησία διαμορφώνουν περίπου το 70% του ΑΕΠ της περιφέρειας. Η Περιφέρεια παράγει το 6% του συνολικού Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος της Ελλάδας (το 2003).

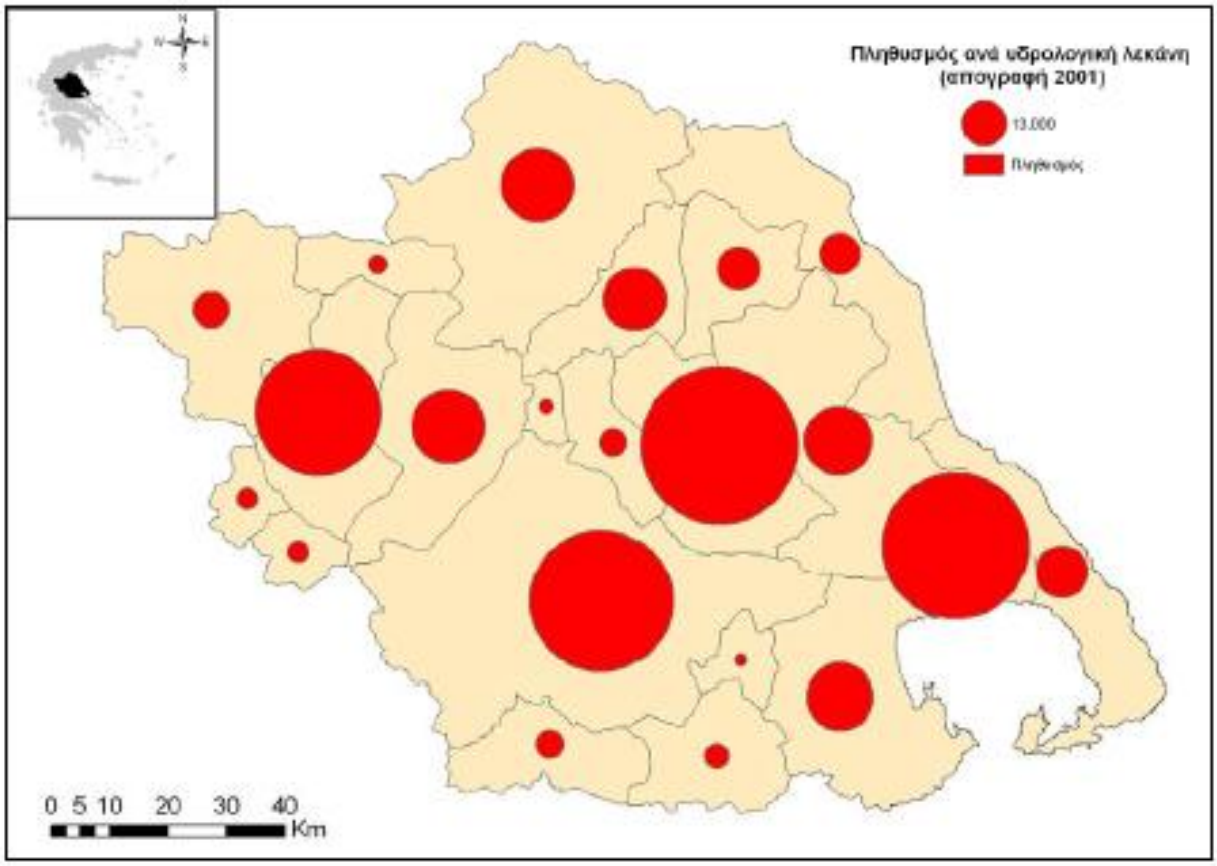
Για το έτος 2003, το 29% των απασχολούμενων εργάζεται στον πρωτογενή τομέα, το 12,7% στον δευτερογενή τομέα και το 58,3% στον τριτογενή τομέα. Τα αντίστοιχα εθνικά ποσοστά είναι 15,7%, 14,3% και 70%. Η ανεργία το 2003 ήταν 10,7%.

Ο πληθυσμός των νομών σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (Ε.Σ.Υ.Ε.) για το 2001 είναι:

Νομός Θεσσαλίας	Πραγματικός	Νόμιμος
	Σύνολο	**Σύνολο**
	753.888	**796.174**
Καρδίτσης	129.541	160.539
Λαρίσης	279.305	278.163
Μαγνησίας	206.995	195.536
Τρικάλων	138.047	161.936

Πίνακας 4.5.: Πληθυσμιακά στοιχεία των νομών, για το 2001, ΕΣΥΕ.

Στον Χάρτη 4.5. φαίνεται η κατανομή του πληθυσμού ανά υδρολογική υπολεκάνη.



Χάρτης 4.5.: Κατανομή πληθυσμού 2001, ανά υδρολογική λεκάνη, ΕΣΥΕ.

4.3. Κοινωνικοοικονομική κατάσταση στη Θεσσαλία

Η αγροτική παραγωγή στην Ελλάδα βασίζεται κυρίως στην φυτική παραγωγή, καθώς η κτηνοτροφία αντιστοιχεί σε λιγότερο από το ένα τρίτο της συνολικής αγροτικής παραγωγής. Φρούτα, λαχανικά και οι ελιές είναι από τις σημαντικότερες καλλιέργειες της ελληνικής γεωργίας, μαζί με το βαμβάκι, το σιτάρι και τον καπνό. Η σημασία των οπωροκηπευτικών για την εγχώρια γεωργική οικονομία, αποδεικνύεται από το γεγονός ότι ο τομέας αντιπροσωπεύει το 20% των καλλιεργούμενων εκτάσεων και πάνω από το ένα τρίτο της αρδευόμενης έκτασης στην Ελλάδας, καθώς και σχεδόν το

7% των συνολικών εξαγωγών και το 30% των εξαγωγών γεωργικών προϊόντων. Από την άλλη μεριά, περίπου 130 εκατομμύρια δέντρα ελιάς αποτελούν το 75% της έκτασης που καλλιεργείται με τακτικές φυτείες και το 60% του συνολικού αριθμού των καλλιεργούμενων δέντρων. Οι εξαγωγές ελαιολάδου αντιπροσωπεύουν λίγο περισσότερο από το 10% των εθνικών εξαγωγών (Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος).

Στην Ελλάδα, οι σπόροι (κυρίως σιτάρι και καλαμπόκι) αντιπροσωπεύουν το 9,8% της αξίας της γεωργικής παραγωγής. Τα λαχανικά αντιπροσωπεύουν το 10% της γεωργικής παραγωγής, με τις πιο σημαντικές καλλιέργειες να είναι οι ντομάτες, πατάτες και σπαράγγια. Τα ελαιόδεντρα, αντιπροσωπεύουν το 18,4% ενώ τα φρούτα λίγο περισσότερο από το 20%, με τις πιο σημαντικές καλλιέργειες να είναι τα αμπέλια, τα ροδάκινα και τα νεκταρίνια, τα πορτοκάλια, τα μήλα και τα καρπούζια. Τέλος, η παραγωγή βαμβακιού αντιπροσωπεύει το 8% και καπνού το 3,5%.

Ωστόσο, μετά τα μέσα της δεκαετίας του ’80, το βαμβάκι καλλιεργήθηκε σε μεγάλες περιοχές στη Θεσσαλία και σε ορισμένες περιοχές είναι η μοναδική καλλιέργεια (Χάρτης 4.2.). Η ανάπτυξη και η επέκταση της καλλιέργειας βαμβακιού οφείλεται στη στήριξη από μεγάλες επιδοτήσεις στους Έλληνες αγρότες από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η τιμή αγοράς του βαμβακιού σήμερα είναι 0,20-0,25 €/kg και η τιμή που λάμβαναν οι αγρότες ήταν περίπου 0,90 €/kg, με το 0,65 €/kg να είναι επιδότηση της Ε.Ε.. Αυτή η πολιτική έχει αναγκάσει τους αγρότες να αντικαταστήσουν άλλες παραδοσιακές καλλιέργειες όπως το σιτάρι, με βαμβάκι.

Ωστόσο, η παραγωγή βαμβακιού έχει συγκεκριμένα μειονεκτήματα, τα πιο σημαντικά από τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- Το βαμβάκι είναι μία καλλιέργεια με μεγάλες απαιτήσεις νερού. Στην Ελλάδα, η πλειονότητα των 380.000 ha που διατίθενται για την καλλιέργεια βαμβακιού, βρίσκονται σε τρεις περιφέρειες: Θεσσαλία, Μακεδονία – Θράκη και Στερεά Ελλάδα. Η περιοχή της Θεσσαλίας αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα που σχετίζονται με τη ζήτηση του νερού και είναι δύσκολο να διατηρήσει τη συγκεκριμένη καλλιέργεια.
- Τα τελευταία χρόνια, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την καλλιέργεια βαμβακιού, έχουν αρχίσει να προσελκύουν έντονα την προσοχή. Εξαιτίας της

άρδευσης και των λιπασμάτων, η βαμβακοπαραγωγή σχετίζεται ευρέως με τη χαμηλή βιοποικιλότητα και την υποβάθμιση του εδάφους. Επιπλέον, η εντατική χρήση εντομοκτόνων και αποφλοιωτικών προϊόντων για να βοηθήσουν τη συγκομιδή, αποτελούν πηγή ανησυχίας.

Ειδικά μέτρα έχουν ληφθεί από το Συμβούλιο της Ε.Ε. σε σχέση με τη νέα CAD, για τα κράτη μέλη της ένωσης που έχουν την καλλιέργεια βαμβακιού, (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2000) ως βασική οικονομική δραστηριότητα. Στη Θεσσαλία, αυτό έχει οδηγήσει στη μερική αντικατάσταση του βαμβακιού προς όφελος άλλων προϊόντων, όπως βιολογικά προϊόντα και καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων (π.χ. canola, ζαχαρότευτλα). Ειδικά η φυτεία canola είναι μία καλλιέργεια χειμώνα η οποία έχει πολλά πλεονεκτήματα όσον αφορά το έδαφος και τη γονιμότητα της Θεσσαλίας και μοιάζει με τις υδατικές ανάγκες και την ανάπτυξη της καλλιέργειας του χειμερινού σιταριού.

Είναι επίσης επιτακτική ανάγκη να παρέχουν στους αγρότες ειδικά προγράμματα ενημέρωσης και κατάρτισης ώστε να μπορέσουν να κατανοήσουν τα συγκριτικά πλεονεκτήματα που τους προσφέρει η καλλιέργεια canola. Επιπλέον, ειδικός εξοπλισμός είναι απαραίτητος για τη στήριξη της φυτείας, καθώς και νομικές αναπροσαρμογές είναι ανάγκη να ενισχύσουν το ισχύον φορολογικό σύστημα για την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Η παραγωγή βιοκαυσίμων είναι μια πιθανή εναλλακτική λύση, η οποία συζητιέται έντονα. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν σχέδια για δύο εργοστάσια στην περιοχή, σαν νέα επιλογή για την οικονομική ενίσχυση των κατοίκων της περιοχής. Τα βιοκαύσιμα παράγονται κυρίως από βιομάζα και πιο συγκεκριμένα από ενεργειακές καλλιέργειες, όπως ο αραβόσιτος, το βαμβάκι, canole, η σόγια, ηλιόσπορος, ζαχαρότευτλα, ζαχαροκάλαμα, δημητριακά, πατάτες, κτλ. καθώς επίσης και αγροτικά και αστικά απόβλητα. Αυτή η πρώτη ύλη αποτελεί και το κύριο πλεονέκτημα για σταθερή παραγωγή βιοκαυσίμων μακροπρόθεσμα. Μέσα από τα βιοκαύσιμα είναι ένας τόπος για να μετατραπούν τα αγροτικά προϊόντα σε ενέργεια.

Όσον αναφορά τις επενδύσεις στη γεωργία, θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο γεωργικός τομέας στην Ελλάδα χαρακτηρίζεται από εκτεταμένη μη-επένδυση από το 1980. Ειδικά όσον αφορά τις ιδιωτικές επενδύσεις, η τάση είναι μακροπρόθεσμα πτωτική, με ετήσιο ρυθμό 2,5-3%. Σχετικά με τις δημόσιες επενδύσεις, το μεγαλύτερο μέρος

των διατιθέμενων κονδυλίων – ειδικά κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του ’80 – ήταν προσανατολισμένη προς την κατεύθυνση των αρδευτικών έργων, ώστε να ξεπεραστεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα του τομέα, δηλαδή το χαμηλό ποσοστό αρδευόμενων εκτάσεων σε σχέση με το σύνολο των καλλιεργούμενων (Kaldis and Galanopoulos, 2002). Κατά τα τελευταία χρόνια, υπό την αιγίδα του 3^{ου} Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης (ΚΠΣ), αρκετοί αγρότες, συνεταιρισμοί, οργανώσεις των παραγωγών και των βιομηχανιών έχουν ξεκινήσει σχέδια ανανέωσης του αρδευτικού εξοπλισμού και των μηχανημάτων.

Η γεωργική εργασία στη Ελλάδα έχει μειωθεί δραματικά κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών (σχεδόν οι μισές από τις αρχές του ’80), αλλά εξακολουθεί να σχεδόν τέσσερις φορές μεγαλύτερη από το μέσο όρο της Ε.Ε., (Galanopoulos et.al., 2006)

Η ελληνική γεωργία στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στις επιδοτήσεις της Ευρωπαϊκής ένωσης (περίπου 40% του αγροτικού εισοδήματος αποτελείται από άμεσες ή έμμεσες πληρωμές), εξ ου και η μείωση τους κατά την προηγούμενη δεκαετία είχε σημαντικό αντίκτυπο στο εισόδημα των Ελλήνων αγροτών. Την περίοδο 1998-2003 το γεωργικό εισόδημα (υπολογιζόμενο ως Ακαθάριστη Προστιθέμενη Αξία μείων τους φόρους και τις αποσβέσεις, συν τις επιδοτήσεις) στις τρέχουσες τιμές αυξήθηκε με ετήσιο ρυθμό περίπου 2% (δηλαδή κάτω από το ρυθμό του πληθωρισμού), αλλά την ίδια στιγμή η ετήσια μονάδα εργασίας μειώθηκε κατά 2,2% ετησίως. Κατά συνέπεια, το γεωργικό εισόδημα στην Ελλάδα ανά ετήσια μονάδα εργασίας έχει αυξηθεί κατά 4,7% και είναι περίπου 74-77% κατά μέσο όρο της Ε.Ε. (Galanopoulos et.al., 2006)

4.4. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας (ΥΔ 08)

Στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας, με βάση τις πλέον πρόσφατες μελέτες διακρίνεται σε 21 μεγάλες και μικρότερες υδρολογικές λεκάνες και υπολεκάνες (Χάρτης 4.6.). Οι μεγαλύτερες σε έκταση υπολεκάνες είναι αυτές που εντάσσονται στη λεκάνη του Πηνειού ποταμού, με τους παραποτάμους του, όπου και παρουσιάζονται τα πλέον εκτεταμένα προβλήματα. Σημαντικές λεκάνες είναι επίσης, η λεκάνη της Κάρλας, με μικρότερης κλίμακας προβλήματα τα οποία σχετίζονται με επάρκεια και ποιότητα, οι λεκάνες της παράκτιας περιοχής Λάρισας και Μαγνησίας,

η λεκάνη Βόλου και η λεκάνη Αλμυρού όπου παρουσιάζονται και τα πλέον εκτεταμένα προβλήματα υφαλμύρωσης και ταπείνωσης των υπογείων υδροφορέων.

Όπως φαίνεται και στο Χάρτη 4.6., το υδατικό διαμέρισμα (ΥΔ) Θεσσαλίας συμπίπτει σχεδόν με το αντίστοιχο γεωγραφικό διαμέρισμα. Μικρά μόνο τμήματα του γεωγραφικού διαμερίσματος Θεσσαλίας, κυρίως προς τα νότια και νοτιοδυτικά, ανήκουν σε γειτονικά υδατικά διαμερίσματα. Το ΥΔ καταλαμβάνει το 98% του Νομού Λάρισας, το 85% του Νομού Μαγνησίας, το 79% του Νομού Τρικάλων, το 82% του Νομού Καρδίτσας, το 7% του Νομού Πιερίας, το 7% του Νομού Γρεβενών και το 17% του Νομού Φθιώτιδας.

Χάρτης 4.6.: Οι υδρολογικές λεκάνες και υπολεκάνες της Θεσσαλίας.

Οι περιοχές αυτές κατανέμονται διοικητικά σε 120 Δήμους και 521 Δημοτικά Διαμερίσματα. Ωστόσο τμήματα των 107 από τους παραπάνω Δήμους εμφανίζουν ουσιώδη δραστηριότητα (γεωργία, αστική ανάπτυξη κτλ) οπότε και έχουν συμπεριληφθεί στις αναλύσεις που εκπονήθηκαν στα πλαίσια του έργου. Η συνολική επιφάνεια του υδατικού διαμερίσματος είναι ίση με 13.136 km^2 ενώ το μέσο υψόμετρο υπολογίστηκε ίσο με 427.5 m.

4.5. Υδατικές Ανάγκες

Για τον υπολογισμό των υδατικών αναγκών χρησιμοποιείται η ειδική κατανάλωση νερού με συνυπολογισμό των υδατικών απωλειών. Από προηγούμενα στοιχεία αστικής κατανάλωσης για την υπό μελέτη περιοχή της Θεσσαλίας η ειδική κατανάλωση εκτιμήθηκε σε 330lt/κάτοικο/day. Θεωρώντας 20% τις απώλειες νερού, η ειδική κατανάλωση υπολογίσθηκε ίση με 400lt/κάτοικο/day.

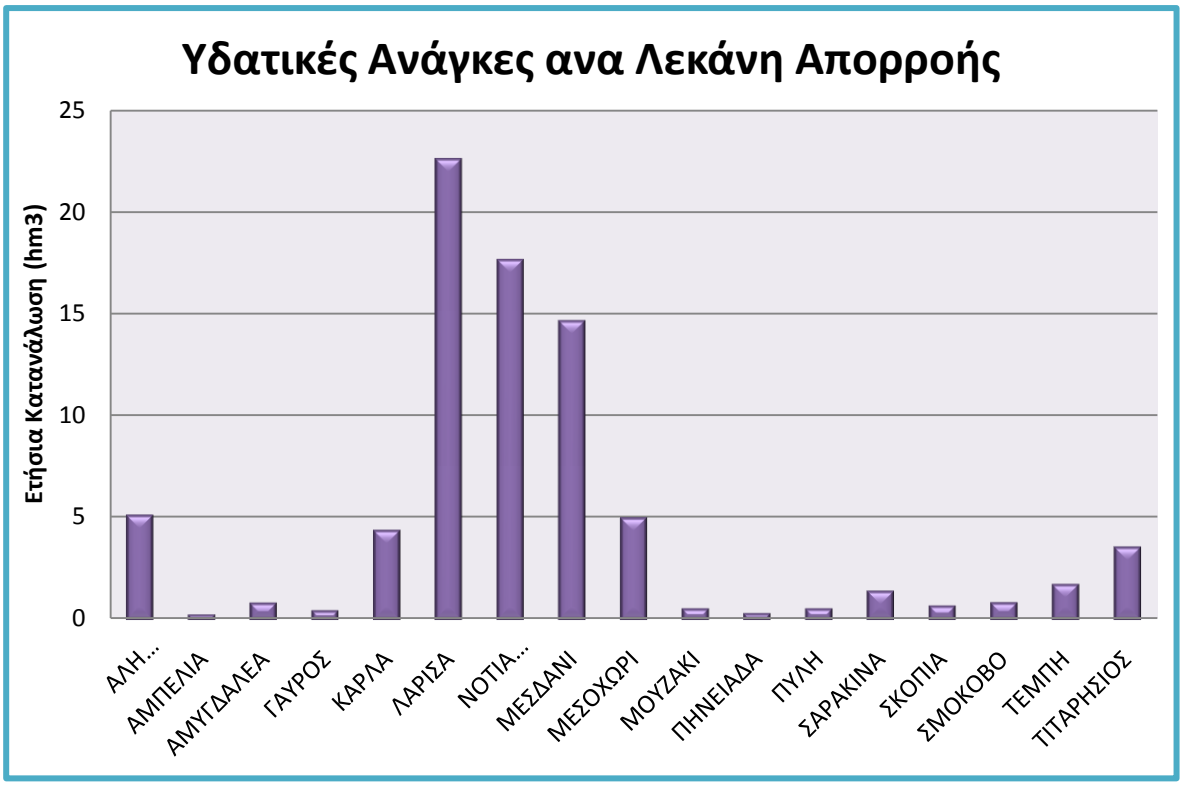
Έτσι, η ετήσια αστική κατανάλωση για κάθε υπολεκάνη (σε hm^3) είναι φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 4.7.:

Λεκάνες Απορροής	Πληθυσμός	Ειδική Κατανάλωση (lt/κάτ/day)	Ετήσια Κατανάλωση (hm3)
ΑΛΗ ΕΦΕΝΤΗ	34.416	400	**5,02**
ΑΜΠΕΛΙΑ	1.017	400	**0,15**
ΑΜΥΓΔΑΛΕΑ	4.965	400	**0,72**
ΓΑΥΡΟΣ	2.359	400	**0,34**
ΚΑΡΛΑ	29.358	400	**4,29**
ΛΑΡΙΣΑ	154.020	400	**22,49**
ΝΟΤΙΑ ΛΕΚΑΝΗ	120.187	400	**17,55**
ΜΕΣΛΑΝΙ	99.650	400	**14,55**
ΜΕΣΟΧΩΡΙ	33.597	400	**4,91**
ΜΟΥΖΑΚΙ	3.013	400	**0,44**
ΠΗΝΕΙΑΔΑ	1.411	400	**0,21**
ΠΥΛΗ	3.037	400	**0,44**
ΣΑΡΑΚΙΝΑ	8.964	400	**1,31**
ΣΚΟΠΙΑ	4.062	400	**0,59**
ΣΜΟΚΟΒΟ	5.072	400	**0,74**
ΤΕΜΠΗ	11.235	400	**1,64**
ΤΙΤΑΡΗΣΙΟΣ	23.724	400	**3,46**
ΣΥΝΟΛΟ	**78,85**		

Πίνακας 4.7.: Ετήσια Αστική κατανάλωση για κάθε υπολεκάνη της περιφέρειας.

Οι αστικές υδατικές ανάγκες, όμως, μεταβάλλονται από μήνα σε μήνα, παρουσιάζοντας τις μεγαλύτερες τιμές κατά τους θερινούς μήνες. Έτσι προκειμένου, να κατανεμηθεί η ετήσια κατανάλωση σε κάθε μήνα του έτους, χρησιμοποιούνται συντελεστές, οι οποίοι είναι το ποσοστό επί της ετήσιας κατανάλωσης που αντιστοιχεί σε κάθε μήνα. Τελικά υπολογίστηκαν για κάθε υπολεκάνη οι μέσες μηνιαίες υδατικές ανάγκες και τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 4.9.

Παρατηρούμε ότι την μεγαλύτερη ποσότητα καταναλώνει ο νομός Λαρίσης, καθώς είναι ο νομός με τον μεγαλύτερο πληθυσμό.



Διάγραμμα 4.8.: Ετήσιες Αστικές υδατικές ανάγκες, ανά λεκάνη απορροής.

Λεκάνη Απορροής	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚ
	5	5	6	8	10	12	13	13	10	8	5	5
ΑΛΗ ΕΦΕΝΤΗ	0,251	0,251	0,301	0,402	0,502	0,603	0,653	0,653	0,502	0,402	0,251	0,251
ΑΜΠΕΛΙΑ	0,007	0,007	0,009	0,012	0,015	0,018	0,019	0,019	0,015	0,012	0,007	0,007
ΑΜΥΓΔΑΛΕΑ	0,036	0,036	0,043	0,058	0,072	0,087	0,094	0,094	0,072	0,058	0,036	0,036
ΓΑΥΡΟΣ	0,017	0,017	0,021	0,028	0,034	0,041	0,045	0,045	0,034	0,028	0,017	0,017
ΚΑΡΛΑ	0,214	0,214	0,257	0,343	0,429	0,514	0,557	0,557	0,429	0,343	0,214	0,214
ΛΑΡΙΣΑ	1,124	1,124	1,349	1,799	2,249	2,698	2,923	2,923	2,249	1,799	1,124	1,124
ΝΟΤΙΑ ΛΕΚΑΝΗ	0,877	0,877	1,053	1,404	1,755	2,106	2,281	2,281	1,755	1,404	0,877	0,877
ΜΕΣΔΑΝΙ	0,727	0,727	0,873	1,164	1,455	1,746	1,891	1,891	1,455	1,164	0,727	0,727
ΜΕΣΟΧΩΡΙ	0,245	0,245	0,294	0,392	0,491	0,589	0,638	0,638	0,491	0,392	0,245	0,245
ΜΟΥΖΑΚΙ	0,022	0,022	0,026	0,035	0,044	0,053	0,057	0,057	0,044	0,035	0,022	0,022
ΠΗΝΕΙΑΔΑ	0,010	0,010	0,012	0,016	0,021	0,025	0,027	0,027	0,021	0,016	0,010	0,010
ΠΥΛΗ	0,022	0,022	0,027	0,035	0,044	0,053	0,058	0,058	0,044	0,035	0,022	0,022
ΣΑΡΑΚΙΝΑ	0,065	0,065	0,079	0,105	0,131	0,157	0,170	0,170	0,131	0,105	0,065	0,065
ΣΚΟΠΙΑ	0,030	0,030	0,036	0,047	0,059	0,071	0,077	0,077	0,059	0,047	0,030	0,030
ΣΜΟΚΟΒΟ	0,037	0,037	0,044	0,059	0,074	0,089	0,096	0,096	0,074	0,059	0,037	0,037
ΤΕΜΠΗ	0,082	0,082	0,098	0,131	0,164	0,197	0,213	0,213	0,164	0,131	0,082	0,082
ΤΙΤΑΡΗΣΙΟΣ	0,173	0,173	0,208	0,277	0,346	0,416	0,450	0,450	0,346	0,277	0,173	0,173

Πίνακας 4.9.: Μηνιαία αστική κατανάλωση, ανά υδρολογική λεκάνη, σε hm^3.

4.6. Γεωργικές Υδατικές Ανάγκες

Οι γεωργικές υδατικές ανάγκες υπολογίστηκαν πάλι ανά υπολεκάνη και εξαρτώνται από τις παραμέτρους: το είδος καλλιεργειών, τον τρόπο άρδευσης και τον τρόπο μεταφοράς του νερού στις αρδευόμενες εκτάσεις.

Η περιφέρεια της Θεσσαλίας έχει συνολικά 2.781.058 στρέμματα αρδευόμενων εκτάσεων σύμφωνα με τη γεωγραφική απογραφή του 2005. Οι κυριότερες καλλιέργειες, σύμφωνα με τα στοιχεία των νομαρχιών της Θεσσαλίας, χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες, μόνιμες και ετήσιες. Οι μόνιμες καλλιέργειες είναι οι αμπελώνες και οι οπωρώνες. Οι ετήσιες καλλιέργειες είναι τα βαμβάκια, το καλαμπόκι, τα σιτηρά, η μηδική, τα τεύτλα, ο καπνός, οι πατάτες, τα κηπευτικά, τα μποστανικά και τα λοιπά καλλιεργούμενα είδη. Συντριπτική είναι η καλλιέργεια του βαμβακιού στους περισσότερους νομούς.

Στο χάρτη 4.2., φαίνεται ξεκάθαρα η επικράτηση του βαμβακιού στις πεδινές λεκάνες της Θεσσαλίας ενώ στον πίνακα 4.10. που ακολουθεί φαίνονται οι καλλιεργούμενες εκτάσεις ανά υδρολογική υπολεκάνη.

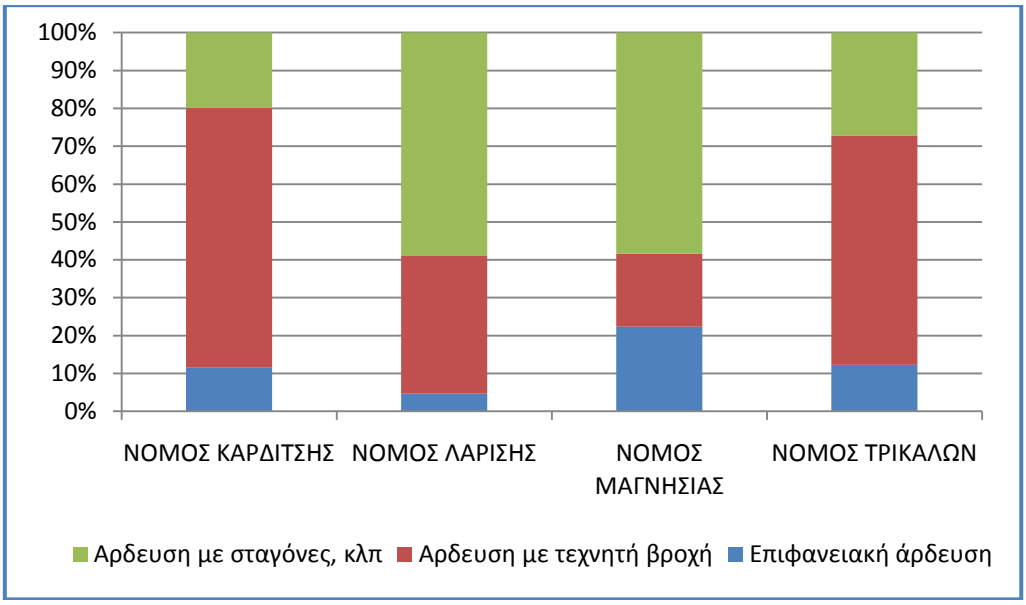
Λεκάνη	Βαμβάκι	Καλαμπόκι	Καπνός	Δένδρα	Μηδική	Τεύτλα	Αμπέλια	Κηπ.	Σιτηρά	Πατάτες
ΓΑΥΡΟΣ	3.283	0	211	0	0	63	0	306	0	8
ΣΑΡΑΚΙΝΑ	1.895	11.825	125	1.709	2.791	411	0	1.992	0	42
ΜΕΣΔΑΝΙ	49.148	20.432	5.002	2.808	21.431	3.753	0	18.564	0	342
ΑΛΗ ΕΦΕΝΤΗ	209.100	37.138	2.704	1.131	21.040	6.437	0	17.043	0	200
ΣΚΟΠΙΑ	27.709	384	0	5.434	676	0	0	264	0	0
ΑΜΠΕΛΙΑ	7.931	109	0	214	337	336	41	761	0	0
ΣΜΟΚΟΒΟ	308	471	10	381	0	0	0	52	0	0
ΝΟΤΙΑ ΛΕΚΑΝΗ	823.409	101.756	18.338	9.062	27.213	32.977	121	31.892	19.134	0
ΠΗΝΕΙΑΔΑ	22.003	231	351	10	693	184	0	892	0	19
ΑΜΥΓΔΑΛΕΑ	61.840	4.227	109	882	1.123	4.764	3.210	3.377	14	11
ΛΑΡΙΣΑ	**192.995**	**9.094**	**0**	**8.423**	**1.532**	**10.821**	**1.381**	**3.409**	**15.265**	**0**
ΜΕΣΟΧΩΡΙ	0	20.179	15.804	12.854	13.023	820	4.030	4.900	909	0
ΤΥΡΝΑΒΟΣ	3.709	5.781	2.353	8961	6.484	1.107	14.048	18.071	1.348	0
ΚΑΡΛΑ	278.270	19.173	277	36.992	6.580	18.161	441	10.617	11.101	0
ΤΕΜΠΗ	33.704	3.043	880	14.937	1.004	2.363	724	236	5.145	0

Πίνακας 4.10.: Καλλιεργούμενες εκτάσεις ανά υδρολογική λεκάνη.

Υπολογίζεται ότι η συνολική ετήσια κατανάλωση είναι 1.171 hm^3 και κατανέμεται ως εξής: 65 hm^3 είναι οι αστικές υδατικές ανάγκες, 1.060 hm^3 είναι οι γεωργικές - αρδευτικές ανάγκες και 46 hm^3 οι βιομηχανικές, (Margaris et.al., 2006).

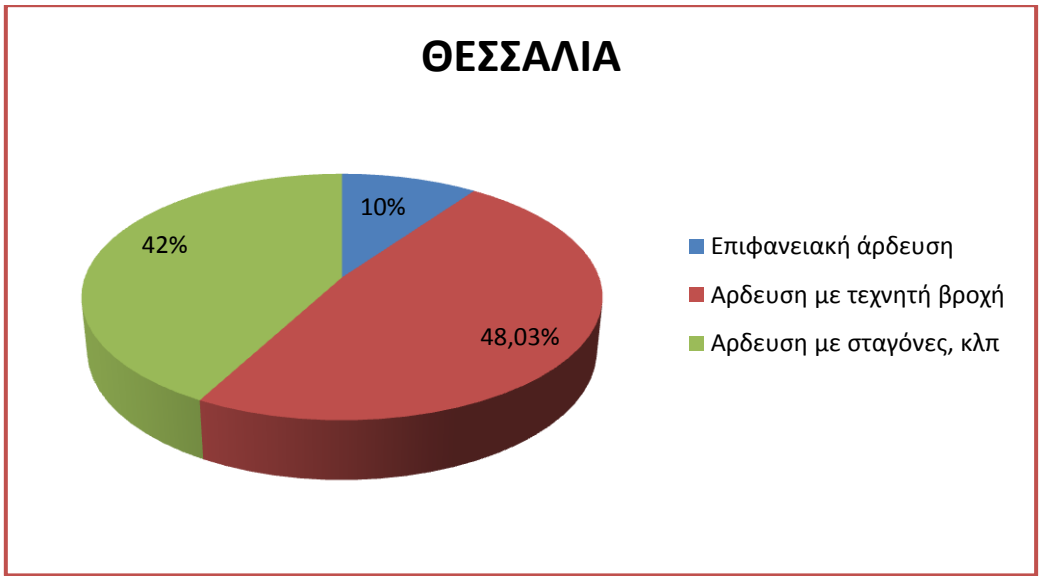
Σύμφωνα με όλα αυτά πολλοί είναι αυτοί που υποστηρίζουν ότι η μεταφορά νερού από τον Αχελώο στη Θεσσαλία, δεν προωθεί μία πιο ορθολογική χρήση του νερού, αλλά αντίθετα θα ενθάρρυνε μία πιο σπάταλη χρήση του νερού, στερώντας από μία λιγότερο αναπτυγμένη περιοχή ένα σημαντικό φυσικό πόρο, προς όφελος μίας πιο εύπορης περιοχής.

Οι μέθοδοι άρδευσης που εφαρμόζονται στην περιοχή μελέτης είναι η άρδευση με σταγόνες, η άρδευση με τεχνητή βροχή (καταιονισμό) και η επιφανειακή άρδευση. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται χρήσης της κάθε μεθόδου ανά νομό σε ποσοστά.



Διάγραμμα 4.11.: Αρδευτικές μέθοδοι ανά νομό, ποσοστό, ΕΣΥΕ 2005.

Παρατηρείται ότι σε μεγαλύτερο ποσοστό χρησιμοποιείται η άρδευση με τεχνητή βροχή, μόνο στο νομό Μαγνησίας κυριαρχεί η άρδευση με σταγόνες.



Διάγραμμα 4.12.: Αρδευτικές μέθοδοι στην περιφέρεια της Θεσσαλίας, ποσοστό, ΕΣΥΕ 2005.

4.7. Βαμβάκι

4.7.1. Η Ιστορία του Βαμβακιού

Το βαμβάκι καλλιεργούνταν από τους προϊστορικούς χρόνους. Έρευνες δείχνουν ότι αναπτύχθηκε πρώτα στην Ινδία και την Αμερική, αλλά πιστεύεται ότι το βαμβάκι κατάγεται από την Ινδία, μία χώρα με πανάρχαιο πολιτισμό, που καλλιέργησε πριν από πέντε χιλιάδες χρόνια το βαμβάκι διοχετεύοντας κοντινές και μακρινές χώρες με βαμβακερά υφάσματα (Τόλη, 1997).

Μέχρι τα μέσα του 18^{ου} αιώνα η κατεργασία του βαμβακιού γινόταν με πρωτόγονα μέσα. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούσαν ήταν η «ιπτάμενη σαΐτα» (Kay, 1773), η κλωστική μηχανή Hargeaves, 1767, ο αργαλειός (τον οποίο σχεδίασε ένας κληρικός) που χρησιμοποιήθηκε μέχρι το 1984 περίπου τοπικά, το κλωστικό μηχάνημα ή «μουλάρι» (Crompton, 1779). Αργότερα χτίστηκαν μεγάλα εργοστάσια, εκκοκκιστικές μηχανές αλλά και το πρώτο πριονωτό εκκοκκιστήριο. Αυτές οι εφευρέσεις έφεραν επανάσταση στην έναρξη της εκκοκκιστικής βιομηχανίας.

Το βαμβάκι στην Ελλάδα καλλιεργήθηκε πρώτη φορά στο νομό Ηλείας το 2^{ο} μ.Χ. αιώνα με την ονομασία «βύσσος», ενώ το όνομα «βάμβαξ» αναφέρεται πρώτη φορά στη νομοθεσία του Ιουστινιανού (6^{ο} μ.Χ. αιώνα). Το 10^{ο} αιώνα διαδόθηκε σε όλη την Ελλάδα, ενώ κατά την Τουρκοκρατία καλλιεργείται στη Θεσσαλία και στη Στερεά Ελλάδα.

Το 1931 με εισήγηση του Ελευθερίου Βενιζέλου θεσμοθετείται ο νόμος 5211 για το Ινστιτούτο Βάμβακος, ενώ το 1932, διχοτομείται σε δύο τμήματα και δημιουργείται ο Οργανισμός Βάμβακος. Το Ινστιτούτο Βάμβακος ασχολούνταν κυρίως με την έρευνα, ενώ ο Οργανισμός είναι εκείνος που οργανώνει τη μεταφορά της νέας τεχνολογίας για το βαμβάκι στην Ελλάδα (Τόλη, 1997).

4.7.2. Το βαμβάκι στην Ευρωπαϊκή Ένωση και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η παραγωγή στην Ευρωπαϊκή Ένωση αποτελεί περίπου το 2,5% της παγκόσμιας παραγωγής βάμβακος, γι' αυτό και το βαμβάκι θεωρείται ότι είναι περιορισμένης σημασίας τόσο από την πλευρά των εκτάσεων, όσο και από την πλευρά των παραγωγών. Καλλιεργείται σε 90 περίπου χώρες και σε πολλές από αυτές κατέχει την

πρώτη ή τη δεύτερη θέση στον πίνακα των εξαγωγών. Επιπλέον σε πολλές από αυτές η καλλιέργεια συνδέεται με την ανάπτυξη και την εξέλιξη της κάθε χώρας γιατί αποτελεί κύρια πηγή εργασίας και συναλλάγματος. Ιδιαίτερα, όμως, στην Ελλάδα και στην Ισπανία, η καλλιέργεια του βαμβακιού καθίσταται η πιο σημαντική από όλες και ο ρόλος της είναι ιδιαίτερα σημαντικός τόσο οικονομικός αλλά και κοινωνικός (Γεωπονικός Σύλλογος Μακεδονίας-Θράκης. 2003).

Χάρτης 4.12.: Χώρες στις οποίες καλλιεργείται βαμβάκι, (Bayer, CropScience).

Η συνολική παγκόσμια καλλιεργούμενη έκταση αγγίζει τα 300-350 εκατομμύρια στρέμματα. Ο συνολικός όγκος παραγωγής ανέρχεται στα 20 εκατομμύρια τόνους εκκοκκισμένου βάμβακος και ολοένα και τα ξεπερνά. Κατά τη διάρκεια των εμπορικών περιόδων 1995/1996 (εσοδεία 1995), 1996/1997 (εσοδεία 1996) η παραγωγή αυξήθηκε στις περισσότερες χώρες που καλλιεργούσαν βαμβάκι, καθώς αυξήθηκαν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις, αποτέλεσμα των διαμορφωθέντων «ελκυστικών» τιμών του προϊόντος.

Επιπλέον υπάρχει έντονη ανησυχία από την Ευρωπαϊκή Ένωση για τις επιπτώσεις στο περιβάλλον από την καλλιέργεια βαμβακιού. Αν και αυτό το γεγονός δεν έχει αποδειχθεί επιστημονικά, ωστόσο έχει διαπιστωθεί ότι άλλες καλλιέργειες, όπως η καλλιέργεια του αραβοσίτου, τόσο από την πλευρά της αρδεύσεως όσο και από την πλευρά της φυτοπροστασίας είναι πιο επιβαρυντικές.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση παρουσιάζει έλλειμμα σε σχέση με τις ανάγκες σε βαμβάκι. Κάθε χρόνο χρειάζεται 1,35 τόνους εκκοκκισμένο βαμβάκι, ενώ παράγει μόνο 0,45 εκατομμύριο τόνους, άρα καλύπτει μόνο το 33% των αναγκών της. Οι εισαγωγές ανήλθαν από το 1986-1990 σε 1 εκατομμύριο τόνους, το 1991 σε 993.000 και το

1993 σε 943.000. Οι ΗΠΑ, η Ινδία, η Παραγουάη, το Ισραήλ, η Αργεντινή και η Κίνα είναι οι κυριότεροι προμηθευτές της. Οι συναλλαγές εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι γεγονός ότι έχουν αυξηθεί τα τελευταία χρόνια.

Η καλλιέργεια του βαμβακιού στη χώρα μας αναπτύχθηκε μετά την είσοδο στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα και ιδιαίτερα στην δεκαετία του 1990. Έτσι ενώ το 1980 η παραγωγή εκκοκκισμένου βάμβακος ήταν 115.000 τόνοι, το 1990 έγιναν 268.000 και το 2001 έφτασαν τους 455.000 τόνοι.

Σύμφωνα με στοιχεία της εθνικής στατιστικής υπηρεσίας Ελλάδος η καλλιέργεια βαμβακιού σε όλη τη χώρα μειώθηκε κατά 14,4% από το 2008 στο 2009. Όμως και πάλι κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, (ESYE).

Η καλλιέργεια του βαμβακιού υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση με επιδοτήσεις που ξεπερνούν τα 770 εκατ. € ετησίως. Η Ελλάδα και η Ισπανία είναι οι μοναδικές χώρες στην Ευρώπη που παράγουν βαμβάκι, με τη χώρα μας να απολαμβάνει το 80% των συνολικών ενισχύσεων της Ευρώπης. Σύμφωνα με τις αποφάσεις των αρμοδίων οργάνων της Ε.Ε., το βαμβάκι θα ενισχύεται μέχρι το 2015, όπου είναι και η επόμενη συνεδρίαση της Ε.Ε. για τις επιδοτήσεις.

Η καλλιέργεια και διακίνηση του βαμβακιού διέπεται από πολύ αυστηρούς κανόνες λόγω των ενισχύσεων της Ε.Ε. Η όλη διαδικασία ελέγχεται από τον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε. Η ποιότητα του ελληνικού βαμβακιού είναι πολύ καλή, γι'αυτό υπάρχει ευκολία στη διάθεση του από τις εκκοκκιστικές επιχειρήσεις. Έτσι καταφέρνουμε να εξάγουμε το 65% της παραγωγής ακόμα και σε χώρες που οι ίδιες εξάγουν βαμβάκι (Η.Π.Α.,Τουρκία)

Οι τιμές του βάμβακος διεθνώς διατηρούνται σχετικά υψηλές ως αποτέλεσμα της οικονομικής ανάπτυξης αλλά και των διάφορων ασθενειών και τεχνικών καλλιέργειας του βαμβακιού. Η τιμή του βαμβακιού για το 2002-2003 ήταν 0,74€/kg σε παγκόσμιο επίπεδο.

4.7.3. Οικονομικές ενισχύσεις στο καθεστώς βάμβακος

Το βαμβάκι ως μια από τις πρωταρχικής σημασίας καλλιέργειες τόσο για την ελληνική αγροτική οικονομία όσο και για τις άλλες χώρες που το βαμβάκι είναι η πιο σημαντική τους καλλιέργεια, από την αρχή της ένταξης της Ελλάδας στην Ε.Ε,

προστατεύθηκε με ειδικό πρωτόκολλο, το πρωτόκολλο 4 της συνθήκης προσχώρησης της Ελλάδας στην Ε.Ε. Στα πλαίσια του πρωτοκόλλου 4 εφαρμόστηκαν διάφοροι κανονισμοί της Ε.Ε για την ενίσχυση της βαμβακοκαλλιέργειας, οι οποίοι αποτέλεσαν μια από τις βασικές αιτίες της σημαντικής αύξησης της έκτασης από 1.500.000 στρέμματα στην αρχή της ένταξης το 1981, σε περίπου 3.700.000 στρέμματα σήμερα (Ανδρεάδου, 2002).

Τα κύρια χαρακτηριστικά του συστήματος, που ισχύει σήμερα, είναι τα ακόλουθα:

1. Το βαμβάκι υπάγεται στο σύστημα των «ελλειμματικών πληρωμών». Το σύστημα αυτό συνήθως χρησιμοποιείται, όταν η κοινοτική παραγωγή είναι πολύ μικρότερη από την κοινοτική κατανάλωση (στο βαμβάκι η κοινοτική παραγωγή καλύπτει περίπου το 25% της συνολικής εγχώριας ζήτησης). Δηλαδή υπάρχει ενίσχυση του εισοδήματος των παραγωγών που καταβάλλεται από τον κοινοτικό προϋπολογισμό, συμπληρωματικά στην εμπορική τιμή του προϊόντος.
2. Έχει θεσπιστεί μια τιμή στόχου, η οποία πρέπει να εξασφαλιστεί στον μεταποιητή σύσπορου βαμβακιού, δηλαδή στον εκκοκκιστή και έχει καθοριστεί στο ύψος των 106,3 €/100 κιλά.
3. Προκειμένου ο εκκοκκιστής να απολαύσει την τιμή στόχου πρέπει να εξασφαλιστεί στους παραγωγούς η ελάχιστη τιμή, η οποία είναι το 95% της τιμής στόχου, δηλαδή 100,99 €/100 κιλά σύσπορου βαμβακιού.
4. Όλα τα παραπάνω αναφέρονται σε μια ποιότητα-τύπο βάμβακος, που πρέπει να περιέχει κατ' ανώτατο 10% υγρασία και 3% ξένες ύλες και να αποδίδει τουλάχιστον 32% ίνες εκκοκκισμένου βαμβακιού. Αν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά διαφοροποιούνται, τότε υπάρχουν και ανάλογες προσαρμογές στην τιμή του προϊόντος. Δηλαδή σε κάθε ποιοτικό τύπο σύσπορου βαμβακιού υπάρχει και μια αντίστοιχη ελάχιστη τιμή.
5. Η μέγιστη επιδοτούμενη ποσότητα παραγωγής της κοινότητας έχει καθοριστεί σε 1.031.000 τόνους, κατανεμημένη ως εξής:

   Ελλάδα: 782.000 τόνοι

   Ισπανία: 249.000 τόνοι

   Υπάρχει μια ιδιαίτερη ποσότητα κατά την οποία η ενισχυμένη παραγωγή γίνεται συνολικά 1.120.000 τόνοι, κατανεμημένη σε 850.000 τόνους στην Ελλάδα και 270.000 τόνους στην Ισπανία, όταν η μέση σταθμική τιμή του

σύσπορου βαμβακιού διαμορφώνεται χαμηλότερη από 30,2 €/100 κιλά και όταν η συνολική δαπάνη για τη στήριξη του προϊόντος δεν έχει υπερβεί τα 770.000 €, (Ανδρεάδου, 2002).

6. Σε περίπτωση υπέρβασης της μέγιστης εγγυημένης ποσότητας (782.000 τόνοι από την Ελλάδα και 249.000 τόνοι από Ισπανία) υπάρχουν ποινές, οι οποίες επιβάλλονται στους παραγωγούς της χώρας στην οποία οφείλεται η υπέρβαση. Η ποινή αυτή χαρακτηρίζεται ως συνυπευθυνότητα και για την παρελθούσα περίοδο ανήλθε σε 26,575 €/100 κιλά. Δηλαδή η οριστική ελάχιστη τιμή διαμορφώθηκε σε 74,415 €/100 κιλά ή σε δρχ. 253,57δρχ/κιλό.
7. Προκειμένου να προσδιοριστεί το ύψος της κοινοτικής ενίσχυσης αφαιρείται από την τιμή στόχου (106,3 €/100 κιλά) η τιμή που απολαμβάνουν οι εκκοκκιστές από τη διάθεση του προϊόντος σε τιμές διεθνούς αγοράς και το υπόλοιπο που προσδιορίζεται αποτελεί το ύψος της κοινοτικής ενίσχυσης.
8. Οι τιμές διεθνούς αγοράς, που λαμβάνονται υπόψη για τον προσδιορισμό της ενίσχυσης, είναι αυτές της ημέρας, κατά την οποία το προϊόν τίθεται υπό έλεγχο, δηλαδή η ημέρα που παραδίδεται το σύσπορο βαμβάκι στο εκκοκκιστήριο.
9. Η περίοδος κατά την οποία το σύσπορο βαμβάκι εισέρχεται στο εκκοκκιστήριο προς εκκόκκιση ονομάζεται εκκοκκιστική περίοδος, η έναρξη και η λήξη της οποίας καθορίζεται από τα κράτη-μέλη (Κ-Μ) και είναι από το Σεπτέμβριο του έτους καλλιέργειας και όχι πέραν της 31^{ης} Μαρτίου του επόμενου έτους. Το Κράτος-Μέλος ενημερώνει την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την τελική ημερομηνία εκκόκκισης που έχει καθορίσει.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω σχετικά με το πλαίσιο βάσης του οποίου δίνεται η ενίσχυση στη βαμβακοκαλλιέργεια και αναλύοντας οικονομικά δεδομένα των τελευταίων ετών, προκύπτει ότι οι καλύτερες εισροές πετυχαίνονται με τη συνολική παραγωγή σύσπορου βαμβακιού 1.050.000 τόνων ενώ σ' αυτή την ποσότητα η ελάχιστη τιμή πώλησης είναι αρκετά ικανοποιητική περίπου 0,90 €/κιλό.

Η ποσότητα αυτή μπορεί να προέλθει από έκταση βαμβακοκαλλιέργειας 3.500.000 στρ. με μια μέση στρεμματική παραγωγή 300 κιλά. Η τάση όμως των παραγωγών τα τελευταία χρόνια ήταν να αυξάνουν την έκταση της βαμβακοκαλλιέργειας. Αυτό συμβαίνει διότι, παρόλη τη μειωμένη τιμή, με μεγαλύτερη παραγωγή δύσκολα ανταγωνίζεται το βαμβάκι κάποια άλλη μεγάλη καλλιέργεια, π.χ. τεύτλα, μηδική,

αραβόσιτος. Από την άλλη πλευρά, οι νέες καλλιεργούμενες ποικιλίες εξασφαλίζουν την πρώιμη υψηλή παραγωγή, ενώ έχουν γίνει από ετών πολλές επενδύσεις σε μηχανήματα και αρδευτικά. Έτσι, οι παραγωγοί δεν είναι καθόλου πρόθυμοι όχι για αναδιάρθρωση των καλλιεργειών τους, αλλά ούτε για μικρή σχετική μείωση ύψους 8-10% στην έκταση του βαμβακιού (Ανδρεάδου, 2002).

Για το λόγο αυτόν, το Υπουργείο Γεωργίας ή το νεοσυσταθέν Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, προκειμένου να εξασφαλίσει κάθε χρόνο μια ικανοποιητική πρόσοδο στους βαμβακοπαραγωγούς, προχώρησε με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς σε μέτρα ελέγχου και μείωσης των καλλιεργούμενων εκτάσεων βαμβακιού στη χώρα, τοποθετώντας το ανώτατο όριο σε 3.937.700 στρεμμάτων.

Κάθε νομός, επίσης, έχει από το 2000 ένα ανώτερο όριο βαμβακοκαλλιέργειας, το οποίο δεν μπορεί να υπερβεί. Το όριο αυτό ενδεικτικά για το νόμο Λάρισας είναι 680.000 στρέμματα.

Μέσα σ' αυτά τα πλαίσια, κάθε βαμβακοπαραγωγός είχε για το 2003 δικά του στρεμματικά όρια, όπως αυτά ορίζονται στο άρθρο 5 της Κ.Υ.Α 36220/29-1-03, που είναι τροποποίηση και επαναδιατύπωση των άρθρων 5 και 6 της Κ.Υ.Α 42195/19-4-2002, η οποία κατά τα λοιπά ισχύει. Για τις ειδικές ρυθμίσεις του άρθρου 6, με απόφαση του αρμόδιου Υπουργείου, έχει συσταθεί για κάθε νομό ειδική τριμελής επιτροπή από υπάλληλους Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε, ΕΘΙΑΓΕ και Διευθύνσεων Γεωργίας της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης.

Έτσι, εκτιμάται η αναμενόμενη συνολική εθνική παραγωγή βάμβακος, η οποία ανακοινώνεται στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή το αργότερο στις 31 Αυγούστου κάθε καλλιεργητικής περιόδου, σύμφωνα με τον κανονισμό 1591/2001 άρθρο 15 παρ.4β. Με βάση την ποσότητα αυτή γίνεται ο προσδιορισμός της τιμής στόχου και ελάχιστης τιμής.

Ο τρόπος ελέγχου της ποσότητας σύσπορου βαμβακιού που ο αγρότης παράγει, γίνεται ως εξής: Λαμβάνεται σειρά ελεγκτικών μέτρων πολλών κατευθύνσεων (προς παραγωγούς, διακινητές, εκκοκκιστήρια) έτσι ώστε να διασφαλίζεται όσο το δυνατόν καλύτερα το ύψος των ενισχύσεων και να γίνεται όσο το δυνατό δικαιότερη η κατανομή τους.

Στα πλαίσια των προαναφερθέντων κανονισμών και Κ.Υ.Α. προβλέπονται και έλεγχοι της βαμβακοκαλλιέργειας διαφόρων βαθμών, ώστε να αποτρέπονται κατά το

δυνατόν οι παρεκτροπές των μη ειλικρινών δηλώσεων και να πετυχαίνει ο τελικός στόχος που είναι η «δίκαιη μεταχείριση του σωστού παραγωγού» (Ανδρεάδου, 2002). Οι έλεγχοι διακρίνονται σε διοικητικοί και επιτόπιοι. Οι διοικητικοί έλεγχοι έχουν σχέση με τη σωστή συμπλήρωση των δηλώσεων Ο.Σ.Δ.Ε. όσον αφορά τα σταθερά στοιχεία του παραγωγού (ονοματεπώνυμο Α.Δ.Τ, Α.Φ.Μ) τα σωστά παραστατικά συμπλήρωσης του φακέλου (οι τίτλοι ιδιοκτησίας αγρών ενοικιαστήρια, τιμολόγια αγοράς σπόρου που προβλέπονται από την Κ.Υ.Α.), την τήρηση ημερομηνιών υποβολής, τη σωστή μηχανογράφηση και τη δημιουργία του όσο το δυνατόν πιο σωστού αρχείου βαμβακοπαραγωγών.

Επίσης, έχουν σχέση με την τήρηση των προϋποθέσεων που θέτουν οι σχετικές Κ.Υ.Α. Ο βασικός φορέας πραγματοποίησης του διοικητικού έλεγχου είναι η Δ/νση Αγροτικής Ανάπτυξης της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης, ενώ ο Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε πραγματοποιεί επι έλεγχο σε ποσοστό του συνόλου των υποβληθεισών δηλώσεων. Επιτόπιοι Έλεγχοι: Ενώ για τις υπόλοιπες καλλιέργειες στα πλαίσια των δηλώσεων Ο.Σ.Δ.Ε. (σιτηρά, οπωροκηπευτικά κ.λ.π) αρμόδιος φορέας επιτόπιων ελέγχων είναι η διεύθυνση Αγροτικής Ανάπτυξης της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης, ο Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε έχει την ευθύνη των δευτεροβάθμιων ελέγχων για τη βαμβακοκαλλιέργεια και αποτελεί φορέα πραγματοποίησης των επιτόπιων ελέγχων. Εφαρμόζεται σε δείγμα των υποβληθεισών δηλώσεων, το οποίο εξάγεται μηχανογραφικά σε ποσοστό τουλάχιστον 5% του συνόλου.

Πλέον του τυχαιοποιημένου δείγματος 5% πραγματοποιείται επιτόπιος έλεγχος σε δείγμα σποράς βαμβακιού με ανάλυση επικινδυνότητας μηδενική, πολύ χαμηλή ή υψηλή στρεμματική παραγωγή τελευταίας καλλιεργητικής περιόδου.

Το βαμβάκι είναι ένα πολύ σημαντικό προϊόν για την παγκόσμια αγορά, για αυτό και η τιμή του καθορίζεται με νόμους της προσφοράς και της ζήτησης διεθνώς στο χρηματιστήριο. Για πολλά χρόνια η ΕΕ αποτελεί μοναδική εξαίρεση ή για άλλους παραφωνία σε αυτή την παγκόσμια πρακτική, περιχαρακώνοντας την παραγωγή βαμβακιού στον κοινοτικό χώρο με μια σειρά γνωστών στην ευρωπαϊκή πρακτική προστατευτικών μέτρων. Η συνεχής πίεση του ΠΟΕ (Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου) για αποδέσμευση της τιμής από την παραγωγή από τη μια μεριά και ο θεσμός της επιδότησης από την άλλη, έχουν βάλει και τη βαμβακοκαλλιέργεια σε μια τροχιά επανένταξης στους νόμους της αγοράς. Το γεγονός όμως ότι η τιμή που ακόμα και σήμερα απολαμβάνει ο παραγωγός είναι

περίπου τριπλάσια της διεθνούς τιμής, με μια πρώτη μάτια θέτει σε αμφισβήτηση τη βιωσιμότητα του προϊόντος μετά τη λήξη του θεσμού ης επιδότησης. Με δεδομένο ότι η έλλειψη βούλησης να εγκαταλειφθεί η καλλιέργεια ως μη συμφέρουσα, είναι αναγκαίο να διερευνηθεί η βιωσιμότητα της καλλιέργειας και να προταθούν άμεσα εφαρμόσιμες λύσεις που να σταθεροποιούν την βιωσιμότητα της καλλιέργειας, χωρίς να ταχθούν ενάντια στο πνεύμα της απελευθέρωσης του αγροτικού χώρου που επιβάλει η νέα πραγματικότητα, (Fennell, 1999).

4.7.4. Στάδια Καλλιέργειας του Βαμβακιού

Η καλλιέργεια βάμβακος ακολουθεί την εξής διαδικασία (Φαρδή,1981):

a. εναλλαγή καλλιεργειών
b. κατεργασία-προετοιμασία εδάφους
c. σπορά
d. διαχείριση ζιζανίων
e. λίπανση
f. φυτοπροστασία
g. άρδευση
h. συγκομιδή

4.7.5. Κόστος παραγωγής βαμβακιού

Αντικειμενικός στόχος όλων των επιχειρήσεων και κατά συνέπεια των γεωργικών εκμεταλλεύσεων είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους ή η ελαχιστοποίηση της ζημίας. Ως κέρδος καλούμε τη διαφορά των εσόδων εκμετάλλευσης από τις παραγωγικές δαπάνες. Έτσι μια γεωργικά εκμετάλλευση καταβάλλει ορισμένα χρηματικά ποσά, τις λεγόμενες δαπάνες, τα οποία προσπαθεί να είναι λιγότερα από τις εισροές της. Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία της ταυτότητας όλων των παραγόμενων προϊόντων είναι το κόστος παραγωγής. Όταν αναφερόμαστε στο κόστος παραγωγής, εννοούμε το σύνολο των

παραγωγικών δαπανών ανά μονάδα ποσότητας ενός προϊόντος. Συνοδεύει τα αγαθά σε όλη τους τη διαδρομή και σε κάθε κρίκο της εμπορικής τους αλυσίδας, από την μέρα παραγωγής τους μέχρι την τελική χρήση ή κατανάλωσή τους. Αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τις κυβερνήσεις όσον αναφορά τον καθορισμό του ύψους των επιδοτήσεων και τέλος διαμορφώνει το χάρτη της κατανομής των συντελεστών παραγωγής της κάθε οικονομίας (Ματτάς και Πολύμερος, 1997).

Το σημαντικότερο στοιχείο της ταυτότητας όλων των παραγόμενων προϊόντων είναι το κόστος παραγωγής. Ειδικά για την περίπτωση του βαμβακιού, το οποίο καλλιεργούν οι αγρότες της Θεσσαλίας κατά 80%, το κόστος παραγωγής αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη διαμόρφωση του εισοδήματός τους. Επιπλέον θεωρείται ως ένα από τα μέτρα σύγκρισης της ανταγωνιστικότητας των προϊόντων και παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον (Μάττας και Πολύμερος, 1999).

Για τον υπολογισμό του κόστους παραγωγής οι δαπάνες παραγωγής μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

a) Κατά βασικούς παραγωγικούς συντελεστές
b) Κατά ομογενείς ομάδες βασικών δαπανών
c) Διακρινόμενες σε εμφανείς και τεκμαρτές δαπάνες
d) Διακρινόμενες σε σταθερές και μεταβλητές δαπάνες

Όσον αναφορά τους βαμβακοκαλλιεργητές, είναι γεγονός ότι βρίσκονται σε δεινή θέση, διότι το κόστος παραγωγής τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί σε τέτοια επίπεδα που δύσκολα πλέον είναι αντιμετωπίσιμο.

Μια ενδεικτική ανάλυση των στοιχείων που διαμορφώνουν το κόστος παραγωγής μιας μέσης εκμετάλλευσης βαμβακιού σε διεθνές επίπεδο, είναι η ακόλουθη:

- Ενοίκιο (χωραφιών ή μηχανημάτων)
- Κατεργασία εδάφους
- Άρδευση
- Σπορά
- Λίπανση
- Ψεκασμοί
- Συγκομιδή
- Εκκόκκιση
- Λοιπές δαπάνες

Στην παραπάνω ανάλυση δεν έχει ληφθεί υπόψη η απόσβεση του χρησιμοποιούμενου κινητού και ακίνητου εξοπλισμού, οι τόκοι, τα ασφάλιστρα, η συντήρηση καθώς και το επιχειρηματικό κέρδος που έπρεπε να προκύπτει από την παραπάνω δραστηριότητα.

Είναι προφανές ότι ακόμη και με μια καλή μέση παραγωγή/στρέμμα της τάξεως των 300 κιλών/στρέμμα και με την επικρατούσα τιμή πώλησης 0,82 €/κιλό συμπεριλαμβανομένης της επιδοτήσεως ~0,56, για το 2003 η βαμβακοκαλλιέργεια δύσκολα μπορεί να χαρακτηριστεί βιώσιμη καλλιέργεια.

Η αύξηση του κόστους παραγωγής δεν συμβαίνει μόνο στην περιοχή της Θεσσαλίας (Μάττας και Πολύμερος, 1999). Αναφέρεται ότι σύμφωνα με τη διεθνή συμβουλευτική επιτροπή βάμβακος (THE ICAP RECORDER), παρατηρείται διεθνώς μια σημαντική αύξηση του κόστους παραγωγής της καλλιέργειας, που φέρνει σε δύσκολη θέση τους βαμβακοκαλλιεργητές. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της Γουατεμάλας, που αναγκάστηκε να εγκαταλείψει τη βαμβακοκαλλιέργεια λόγω αυξημένου κόστους, παρόλο που η παραγωγικότητα της χώρας ήταν στα ίδια επίπεδα με των ΗΠΑ. Πάντως, η Επιτροπή εκτιμά ότι τα προσεχή χρόνια δεν θα υπάρξει σημαντική περαιτέρω άνοδος των τιμών των εισροών στη βαμβακοκαλλιέργεια, (Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε Λάρισας, 2003).

4.7.6. Εμπειρική Εκτίμηση του κόστους παραγωγής

Στο μεγαλύτερο κέντρο παραγωγής βαμβακιού της χώρας μας, στο θεσσαλικό κάμπο, όπου η βαμβακοκαλλιέργεια έχει και μία παράδοση αιώνων, οι παραγωγοί ξέρουν πολύ καλά πώς θα πετύχουν και υψηλές αποδόσεις και καλή ποιότητα. Αυτό όμως που τους ενδιαφέρει περισσότερο είναι να παράγουν σύμφωνα με το κόστος, που στην πράξη μεταφράζεται σε συγκράτηση, κατά το δυνατόν, του κόστους καλλιέργειας με παράλληλη μεγιστοποίηση της παραγωγής, αφού έτσι πληρώνεται σήμερα το βαμβάκι.

Σύμφωνα με γεωπόνους το βαμβάκι καλλιεργείται όπου υπάρχει νερό, συνεπώς όπου υπάρχουν γεωτρήσεις ή επιφανειακά νερά ή αποθηκευμένα σε ταμιευτήρες, διαθέσιμα για άρδευση, και σε ποικιλία εδαφικών τύπων. Καλύτερα βέβαια είναι τα χωράφια που καλλιεργούνται λίγα χρόνια με βαμβάκι, τα «καθαρά» χωράφια.

Τα τελευταία χρόνια οι τιμές των σπόρων ανέβηκαν και έτσι έχει δημιουργηθεί ένα νέο επίπεδο τιμών ανά στρέμμα. Η σπορά γίνεται γραμμικά. Χρησιμοποιούνται 15-30 σπόροι στο μέτρο ή 1,6-3 kg/στρέμμα. Τα μεγέθη αυτά, φυσικά, επηρεάζονται από

την ποικιλία, το έδαφος, τη συνήθεια, τον τρόπο σποράς ακόμα και την εποχή σποράς.

Μια εμπειρική εκτίμηση του κόστους παραγωγής βαμβακιού, σύμφωνα με παραγωγούς της Λάρισας παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 4.13.. Σχεδόν όλοι οι παραγωγοί νοικιάζουν χωράφια. Χωρίς την προσωπική εργασία, το κόστος χρήματος, τις αποσβέσεις, μια εκτίμηση του κόστους παραγωγής ανά στρέμμα είναι η εξής:

Εργασίες	Δαπάνες € /στρέμμα
Προετοιμασία χωραφιού	12 €
Σπορά	10 €
Εργατικά	9 €
Ζιζανιοκτόνα	7,5 €
Φυτοπροστασία	12 €
Λίπανση	18 €
Συγκομιδή	18 €
Ρεύμα για πότισμα	18 €
Κοκκώδη	3€
Σύνολο	**125,5 €**

Πίνακας 4.13.: Εκτίμηση κόστους παραγωγής βαμβακιού, ανά στρέμμα.

Αν στο κόστος αυτό προστεθεί και το ενοίκιο του εδάφους περίπου 50€/στρέμμα, τότε το κόστος της βαμβακοκαλλιέργειας ανά στρέμμα φτάνει τα **175,5 €/στρέμμα**.

Επίσης, να σημειωθεί ότι στα έξοδα αυτά δεν συμπεριλαμβάνεται το κόστος του νερού και αυτό γιατί στις περισσότερες περιοχές το νερό για άρδευση δεν πληρώνεται και αυτός είναι ο λόγος που γίνεται αλόγιστη χρήση του.

4.7.7. Καλλιεργούμενες Εκτάσεις

Το βαμβάκι αποτελεί αυτή τη στιγμή στο νομό Λάρισας μια από τις πλέον σημαντικές καλλιέργειες, γεγονός που αποδεικνύεται από τα στοιχεία που παρατίθενται παρακάτω παρ' όλες τις διακυμάνσεις που παρουσιάζει.

Η καλλιέργεια του βαμβακιού κατά την περίοδο 1995-1999 ήταν πιο υψηλή στο νομό Λάρισας αγγίζοντας το 46% της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης βαμβακιού στη Θεσσαλία. Αντίθετα, στο νομό Καρδίτσας κάλυπτε ποσοστό 36%, στο νομό

Τρικάλων 11% και τέλος στο νομό Μαγνησίας 7%. Ειδικότερα όμως, στο νομό Λάρισας ήταν:

Έτος	Έκταση σε χιλιάδες στρέμματα
1995	800.558
1996	774.210
1997	682.500
1998	685.443
1999	753.000
2000	674.331
2001	654.155
2002	672.926

Πίνακας 4.14.: Καλλιεργούμενες εκτάσεις στο νομό Λάρισας.

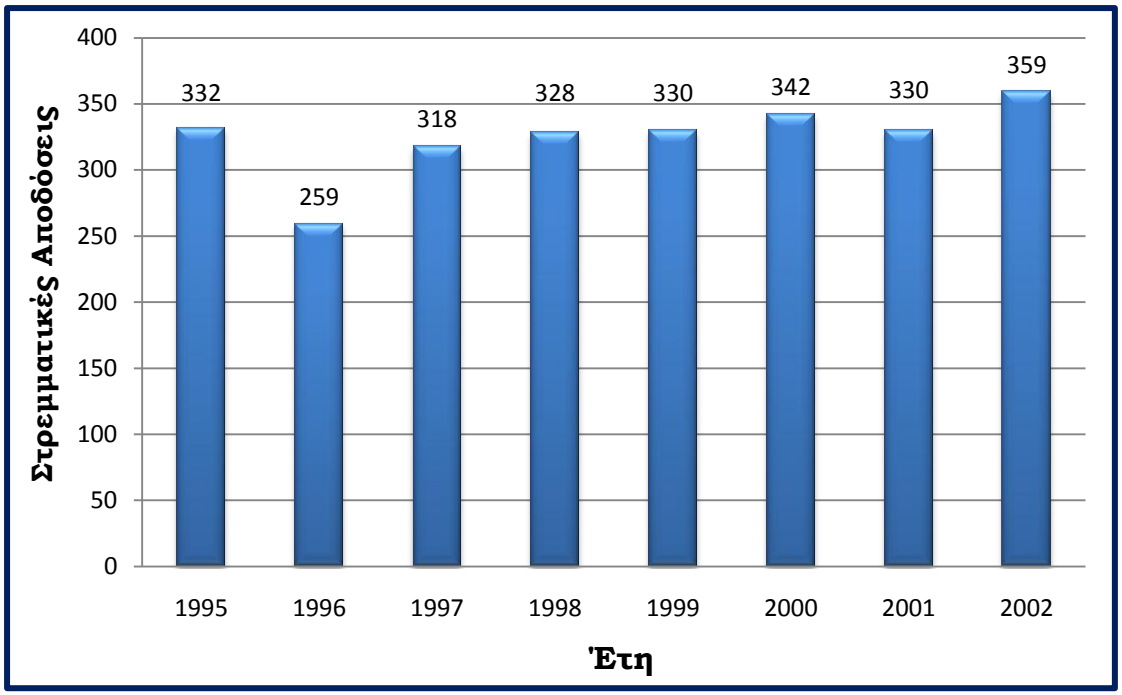
Σύμφωνα με τον πίνακα 4.14. παρατηρείται ότι η καλλιέργεια βαμβακιού στο νομό Λάρισας από 800.558 στρέμματα που ήταν το 1995 παρουσίασε αρκετές αυξομειώσεις μεταξύ των ετών 1995-2002 για να καταλήξει το 2002 στα 651.064 στρέμματα και το 2003 στα 672.926 στρέμματα. Από το 1995-1997 ακολούθησε καθοδική πορεία και έπειτα παρατηρούνται αυξομοιώσεις Από την έκταση που καλλιεργείται κάθε χρόνο στο νομό Λάρισας, το 95% είναι αρδευόμενη ενώ το 5% περίπου ξηρική (Ε.Σ.Υ.Ε, 2003). Η μείωση (κατά μέσο όρο η διαφορά από έτος σε έτος 41.057 στρέμματα) που παρατηρείται στις καλλιεργούμενες με βαμβάκι εκτάσεις, οφείλεται στην αβεβαιότητα για το εισόδημα, στις χαμηλές τιμές και στο υψηλό κόστος παραγωγής. Παρ' όλα αυτά, η καλλιέργεια του βαμβακιού εξακολουθεί να είναι πρώτη στις προτιμήσεις των αγροτών (Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε Λάρισας, 2003).

4.7.8. Στρεμματικές Αποδόσεις

Οι μέσες στρεμματικές αποδόσεις σε σύσπορο βαμβάκι που σημειώνονται στο νομό Λάρισας θεωρούνται πολύ καλές (πίνακας 4.15.):

Έτος	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Στρ. Απόδοση σε κιλά/στρ.	332	259	318	328	330	342	330	359

Πίνακας 4.15.: Εξέλιξη στρεμματικών αποδόσεων βάμβακος στο νομό Λάρισας σε κιλά/στρέμμα.



Διάγραμμα 4.16.: Διαγραμματική απεικόνιση των διακυμάνσεων στις στρεμματικών αποδόσεις του βαμβακιού στο νομό Λάρισας σε κιλά/στρέμμα.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα, αλλά και από το διάγραμμα με βάση τα στοιχεία που δόθηκαν από τον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε, οι μέσες στρεμματικές αποδόσεις σε σύσπορο βαμβάκι παρουσιάζουν ποικιλία κατά την εξέλιξή τους από το 1995 έως το 2002. Το 1995 η μέση στρεμματική απόδοση ήταν 332 κιλά/στρέμμα. Το 1996 μειώθηκε σε 259 κιλά/στρέμμα (διαφορά της τάξεως των 73 κιλών/στρέμμα) σε αντίθεση με το 1997-2000 όπου οι μέσες στρεμματικές αποδόσεις παρουσίασαν αυξητική πορεία, χωρίς μεγάλες διαφορές μεταξύ τους. Το 2001 η μέση στρεμματική απόδοση ήταν 330 κιλά/στρέμμα (ίδια επίπεδα με το 1999) ενώ το 2002 ήταν 359 κιλά/στρέμμα.

Η απόδοση του 2002 είναι και η υψηλότερη μέση απόδοση που παρατηρήθηκε κατά την 8ετία που πέρασε (359 κιλα/στρέμμα). Ο μέσος όρος των στρεμματικών αποδόσεων των καλλιεργειών βάμβακος ήταν περίπου 324,7 κιλά/στρέμμα κατά την οκταετία 1995-2002 στο νομό Λάρισας (Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε Λάρισας, 2003)

Πρέπει να σημειωθεί ότι το βαμβάκι έχει δυνατότητες πολύ υψηλότερων μέσων στρεμματικών αποδόσεων και αυτό οφείλεται στις ευνοϊκές συνθήκες του εναέριου περιβάλλοντος κατά την περίοδο ανάπτυξης του φυτού, αλλά και του επενδεδυμένου στον τομέα του βαμβακιού μηχανολογικού εξοπλισμού, που είναι έγκυρος στην τεχνική του υποδομή (Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε Λάρισας, 2003).

4.8. Βιολογικό Κτηνοτροφικό Ρεβίθι

4.8.1. Γενικά Χαρακτηριστικά

Το ρεβίθι (*Cicer arietinum*) είναι ετήσιο ξηρικό ψυχανθές, που καλλιεργείται από την αρχαιότητα στην περιοχή της Μεσογείου, στην Ινδία, στην Αιθιοπία και στη Μέση Ανατολή. Χρησιμοποιείται στη διατροφή του ανθρώπου ως πηγή υψηλής ποιότητας πρωτεΐνης και υδατανθράκων, ενώ σε μικρότερη έκταση καλλιεργείται για παραγωγή ζωοτροφών. Αυτή η διττή χρήση του ρεβιθιού, για ανθρώπινη κατανάλωση και για ζωοτροφή, έχει οδηγήσει σε μια αντίστοιχη διαφοροποίηση των ποικιλιών.

Έτσι, οι άσπροι και ανοιχτόχρωμοι, μεγάλου μεγέθους καρποί ρεβιθιού προορίζονται, συνήθως, για ανθρώπινη κατανάλωση, ενώ οι καρποί μέσου μεγέθους, ποικίλου χρώματος και σχήματος χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή. Το κτηνοτροφικό ρεβίθι χρησιμοποιείται ως συμπυκνωμένη πρωτεϊνούχα ζωοτροφή στα σιτηρέσια των αγροτικών ζώων, σε αντικατάσταση άλλων πρωτεϊνούχων σπόρων. Για το λόγο αυτό, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το βιολογικό κτηνοτροφικό ρεβίθι αφού μπορεί να αντικαταστήσει πλήρως τη σόγια, στα σιτηρέσια των βιολογικά εκτρεφόμενων ζώων το μεγαλύτερο μέρος της οποίας εισάγεται από το εξωτερικό (Τζουραμάνη κ.α., ΕΘΙΑΓΕ).

Το ρεβίθι αναφέρεται ότι αποτελεί καλό προηγούμενο για το βαμβάκι και ότι ανάμεσα στα ψυχανθή κατέχει εξέχουσα θέση και σαν καλό προηγούμενο του σιταριού (ΚΕΣΠΥ).

Συμβάλλει στην βελτίωση της γονιμότητας των εδαφών, αφού ως ψυχανθές δεσμεύει το άζωτο της ατμόσφαιρας με τη βοήθεια μικροοργανισμών του εδάφους (αζωτοβακτηρίων). Έτσι όχι μόνο δεν χρειάζεται αζωτούχο λίπανση αλλά, επιπλέον, εμπλουτίζει με άζωτο το έδαφος και αυξάνει τη γονιμότητά του με ιδιαίτερα ευεργετικά αποτελέσματα για την καλλιέργεια που ακολουθεί (Κουτής, 2004).

4.8.2. Καλλιεργητικές Απαιτήσεις

Η καλλιέργεια του κτηνοτροφικού ρεβιθιού είναι ετήσια και κατάλληλη για ξερικά χωράφια. Είναι φυτό πολύ ανθεκτικό στην ξηρασία, σε σχέση με τα υπόλοιπα ψυχανθή (Τζουραμάνη κ.α., ΕΘΙΑΓΕ), όμως η άρδευσή του στην περίοδο της άνθησης και καρποφορίας αυξάνει κατά πολύ τις αποδόσεις. Η καλλιέργεια μεγαλώνει κυρίως με το νερό της βροχής, μόνο το 10% καλλιεργείται με άρδευση. Η μέση απόδοση του μη αρδευόμενου ρεβιθιού κυμαίνεται από 400 έως 600 kg ha^{-1}, ενώ όταν η καλλιέργεια αρδεύεται η απόδοση κυμαίνεται 1000-1500 kg ha^{-1} (Sardi and Banai, 1996). Επιπλέον, το ρεβίθι δεν εμφανίζει ιδιαίτερες απαιτήσεις σε λίπανση, αφού έχει τη δυνατότητα να δεσμεύει το άζωτο. Ελάχιστες είναι και οι εδαφικές του απαιτήσεις, ιδιαίτερα όσον αφορά τις ποικιλίες με μικρούς και έγχρωμους σπόρους, γεγονός που επιτρέπει την καλλιέργειά του σε ποικιλία εδαφών. Το ρεβίθι μπορεί να καλλιεργηθεί σε ποικιλία εδαφών από τα ελαφρά αμμώδη μέχρι και τα αργιλώδη. Τα εδάφη δεν πρέπει να κρατούν νερό. Είναι ευαίσθητη καλλιέργεια στα αλατούχα και στα αλκαλικά εδάφη.

Η σημαντικότερη ασθένεια του ρεβιθιού είναι ο μύκητας ασκόχυτα, που μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές έως και ολοκληρωτικές απώλειες της παραγωγής. Απαιτείται, επομένως, η επιλογή κατάλληλων ποικιλιών, ανθεκτικών στον παραπάνω μύκητα, αφού η χρήση μυκητοκτόνων κρίνεται ανεπαρκής και μη συμφέρουσα. Τέτοιες ποικιλίες είναι η Άνδρος, η Αμοργός και η Σέριφος. Ο κίνδυνος της ασκοχύτωσης, αποτελεί και το μεγαλύτερο μειονέκτημα στη βιολογική καλλιέργεια του κτηνοτροφικού ρεβιθιού. Η εξάπλωση της καλλιέργειας περιορίζεται επίσης από τη μικρή αντοχή των υπαρχόντων ποικιλιών στις χαμηλές θερμοκρασίες που ευνοούν την ανοιξιάτικη σπορά. Είναι νέα καλλιέργεια και η σποροπαραγωγή της άρχισε το 2001 (Τζουραμάνη κ.α., ΕΘΙΑΓΕ).

4.8.3. Παραγωγή και Κατανάλωση

Σήμερα το ρεβίθι καλλιεργείται σε πάρα πολλές χώρες της Ν. και Δ. Ασίας, της Β. και Α. Αφρικής, της Ν. Ευρώπης, της Ν. και Β. Αμερικής και στην Αυστραλία. Οι

κυριότερες χώρες παραγωγής είναι η Ινδία, όπου παράγεται το 60% της συνολικής ποσότητας και ακολουθούν το Πακιστάν, το Ιράν και η Τουρκία. Το ρεβίθι αποτελεί σημαντικό είδος διατροφής και κύρια πηγή πρωτεΐνης, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Στις χώρες αυτές καλλιεργείται χωρίς άρδευση καθώς οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες και καθόλου επαρκής (Saxena et al., 1996). Παρόλο που η αποδοτικότητα των καλλιεργειών εξαρτάται από τις γενετικές του δυνατότητες, είναι το περιβάλλον και /ή η διαχείριση του συστήματος παραγωγής της καλλιέργειας που εφαρμόζεται που καθορίζουν εάν είναι δυνατόν να φτάσει την μέγιστη απόδοση. Στο Μεσογειακό περιβάλλον των χωρών της Ν. και Δ. Ασίας, της Β. και Α. Αφρικής (WANA), όπου έχουν κρύους και υγρούς χειμώνες (Δεκέμβριος-Φεβρουάριος) και ζεστά και ξηρά καλοκαίρια (Ιούνιος-Αύγουστος), το ρεβίθι παραδοσιακά σπέρνεται την άνοιξη (Μάρτιος-Απρίλιος), το οποίο αντιστοιχεί περίπου με το τέλος των βροχοπτώσεων στην περιοχή. Έτσι, την άνοιξη που σπέρνεται το ρεβίθι η ανάπτυξή του σε μεγάλο βαμθό γίνεται από την υγρασία που έχει παραμείνει στο έδαφος. Όσο περνάει η σεζόν, η καλλιέργεια είναι εκτεθειμένη σε αυξημένο έλλειμμα υγρασίας και θερμότητας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μειωμένες αποδόσεις, γεγονός που πολλές φορές αποθαρρύνει τους γεωργούς να επενδύσουν για την παραγωγή της καλλιέργειας (Oweis et al., 2004).

Η καλλιέργεια του κτηνοτροφικού ρεβιθιού εμφανίζεται πιο περιορισμένη, αν και σε ορισμένες χώρες, χρησιμοποιείται στη διατροφή των ζώων όχι μόνο ο καρπός, αλλά και ο σανός του ρεβιθιού. Όσον αφορά την Ελλάδα, εντοπίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές όπως είναι ο νομός Γρεβενών, για τον οποίο αποτελεί παραδοσιακή καλλιέργεια. Εμφανίζει, όμως, καλές προοπτικές ανάπτυξης και επέκτασης τα επόμενα χρόνια (Τζουραμάνη κ.α., ΕΘΙΑΓΕ).

Τα τέλη της δεκαετίας του 1970, το Διεθνές Κέντρο για την Γεωργική Έρευνα στις ξηρές περιοχές (International Center for Agricultural Research in the Dry Area, ICARDA) ξεκίνησε ένα ερευνητικό πρόγραμμα για τη μελέτη και την ανάπτυξη των ποικιλιών του ρεβιθιού που προορίζονται για σπορά το χειμώνα. Ως αποτέλεσμα το ICARDA, σε συνεργασία το Διεθνές Ινστιτούτο Ερευνών Καλλιεργειών για ημι-άνυδρες Περιοχές (International Crops Research Institute for the Semi Arid Tropics,

ICRISAT) και την Εθνική Αγροτική Έρευνα Συστημάτων (National Agricultural Research, NARS) της WANA έχει αναπτύξει μία ποικιλία ρεβιθιού που σπέρνεται το χειμώνα και ξερνά σε παραγωγικότητα την ποικιλία του ανοιξιάτικου ρεβιθιού. Η ποικιλία αυτή παρουσιάζει επίσης μεγαλύτερη σταθερότητα στην απόδοση, και στην μηχανική συγκομιδή και επίσης αυξημένη βιολογική δέσμευση του αζώτου (Singh and Saxena, 1996). Επιπλέον, η ποικιλία του χειμώνα επωφελείται πλήρως από τις βροχοπτώσεις κατά τη φάση ανάπτυξής της. Η χρήση της επομένως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και σε περιοχές που είναι πολύ ξηρές κατά τη διάρκεια της άνοιξης. Πολύ σημαντικό ρόλο ωστόσο μπορεί να διαδραματίσει η περιορισμένη άρδευση στην ενίσχυση και σταθεροποίηση της παραγωγικότητας τόσο της ποικιλίας που σπέρνεται την άνοιξη (Soltani et al., 2001) όσο και της ποικιλίας που σπέρνεται το χειμώνα (Zhang et al., 2000).

Η χρησιμοποιούμενη ποσότητα σπόρου είναι 18-20 κιλά για τις μεγαλόσπερμες και 14-16 κιλά για τις μικρόσπερμες και μεσόσπερμες ποικιλίες (ΚΕΣΠΥ).

4.8.4. Συγκομιδή

Τα ρεβύθια δεν τινάζουν σπόρους στο χωράφι και γι' αυτό αφήνονται τα φυτά να ξεραθούν εντελώς μέχρι να ρίξουν τα φύλλωμά τους. Ο θερισμός και ο αλωνισμός των φυτών στα ρεβύθια γίνεται ταυτόχρονα. Χρησιμοποιούνται οι κοινές θεριζοαλωνιστικές μηχανές σιταριού με κατάλληλη ρύθμιση των κοσκίνων και του αέρα καθώς και των στροφών του τυμπάνου της μηχανής (αριθμός στροφών 400-450), (ΚΕΣΠΥ).

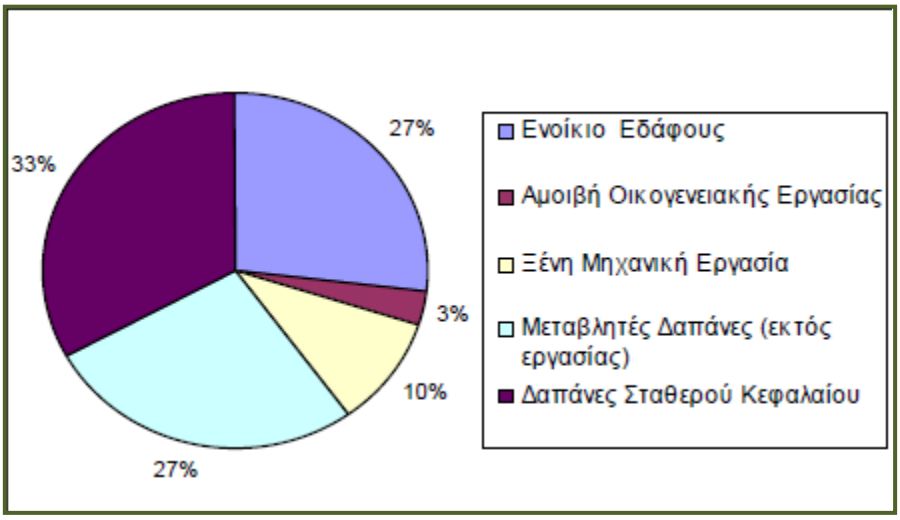
4.8.5. Απόδοση – Τιμή

Από τα διαθέσιμα στοιχεία για την καλλιεργητική περίοδο 2006-2007, προκύπτει ότι η μέση απόδοση για το βιολογικό κτηνοτροφικό ρεβίθι είναι 121,3 κιλά/στρέμμα, ενώ η μέγιστη απόδοση φτάνει τα 220 κιλά/στρέμμα. Η ελάχιστη απόδοση που αναφέρεται στη βιβλιογραφία είναι 50 κιλά/στρέμμα, σημειώνεται όμως, ότι η προσβολή από ασκόχυτα μπορεί να μηδενίσει την παραγωγή. Η μέση τιμή πώλησης, για την ποσότητα που δεν ιδιοκαταναλώνεται, είναι 0,68 €/κιλό, η ελάχιστη τιμή 0,3 €/κιλό και η μέγιστη τιμή 2 €/κιλό (Τζουραμάνη κ.α., ΕΘΙΑΓΕ).

Με βάση το ισχύον Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης και Ελέγχου (ΟΣΔΕ) της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το κτηνοτροφικό ρεβίθι μπορεί να δηλωθεί ως όσπριο και να ενισχυθεί με 18.1 ευρώ ανά στρέμμα (Κουτής, 2004).

4.8.6. Κόστος Παραγωγής

Το μέσο κόστος παραγωγής του βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού φτάνει τα 71 €/στρέμμα. Το 27% των συνολικών παραγωγικών δαπανών αφορά το ενοίκιο του εδάφους, ενώ μόνο το 13% την εργασία, καθώς η καλλιέργεια είναι πλήρως εκμηχανισμένη (Σχήμα 4.17.). Οι βασικές καλλιεργητικές φροντίδες στην περίπτωση του βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού είναι το όργωμα και η κατεργασία του εδάφους (καλλιεργητής και σβάρνα), η σπορά, το κυλίνδρισμα και η συγκομιδή. Τονίζεται, ακόμη, ότι ***η καλλιέργεια είναι ξηρική και επομένως δεν υπολογίζεται κόστος άρδευσης***. Οι δαπάνες σταθερού κεφαλαίου (απόσβεση μηχανημάτων, συντήρηση, ασφάλιστρα και τόκοι) αποτελούν το 32% των συνολικών δαπανών, γεγονός που αποδεικνύει ότι η καλλιέργεια είναι περισσότερο εντατική σε κεφάλαιο. Το σύνολο των μεταβλητών δαπανών (εκτός της εργασίας) συμμετέχει με ποσοστό 27% στις συνολικές παραγωγικές δαπάνες, και αφορά κυρίως τα καύσιμα και λιπαντικά και το κόστος του, πιστοποιημένου και ανθεκτικού στον ασκόχυτα, σπόρου. Οι παραγωγοί δηλώνουν μηδενικό κόστος όσον αφορά τα φάρμακα και τα λιπάσματα, λόγω του βιολογικού τρόπου παραγωγής του προϊόντος, της αναποτελεσματικότητας των μυκητοκτόνων στην ασκοχύτωση και των περιορισμένων απαιτήσεων σε αζωτούχο λίπανση (Πίνακας 4.18.).



Σχήμα 4.17.: Διαμόρφωση του κόστους παραγωγής ανά στρέμμα Βιολογικού Κτηνοτροφικού Ρεβιθιού (Τζουραμάνη κ.α., ΕΘΙΑΓΕ).

Μεταβλητές Δαπάνες	Κόστος/ στρέμμα
Λιπάσματα - Φάρμακα	0,00 €
Καύσιμα και Λιπαντικά	7,17 €
Κόστος Σπόρων	6,33 €
Λοιπές Δαπάνες	2,71 €
Ξένη Μηχανική Εργασία	7,00 €
Δαπάνες Πιστοποίησης	3,24 €
Σύνολο	**26,45 €**

Πίνακας 4.18.: Μεταβλητές Δαπάνες ανά Στρέμμα Βιολογικού Κτηνοτροφικού Ρεβιθιού, (Τζουραμάνη κ.α., ΕΘΙΑΓΕ).

Επισημαίνεται ότι, για να είναι βιώσιμη η καλλιέργεια του βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού θα πρέπει η τιμή πώλησης του προϊόντος να υπερβαίνει τα 0,22 €/κιλό, έτσι ώστε να μπορούν να καλυφθούν οι μεταβλητές δαπάνες παραγωγής του προϊόντος.

4.8.7. Ακαθάριστη Πρόσοδος – Κέρδος

Η μέση ακαθάριστη πρόσοδος ανά στρέμμα βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού υπολογίζεται στα 116,6 €/στρέμμα, η ελάχιστη ακαθάριστη πρόσοδος είναι 25,6 €/στρέμμα και η μέγιστη 403,7 €/στρέμμα. Στον υπολογισμό της ακαθάριστης προσόδου συμπεριλαμβάνεται και η επιδότηση για την βιολογική παραγωγή που φτάνει τα 33,5 €/στρέμμα. Το μέσο κέρδος φτάνει τα 45,6 €/στρέμμα, με πιθανότητα αρνητικού αποτελέσματος (ζημία) 17%. Το μέγιστο κέρδος φτάνει τα 336,5 €/στρέμμα και το ελάχιστο τα -45,4 €/στρέμμα. Χωρίς την επιδότηση για το βιολογικό τρόπο παραγωγής, η πιθανότητα αρνητικού αποτελέσματος φτάνει το 57% και το μέσο κέρδος εκτιμάται στα 12,1 €/στρέμμα (Τζουραμάνη κ.α., ΕΘΙΑΓΕ).

4.8.8. Προοπτικές καλλιέργειας

Θετικοί παράγοντες

- ✓ Η πλήρης εκμηχάνισή της και οι μικρές απαιτήσεις της σε εργασία.
- ✓ Οι ελάχιστες απαιτήσεις της σε λίπανση και γονιμότητα εδάφους.
- ✓ Η συμβολή της στη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους, λόγω της ικανότητας της να δεσμεύει το άζωτο.
- ✓ Η ανθεκτικότητα του φυτού στην ξηρασία.

- ✓ Η χρήση του παραγόμενου προϊόντος στα σιτηρέσια των αγροτικών ζώων, σε αντικατάσταση άλλων πρωτεϊνούχων σπόρων, όπως η σόγια (κυρίως στη βιολογική κτηνοτροφία).
- ✓ Η υψηλή θρεπτική αξία των σπόρων του ρεβιθιού και οι ελάχιστοι αντιθρεπτικοί παράγοντες που περιέχονται σε αυτούς.

Αρνητικοί παράγοντες

- × Οι μεγάλες απώλειες στην παραγωγή που μπορεί να προκαλέσει η προσβολή από ασκόχυτα και οι περιορισμένες δυνατότητες αντιμετώπισης της ασθενείας με μυκητοκτόνα.
- × Το υψηλό κόστος αγοράς του πιστοποιημένου σπόρου, ειδικά για τις ανθεκτικές στον ασκόχυτα ποικιλίες.
- × Η μικρή αντοχή των υπαρχόντων ποικιλιών στις χαμηλές θερμοκρασίες.

Ακολουθεί Πίνακας 4.20., με βιβλιογραφική ανασκόπηση των άρθρων σχετικά με το βιολογικό κτηνοτροφικό ρεβίθι που διαβάστηκαν, προκειμένου να γραφτεί η παραπάνω ενότητα.

	Objective(s)	Location	Citation
1.	**Response of chickpea cultivars and pea to irrigation and planting rates**	Western Triangle Agriculture Research Center, Conrad, MT	Gr. Jackson, J. Miller, P. Miller, J. Riesselmann, (2003)
2.	**A simple model for chickpea growth and yield**	Tabriz , Iran	A. Soltani, K. Ghassemi-Golezani, F.R. Khooie, M. Moghaddam, (1999)
3.	**Water use efficiency of winter-sown chickpea under supplemental irrigation in a Mediterranean environment**	Mosul, Iraq	Th. Oweis, Ah. Hachumb, M. Pala, (2004)
4.	**Water use of chickpea: Response to genotype and planting density**	South Africa	J.B.O. Ogola, N. Thangwana & C. Mathews, (2009)
5.	**Alternate forage crops when Irrigation water is limited**	Canada	Edward L. Moore, P.Ag, (2005)
6.	**Efficient Water Use: Policy For Promotion off ID Crops**	India	Central Research Institute for Dryland Agriculture, BAIF Institute for Rural Development-K
7.	**Irrigated chickpea management**	Trevor Bray, Pulse Australia South-East	Pulse Australia, (2010)
8.	**The Response of Chickpea Cultivars to Field Water Deficit**	Tabriz, Iran	Ghassemi-golezani k., b. Dalil, a. D. Muhammadi-nasab, s. Zehtab-salmasi, (2008)
9.	**Seasonal Water Needs and Opportunities for Limited Irrigation for Colorado Crops**	Colorado	J. Schneekloth and A. Andales, (2009)
10.	**A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semiarid an environment**	Tabriz, Iran	A. Soltani, F. R. Khooie, K. Ghassemi-Golezani, M. Moghaddam, (2001)
11.	**Adaption of Chickpea in the West Asia and North Africa Region**	Aleppo, Syria and India	N. P. Saxena, M. C. Saxena, C. Johansen, S. M. Virmani, and H. Harris, (1996)
12.	**Winter Chickpea in Mediterranean-Type Environments, A Technical Bulletin**	Aleppo, Syria	K.B. Singh, M.C. Saxena, (1996)
13.	**Water use and water use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment**	Australia	H. Zhang, M. Pala, T. Oweis, T.H. Harris, (2000)
14.	**Βιολογικό Κτηνοτροφικό Ρεβίθι**	Greece	Ε. Τζουραμάνη, Αλ. Σιντόρη, Αγ. Λιοντάκης, Π. Ναβρούζογλου, Μ. Παπαευθυμίου, Π. Καρανικόλας και Γ. Αλεξόπουλος
15.	**Κτηνοτροφικό Ρεβίθι: Η καλύτερη και ασφαλέστερη απάντηση των γεωργών και καταναλωτών στην γενετικά τροποποιημένη σόγια**	Greece	Κ. Κουτής, (2004)

Πίνακας 4.20.: Βιβλιογραφική ανασκόπηση για την καλλιέργεια του βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού.

Objective(s)	Location	Citation
Γεωργία Ακριβείας: Προοπτικές εφαρμογής στην Ελλάδα και στην Νότια Ελλάδα	Ελλάδα	Γέμπτος Θ.Α., Φούντας Σπ., Μαρκινός Α., Blackmore S., 2002
Mapping Crop Evapotranspiration and Water Crop water requirements Estimation in central Greece	Greece	Sakellariou-Makrantonaki M., Vagenas I.M., 2006
Sustainable Cotton Production	Germany	Bayer CropScience, responsible for Content: Dr. Rüdiger Schaub
Water use efficiency and Water productivity in Greece	Greece	Karamanos A., Aggelides S., Londra p.
Υδατοκατανάλωση των καλλιεργειών στο νομό Λάρισας	Ελλάδα	Σακελλαριού-Μακραντωνάκη Μ., Βαγενάς Ι.Μ., 2004
Συνολικές Ανάγκες των καλλιεργειών του Θεσσαλικού κάμπου	Ελλάδα	Σακελλαριού-Μακραντωνάκη Μ., 1996
Εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας στην καλλιέργεια βαμβακιού στην Ελλάδα: Κόστος εφαρμογής και οικονομικά αποτελέσματα	Ελλάδα	Μυγδάτος Ε., Γέμτος Θ., Μαρκινός Αθ., 2004
Η γεωργία ακριβείας στην καλλιέργεια βάμβακος	Ελλάδα	HydroSense, www.agronews.gr
Οδηγός Διαχείρισης Νερού	Ελλάδα	Μπαξεβάνος Δ., 2001
Υδατικές Απαιτήσεις των καλλιεργειών βάμβακος, καλαμποκιού, βιομηχανικής ντομάτας και τεύτλων στο Θεσσαλικό χώρο	Greece	Β. Σαμαράς
Τα μεσογειακά προϊόντα ως παραδοσιακά ελληνικά προϊόντα και το μέλλον των μηχανισμών στήριξής τους	Ελλάδα	Μάττας Κ και Κ. Πολύμερος, 1999
Προτάσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τη μεταρρύθμιση των μεσογειακών προϊόντων (βαμβάκι)	Ελλάδα	Γεωπονικός Σύλλογος Μακεδονίας-Θράκης, 2003
Estimation of Actual Evapotranspiration by Remote Sensing: Application in Thessaly Plain, Greece	Greece	Tsouni A., Kontoes Ch., Koutsoyiannis D., Elias P. and Mamassis N., 2008
Συστήματα στενών ή πολύ στενών γραμμών ως εναλλακτικά συστήματα παραγωγής βάμβακος	Ελλάδα	Νταράουσε Μ.
The water footprint of Cotton Consumption	The Netherlands	Chapagain A.K., Hoekstra A.Y., Savelije H.H.G., Gautam R., 2005

Πίνακας 4.21.: Βιβλιογραφική ανασκόπηση για την καλλιέργεια του βαμβακιού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Παίγνιο Καλλιεργειών

5.1. Εισαγωγή

Θα εξετάσουμε το πρόβλημα που αντιμετωπίζει η περιοχή της Θεσσαλίας με την κατανάλωση του νερού για γεωργική χρήση. Το πρόβλημα θα συνδυάσει τα βασικά προβλήματα της διαχείρισης του γεωργικού νερού και τις αλλαγές που πρέπει να γίνουν μέχρι το 2015 στη χώρα με βάση την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/60. Πιο συγκεκριμένα, θα γίνει μία προσπάθεια να δούμε τη διάθεση των αγροτών της περιοχής να αλλάξουν καλλιέργεια, από αυτή που καλλιεργούν σήμερα, δηλαδή το βαμβάκι. Όπως έχουμε αναφέρει στο προηγούμενο κεφάλαιο είναι μία καλλιέργεια με υψηλές απαιτήσεις σε νερό. Επομένως, αυτό που θα εξετάσουμε είναι ένα δυναμικό παίγνιο όπου θα αλλάζει η τιμή κοστολόγησης του νερού με την πάροδο των χρόνων, ώστε να δούμε εάν οι δυο αγρότες που καλλιεργούν τα ίδια στρέμματα μεν, αλλά διαφορετικές καλλιέργειες (βαμβάκι – Βιολογικό Κτηνοτροφικό Ρεβίθι), αν θα έχουν κέρδος και κίνητρο αλλάζοντας καλλιέργεια. Ουσιαστικά, το παίγνιο έχει να κάνει με την ποσότητα του νερού (m^3) που θα χρησιμοποιείται για άρδευση από τους αγρότες και την τιμή του ανά κυβικό μέτρο (€/m^3). Αυτό που περιμένουμε επομένως, είναι όσο ότι περισσότερο θα πληρώνουν οι αγρότες το νερό, τόσο πιο ορθολογική χρήση θα του κάνουν. Πιθανότατα κάποια στιγμή όταν η τιμή του έχει αυξηθεί τόσο πολύ, όσο είναι σήμερα στο Ισραήλ για παράδειγμα 1,7 – 2,5 €/m^3, θα κάνουν πολύ σωστή χρήση και στραφούν σε καλλιέργειες με χαμηλές απαιτήσεις σε νερό.

5.2. Στήσιμο Παιγνίου

5.2.1. Παίκτες

Οι παίκτες στο παίγνιο θα είναι δύο αγρότες, οι οποίοι καλλιεργούν εδώ και 7 χρόνια χωράφια στην περιοχή της Θεσσαλίας και πιο συγκεκριμένα, επειδή οι τιμές πώλησης

και απόδοσης των καλλιεργειών βαμβακιού και σιταριού είναι από το νομό Λαρίσης, θα υποθέσουμε ότι τα χωράφια τους βρίσκονται στο νομό αυτό.

Θεωρούμε ότι καλλιεργούν και οι δύο 100 στρέμματα, τα οποία τους προσφέρουν μέσες αποδόσεις και στις δύο καλλιέργειες.

Έτσι οι παίκτες μας είναι ο **Αγρότης Ι** και ο **Αγρότης ΙΙ**.

Στα δυναμικά παίγνια είναι πολύ οι αμοιβές και οι αξίες των παικτών, αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Οι μεταβαλλόμενες συνθήκες, μπορούν να αλλάξουν τη δομή του παιγνίου, τις ισορροπίες και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη θεωρία παιγνίων. Επομένως, εκτός από μας που θα είμαστε οι 'δημιουργοί' του παιχνιδιού, και οι παίκτες που εμπλέκονται, δηλαδή οι αγρότες θα πρέπει να γνωρίζουν τις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Η έγκαιρη γνώση της μεταβαλλόμενης δομής του παιχνιδιού μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικές συμπεριφορές από τους παίκτες ώστε να μειώσουν τον κίνδυνο μελλοντικών μειωμένων αμοιβών.

Τα προβλήματα που είναι σχετικά με το νερό συχνά εξελίσσονται. Στην περίπτωσή μας αυτό σημαίνει ότι οι Αγρότες θα πρέπει να γνωρίζουν ότι στα πλαίσια της εφαρμογής στην ελληνική γεωργία της Οδηγίας - Πλαίσιο 2000/60 οι τιμές που πληρώνουν για το νερό τα επόμενα χρόνια θα αλλάξουν. Αυτό θα τους κάνει να γνωρίζουν ότι τα επόμενα χρόνια θα πρέπει να στραφούν σε καλλιέργειες που θέλουν λιγότερες ποσότητες νερό για να αναπτυχθούν, αλλά παράλληλα να προσπαθήσουν όσο μπορούν να περιορίσουν τις απώλειες.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι ένα από τα πιο βασικά χαρακτηριστικά της ελληνικής γεωργίας, είναι τα απαρχαιωμένα αρδευτικά δίκτυα και οι χρήση μεθόδων άρδευσης με μεγάλες απώλειες, όπως η μέθοδος καταιονισμού που όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3, το μεγαλύτερο ποσοστό των καλλιεργούμενων εκτάσεων στην περιοχή αρδεύονται με τη συγκεκριμένη μέθοδο, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ακόμα περισσότερο η ποσότητα του νερού που πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, θα στηθούν οι στρατηγικές και οι αμοιβές των παικτών. Το παιχνίδι μας θα είναι δυναμικό με εξέλιξη σε **25 χρόνια**. Δηλαδή, θα δούμε πως θα εξελιχθούν οι επιλογές των παικτών μέσα σε αυτά τα χρόνια.

5.2.2. Στρατηγικές

Όπως αναφέρθηκε το παίγνιο έχει να κάνει με τις καλλιέργειες, επομένως οι στρατηγικές θα είναι:

Καλλιέργεια Α = Βαμβάκι

Καλλιέργεια Β = Βιολογικό Κτηνοτροφικό Ρεβίθι

Ουσιαστικά, είναι το καθαρό κέρδος των αγροτών, το οποίο αλλάζει ανάλογα με την καλλιέργεια. Θα αναλυθούν παρακάτω όλα τα βήματα υπολογισμού.

Βήμα 1ο : Υπολογισμός Μεικτού Κέρδους Καλλιέργειας Α.

Αγρότης Ι

Καλλιέργεια Α: Βαμβάκι

Θεωρούμε ότι ο συγκεκριμένος γεωργός καλλιέργησε το 2003 συνολικά 100 στρέμματα βαμβάκι. Γνωρίζουμε ότι 1στρέμμα δίνει ~ 300kg βαμβάκι, επομένως θα χρησιμοποιήσουμε αυτό σαν δεδομένο, ώστε με τις τιμές που πουλήθηκε το βαμβάκι το 2003, να υπολογίσουμε το μεικτό κέρδος του.

Η τιμή (εμπορική αξία) του βαμβακιού = 0,36 €/ kg
Επιδότηση (από ΕΕ) = 0,46 €/ kg + 0,22 €/ kg
Καλλιέργεια = 100 στρέμματα
Παραγωγή = 300kg/ στρέμμα

Υπολογισμός Ακαθάριστης Αξίας Παραγωγής = (0,36 €/ kg * 300kg/ στρέμμα) * 100 στρέμματα = **10.800 €**

Ακαθάριστη Πρόσοδος = Ακαθάριστη αξία παραγωγής + Επιδοτήσεις + ασφαλιστικές αποζημιώσεις =

= 10.800 € + {(0,46 * 300kg/στρ. + 0,22 * 300kg/στρ.)} * 100 στρ. =

= 10.800 € + (138 €/στρ. + 66 €/στρ.) *100 στρ. = 10.800 € + 20.400 € = **31.200 €**

31.200 € / 100 στρέμματα = 312 €/στρέμμα

είναι το κέρδος του Αγρότη Ι.

Βήμα 2ο : Υπολογισμός Μεικτού Κέρδους Καλλιέργειας Β.

Αγρότης ΙΙ

Καλλιέργεια Β: Βιολογικό Κτηνοτροφικό Ρεβίθι

Θεωρούμε ότι ο συγκεκριμένος γεωργός καλλιέργησε την περίοδο 2006-2007 συνολικά 100 στρέμματα βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού. Γνωρίζουμε ότι η μέση απόδοση της καλλιέργειας την περίοδο αυτή ήταν 1στρέμμα δίνει ~ 121,3kg ρεβίθι, επομένως θα χρησιμοποιήσουμε αυτό σαν δεδομένο, ώστε με τις τιμές που πουλήθηκε, να υπολογίσουμε το μεικτό κέρδος του.

Η μέση τιμή πώλησης (εμπορική αξία) = 0,68 €/ kg
Επιδότηση (από ΕΕ) = 33,5 €/στρ.
Καλλιέργεια = 100 στρέμματα
Παραγωγή = 121,3 kg/ στρέμμα

Υπολογισμός Ακαθάριστης Αξίας Παραγωγής = (0,68 €/ kg * 121,3 kg/ στρέμμα) * 100 στρέμματα = 8.248,4 €

Ακαθάριστη Πρόσοδος = Ακαθάριστη αξία παραγωγής + Επιδοτήσεις + ασφαλιστικές αποζημιώσεις =

= 8.248,4 € + (33,5 €/στρ. * 100 στρ.) =

= 8.248,4 € + 3.350 € = **11.598,4 €**

11.598,4 €/ 100 στρέμματα = 116 €/στρέμμα

είναι το κέρδος του Αγρότη ΙΙ.

Παρατηρούμε ότι η διαφορά στο μεικτό κέρδος για τον κάθε αγρότη είναι πολύ μεγάλη. Σχεδόν 50% περισσότερο κέρδος έχει ο Αγρότης Ι που καλλιεργεί βαμβάκι.

Βήμα 3ο : Υπολογισμός Δαπανών, Καλλιέργειας Α.

Αγρότης Ι

Α. Μεταβλητό Κόστος Βαμβακοκαλλιέργειας

Όπως αναφέρθηκε-υπολογίστηκε στο Κεφάλαιο 4, στην «Εκτίμηση του κόστους παραγωγής της βαμβακοκαλλιέργειας» το μέσο κόστος είναι περίπου **125,5 €/στρέμμα** και αν σε αυτό προστεθεί και το ενοίκιο του εδάφους, που είναι περίπου 50€/στρέμμα, τότε το κόστος της βαμβακοκαλλιέργειας φτάνει τα **175,5 €** ανά στρέμμα.

Στο παίγνιο που θα εξετάσουμε θεωρούμε ότι και οι δύο Αγρότες (Ι και ΙΙ) δεν νοικιάζουν χωράφια, αλλά και τα 100 στρέμματα που έχουν στη διάθεσή τους να καλλιεργήσουν είναι δικά τους.

Επομένως, το μέσο κόστος παραγωγής ανέρχεται στα **125,5 €/στρέμμα**

<u>Μεταβλητό Κόστος:</u> 125,5 €/στρέμμα * 100 στρέμματα = 12.550 €

Όμως να σημειωθεί ότι στο ποσό αυτό *δεν περιλαμβάνονται* κατ' αρχήν *η τιμή του νερού*, η οποία θα προστεθεί ξεχωριστά. Επίσης, δεν υπολογίζονται οι *δαπάνες σταθερού κεφαλαίου* δηλαδή: απόσβεση μηχανημάτων, συντήρηση, ασφάλιστρα, τόκοι.

Β. Κόστος νερού Βαμβακοκαλλιέργειας

Οι τιμές νερού που θα χρησιμοποιήσουμε είναι:

a. Τιμή νερού = Τιμή αρδευτικού νερού σήμερα = 0,02 - 0,08,
   θα λάβουμε μία μέση τιμή ~ 0,05 €/m^3
b. Τιμή νερού = Τιμή πόσιμου νερού = 0,38 €/m^3
c. Τιμή νερού = ενδιάμεση τιμή μεγάλης αύξησης της τιμής του νερού = 1 €/m^3

d. Τιμή νερού = τιμή αρδευτικού νερού στο Ισραήλ = 1,7 - 2,5 €/m3, θα λάβουμε σαν τιμή ~ 2 €/m^3

Με βάση αυτές τις τιμές και τις υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας βαμβακιού, οι οποίες θα υπολογιστούν στο επόμενο βήμα θα έχουμε το κόστος του νερού σε κάθε μία από τις 4 περιπτώσεις, για την καλλιέργεια 100 στρεμμάτων βαμβακιού.

Επομένως, σύμφωνα με τα παραπάνω το Καθαρό Κέρδος για τον Αγρότη Ι δίνεται από την παρακάτω σχέση:

Καθαρό Κέρδος Αγρότη Ι = Ακαθάριστη Πρόσοδος – Μεταβλητό Κόστος – Κόστος Νερού

Βήμα 4ο: Υπολογισμός Υδατικών Απαιτήσεων της Καλλιέργειας του Βαμβακιού.

Η βλαστική περίοδος του βαμβακιού είναι περίπου 160 ημέρες. Σύμφωνα με τη μέθοδο FAO Penman-Monteith η ανάπτυξη του βαμβακιού από την ημέρα σποράς, χωρίζεται σε τέσσερα στάδια και σε κάθε στάδιο έχει υπολογισθεί πειραματικά ο φυτικό συντελεστής Kc[2].

Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
	0,79	1,27	1,84	2,91	4,06	5,41	6,16	5,45	3,60	1,94	1,07	0,75

Πίνακας 5.1.: Μέσοι όροι της ανά μήνα μέσης ημερήσιας τιμής της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ETr) σε mm ύψος βροχής, των σταθμών του Υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας, που εκτιμήθηκε με τη μέθοδο FAO Penman-Monteith (P-M).

Καλλιέργεια	Αρχικό Στάδιο	Στάδιο Ταχείας Ανάπτυξης	Μέση Περίοδος	Τελικό Στάδιο
Βαμβάκι	0,45	0,70	1,05	0,60

Πίνακας 5.2.: Φυτικοί συντελεστές Kc, κατά στάδιο ανάπτυξης, τεσσάρων βασικών ετήσιων καλλιεργειών, προσαρμοσμένων στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδος για χρήση με την συνδυασμένη μέθοδο FAO Penman-Monteith (Ζ. Παπαζαφειρίου, 1999).

Το 1ο στάδιο Ανάπτυξης είναι 30 ημέρες και ο φυτικό συντελεστής Kc= 0,45

Το 2ο στάδιο Ανάπτυξης είναι 60 ημέρες και ο φυτικό συντελεστής Kc= 0,70

Το 3ο στάδιο Ανάπτυξης είναι 45 ημέρες και ο φυτικό συντελεστής Kc= 1,05

[2] http://www.hydrosense.org/eDocuments/Anages_twn_fytwn_se_ardeutiko_nero_B_SAMARAS.pdf

Το 4ο στάδιο Ανάπτυξης είναι 25 ημέρες και ο φυτικό συντελεστής Kc= 0,60

Επομένως η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας βαμβακιού (ETc), υπολογίζεται βάσει της εξίσωσης ETc = Kc*ETr. Η τιμή και κατανομή της (ETc), προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων του Πίνακα 5.1. όπως φαίνεται παρακάτω και έχοντας ως ημερομηνία σποράς, τις 19/4.

1ο Στάδιο: 30 ημέρες

Απρίλιος: 19/4 – 30/4 = 12ημέρες * 2,91mm = 34,92mm

Μάιος: 1/5 – 18/5 = 18 ημέρες * 4,06mm = 73,08mm

Σύνολο= 108mm

2ο Στάδιο: 60 ημέρες

Μάιος: 19/5 – 31/5 = 13 ημέρες * 4,06mm = 52,78mm

Ιούνιος: 1/6 – 30/6 = 30 ημέρες * 5,41mm = 162,3mm

Ιούλιος: 1/7 – 17/7 = 17 ημέρες * 6,16mm = 104,72mm

Σύνολο= 319,8mm

3ο Στάδιο: 45 ημέρες

Ιούλιος: 18/7 – 31/7 = 14 * 6,16mm = 86,24mm

Αύγουστος: 1/8 – 31/8 = 31 * 5,45mm = 168,95mm

Σύνολο: 255,19mm

4ο Στάδιο: 25 ημέρες

Σεπτέμβριος: 1/9 – 25/9 = 25 * 3,60mm = 90mm

Σύνολο: 90mm

Επομένως, τώρα που υπολογίστηκε η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ETr για το κάθε στάδιο ανάπτυξης του βαμβακιού από την ημερομηνία σποράς και μετά σύμφωνα με τη σχέση που αναφέρθηκε ETc = Kc*ETr, θα υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή ETc:

1ο στάδιο = 0,45*108mm = **48,60 mm** ύψος νερού.

2ο στάδιο = 0,70*319,8mm = **223,86 mm** ύψος νερού.

3ο στάδιο =1,05*255,19mm = **267,90 mm** ύψος νερού.

4ο στάδιο = 0,60*90mm = **54,00 mm** ύψος νερού.

Σύνολο: 594,36 mm

Επομένως, οι υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας του βαμβακιού είναι 594,36 mm ύψος νερού, ή 594,36 m^3 νερού/στρέμμα, στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Εμείς στην περίπτωση που εξετάζουμε ο αγρότης μας καλλιεργεί 100 στρέμματα βαμβάκι. Επομένως, οι υδατικές απαιτήσεις θα είναι:

Υδατικές Απαιτήσεις = 100 στρ. * 594,36 m^3/στρ. = 59.436 m^3/έτος

Τώρα που υπολογίστηκαν οι υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας του βαμβακιού ανά έτος, θα πρέπει να υπολογιστεί το κόστος του νερού. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω θα λάβουμε 4 διαφορετικές τιμές και αυτό γιατί όπως είπαμε το παίγνιο μας είναι δυναμικό, επομένως κατά τη διάρκεια των χρόνων που θα το τρέξουμε η τιμή του αρδευτικού θα αλλάξει, καθώς σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση θα πρέπει να αυξηθεί ώστε να γίνεται ορθολογικότερη χρήση του.

Τα ποσά επομένως που θα πληρώσει ο Αγρότης Ι σε κάθε περίπτωση θα είναι τα παρακάτω (τιμή νερού, τν):

Κόστος Νερού
TV_a = 59.436 m^3 * 0,05 €/m^3 = 2.972 €
TV_b = 59.436 m^3 * 0,38 €/m^3 = 22.586 €
TV_c = 59.436 m^3 * 1 €/m^3 = 59.436 €
TV_d = 59.436 m^3 * 2 €/m^3 = 118.872 €

Πίνακας 5.3.: Το κόστος του νερού για την καλλιέργεια βαμβακιού ανάλογα με την τιμή του νερού.

Βήμα 5ο: Υπολογισμός Δαπανών, Καλλιέργειας Β.

Αγρότης ΙΙ

Α. Μεταβλητό Κόστος Καλλιέργειας Βιολογικού Κτηνοτροφικού Ρεβιθιού

Όπως έχει υπολογιστεί από το Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ), οι μεταβλητές δαπάνες για την καλλιέργεια του βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού ανέρχεται στα 26,45 **€/στρέμμα**. Στην τιμή αυτή δεν υπολογίζεται κόστος άρδευσης γιατί η καλλιέργεια είναι ξερική.

Όπως αναφέρθηκε, στο παίγνιο που θα εξετάσουμε θεωρούμε ότι και οι δύο Αγρότες (Ι και ΙΙ) δεν νοικιάζουν χωράφια, αλλά και τα 100 στρέμματα που έχουν στη διάθεσή τους να καλλιεργήσουν είναι δικά τους.

Μεταβλητό Κόστος: 26,45 €/στρέμμα * 100 στρέμματα = 2.645 €

Β. Κόστος νερού Βιολογικού Κτηνοτροφικού Ρεβιθιού

Οι τιμές νερού που θα χρησιμοποιήσουμε είναι οι ίδιες με αυτές για την βαμβακοκαλλιέργεια:

a. Τιμή νερού = Τιμή αρδευτικού νερού σήμερα = 0,02 - 0,08,
θα λάβουμε μία μέση τιμή ~ 0,05 €/m^3
b. Τιμή νερού = Τιμή πόσιμου νερού = 0,38 €/m^3
c. Τιμή νερού = ενδιάμεση τιμή μεγάλης αύξησης της τιμής του νερού = 1 €/m^3
d. Τιμή νερού = τιμή αρδευτικού νερού στο Ισραήλ = 1,7 - 2,5 €/m3, θα λάβουμε σαν τιμή ~ 2 €/m^3

Με βάση αυτές τις τιμές και τις υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας ρεβιθιού, οι οποίες θα υπολογιστούν στο επόμενο βήμα θα έχουμε το κόστος του νερού σε κάθε μία από τις 4 περιπτώσεις, για την καλλιέργεια 100 στρεμμάτων ρεβιθιού.

Επομένως, σύμφωνα με τα παραπάνω το Καθαρό Κέρδος για τον Αγρότη ΙΙ δίνεται από την παρακάτω σχέση:

Καθαρό Κέρδος Αγρότη ΙΙ = Ακαθάριστη Πρόσοδος – Μεταβλητό Κόστος – Κόστος Νερού

Βήμα 6ο: Υπολογισμός Υδατικών Απαιτήσεων της Καλλιέργειας του Βιολογικού Κτηνοτροφικού Ρεβιθιού.

Από την βιβλιογραφία φαίνεται και όπως αναφέρθηκε πιο αναλυτικά στο Κεφάλαιο 4, ότι οι υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας είναι ελάχιστες. Πιο συγκεκριμένα η καλλιέργεια μπορεί να μην αρδευτεί και καθόλου κατά, όμως όταν αρδεύεται οι αποδόσεις είναι μεγαλύτερες. Εμείς δεχόμαστε για τα ελληνικά δεδομένα όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως ότι η μέση απόδοση είναι 121,3 kg/ στρέμμα και επίσης θα θεωρήσουμε ότι η απόδοση αυτή είναι με full Irrigation (FI) δηλαδή αρδεύεται κανονικά.

Οι υδατικές απαιτήσεις όπως έχουν υπολογιστεί και σύμφωνα με το Κεντρικό Ερευνητικό Ινστιτούτο Άνυδρης Γεωργίας (Central Research Institute for Dryland Agriculture, CRIDA) σε συνεργασία το Διεθνές Ινστιτούτο Ερευνών Καλλιεργειών για ημι-άνυδρες Περιοχές (International Crops Research Institute for the Semi Arid Tropics, ICRISAT), σε μεσογειακό περιβάλλον υπολογίζονται σε ***250 mm ύψος νερού ανά καλλιεργητική περίοδο.***

Επομένως, οι υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας του βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού είναι 250 mm ύψος νερού, ή 250 m^3 νερού/στρέμμα, στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Εμείς στην περίπτωση που εξετάζουμε ο αγρότης μας καλλιεργεί 100 στρέμματα ρεβίθι. Επομένως, οι υδατικές απαιτήσεις θα είναι:

Υδατικές Απαιτήσεις = 100 στρ. * 250 m^3/στρ. = 25.000 m^3/ έτος

Αντίστοιχα, τα ποσά που θα πληρώσει ο Αγρότης ΙΙ σε κάθε περίπτωση θα είναι τα παρακάτω (τιμή νερού, τν):

Κόστος Νερού
$τν_a$ = 25.000 m^3 * 0,05 €/m^3 = 1.250 €
$τν_b$ = 25.000 m^3 * 0,38 €/m^3 = 9.500 €
$τν_c$ = 25.000 m^3 * 1 €/m^3 = 25.000 €
$τν_d$ = 25.000 m^3 * 2 €/m^3 = 50.000 €

Πίνακας 5.4.: Το κόστος του νερού για την καλλιέργεια βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού ανάλογα με την τιμή του νερού.

Βήμα 7ο: Υπολογισμός Καθαρού Κέρδους, Καλλιέργειας Α.

Ακαθάριστο κέρδος – Μεταβλητό Κόστος – Κόστος Νερού = Καθαρό Κέρδος Αγρότη Ι

Ακαθάριστο Κέρδος, €	Μεταβλητό Κόστος, €	Κόστος Νερού, €	Καθαρό Κέρδος Αγρότη Ι
31.200	12.550	2.972	**15.678 €**
31.200	12.550	22.586	**- 3.936 €**
31.200	12.550	59.436	**- 40.786 €**
31.200	12.550	118.872	**- 100.222 €**

Πίνακας 5.5.: Το καθαρό κέρδος του αγρότη, από την καλλιέργεια βάμβακος.

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, ο Αγρότης που θα αποφασίσει να καλλιεργήσει βαμβάκι θα έχει κέρδος 15.678 €, με τη σημερινή τιμή του νερού. Όμως όσο ανεβαίνει η τιμή του νερού, το κέρδος γίνεται ζημία. Αρχικά, η ζημία είναι μικρή όμως αν τιμή του νερού φτάσει τα επίπεδα της τιμής του Ισραήλ, τότε φαίνεται ότι οι αγρότες θα χρειάζονται πάρα πολλά χρήματα για να πληρώσουν το νερό, επομένως θα πρέπει να βρουν τρόπους να μειώσουν τα έξοδα ώστε να έχουν και πάλι κέρδος, γιατί διαφορετικά δεν έχει νόημα να καλλιεργούν βαμβάκι.

Βήμα 8ο: Υπολογισμός Καθαρού Κέρδους, Καλλιέργειας Β.

Ακαθάριστο κέρδος – Μεταβλητό Κόστος – Κόστος Νερού = Καθαρό Κέρδος Αγρότη ΙΙ

Ακαθάριστο Κέρδος, €	Μεταβλητό Κόστος, €	Κόστος Νερού, €	Καθαρό Κέρδος Αγρότη ΙΙ
11.598,4	2.645	1.250	**7.703,4 €**
11.598,4	2.645	9.500	**- 546,6 €**
11.598,4	2.645	25.000	**- 16.046,6 €**
11.598,4	2.645	50.000	**- 41.046,6 €**

Πίνακας 5.6.: Το καθαρό κέρδος του αγρότη, από την καλλιέργεια βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού.

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, μπορεί το κέρδος από την καλλιέργεια του βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού να είναι μικρότερο σε σχέση με το βαμβάκι, όμως λόγω του ότι οι υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας είναι πολύ μικρότερες από αυτές του βαμβακιού, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η ζημία να έρχεται με μικρότερα

ποσά. Με τη σημερινή τιμή του νερού, το κέρδος από την καλλιέργεια φτάνει τα 7.703,4 €, ενώ αν η τιμή του νερού αυξηθεί στην τιμή του πόσιμου νερού ο αγρότης έχει ζημία μόλις 546,6 €, ποσό που είναι πολύ μικρό, και αν σκεφτεί κανείς ότι η καλλιέργεια μπορεί να έχει ανάλογη απόδοση και με μικρότερες ποσότητες νερού, καθώς είναι ξερική, η τιμή αυτή μπορεί να αλλάξει και να γίνει κέρδος για τον αγρότη.

5.3. Χρησιμοποιούμενο Λογισμικό Πρόγραμμα

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε στην εμπειρική ανάλυση είναι το Gambit, ένα λογισμικό που χρησιμοποιείται στην κατασκευή και ανάλυση πεπερασμένων, στρατηγικών, μη συνεργατικών παιγνίων. Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι η διεπιφάνεια γραφικών που επιτρέπει την αλληλεπίδραση και τον υπολογισμό της κατά Nash ισορροπίας με τη βοήθεια αλγορίθμων, ενώ εμφανίζει τα αποτελέσματα με τη μορφή πίνακα ή δέντρου αναλύοντας παράλληλα την κυρίαρχη ή κυρίαρχες στρατηγικές του παιγνίου.

Ωστόσο, το Gambit παρουσιάζει κάποιους περιορισμούς που συνιστούν το πεδίο εφαρμογής του. Ενδείκνυται μόνο για πεπερασμένα παίγνια, όπου υπολογίζονται επαναλαμβανόμενοι γενικού σκοπού τύποι για την ανάλυση των παιγνίων. Ισχύει μόνο στη μη συνεργατική θεωρία παιγνίων, στην οποία οι παίκτες ενεργούν ανεξάρτητα και διακρίνονται για κάποιο βαθμό ορθολογικότητας, ενώ η ανάλυση μεγάλων παιγνίων καθίσταται σχεδόν ανέφικτη λόγω του μεγάλου χρόνου στον υπολογισμό της ισορροπίας[3] (Mckelvey et al, 2007).

5.4. Εξέλιξη Δυναμικού Παιγνίου Καλλιεργειών, χωρίς υπολογισμό απωλειών από δίκτυα άρδευσης.

Δύο Αγρότες (Ι και ΙΙ) καλλιεργούν 100 στρέμματα γης, στην περιοχή της Λάρισας - Θεσσαλία, για μεγάλο χρονικό διάστημα, (περίπου 25 χρόνια). Η αμοιβή κέρδος για κάθε αγρότη είναι τα έσοδα από τις πωλήσεις των καλλιεργειών, μείων τα έξοδα που έχουν για τις καλλιέργειες και το κόστος του νερού. Κάθε παίκτης πρέπει να επιλέξει μεταξύ της καλλιέργειας βαμβακιού και βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού, ανάλογα με το καθαρό κέρδος που του προσφέρει η κάθε καλλιέργεια. Όμως, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως οι συνθήκες του παιγνίου αλλάζουν, επομένως ο

[3]Το Gambit, είναι ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα, www.gambit-project.org.

κάθε παίκτης πρέπει να λάβει υπόψη του τις διάφορες αλλαγές που μπορεί να προκύψουν μακροπρόθεσμα.

Το παίγνιο θα χωριστεί σε 4 περιόδους, όπου στην κάθε περίοδο θα αλλάζει και το κόστος νερού, το οποίο είναι και το βασικό στοιχείο που θα μελετηθεί.

Η πρώτη στρατηγική ανήκει στον παίκτη i και η δεύτερη στον παίκτη j, όπου i, j∈ N = {Αγρότης I, Αγρότης II}.

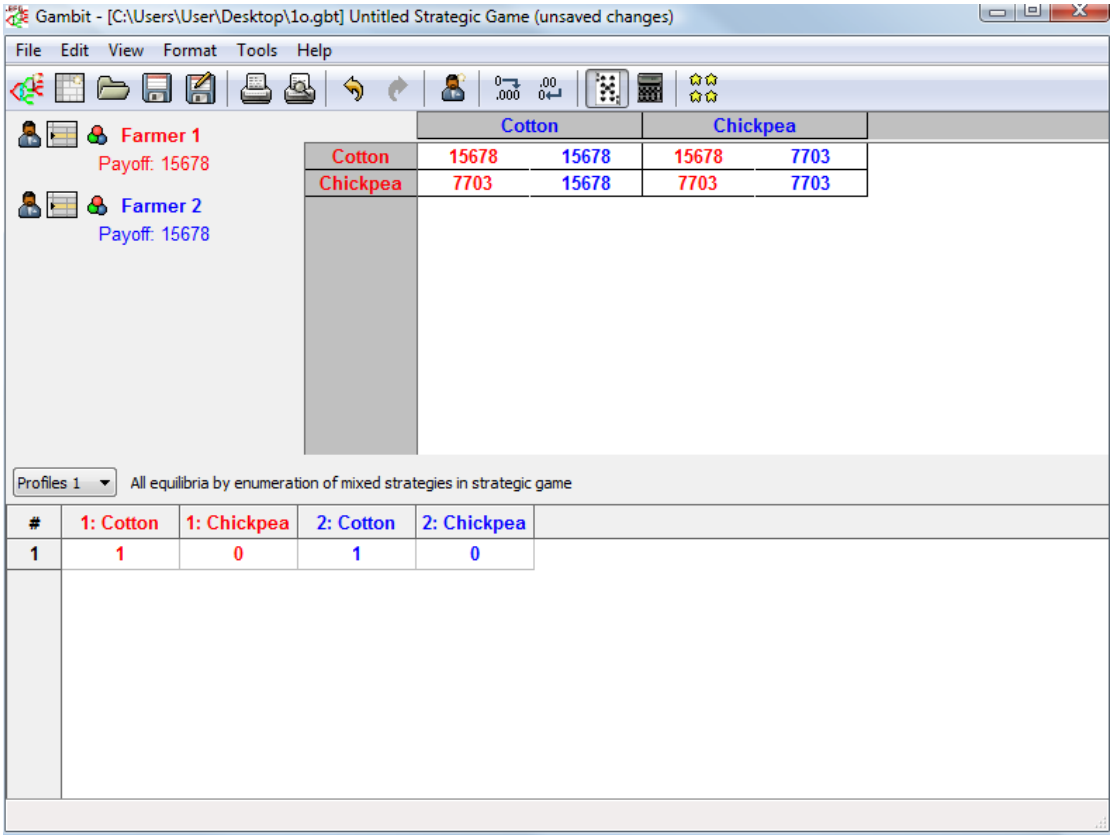
Έτσι έχουμε την παρακάτω εξέλιξη:

Την πρώτη περίοδο, κατ' αρχήν η τιμή του νερού λαμβάνεται ως η σημερινή τιμή του αρδευτικού νερού, δηλαδή 0,05 € το m^3. Με αυτή την τιμή του νερού, τα κέρδη από πού έχουν οι αγρότες από την καλλιέργεια του βαμβακιού είναι μεγαλύτερα, όπως έχει υπολογιστεί προηγουμένως. Αν και οι δύο αγρότες αποφασίσουν να καλλιεργήσουν βαμβάκι, όπως κάνουν παραδοσιακά όλα αυτά τα χρόνια, θα έχουν κέρδος παρόμοιο με τις υπόλοιπες χρονιές. Αν όμως, αποφασίσουν να καλλιεργήσουν ρεβίθι μπορεί την $1^η$ περίοδο να έχουν μικρότερα κέρδη, λόγω και των χρημάτων εγκατάστασης της νέας καλλιέργειας και τεχνογνωσίας, τα οποία όμως για λόγους ευκολίας, τα έξοδα κεφαλαίου, δεν τα λαμβάνουμε υπόψη. Άλλωστε, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα, η συγκεκριμένη καλλιέργεια δεν χρειάζεται κάποια ιδιαίτερη φροντίδα και τα μηχανήματα και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιούν οι αγρότες είναι ο ίδιος που χρησιμοποιούν για την καλλιέργεια σιτηρών, η οποία είναι η $2^η$ σε εκτάσεις καλλιέργεια στην περιοχή. Επομένως θεωρούμε ότι οι αγρότες διαθέτουν τον απαραίτητο εξοπλισμό.

Η λύση παρουσιάζεται με τη βοήθεια του προγράμματος Gambit, το οποίο είναι χρήσιμο εργαλείο στη θεωρία παιγνίων αφού έχει πολλές εφαρμογές και βρίσκει ισορροπίες Nash και σε καθαρές και σε μεικτές στρατηγικές.

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε τη λύση που δίνει το πρόγραμμα, για την πρώτη περίοδο του συγκεκριμένου παιγνίου:

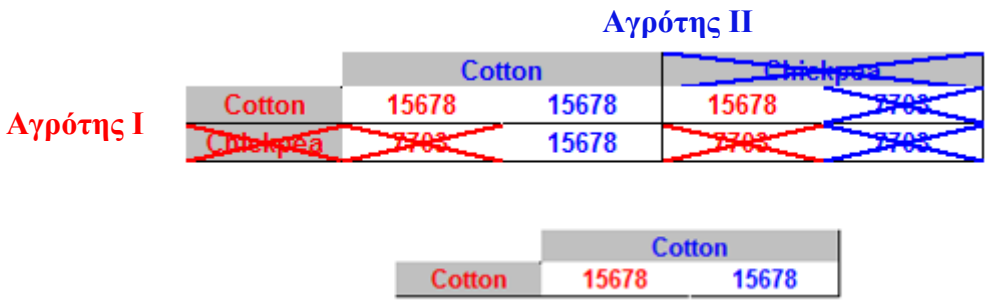
Τα κόκκινα νούμερα αντιπροσωπεύουν τον Αγρότη I ενώ τα μπλε τον Αγρότη II.



Εικόνα 5.1. : Απεικόνιση στο Gambit, του παιγνίου την πρώτη περίοδο.

Οι Αγρότες θα επιλέξουν να καλλιεργήσουν βαμβάκι πιθανότητα 1, όπως υπολογίζεται από το πρόγραμμα Gambit.

Η λύση είναι η επιλογή (Cotton, Cotton) = (1, 1) αφού η ανάλυση δείχνει πως ο πρώτος παίκτης (Αγρότης I) επιλέγει την πρώτη στρατηγική επιλογή (την A1 = Cotton) και ο δεύτερος παίκτης (Αγρότης II) επιλέγει την πρώτη του στρατηγική επιλογή (την B1 = Cotton). Το παίγνιο έχει μία ισορροπία Nash την επιλογή (1: Cotton, 2: Cotton) = (15.678, 15.678), όπου όπως φαίνεται από την παρακάτω εικόνα είναι και η αυστηρά κυρίαρχη στρατηγική. Το κέρδος για τον κάθε αγρότη (payoff) = 15.678.

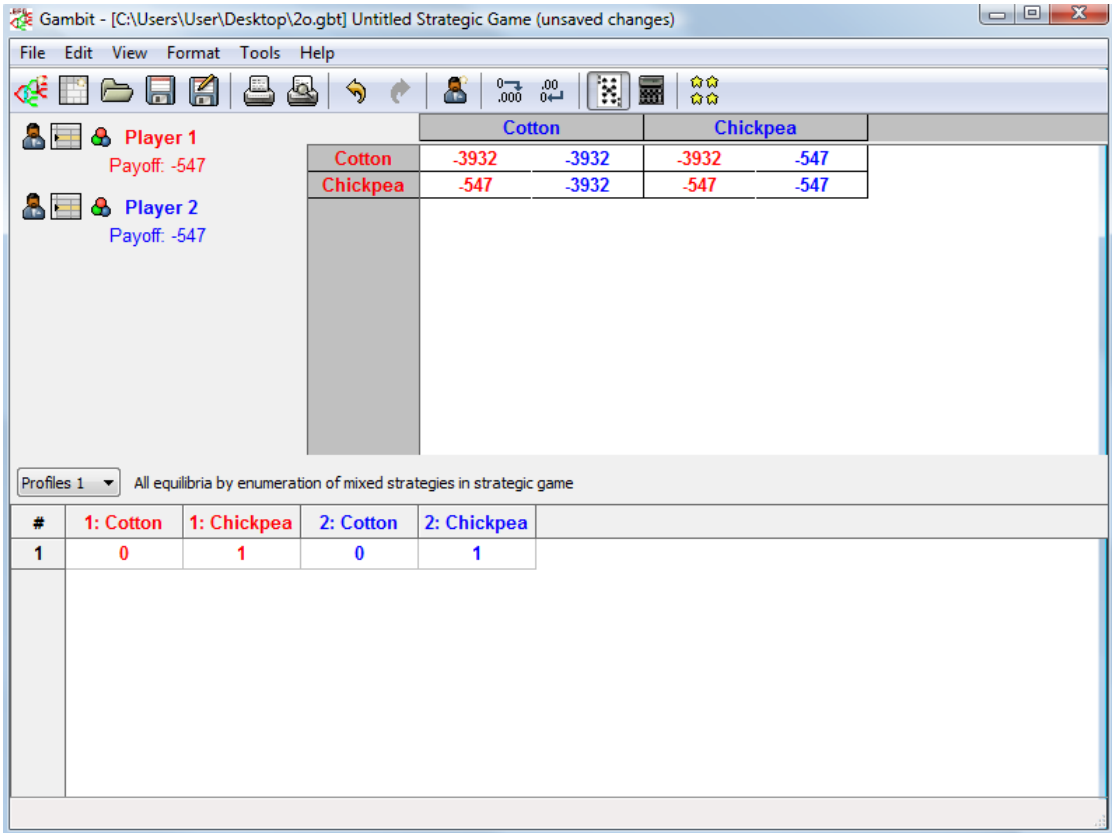


Εικόνα 5.2, 5.3. : Απεικόνιση στο Gambit, της κυρίαρχης στρατηγικής του παιγνίου και της ισορροπίας Nash την πρώτη περίοδο.

Την δεύτερη περίοδο, τώρα η τιμή του αρδευτικού νερού ανεβαίνει και εξισώνεται με την τιμή του πόσιμου νερού, δηλαδή 0,38 € το m^3. Με αυτή την τιμή του νερού, τα κέρδη από την καλλιέργεια του βαμβακιού μειώνονται αρκετά και οι αγρότες ουσιαστικά δεν έχουν κέρδος αλλά ζημία. Από την καλλιέργεια κτηνοτροφικού ρεβιθιού, επίσης μειώνονται αλλά αξίζει να σημειωθεί, ότι οι υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας είναι σχεδόν 50% λιγότερες σε σχέση με την καλλιέργεια του βαμβακιού.

Οι Αγρότες θα επιλέξουν να καλλιεργήσουν ρεβίθι με πιθανότητα 1, όπως υπολογίζεται από το πρόγραμμα Gambit.

Η λύση είναι η επιλογή (Chickpea, Chickpea) = (1, 1) αφού η ανάλυση δείχνει πως ο πρώτος παίκτης (Αγρότης I) επιλέγει τη δεύτερη στρατηγική (την A2 = Chickpea) και ο δεύτερος παίκτης (Αγρότης II) επιλέγει τη δεύτερη επίσης στρατηγική (την B2 = Chickpea). Το παίγνιο έχει μία ισορροπία Nash την επιλογή (1: Chickpea, 2: Chickpea) = (-547, -547), όπου όπως φαίνεται από την παρακάτω εικόνα είναι και η αυστηρά κυρίαρχη στρατηγική. Το κέρδος για τον κάθε αγρότη (payoff) = - 547.



Εικόνα 5.4. : Απεικόνιση στο Gambit, του παιγνίου τη δεύτερη περίοδο.

Αγρότης II

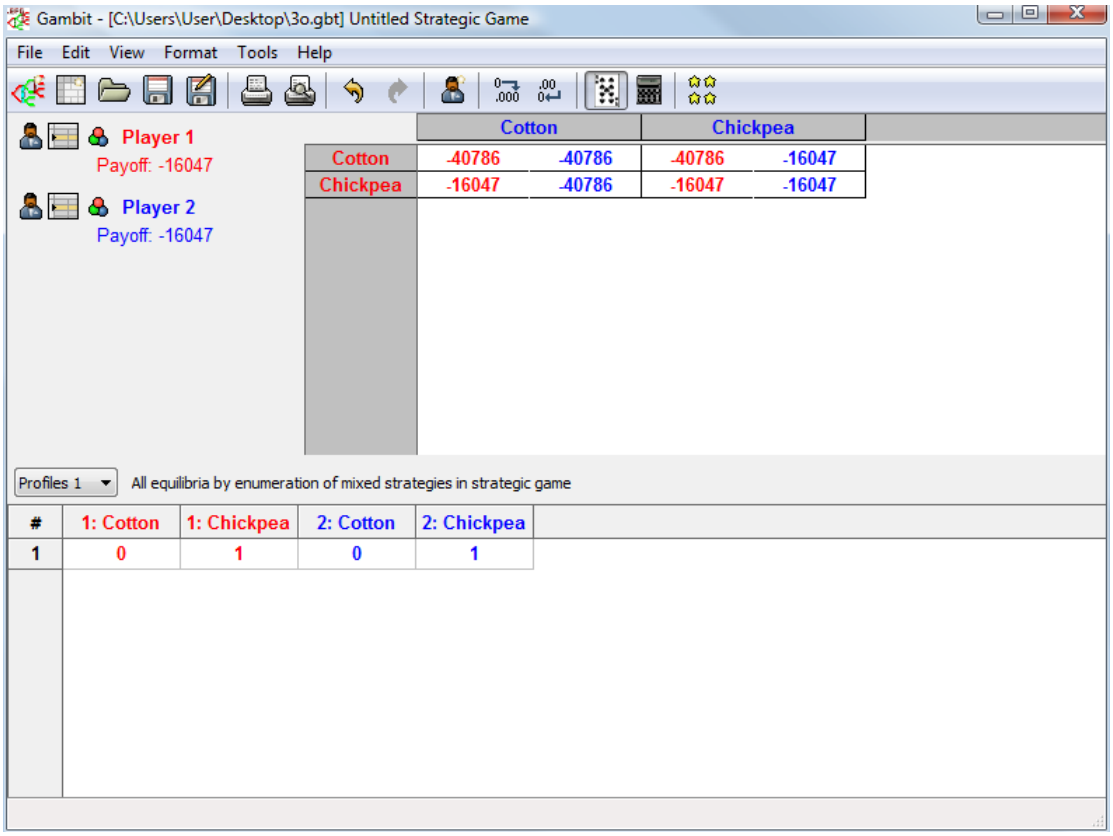
Αγρότης I

	Cotton		Chickpea	
Cotton	3032	3032	3032	-547
Chickpea	-547	3032	-547	-547

	Chickpea	
Chickpea	-547	-547

Εικόνα 5.5, 5.6. : Απεικόνιση στο Gambit, των κυριάρχων στρατηγικών του παιγνίου τη δεύτερη περίοδο.

Την τρίτη περίοδο, τώρα η τιμή του αρδευτικού νερού ανεβαίνει ακόμα περισσότερο και φτάνει το 1 € το m^3. Με αυτή την τιμή του νερού, όπως είναι αναμενόμενο, τα κέρδη από την καλλιέργεια του βαμβακιού μειώνονται όχι μόνο αρκετά, αλλά τώρα πια μιλάμε για καθαρή ζημία από την καλλιέργεια. Από την καλλιέργεια κτηνοτροφικού ρεβιθιού, επίσης υπάρχει ζημία και αφού η τιμή του νερού είναι πολύ μεγάλη, όμως είναι μικρότερη από τη ζημία που θα έχουν οι αγρότες αν αποφασίσουν να συνεχίσουν να καλλιεργούν βαμβάκι.



Εικόνα 5.7. : Απεικόνιση στο Gambit, του παιγνίου την τρίτη περίοδο.

Η λύση είναι η επιλογή (Chickpea, Chickpea) = (2, 2) αφού η ανάλυση δείχνει πως ο πρώτος παίκτης (Αγρότης I) επιλέγει τη δεύτερη στρατηγική (την A2 = Chickpea) και ο δεύτερος παίκτης (Αγρότης II) επιλέγει τη δεύτερη στρατηγική (την B2 = Chickpea). Το παίγνιο έχει μία Nash ισορροπία την επιλογή (1: Chickpea, 2: Chickpea) = (-16.047, -16.047), όπου όπως φαίνεται από την παρακάτω εικόνα είναι και η αυστηρά κυρίαρχη στρατηγική. Το κέρδος για τον κάθε αγρότη (payoff) = -16.047.

Οι Αγρότες θα επιλέξουν να καλλιεργήσουν βιολογικό κτηνοτροφικό ρεβίθι με πιθανότητα 1, όπως υπολογίζεται από το πρόγραμμα Gambit.

Αγρότης II

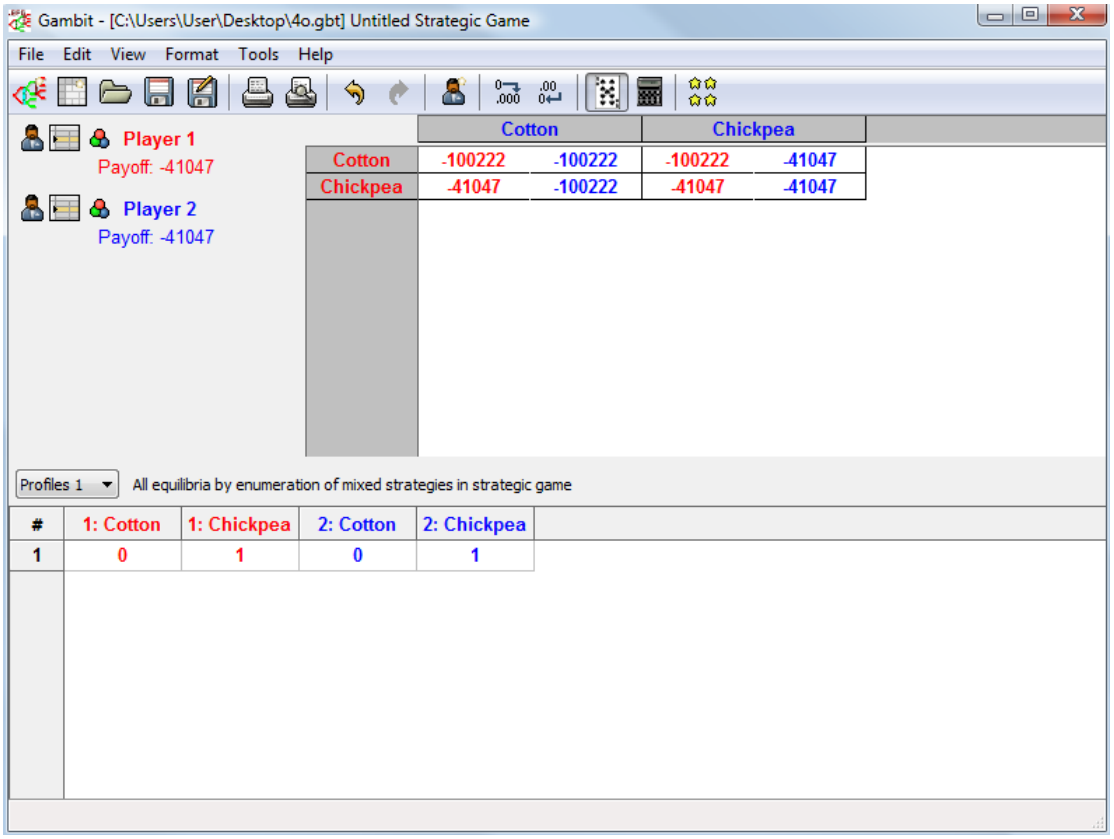
Αγρότης I	Cotton	Chickpea
Cotton	~~-19765~~ ~~-19765~~	~~-19765~~ -16047
Chickpea	-16047 ~~-19765~~	-16047 -16047

	Chickpea	
Chickpea	-16047	-16047

5.8., 5.9. : Απεικόνιση στο Gambit, των κυριάρχων στρατηγικών του παιγνίου την τρίτη περίοδο.

Την τέταρτη και τελευταία περίοδο, η τιμή του αρδευτικού νερού ανεβαίνει ακόμα περισσότερο και φτάνει το 1,5 € το m^3. Η επιλογή της τιμής έγινε με βάση τα δεδομένα που επικρατούν σήμερα στο Ισραήλ. Η τιμή μπορεί για τα ελληνικά δεδομένα να φαίνεται εξωφρενική, όμως υπάρχει σήμερα χώρα στην οποία το αρδευτικό νερό χρεώνεται με βάση αυτή. Όπως είναι αναμενόμενο, δεν θα αλλάξουν πολλά από την προηγούμενη περίοδο. Καθώς, τα κέρδη ήταν ήδη αρνητικά, επομένως τώρα που ανεβαίνει ακόμα περισσότερο η τιμή απλά θα αυξηθεί ακόμα περισσότερο η ζημία για τους αγρότες.

Η λύση είναι η επιλογή (Chickpea, Chickpea) = (2, 2) αφού η ανάλυση δείχνει πως ο πρώτος παίκτης (Αγρότης I) επιλέγει τη δεύτερη στρατηγική (την A2 = Chickpea) και ο δεύτερος παίκτης (Αγρότης II) επιλέγει τη δεύτερη στρατηγική (την B2 = Chickpea). Το παίγνιο έχει μία Nash ισορροπία την επιλογή (1: Chickpea, 2: Chickpea) = (-41.047, -41.047), όπου όπως φαίνεται από την παρακάτω εικόνα είναι και η αυστηρά κυρίαρχη στρατηγική. Το κέρδος για τον κάθε αγρότη (payoff) = -41.047.



Εικόνα 5.10. : Απεικόνιση στο Gambit, του παιγνίου την τέταρτη περίοδο.

Οι Αγρότες θα επιλέξουν να καλλιεργήσουν βιολογικό κτηνοτροφικό ρεβίθι με πιθανότητα 1, όπως υπολογίζεται από το πρόγραμμα Gambit.

	Cotton		Chickpea	
Cotton	-100222	-100222	-100222	-41047
Chickpea	-41047	-100222	-41047	-41047

	Chickpea	
Chickpea	-41047	-41047

5.11., 5.12. : Απεικόνιση στο Gambit, των κυριάρχων στρατηγικών του παιγνίου την τέταρτη περίοδο.

5.5. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

Όπως φαίνεται, από την εξέλιξη του παιγνίου, η αλλαγή της τιμής του νερού παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για την απόφαση των αγροτών να αλλάξουν καλλιέργεια. Το γεγονός αυτό, είναι αναμενόμενο γιατί για κανένα αγρότη δεν έχει νόημα να καλλιεργεί χωρίς κέρδος. Επομένως, όταν τα έξοδα γίνονται μεγαλύτερα από τα κέρδη, η προοπτική της αλλαγής καλλιέργειας γίνεται πιο έντονη.

Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν είναι παίγνιο ανταγωνισμού καθώς κανείς από τους δύο αγρότες δεν έχει να χάσει από την καλλιέργεια ή μη βαμβακιού ή ρεβιθιού, από τον άλλο αγρότη.

Επίσης, πρέπει να επισημανθούν κάποια στοιχεία:

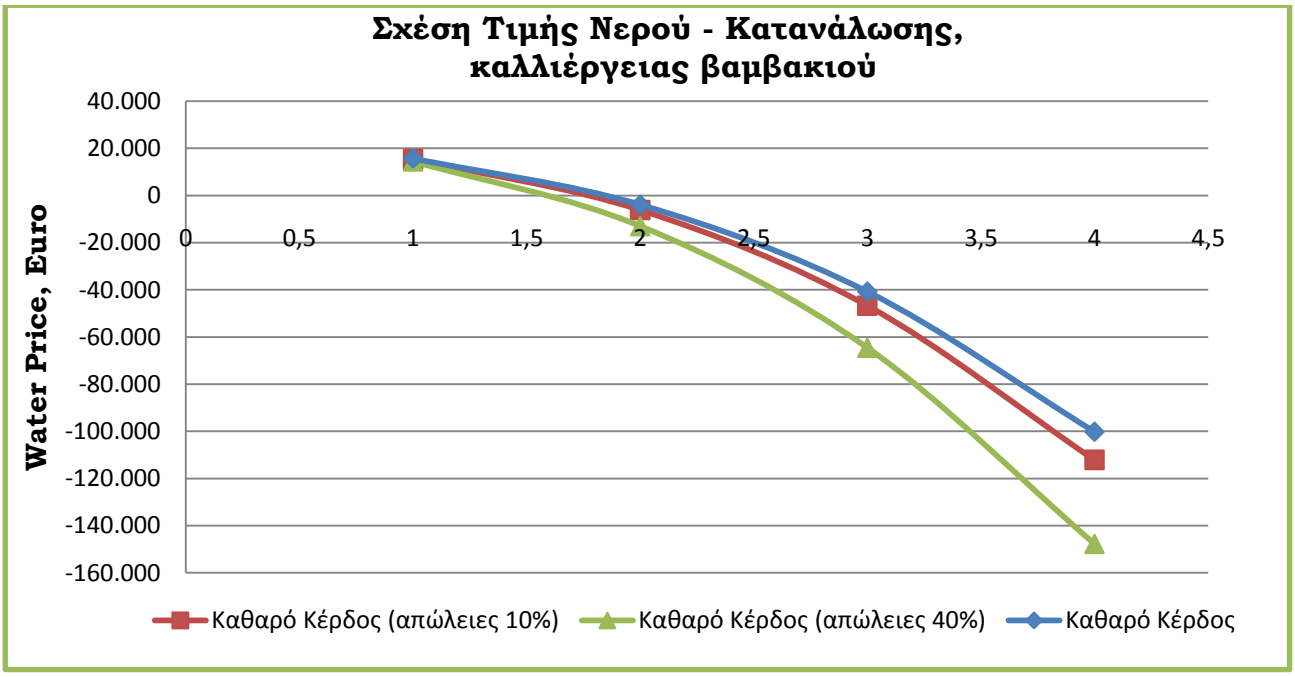
* Στην κατανάλωση του νερού δεν έχουν υπολογιστεί οι απώλειες από το δίκτυο μεταφοράς και το δίκτυο άρδευσης το οποίο χρησιμοποιούν οι Αγρότες. Αυτό σημαίνει, ότι η κατανάλωση του νερού και επομένως και το νερό που θα πληρώσουν, θα είναι μεγαλύτερο από αυτό που έχουμε υπολογίσει αρχικά. Πιο συγκεκριμένα, ανάλογα με τη μέθοδο άρδευσης θα πρέπει να συνυπολογιστεί αν χρησιμοποιούν κινούμενα κανόνια (travelling gun) η αποδοτικότητα φτάνει το 60-70% (επομένως μιλάμε για απώλειες της τάξεως του 30-40%), ενώ αν χρησιμοποιούν σταθερά κανόνια (stationery gun) η αποδοτικότητα είναι 50-60% και επομένως έχουμε απώλειες της τάξεως του 40-50%. Αν τώρα οι αγρότες χρησιμοποιούν μεθόδους με μικρότερες απώλειες, δηλαδή συστήματα στάγδην άρδευσης, η αποδοτικότητα της επιφανειακής/υπόγειας στάγδην είναι 85-95%, (απώλειες μόλις, 5-15%) (Morris and Lynne, 2006).

  Στο παρακάτω διάγραμμα 5.14 και Πίνακα 5.13, φαίνονται οι τιμές του νερού, αν υπολογίσουμε τις απώλειες για την καλλιέργεια του βαμβακιού.

Τιμή νερού το m^3	Καθαρό Κέρδος χωρίς απώλειες, €	Καθαρό Κέρδος (απώλειες 10%), €	Καθαρό Κέρδος (απώλειες 40%), €
0,05 €	15.678	15.381	14.489
0,38 €	-3.936	-6.194	-12.970
1 €	-40.786	-46.730	-64.560
2 €	-100.222	-112.109	-147.771

Πίνακας 5.13.: Καθαρό κέρδος από την καλλιέργεια βαμβακιού, ανάλογα με το σύστημα άρδευσης που χρησιμοποιείται.

Παρατηρούμε, ότι με τη σημερινή τιμή του αρδευτικού νερού, οι αγρότες και με απώλειες 40% από το δίκτυο και τα συστήματα άρδευσης εξακολουθούν να έχουν καθαρό κέρδος, σχεδόν 50% από το ακαθάριστο κέρδος (31.200 €) γεγονός που δείχνει, ότι δεν τους ενδιαφέρει αφενός να αλλάξουν καλλιέργεια, αλλά και αφετέρου να αλλάξουν σύστημα άρδευσης ώστε να έχουν μικρότερες απώλειες.



Διάγραμμα 5.14.: Το κόστος νερού σε €, ανάλογα με την τιμή ανά m^3 και ανά σύστημα άρδευσης, για την καλλιέργεια βαμβακιού.

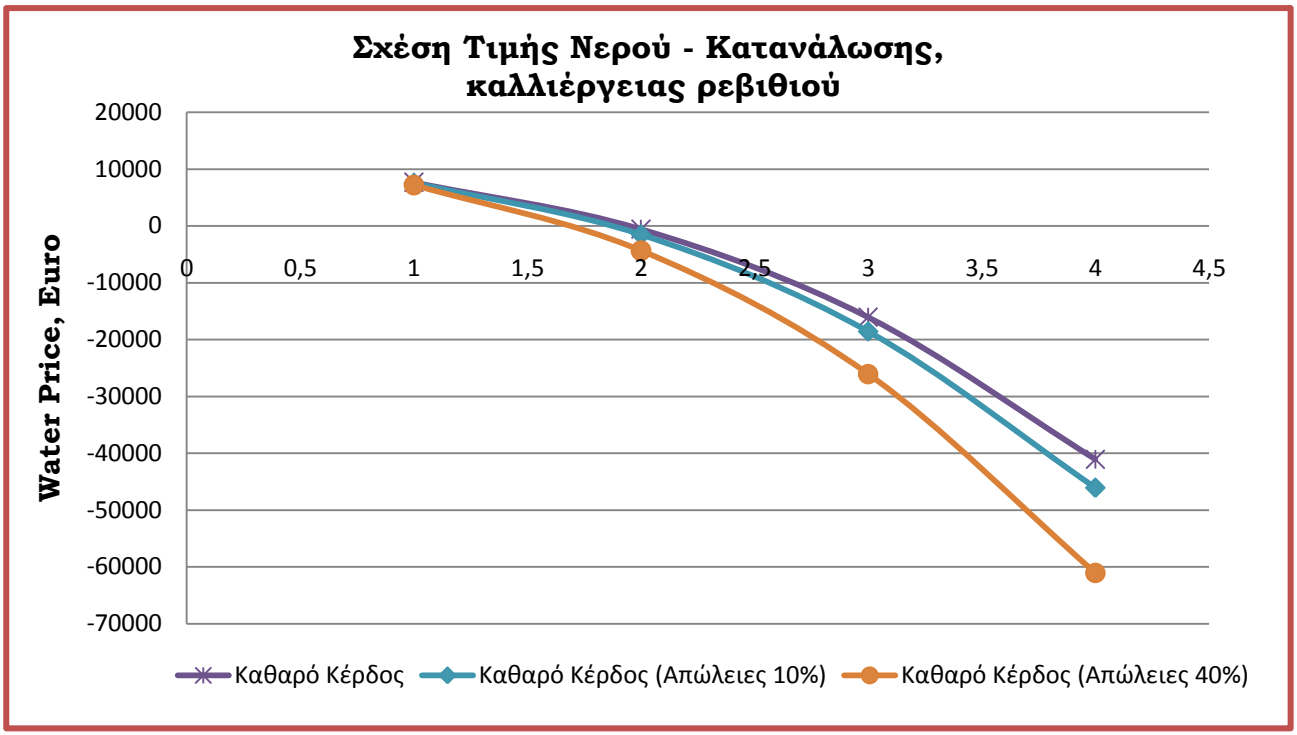
Φαίνεται όμως, ότι αν αλλάξει η τιμή του νερού και εξισωθεί με την τιμή που έχει σήμερα το πόσιμο νερό, αμέσως το κέρδος θα μετατραπεί σε ζημία.

Αντίστοιχα, στο παρακάτω διάγραμμα 5.16 και Πίνακα 5.15, φαίνονται οι τιμές του νερού, αν υπολογίσουμε τις απώλειες για την καλλιέργεια του ρεβιθιού.

Τιμή νερού το m^3	Καθαρό Κέρδος χωρίς απώλειες, €	Καθαρό Κέρδος (απώλειες 10%), €	Καθαρό Κέρδος (απώλειες 40%), €
0,05 €	7.703,4	7.578,4	7.203,4
0,38 €	-546,6	-1.496,6	-4.346,6
1 €	-16.046,6	-18.546,6	-26.046,6
2 €	-41.046,6	-46.046,6	-61.046,6

Πίνακας 5.15.: Καθαρό κέρδος από την καλλιέργεια ρεβιθιού, ανάλογα με το σύστημα άρδευσης που χρησιμοποιείται.

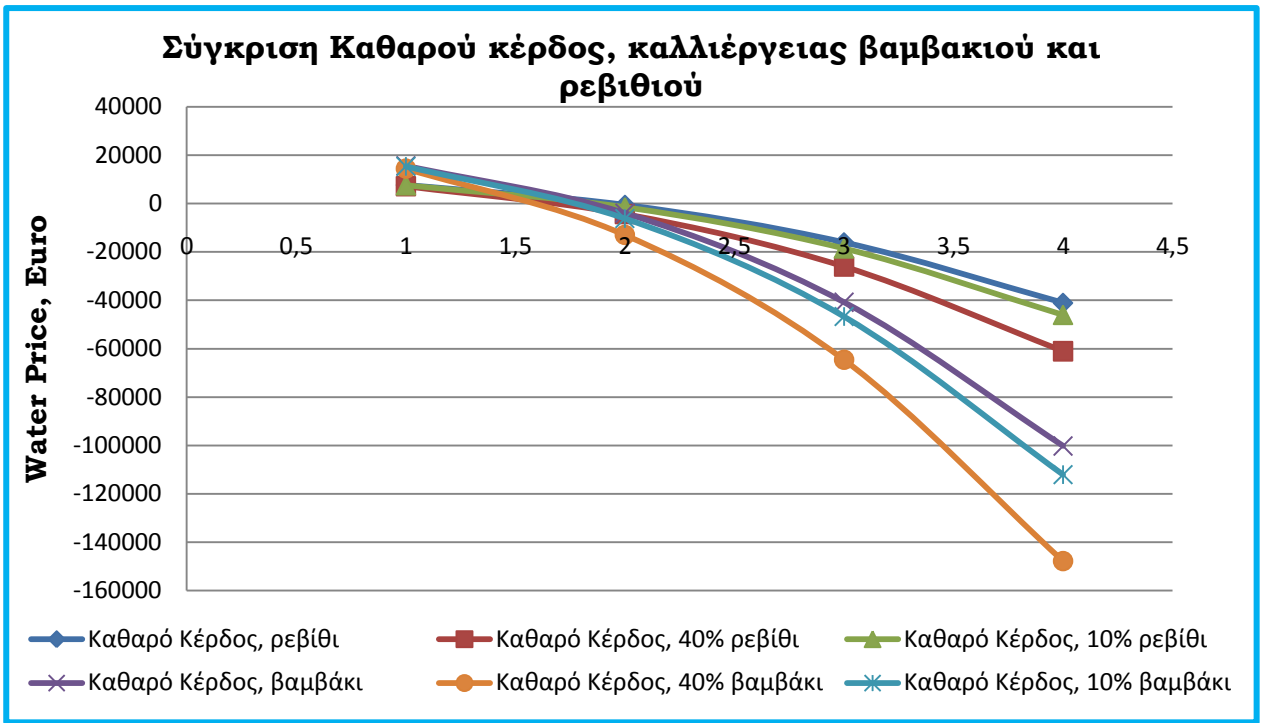
Παρατηρούμε, ότι και για την καλλιέργεια βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού, όταν αλλάζει η τιμή του νερού, οι αγρότες έχουν ζημία, η οποία όμως είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή που έχουν όταν καλλιεργούν βαμβάκι.



Διάγραμμα 5.16.: Το κόστος νερού σε €, ανάλογα με την τιμή ανά m^3 και ανά σύστημα άρδευσης, για την καλλιέργεια ρεβιθιού.

Συγκριτικά τώρα, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 5.17., το καθαρό κέρδος από τις δύο καλλιέργειες ανάλογα με την περίπτωση, παρατηρούμε τα εξής:

- Ότι η καλλιέργεια βαμβακιού με την επικρατούσα τιμή αρδευτικού νερού προσφέρει περισσότερα καθαρά κέρδη στους αγρότες σε σχέση με την καλλιέργεια βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού.
- Η καλλιέργεια βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού, έχει μικρότερη ζημία στους αγρότες σε σχέση με την καλλιέργεια βαμβακιού.
- Από την πρώτη κιόλας αλλαγή της τιμής, το ρεβίθι εξακολουθεί να προσφέρει έστω μικρά κέρδη, ενώ αντίθετα η τιμή του βαμβακιού ξεφεύγει από την αρχή αρκετά.
- Τέλος όσο αναφορά τη ζημία, φαίνεται από το διάγραμμα ότι στην τελική τιμή του αρδευτικού νερό το ποσό που καλούνται να πληρώσουν οι αγρότες είναι πάρα πολύ μεγάλο, με απώλειες 40% από τα αρδευτικά δίκτυα φτάνει τα 147.771 €. Ενώ αντίθετα και στις τρεις περιπτώσεις καλλιέργειες του κτηνοτροφικού ρεβιθιού οι τιμές κινούνται σε πιο λογικά πλαίσια, και πάλι όμως αρκετά υψηλές.



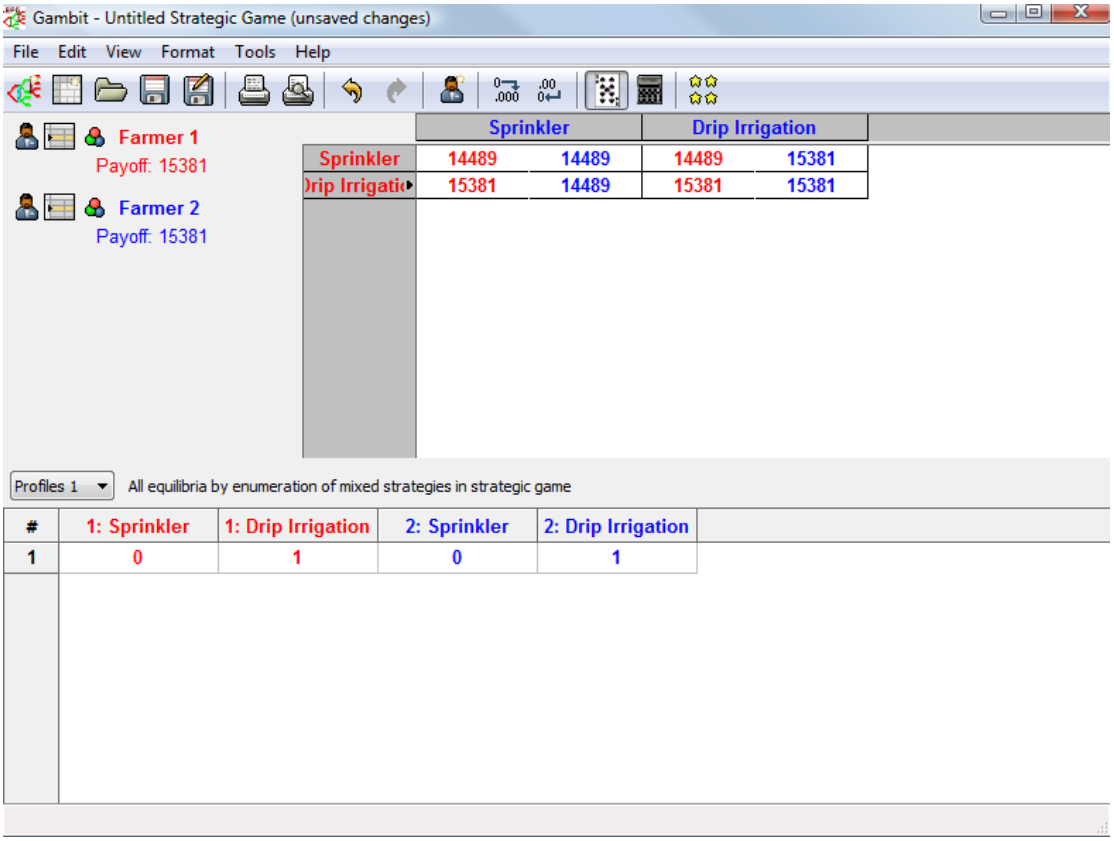
Διάγραμμα 5.17.: Σύγκριση καθαρού κέρδους, μεταξύ των καλλιεργειών βαμβακιού και ρεβιθιού, σε διαφορετικές περιπτώσεις απωλειών από συστήματα άρδευσης.

5.6. Παίγνιο Συστημάτων Άρδευσης

Ας δούμε τώρα ένα διαφορετικό παίγνιο, όπου οι διαθέσιμες στρατηγικές για τους 2 παίκτες, Αγρότης I και Αγρότης II είναι η επιλογή χρήσης μεθόδου άρδευσης με **Στρατηγική A:** Σύστημα καταιονισμού (sprinkler) ή **Στρατηγική B:** στάγδην άρδευση (drip irrigation), ενώ και οι δύο καλλιεργούν βαμβάκι.

Όπως φαίνονται οι τιμές στον Πίνακα 5.13, οι τιμές που χρησιμοποιούνται είναι το καθαρό κέρδος που έχουν οι αγρότες με τη σημερινή τιμή του νερού, δηλαδή 0,05 € το m^3 για την καλλιέργεια βαμβακιού με τα δύο δίκτυα άρδευσης.

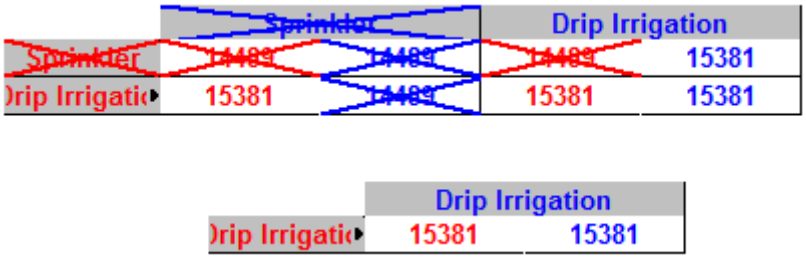
Η λύση από το πρόγραμμα Gambit, είναι η επιλογή (Drip irrigation, Drip irrigation) =(1, 1) αφού η ανάλυση δείχνει πως ο πρώτος παίκτης (Αγρότης I) επιλέγει τη δεύτερη στρατηγική (την A2 = Drip irrigation) και ο δεύτερος παίκτης (Αγρότης II) επιλέγει επίσης τη δεύτερη στρατηγική (την B2 = Drip irrigation).



Εικόνα 5.18. : Απεικόνιση στο Gambit, του παιγνίου επιλογής συστήματος άρδευσης.

Το παίγνιο έχει μία ισορροπία Nash την επιλογή (1: Drip irrigation, 2: Drip irrigation) = 15.381, 15.381), όπου όπως φαίνεται από την παρακάτω εικόνα είναι και η αυστηρά κυρίαρχη στρατηγική.

Το κέρδος για τον κάθε αγρότη (payoff) = 15.381.



5.19., 5.20. : Απεικόνιση στο Gambit, των κυριάρχων στρατηγικών του παιγνίου επιλογής συστήματος άρδευσης.

Από τη λύση που προσφέρει το πρόγραμμα Gambit φαίνεται ότι οι αγρότες έχουν μεγαλύτερο κέρδος με την επιλογή δικτύου άρδευσης με χαμηλότερες απώλειες. Γεγονός αναμενόμενο, καθώς όσο μικρότερες απώλειες έχει το σύστημα άρδευσης, τόσο λιγότερο θα πρέπει να πληρώσουν οι αγρότες για το νερό.

Τα απαρχαιωμένα συστήματα άρδευσης στις περισσότερες αγροτικές περιοχές της Ελλάδας, είναι ένας από τους βασικούς λόγους που απαιτούνται μεγάλες ποσότητες νερού για τη γεωργία.

Επομένως, οι αγρότες, αν δεν είναι τόσο δεκτικοί στο να αλλάξουν καλλιέργεια, μπορούν σε πρώτη φάση να αναβαθμίσουν τα συστήματα άρδευσης που χρησιμοποιούν έχοντας έτσι λιγότερες απώλειες και επομένως μεγαλύτερο κέρδος.

Είναι γεγονός ότι οι αγρότες σκέφτονται το κόστος αρχικής εγκατάστασης του συστήματος. Όμως, υπάρχει το Εθνικό Στρατηγικό Πρόγραμμα Αγροτικής Ανάπτυξης (ΕΣΠΑΑ) 2007-2013, σύμφωνα με το άρθρο 11 του Κανονισμού (ΕΚ) 1698/2005 για τη στήριξη της αγροτικής ανάπτυξης από το Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Αγροτικής Ανάπτυξης (ΕΓΤΑΑ), στον οποίο ορίζεται ότι η εθνική στρατηγική αγροτικής ανάπτυξης θα εφαρμοστεί μέσω του Προγράμματος Αγροτικής Ανάπτυξης (ΠΑΑ) 2007-2013[45].

Επομένως, μπορούν να πάρουν επιχορηγήσεις, ώστε να αλλάξουν τα δίκτυα και συστήματα άρδευσης, ώστε να μειώσουν τις απώλειες.

5.7. Καλλιέργεια Κτηνοτροφικού Βιολογικού Ρεβιθιού, με μειωμένη άρδευση.

Η καλλιέργεια του βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού, είναι ξερική, αυτό σημαίνει ότι η σοδειά μπορεί να έχει εξίσου καλές αποδόσεις και με λιγότερη ποσότητα νερού άρδευσης, ακόμα και καθόλου.

Επομένως, θα ελέγξουμε το καθαρό κέρδος των αγροτών στην περίπτωση που μειώσουμε την ποσότητα του αρδευτικού νερού στο 50% και στο 75%.

Πιο συγκεκριμένα, έχει υπολογιστεί ότι οι υδατικές απαιτήσεις της καλλιέργειας, είναι **250 m^3/στρ.,** εάν η ποσότητα του νερού που θα εφαρμοστεί στην καλλιέργεια είναι 50% λιγότερη (εφαρμογή ενός είδους ελλειμματικής άρδευσης), θα είναι **125 m^3/στρ.** και **62,5 m^3/στρ.,** εάν η ποσότητα του νερού μειωθεί κατά 75%.

[4] http://gkps.agrotikianaptixi.gr/_data/documents/anal1_1.pdf
[5] http://www.agrotikianaptixi.gr/Uploads/Files/nsp_101209_sfc_tel.pdf

Στους παρακάτω πίνακες 5.21. και 5.22. φαίνεται για τις τρεις διαφορετικές περιπτώσεις απωλειών, το καθαρό κέρδος των αγροτών από την καλλιέργεια βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού, για τις τέσσερις τιμές αρδευτικού νερού που έχουμε ορίσει.

Οι τιμές αυτές έχουν ενδιαφέρον αν συγκριθούν με το ακαθάριστο κέρδος της καλλιέργειας. Εκεί θα φαίνεται ότι ο αγρότης έχει πολύ μεγάλο κέρδος από την καλλιέργεια.

Πιο συγκεκριμένα, το ακαθάριστο κέρδος για τον αγρότη είναι 11.598,4 € και το καθαρό κέρδος, με 50% λιγότερη ποσότητα αρδευτικού νερού και 40% απώλειες από τα αρδευτικά δίκτυα είναι 7.828,4 €.

Δηλαδή, το ποσοστό κέρδους είναι 67,5%.

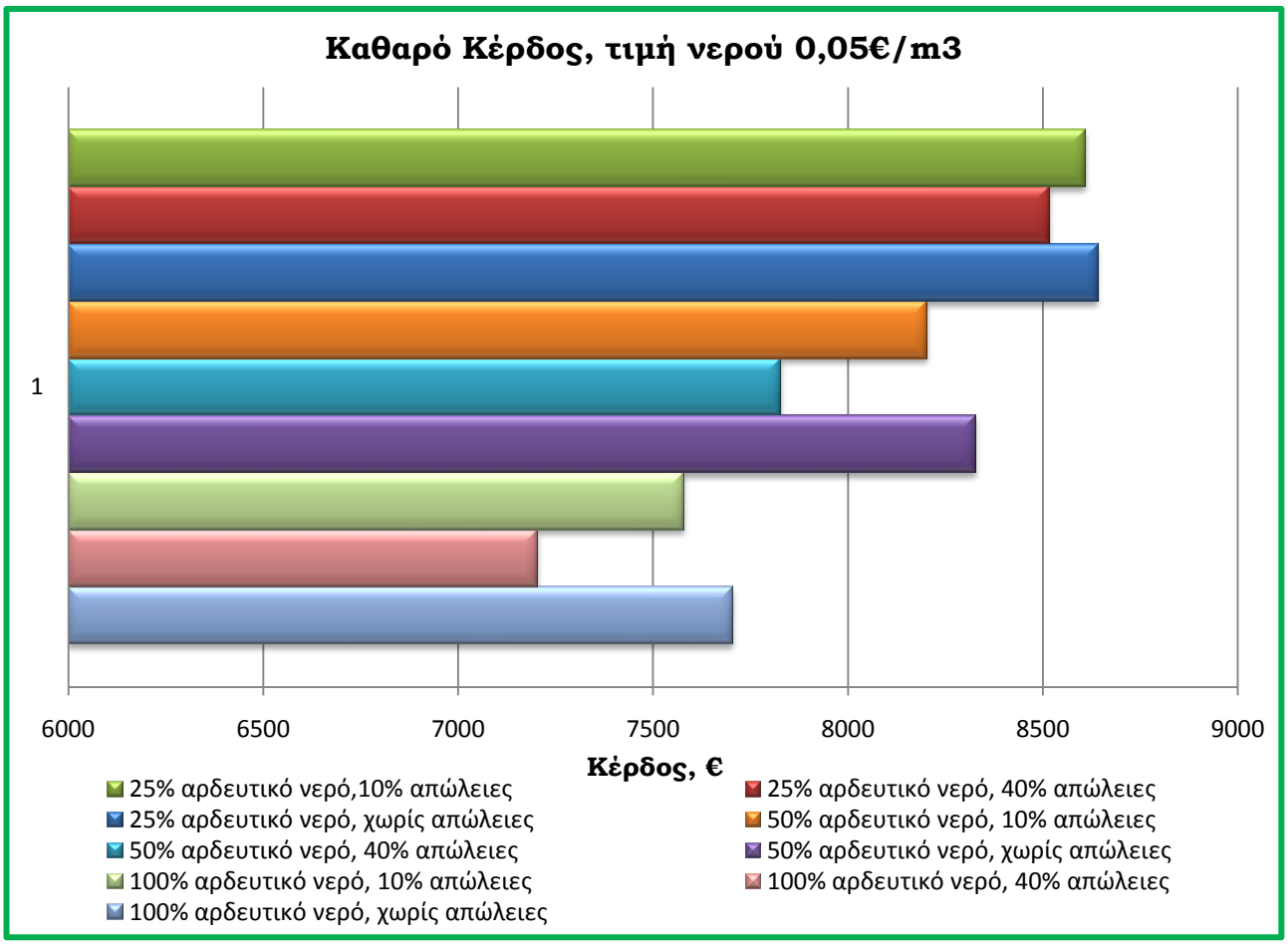
Τιμή νερού το m^3	Καθαρό Κέρδος χωρίς απώλειες, € με 50% λιγότερη ποσότητα νερού	Καθαρό Κέρδος (απώλειες 10%), € με 50% λιγότερη ποσότητα νερού	Καθαρό Κέρδος (απώλειες 40%), € με 50% λιγότερη ποσότητα νερού
0,05 €	8.328,4	8.203,4	7.828,4
0,38 €	4.203,4	3.253,4	403,4
1 €	-3.546,6	-6.046,6	-13.546,6
2 €	-16.046,6	-21.046,6	-20.000

Πίνακας 5.21.: Καθαρό κέρδος των αγροτών από την καλλιέργεια βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού με 50% λιγότερη ποσότητα αρδευτικού νερού, ανάλογα με την τιμή του αρδευτικού νερού.

Τιμή νερού το m^3	Καθαρό Κέρδος χωρίς απώλειες, € με 75% λιγότερη ποσότητα νερού	Καθαρό Κέρδος (απώλειες 10%), € με 75% λιγότερη ποσότητα νερού	Καθαρό Κέρδος (απώλειες 40%), € με 75% λιγότερη ποσότητα νερού
0,05 €	8.640,9	8.609,65	8.515,9
0,38 €	6.578,4	6.340,9	5.628,4
1 €	2.703,4	2.078,4	203,4
2 €	-3.546,6	-4.796,6	-8.546,6

Πίνακας 5.22.: Καθαρό κέρδος των αγροτών από την καλλιέργεια βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού με 75% λιγότερη ποσότητα αρδευτικού νερού, ανάλογα με την τιμή του αρδευτικού νερού.

Στο παρακάτω διάγραμμα 5.23. φαίνεται το καθαρό κέρδος από την καλλιέργεια βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού, με τη σημερινή τιμή που έχει το αρδευτικό νερό, σε συνδυασμό των διάφορων περιπτώσεων, απωλειών και ποσότητα νερού.



Διάγραμμα 5.23.: Καθαρό κέρδος των αγροτών από την καλλιέργεια βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού, με τη σημερινή τιμή του αρδευτικού νερού.

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, το κέρδος αυξάνεται αρκετά εάν οι αγρότες επιλέξουν να αλλάξουν σύστημα άρδευσης.

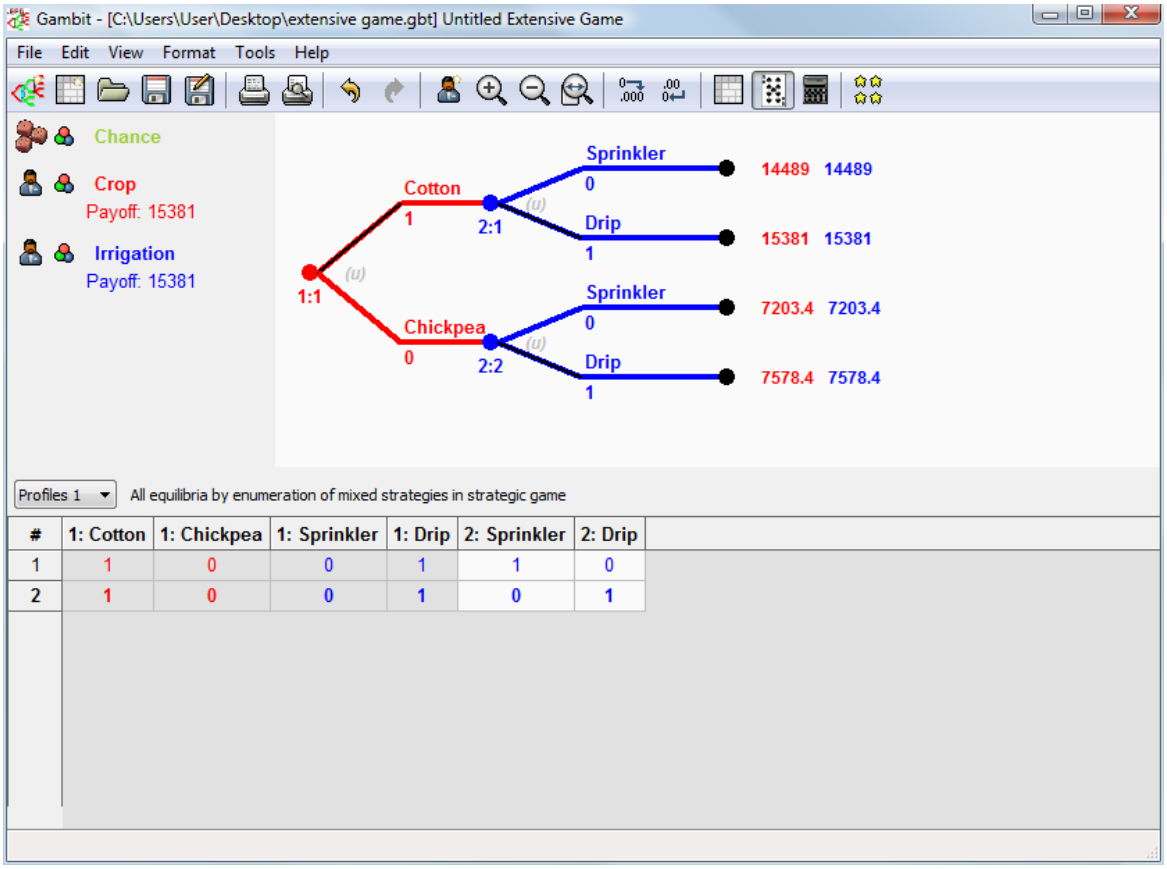
5.8. Παρουσίαση παιγνίου σε Αναλυτική Μορφή

Η αναλυτική ή εκτεταμένη μορφή ενός παιγνίου, παρουσιάζεται με τη μορφή δενδρο-διαγράμματος. Θα απεικονίσουμε με τη βοήθεια του προγράμματος Gambit, το παίγνιο και σε αυτή τη μορφή, όπου ένας παίκτης, θα έχει να επιλέξει μεταξύ δύο διαφορετικών περιπτώσεων.

Πιο συγκεκριμένα, αρχικά θα πρέπει να επιλέξει εάν θα καλλιεργήσει βαμβάκι ή βιολογικό κτηνοτροφικό ρεβίθι και στη συνέχεια, ανάλογα με την επιλογή που έχει κάνει θα έχει να επιλέξει εάν θα χρησιμοποιήσει σύστημα άρδευσης με καταιονισμό ή στάγδην. Ανάλογα με το κέρδος (payoff) του σε κάθε περίπτωση το πρόγραμμα θα μας βγάλει την λύση και τη στρατηγική που θα επιλέξει τελικά.

Τα κέρδη που δόθηκαν στο πρόγραμμα είναι ανάλογα με την τιμή του αρδευτικού νερού. Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα.

- **1η Περίπτωση, τιμή αρδευτικού νερού = 0,05 €/ m³**



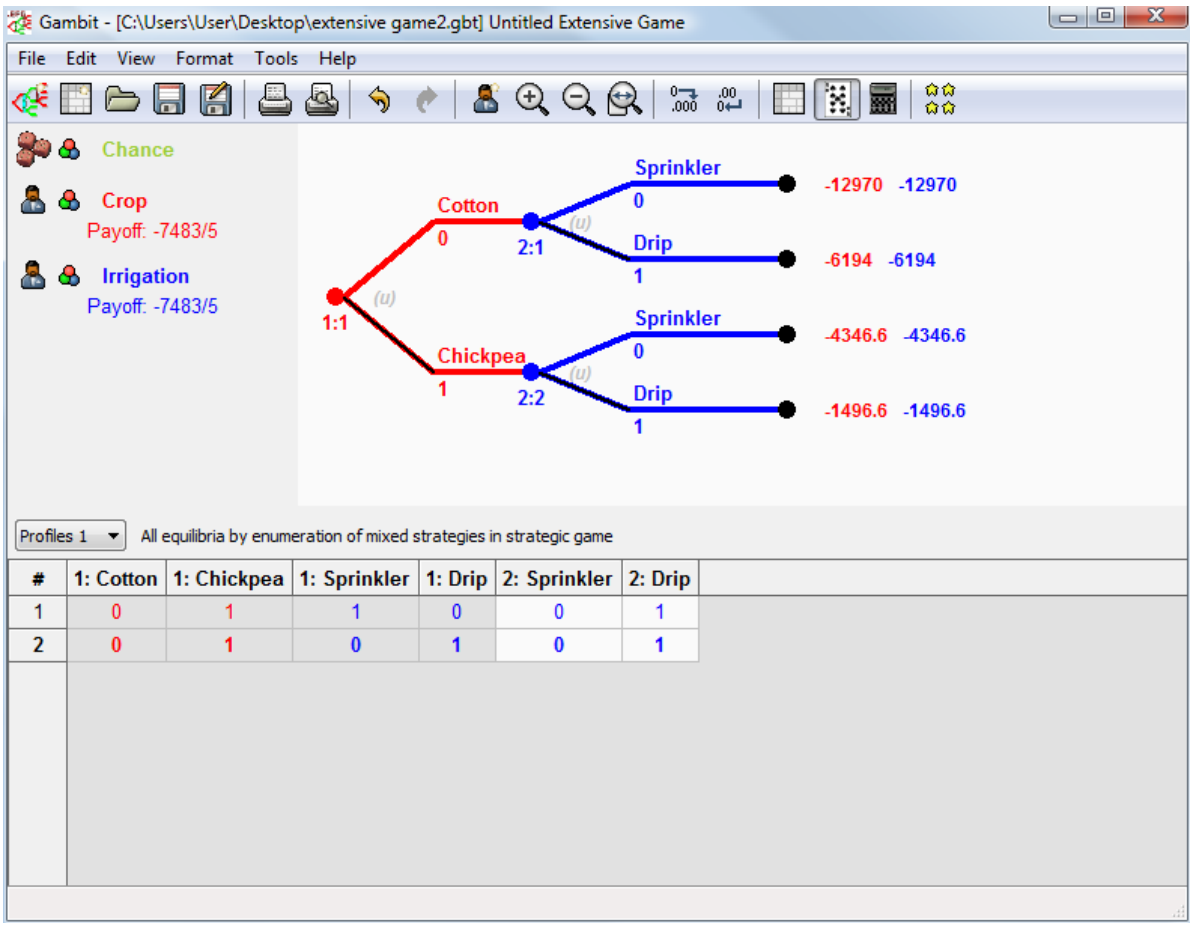
Στην περίπτωση αυτή, η λύση που δίνει το Gambit, είναι η επιλογή της διαδρομής

Cotton ⟶ Drip irrigation system ⟶ 15.381 €

Ενώ στην περίπτωση που ο παίκτης επιλέξει να καλλιεργήσει ρεβίθι, δείχνει ότι η καλύτερη επιλογή είναι:

Chickpea ⟶ Drip irrigation system ⟶ 7.578,4 €

➢ **2η Περίπτωση, τιμή αρδευτικού νερού = 0,38 €/ m³**



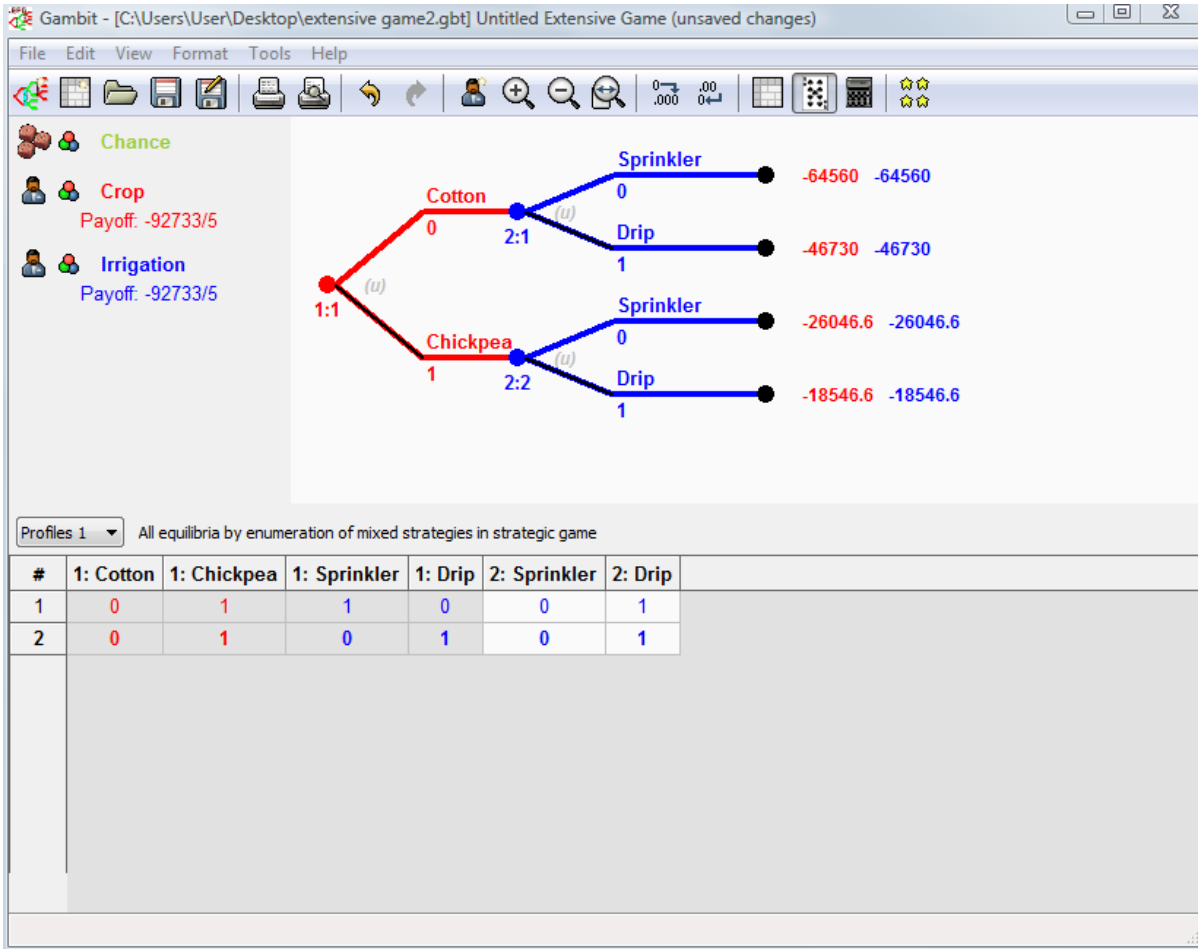
#	1: Cotton	1: Chickpea	1: Sprinkler	1: Drip	2: Sprinkler	2: Drip
1	0	1	1	0	0	1
2	0	1	0	1	0	1

Στην περίπτωση αυτή, η λύση που δίνει το Gambit, είναι η επιλογή της διαδρομής Chickpea ⟶ Drip irrigation system ⟶ 1.496,6 €

Ενώ στην περίπτωση που ο παίκτης επιλέξει να καλλιεργήσει ρεβίθι, δείχνει ότι η καλύτερη επιλογή είναι:

Cotton ⟶ Drip irrigation system ⟶ 6.194 €

➢ **3η Περίπτωση, τιμή αρδευτικού νερού = 1€/ m³**

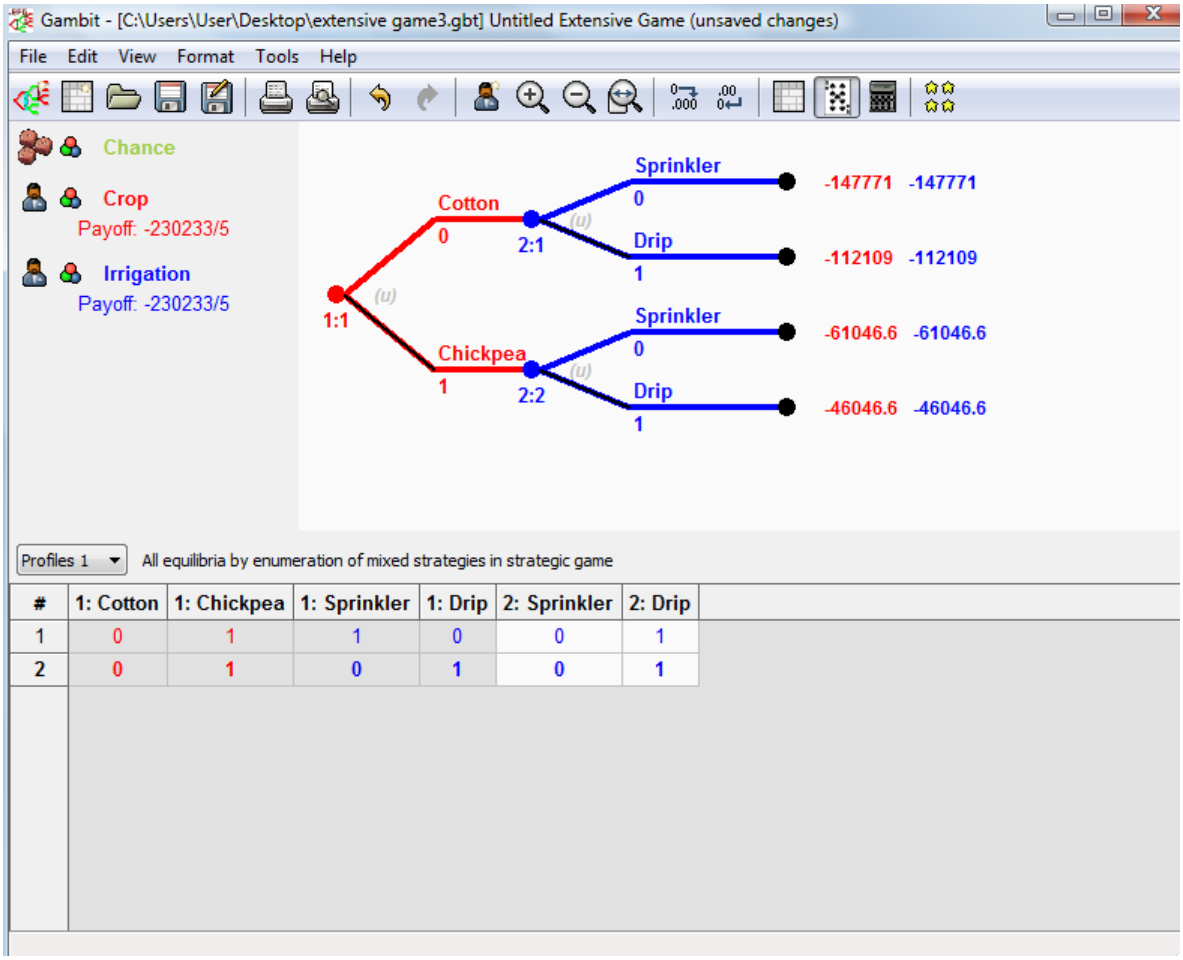


Στην περίπτωση αυτή, η λύση που δίνει το Gambit, είναι η επιλογή της διαδρομής Chickpea ⟶ Drip irrigation system ⟶ -18.546,6 €

Ενώ στην περίπτωση που ο παίκτης επιλέξει να καλλιεργήσει ρεβίθι, δείχνει ότι η καλύτερη επιλογή είναι:

Cotton ⟶ Drip irrigation system ⟶ -46.730 €

➢ **4η Περίπτωση, τιμή αρδευτικού νερού = 2 €/ m³**



Στην περίπτωση αυτή, η λύση που δίνει το Gambit, είναι η επιλογή της διαδρομής Chickpea ⟶ Drip irrigation system ⟶ -46.046,6 €

Ενώ στην περίπτωση που ο παίκτης επιλέξει να καλλιεργήσει ρεβίθι, δείχνει ότι η καλύτερη επιλογή είναι:

Cotton ⟶ Drip irrigation system ⟶ -112.109 €

5.9. Συζήτηση – Συμπεράσματα – Προτάσεις

5.9.1. Συμπεράσματα

Από την παραπάνω ανάλυση των αποτελεσμάτων που δίνει τόσο το λογισμικό πρόγραμμα Gambit, αλλά και από την επεξεργασία των δεδομένων και την απεικόνιση τους σε διαγράμματα βγαίνουν τα εξής συμπεράσματα:

1. Το βαμβάκι, το οποίο προσφέρει στους αγρότες μεγάλο κέρδος με την τιμή που έχει σήμερα το αρδευτικό νερό, λόγω των υψηλών απαιτήσεων που έχει σε νερό, σε σχέση με πολλές άλλες καλλιέργειες, στις περιπτώσεις που αλλάζει η τιμή του νερού, παρατηρούμε ότι το γεωργικό εισόδημα μειώνεται στην αρχή αισθητά και στη συνέχεια αποφέρει μόνο ζημία.
2. Από την άλλη, η καλλιέργεια του βιολογικού κτηνοτροφικού ρεβιθιού, μία νέα καλλιέργεια, όχι και τόσο γνωστή στους Έλληνες αγρότες, μπορεί να μην αποφέρει με τη σημερινή τιμή του αρδευτικού νερού τα ίδια ποσά που παίρνουν από το βαμβάκι οι αγρότες, αλλά μπορεί να αποδειχτεί πολύ πιο συμφέρουσα καλλιέργεια. Είναι ξερική καλλιέργεια, επομένως μπορεί να αναπτυχθεί και μόνο από το νερό της βροχής χωρίς πρόσθετο νερό με τη διαδικασία της άρδευσης. Αυτό σημαίνει, ότι σε τυχόν μεγάλη αύξηση της τιμής του αρδευτικού νερού, το εισόδημα των αγροτών δεν θα επηρεαστεί καθώς δεν θα έχουν έξοδα άρδευσης.
3. Ένα ακόμα πολύ σημαντικό στοιχείο είναι οι επιδοτήσεις της Ε.Ε. για το βαμβάκι και τους βαμβακοκαλλιεργητές, όπου εδώ και χρόνια είναι πολύ μεγάλες με αποτέλεσμα οι αγρότες να μην έχουν κίνητρο να αλλάξουν καλλιέργεια. Όμως, ανάλογα οικονομικά κίνητρα μπορούν να δοθούν και στο πλαίσιο μιας περισσότερο περιβαλλοντικής διαχείρισης του αγροτικού νερού, με τη χορήγηση ενίσχυσης σε λιγότερο υδροβόρες καλλιέργειες καθώς και με την περαιτέρω επιδότηση της αγρανάπαυσης (βρέθηκε πως μια αύξηση κατά 15% της υφιστάμενης επιδότησης την καθιστά ως μια οικονομικά συμφέρουσα επιλογή για σχετικά υψηλές τιμές νερού).
4. Ένα άλλο θέμα που εξετάστηκε είναι τα αρδευτικά δίκτυα και οι αρδευτικές πρακτικές που εφαρμόζουν οι αγρότες για την άρδευση των καλλιεργειών τους. Αυτή τη στιγμή, υπάρχουν περιπτώσεις που οι απώλειες φτάνουν και το 40%, γεγονός που σημαίνει ότι ο αγρότης πληρώνει 40% περισσότερη

ποσότητα νερού. Φυσικά το νερό αυτό είναι καθαρή σπατάλη και με την άνοδο της τιμής του αρδευτικού νερού, η καλλιέργεια βαμβακιού γίνεται ακόμα λιγότερο συμφέρουσα.

5.9.2. Αρνητικές επιπτώσεις της τιμολόγησης στο εισόδημα και τη γεωργική απασχόληση

Σκοπός φυσικά, της εφαρμογής της πολιτικής τιμολόγησης του αρδευτικού νερού, είναι η δυνατότητα μεταβολής της κατανάλωσης και η ορθολογική χρήση του αρδευτικού νερού. Όμως, επιφέρει και άλλες έμμεσες συνέπειες στον αγροτικό χώρο που έρχονται συνήθως σε αντιδιαστολή με τη θετική συμβολή της στην εξοικονόμηση του νερού. Η πιο σημαντική αρνητική επίπτωση της τιμολόγησης, είναι η συρρίκνωση του γεωργικού εισοδήματος. Η αύξηση της τιμής του νερού είναι πιθανό να μειώσει το ακαθάριστο κέρδος του γεωργού με διάφορους τρόπους. Καταρχήν, μπορεί να συμβάλει άμεσα στην αύξηση των μεταβλητών δαπανών, όσο ο γεωργός διατηρεί σταθερό το υφιστάμενο σχέδιο παραγωγής, αφού, πλέον, οι ίδιες ποσότητες νερού θα κοστίζουν περισσότερο. Στη συνέχεια, η μείωση της κατανάλωσης νερού θα οδηγήσει σε αντικατάσταση των καλλιεργειών με άλλες που θα έχουν λιγότερες ή καθόλου απαιτήσεις σε άρδευση, όμως θα έχουν και μικρότερο οικονομικό αποτέλεσμα. Επομένως, όπως είδαμε στα διαγράμματα της προηγούμενης ενότητας, αυξανόμενες τιμές του νερού οδηγούν σε ολοένα και μικρότερο καθαρό κέρδος, άρα και γεωργικό εισόδημα. Ο γεωργός έχει επίσης τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει τεχνολογία εξοικονόμησης νερού (π.χ. μμέθοδο άρδευσης με λιγότερες απώλειες) ή να μην αρδεύσει όσο χρειάζεται την κάθε καλλιέργεια, με αποτέλεσμα τη μείωση της αγοραστικής αξίας των προϊόντων του. Όποιος ωστόσο και να είναι ο τρόπος δράσης του γεωργού, είναι σχεδόν βέβαιο πως θα έχει αρνητικές επιπτώσεις στο εισόδημά του με αποτέλεσμα να βρεθεί το σύνολο του αγροτικού πληθυσμού αντιμέτωπο με κάθε προοπτική κοστολόγησης, (Merrett, 2002).

Μια δεύτερη αρνητική επίπτωση της τιμολόγησης του νερού, με πολύ σοβαρές κοινωνικές προεκτάσεις στην ευρύτερη περιοχή, είναι η μείωση του συντελεστή παραγωγής της εργασίας. Όπως είναι αναμενόμενο, μια περιβαλλοντική διαχείριση με μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού θα οδηγήσει σε περαιτέρω μείωση του απαραίτητου εργατικού δυναμικού, καθώς όλο και περισσότερα πράγματα θα αυτοματοποιηθούν.

Σύμφωνα με τους Bazzani et.al, 2005, όπου έγινε χρήση ενός μαθηματικού μοντέλου προγραμματισμού, για την περιοχή της Ιταλίας, αλλά και τους Berbel and Gómez-Limón, 2000 για περιοχές όπου καλλιεργείται βαμβάκι στην Ισπανία, παρατηρήθηκε ότι η εφαρμογή της νέας Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά 60/2000 σε λογικές τιμές, είχε σαν αποτέλεσμα τη μικρή μείωση της κατανάλωσης του νερού για άρδευση ενώ αντίθετα μία απότομη μείωση του γεωργικού εισοδήματος και της γεωργικής απασχόλησης.

Επίσης, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι αν αρχίσει να μειώνεται το γεωργικό εισόδημα και σιγά σιγά οι βαμβακοπαραγωγοί, αρχίσουν να εγκαταλείπουν την καλλιέργεια βαμβακιού, με αποτέλεσμα όλο να μειώνεται η προσφορά αυτό μπορεί να οδηγήσει στην αναδιάρθρωση των τιμών των πρώτων υλών από τα εκκοκκιστήρια βάμβακος, (Rozakis et.al., 2008, Mattas et.al., 2009).

5.9.3. Επιβολή ποσοστώσεων στο προσφερόμενο νερό

Ως τώρα έχει αναφερθεί η μείωση της κατανάλωσης του νερού αποκλειστικά και μόνο με την αύξηση της τιμής του. Όμως, η μείωση των υδροβόρων εκτάσεων και όχι η καθολική κατάργησης τους, μπορεί να αποφέρει μείωση στην κατανάλωση του νερού και επιπλέον να μην μειώσει πολύ καθαρό εισόδημα των αγροτών. Για τον λόγο αυτό, καθώς και για το γεγονός ότι η τιμολόγηση με χαμηλές τιμές δεν επιφέρει σημαντικές μεταβολές στη μείωση της κατανάλωσης, μπορεί να υπάρξει η περίπτωση, στην οποία ο φορέας διαχείρισης θα επιβάλει, ταυτόχρονα με την τιμολόγηση, και συγκεκριμένους περιορισμούς στην κατανάλωση νερού με τη μορφή ποσοστώσεων στην προσφορά του.

Η λύση αυτή, σε συνδυασμό με την εφαρμογή της τιμολόγησης σε λογικές τιμές του m^3 μπορεί να αποφέρει καλύτερα αποτελέσματα στη μείωση της κατανάλωσης. Εάν εφαρμοστεί ο ποσοτικός περιορισμός στη χρήση του αρδευτικού νερού (ποσοστώσεις), η τιμολόγηση του νερού είναι δυνατό να περιοριστεί σ' έναν επικουρικό ρόλο, ο οποίος θα στοχεύει κυρίως στο να συνειδητοποιήσουν οι χρήστες του την οικονομική αξία του νερού καθώς και την ανάγκη για την ορθολογική του χρήση.

5.9.4. Καλλιέργεια βαμβακιού με τη μέθοδο της Γεωργία Ακριβείας

Η γεωργία ακριβείας (Precision Farming) αποτελεί μια νέα καινοτομική προσέγγιση και εφαρμογή της σύγχρονης τεχνολογίας στην αγροτική παραγωγή με ευοίωνες προοπτικές τόσο από οικονομικής όσο και από περιβαλλοντικής άποψης. Από έρευνα για εφαρμογή της μεθόδου στην περιοχή της Καστοριάς, αλλά και από στοιχεία μελετητών για χώρες (όπως Η.Π.Α.) όπου εφαρμόζουν την τεχνική της γεωργίας ακριβείας για την καλλιέργεια βαμβακιού, τα αποτελέσματα εμφανίζονται ενθαρρυντικά (Μυγδάτος κ.α., 2004).

Με τον όρο γεωργία ακριβείας (Precision Farming or Precision Agriculture or site-specific management) εννοούμε την τεχνική της καλλιέργειας που αντιμετωπίζει διαφορετικά κάθε τμήμα του εδάφους, αναφορικά με τις εισροές, με βάση τη γονιμότητα και την απόδοση κάθε συγκεκριμένου τμήματος του αγρού (Earl et al, 1996). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται: 1) αύξηση των αποδόσεων, 2) βελτίωση της ποιότητας, 3) αποτελεσματικότερη χρησιμοποίηση των λιπασμάτων, φαρμάκων, σπόρων κλπ., 4) περιορισμός της κατανάλωσης της ενέργειας και 5) προστασία του περιβάλλοντος (Roberson 2004, Godwin et al, 2003).

Τα συστήματα αυτά αναπτύχθηκαν έντονα στα τέλη της δεκαετίας του 80 και κυρίως με την ανάπτυξη των συστημάτων καθορισμού της θέσης πάνω στην επιφάνεια της Γης μέσω σημάτων από δορυφόρους (GPS), (Stafford, 2000).

Παρόλα αυτά, στη χώρα μας και γενικά στον Ευρωπαϊκό Νότο υπάρχει μία καθυστέρηση εφαρμογής των συστημάτων αυτών ενώ στις Η.Π.Α. ο αριθμός είναι αρκετά μεγάλος. Παρ' όλα αυτά έχει ήδη ξεκινήσει τα τελευταία 2-3 χρόνια δειλά – δειλά και στη χώρα μας ο σχετικός προβληματισμός πάνω στο συγκεκριμένο θέμα και σήμερα βρίσκεται σε εξέλιξη η διερεύνηση της δυνατότητας εφαρμογής της γεωργίας ακριβείας στην καλλιέργεια βαμβακιού και σιταριού από διάφορος φορείς. Το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας σε συνεργασία με το ΕΘΙΑΓΕ (Παράρτημα Λάρισας) έχει ξεκινήσει από το 2001 μια προσπάθεια εφαρμογής της γεωργίας ακριβείας στην καλλιέργεια βαμβακιού στο νομό Καρδίτσας με τη χαρτογράφηση της παραγωγής σε συνδυασμό με αποτελέσματα αναλύσεων του εδάφους και την αποτύπωση των αποτελεσμάτων σε χάρτες παραγωγής (Markinos et al, 2002, Gemtos et al, 2002). Μια δεύτερη προσπάθεια για εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας στο σιτάρι, άρχισε

από το 2002 στην Αμερικανική Γεωργική Σχολή Θεσσαλονίκης σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο της Georgia των ΗΠΑ (Gertsis et al 2003).

Η προμήθεια του απαραίτητου μηχανολογικού εξοπλισμού (αισθητήρες κλπ., ηλεκτρονικός υπολογιστής, εκτυπωτής και το απαραίτητο πακέτο λογισμικού) απαιτεί μια δαπάνη 12.921 €. Με πιθανή διάρκεια οικονομικής ζωής του εξοπλισμού αυτού τα πέντε έτη, η ετήσια απόσβεση χωρίς υπολειμματική αξία, σύμφωνα με τον τύπο της σταθερής ετήσιας απόσβεσης (αξία αγοράς/έτη οικονομικής ζωής), ανέρχεται σε 2.584,2 € (12.921: 5). Επίσης, μπορεί να οδηγήσει σε μια σημαντική μείωση της λίπανσης κατά 39 κιλά το στρέμμα κατά μέσο όρο και συνεπώς σε μια μείωση του κόστους λίπανσης κατά 11,5 €/στρέμμα. Μπορεί, επίσης, να οδηγήσει σε μια εξίσου σημαντική μείωση της ποσότητας ζιζανιοκτόνων ίση με 0,81 λίτρα/στρέμμα, που αντιστοιχεί σε μια μείωση του κόστους ζιζανιοκτονίας κατά 7,13 €/στρέμμα. Τα δύο αυτά μεγέθη αποτελούν μια σημαντική οικονομική ωφέλεια ίση με 18,63 €/στρέμμα σε σχέση με τη συμβατική καλλιέργεια βαμβακιού. Αποτελούν, επίσης, μια εξίσου σημαντική ωφέλεια για το περιβάλλον, (έδαφος, νερό και αέρα), η οποία θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη από τους ασκούντες την αγροτική και περιβαλλοντική πολιτική (Μυγδάτος κ.α., 2004).

Επομένως, η τιμολόγηση του νερού μπορεί σίγουρα να αποφέρει σημαντικά θετικά αποτελέσματα. Παρόλα αυτά προκειμένου τέτοιες αλλαγές να γίνουν κοινωνικά πιο πολύτιμες, είναι βασικό να ληφθεί υπόψη το ευρύτερο φάσμα των επιπτώσεων που παράγουν, (Bazzani et.al, 2005).

Στον Πίνακα 5.24., που ακολουθεί, αναφέρονται διάφορα άρθρα σχετικά με την εφαρμογή της νέας τιμολόγησης του νερού σε διάφορες χώρες και οι επιπτώσεις που είχε.

Objective(s)	Location	Citation
The impact of water - pricing policy in Spain: an analysis of three irrigated areas	Spain	Berbel J., Gómez-Limón J.A., 2000
Greek cotton farmers' supply response to partial decoupling of subsidies	Greece	Rozakis S., Tsiboukas K., Petsakos A.
The sustainability of irrigated agricultural systems under the Water Framework Directive: first results	Italy	Bazzani G., Pasquale S. Di, Gallerani V., Morganti S. e Viaggi D.
Οικονομική Αποτίμηση του αρδευτικού νερού με τη μέθοδο της εξαρτημένης Αξιολόγησης	Ελλάδα	Λατινόπουλος Π., Μάλλιος Ζ., 2000
Η Μεταβολή της Ζήτησης του Αρδευτικού Νερού ως Συνέπεια της Τιμολόγησής του	Ελλάδα	Λατινοπουλος Δ., Λατινοπουλος Π., Μυλοπουλος Γ.
Η οικονομική αξιολόγηση του νερού στη γεωργία: εφαρμογή στη λεκάνη απορροής του Λουδία	Ελλάδα	Λατινόπουλος Δ., Μυλόπουλος Γ.
Agricultural and water resources development in Thessaly, Greece in the framework of new European Union policies	Greece	Mylopoulos N., Kolokytha E., Loukas A., Mylopoulos Y., 2010
Η ογκομέτρηση του αρδευτικού νερού και η χρέωσή του με βάση τον καταναλισκόμενο όγκο	Ελλάδα	Πανώρας Αθ.
Measuring and Conserving Irrigation Water	California	Morris M., Lynne V., 2006
Water pricing and public participation in water resources management: Towards the implementation of the EU Water Framework Directive	Greece	Fafoutis, C., Mylopoulos, N., Vagiona, D., and A., Liakopoulos, 2006
Water policy reforms: pricing water, cost recovery, water demand and impact on agriculture - Lessons from the Mediterranean experience	Barcelona, Spain	Chonin-Kuper, A., Rieu, T. and Montginoul, M., 2003

Πίνακας 5.24.: Αναφορές στην εφαρμογή της νέας τιμολόγησης του αρδευτικού νερού, επιπτώσεις και προτάσεις.

Βιβλιογραφία

1. Abbink K., Moller L.C., O'Hara S., 2005, "The Syr Darya River Conflict: An Experimental Case Study", Centre for Decision Research and Experimental Economics, Discussion Paper Series, ISSN 1749-3293, CeDEx Discussion Paper No. 2005–14.

2. Ambec S. and Sprumont Y., 2002, "Sharing a river", Journal of Economic Theory 107, 453-462.

3. Aumann, R.J., 1987, 'Game theory', in The New Palgrave: A Dictionary of Economics, vol. 2, ed. Eatwell, J., Milgate, M. & Newman, P., Macmillan, London, England.

4. Aumann R.J., Hart S., 1992, Handbook of Game Theory with Economic Applications (vol. 1), Elsevier Science Publishers, North-Holland.

5. Aytemiz L., 2001, "The optimal joint provision of water for irrigation and hydropower in the Euphrates river: the case of conflict between Turkey and Syria", Ph.D. Dissertation, Oklahoma State University.

6. Barrett S., 1994, "Conflict and cooperation in managing international water resources", World Bank Policy Research Working Paper 1303, Washington D.C.

7. Bayer CropScience, responsible for Content: Dr. Rüdiger Schaub, "Sustainable Cotton Production".

8. Bazzani G.S., Di Pasquale S., Gallerani V., Morganti S. and Viaggi D., "The sustainability of irrigated agricultural systems under the Water Framework Directive: first results", Environmental Program and Software, 20(2), 165-175.

9. Berbel J., Gómez-Limón J.A., 2000, "The impact of water - pricing policy in Spain: an analysis of three irrigated areas", Agricultural Water Management, 43, 219-238.

10. Carius A., Dabelko G. D., and Wolf A. T., 2004, "Water, Conflict, and Cooperation", Policy Brief, The United Nations and Environmental Security

(UNEP), ECSP Report, Issue 10, (http://www.unep.org/conflictsanddisasters/portals/6/ecp/ecspr10_unf-caribelko.pdf).

11. Chatterjee B., Howitt R., and Sexton R., 1998, "The optimal joint provision of water for irrigation and hydropower", Journal of Environmental Economics and Management, 36, 295-313.

12. Chonin-Kuper, A., Rieu, T. and Montginoul, M., 2003, "Water policy reforms: pricing water, cost recovery, water demand and impact on agriculture - Lessons from the Mediterranean experience", Water Pricing Seminar, Agencia Catalunia delAgua and World Bank Institute, Barcelona.

13. Daskalakis C., 2008, "The Complexity of Nash Equilibria", Electrical Engineering and Computer Sciences University of California at Berkeley.

14. Davis M.D., 1970, "Game Theory: A Nontechnical Introduction", Dover Publications, New York.

15. Dinar A., 2004, "Cooperation in Managing Transboundary Water Resources: Evaluation approaches and experiments", Paper presented at the 4th Rosenberg International Forum on Water Policy, Ankara, Turkey, September 3-9, 2004.

16. Dinar A. and Wolf A., 1994, "International markets for water and the potential for regional cooperation: economic and political perspectives in the western Middle East", Economic Development and Cultural Change, 43, 43-66.

17. Earl R., Wheeler P., Blackmore S. and Godwin R., 1996, "Precision farming - the management of variability", Precision Farming, Lanwards, Winter, p. 18-23.

18. Eleftheriadou, E., Mylopoulos Y. 2005 "Conflict Resolution in the Management of Transboundary Cathcments: Application in the Nestos River" 5th International Conference on Environmental Technology Heleco 2005, Athens, Greece 3-6 February (in Greek).

19. Fafoutis, C., Mylopoulos, N., Vagiona, D., and A., Liakopoulos, 2006, "Water pricing and public participation in water resources management: Towards the implementation of the EU Water Framework Directive," Proceedings of the International Conference "Protection and Restoration of the Environment VIII". Chania, Greece.

20. Galanopoulos K., Mattas K., and Baourakis G., 2006, “Market and Trade Policies for Mediterranean Agriculture: The Case of Fruit/Vegetables and Olive Oil”, MEDFROL Project.

21. Gemtos T., Fountas S., Blakcmore B. and Greipentrong, 2002, “Precision farming experience in Europe and the Greek potential”, Η.Εργασία που παρουσιάστηκε στο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρίας Εφαρμογών Πληροφορικής στη Γεωργία, Αθήνα.

22. Gertsis A., Vellidis G., and Rains G., 2003, “Applications of precision agriculture in Ellas (Greece): wheat yield mapping”.

23. Grim, P., Mar, G., St. Denis, P., 1999, “The Philosophical Computer: Exploratory Essays in Philosophical Computer Modeling”, MIT Press, Cambridge, MA, USA.

24. Godwin R., Ricards T., Wood G., Welsh J. and Knight S**.,** 2003, “An economic analysis of the potential for precision farming in UK cereal production”. Biosystems Engineering (Spetial Edition on Precision Agriculture), 84, Issue 4, April , p. 533-545.

25. Hamilton J., Whittlesey N., and Halverson P., 1989, “Interruptible water markets in the Pacific Northwest”, American Journal of Agricultural Economics, 71, 63-75.

26. Hipel, K.W.D., Kilgour, D.M., Fang, L., Peng, X., 1997, “The decision support system GMCR in environmental conflict management”, Applied Mathematics and Computation 83 (2–3), 117–152.

27. Johansson R.C., 2000, “Pricing Irrigation Water: A Literature Review”, Report No. WPS 2449, The World Bank, Washington, D.C.

28. Kaldis P., and Galanopoulos K., 2002, “Country Report: Greece”, In Development and Agri-Food Policies in the Mediterranean Region 2002, CIHEAM, France.

29. Kavka G., 1986, “Hobbesian Moral and Political Theory”, Princeton University Press.

30. Kilgour D. and Dinar A., 2001, “Flexible water sharing within an international river basin”, Environmental and Resource Economics, 18, 43-60.

31. Kolokytha, E., and Y. Mylopoulos, 2000, "Sustainable water resources management in the municipal sector in Greece," Proceedings of the International Conference "Protection and Restoration of the Environment V," Thassos, Greece, Vol. 1, pp. 281-288.

32. Latinopoulos, P., 2005, "Valuation and pricing of irrigation water: an analysis in Greek agricultural areas," Global NEST Journal, Vol. 7(3), 323-335.

33. Latinopoulos D. and Mylopoulos Y., 2005, "Economic Valuation of Irrigation Water: A case of study in Loudias River Basin", Heleco, Technical Champer of Greece, Athens.

34. Latinopoulos, D., Latinopoulos, P., & Mylopoulos, Y., 2005, "The variation of water demand as a consequence of its pricing", Proc. 5th National Conference of irrigation the Hellenic Commission for the Management of Water Resources Integrated Management of Water Resources on a Watershed Basis, Xanthi.

35. Loaiciga, H.A., 2004, "Analytic game-theoretic approach to ground-water extraction", Journal of Hydrology 297, 22–33.

36. Madani K., 2010, "Game theory and Water Resources", Journal of Hydrology 381, 225-238.

37. Madison J., 1787, "Vices of the Political System of the United States", April.

38. Mamatzakis, E.C., 2003, "Public infrastructure and productivity growth in Greek agriculture", Agricultural Economics 29, 169-180.

39. Markinos A., Gemtos T., Toulios., Pateras D., and Zerva G., 2002, "Yield mappingof cotton crop in Greece", Proceedings of the 1st HAICTA Conference, Athens, 6-7 June 2002, pp. 56-62.

40. Margaris N., Galogiannis C., Grammatikaki M., 2006, "Water Management in Thessaly, central Greece", Groundwater and Ecosystems, Vol. 70, 237-242.

41. Mattas K., Botonaki A., Arriaza M., FOK M., "Integrating Social Science Research Into Cotton Reform Implementation lined with the international outlook", Project Acronym: ISSCRI.

42. Mc Kelvey, R. D., McLennan, A. M., and Turocy, T. L. 2007. "Gambit: Software Tools for Game Theory", Version 0.2007.01.30. Available at: http://www.gambit-project.org.

43. Merrett S., 2002, "Twelve theses on the cost and use of irrigation water", Irrigation and Drainage 51, 265-268.

44. Meyrson R., B., 1991, "Game Theory: Analysis of conflict", Harvard University Press, Cambridge.

45. Moller L., 2004, "Sharing Transboundary Rivers Fairly and Efficiently", Discussion Papers in Economics 04/02, University of Nottingham.

46. Moller L., 2005, "Transboundary Water Conflicts over Hydropower and Irrigation: Can Multinational Development Banks Help?", CREDIT Research Paper, University of Nottingham.

47. Morris Mike and Lynne Vicki, 2006 "Measuring and Conserving Irrigation Water", ATTRA, National Sustainable Agriculture Information Service, (www.attra.ncat.org).

48. Mylopoulos N., Kolokytha E., Loukas A., Mylopoulos Y., 2009, "Agricultural and water resources development in Thessaly, Greece in the framework of new European Union policies", J. River Basin Management, Vol. 7, No 1, 73-89.

49. Neumann J. V., 1928, "On the Theory of Games of Strategy", in A. W. Tucker and R. D. Luce, ed. 1959, *Contributions to the Theory of Games*, v. 4, pp. 13-42.

50. Ohlsson, L., 2000, "Livelihood conflicts: Linking poverty and environment as causes of conflict", Stockholm: Swedish International Development Agency, Department of Natural Resources and the Environment.

51. Osborne J.M. and Rubinstein A., 1998, "A Course in Game Theory", London, The MIT Press Cambridge.

52. Osborne J.M., 2002, "An introduction to game theory", Oxford University Press.

53. Oweis, T., Hachum, A., Pala, M., 2004, "Water use efficiency of winter-sown chickpea under supplemental irrigation in a Mediterranean environment." Agricultural Water Management 66, 163-179.

54. Owen-Thomsen K., Alercon L., and Marks D., 1982, “Agriculture vs. hydropower trade-offs in the operation of the High Aswan Dam”, Water Resources Research, 18, 1605-1613.

55. Priscoli J D., 2003, “Participation, Consensus Building, and Conflict management training course (tools for achieving PCCP)”, Technical Documents in Hydrology, n° 22, UNESCO, IHP, WWAP, (http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001333/133308e.pdf).

56. Rakove J., 2007, "James Madison and the Constitution", History Now, Issue 13.

57. Rasmussen E., 1994, “Games and Information: An Introduction to Game Theory”, 478, 15, 2nd, MA: B. Blackwell, Cambridge.

58. Rasmusen Eric, 2001, “Games and Information: An introduction to Game Theory”, fourth edition.

59. Reny P. J., 1999, “On the Existence of Pure and Mixed Strategy Nash Equilibria in Discontinuous Games”, Econometrica, 67:1029-1056.

60. Roberson G., 2004, “Precision Agriculture: A comprehensive approach”.

61. Robson A.J., 2001, “The Biological Basis of Economic Behavior”, Journal of Economic Literature, vol. 39, pp 11-33.

62. Rogers, P., A, 1969, “Game Theory Approach to the Problem of International River Basins”, Water Resources Research, 5(4):749-760.

63. Rogers, P., 1991, “International River Basins: Pervasive Unidirectional Externalities”, Universita di Siena, Italy. April 25-27.

64. Rogers P., 1997, “International river basins: pervasive unidirectional externalities”, in Dasgupta, P., Mäler K. and Vercelli A. (eds): The economics of transnational commons, Clarendon Press, Oxford.

65. Rozakis S., Tsiboukas K., Petsakos A., 2008, “Greek cotton farmers’ supply response to partial decoupling of subsidies”, 12th Congress of the European Association of Agricultural Economists – EAAE, August 26-29, Ghent, Belgium.

66. Sardi, B., Banai, T., 1996. “Chickpea in Iran.” In: Saxena, N.P., Saxena, M.C., Johansen, C.,Virmani, S.M., Harris, H. (Eds.), Adaption of Chickpea

in theWest Asia and North Africa Region. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.

67. Saxena, N.P., Saxena, M.C., Johansen, C.,Virmani, S.M., Harris, H. (Eds.), 1996. "Adaption of Chickpea in theWest Asia and North Africa Region." International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.

68. Schotter, A. & Schwödiauer, G. 1980, "Economics and the theory of games: a survey", Journal of Economic Literature, vol. 18, no. 2, pp. 479-527.

69. Singh, K.B., Saxena, M.C., 1996. "Winter Chickpea in Mediterranean-Type Environments, A Technical Bulletin", International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, 38 pp.

70. Soltani, A., F. R. Khooie, K. Ghassemi-Golezani, M. Moghaddam, 2001, "A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semiarid an environment", Agricultural Water Management 49, 225-237.

71. Stafford J.V., 2000, "Implementing Precision Agriculture in the 21th Century", J. Agr. Engng. Res., 76, 267-275.

72. Tardieu, H. and Prefol, B., 2002," Full cost or "sustainability cost" pricing in irrigated agriculture. Charging for water can be effective, but is it efficient?", Irrigation and Drainage, 51, 97-107.

73. Turocy T. L., Stengel von B., 2001, "Game Theory", CADM Research Report LSE-CDAM-2001-09.

74. UN (United Nations), 2003, "The UN World Water Development Report: Water for People, Water for Life, Executive Summary", UNESCO-WWAP, 34 p.

75. Ward F.A. and. Michelsen A, 2002, "The economic value of water in agriculture: concepts and policy applications" Water Policy, Vol. 4, pp. 423-446.

76. Wolf A.T., Natharius J.A., Danielson J.J., Ward B.S., Pender J.K. (1999) "International River Basins of the World" Water Resources Development, Vol. 15, No. 4, pp. 387-427.

77. Young, R.A., 1996, "Measuring economic benefits for water investments and policies", World Bank Technical Paper.

78. Zhang, H., Pala, M., Oweis, T., Harris, T.H., 2000. "Water use and water use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment", Aust. J. Agric. Res. 51, 295–304.

79. Ανδρεάδου Δ., 2002, «Οικονομικές ενισχύσεις στο καθεστώς βάμβακος», Πρόγραμμα εκπαίδευσης Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε, Θεσσαλίας.

80. Βαρβαρούσης Π., 1998, Στρατηγική των Παιγνίων, εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.

81. Βαρουφάκης Γιάννης, Θεωρία Παιγνίων: Η θεωρία που φιλοδοξεί να ενοποιήσει τις κοινωνικές επιστήμες, Gutenberg.

82. Βολιώτης, (http://prlab.ceid.upatras.gr/courses/simeiwseis/DT/%CE%9A%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF_6.pdf)

83. Γεωπονικός Σύλλογος Μακεδονίας-Θράκης, 2003, «Προτάσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τη μεταρρύθμιση των μεσογειακών προϊόντων (βαμβάκι)», Γεωπονικά, τ.407, σσ. 4-9.

84. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2000, «Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής υδάτων», Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L327,22-12-2000.

85. Κουτής Κ., 2004, «Κτηνοτροφικό Ρεβίθι: Η καλύτερη και ασφαλέστερη απάντηση των γεωργών και καταναλωτών στην γενετικά τροποποιημένη σόγια», Ο φυσικός κόσμος ενάντια στα μεταλλαγμένα, Φύλλο 1^{ο}.

86. Μάττας Κ και Κ. Πολύμερος, 1999, «Το βαμβάκι», στο Συλλογικό τόμο: «Τα μεσογειακά προϊόντα ως παραδοσιακά ελληνικά προϊόντα και το μέλλον των μηχανισμών στήριξής τους», Αποστολόπουλος Κ.Δ και Χ. Φωτόπουλος (Επιμέλεια), Εκδόσεις Υπουργείο Γεωργίας, Αθήνα, σσ.208-235.

87. Μυγδαλάς Α., 2007, «Θεωρία Παιγνίων και Προγραμματισμός Ισορροπίας», Καθηγητής Επιχειρησιακής Έρευνας, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μ.Π.Δ., Τομέας Βελτιστοποίησης Αποφάσεων.

88. Μυγδάτος Ε., Γέμτος Θ., Μαρκινός Αθ., 2004, «Εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας στην καλλιέργεια βαμβακιού στην Ελλάδα: Κόστος εφαρμογής και οικονομικά αποτελέσματα», Συνέδριο ΕΤΑΓΡΟ 2004.

89. Μυλόπουλος, Ι., «Διαχείριση της ζήτησης και κοστολόγηση νερού». (http://www.waterinfo.gr/eedyp/papers/IMylopoulos.html).

90. Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε Λάρισας (2003-2004), Στοιχεία βαμβακοκαλλιέργειας κατά τα έτη 1990-2002 (αδημοσίευτα ενημερωτικά φυλλάδια).

91. Παπαζαφειρίου, Ζ. Γ., 1999, «Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών», Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 347 σελ.

92. Πετράκης, Ε., «Σημειώσεις Θεωρίας Παιγνίων» Καθηγητής Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Κρήτης, (http://www.soc.uoc.gr/petrakis/docs/8ewria/GT_simiwseis.pdf)

93. Σαμαράς Β., Γεωπόνος-Εδαφολόγος, Τακτικός Ερευνητής ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε./ΙΧΤΕΛ, «Υδατικές Απαιτήσεις των Καλλιεργειών Βάμβακος, Καλαμποκιού, Βιομηχανικής Ντομάτας και Τεύτλων στο Θεσσαλικό Χώρο», στα πλαίσια του προγράμματος HYDROSENSE, (http://www.hydrosense.org/eDocuments/Anages_twn_fytwn_se_ardeutiko_nero_B_SAMARAS.pdf).

94. Τόλη Ι., 1997, «Καλλιέργεια και φυτοπροστασία του βαμβακιού», Αθήνα.

95. Τζουραμάνη Ε., Σιντόρη Αλ., Λιοντάκης Αγ., Ναβρούζογλου Π., Παπαευθυμίου Μ., Καρανικόλας Π. και Αλεξόπουλος Γ. «Βιολογικό Κτηνοτροφικό Ρεβίθι», Ινστιτούτο Γεωργοοικονομικών και Κοινωνιολογικών Ερευνών Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας, (http://www.agroepiloges.gr/Files/revithi/Revithi.pdf).

96. Τσακίρης Γ., 2004, «Ανάγκες σε Αρδευτικό Νερό, Σημειώσεις», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, 'Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων', Μάθημα: Διαχείριση Υδατικών Πόρων, (http://www.waterinfo.gr/greek/pdf/irrigation_water_requirements.pdf).

97. «Προστασία και διαχείριση των υδάτων – εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000», Ν.3199, ΦΕΚ 280/9-12-2003.

98. Φαρδή Α., 1981, «Το βαμβάκι, Εργαστήριο γενικής και ειδικής γεωργίας», εκδόσεις Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

99. Fennell R., 1999, «Η Κοινή Αγροτική Πολιτική, συνέχεια και αλλαγή», σε μετάφραση Μαραβέγια Ν., Εκδόσεις Θεμέλιο, Αθήνα.

100. http://www.soc.uoc.gr/petrakis/docs/8ewria/GT_simiwseis.pdf
101. http//:balla.gr/default.asp?pid=69
102. http//:www.gametheory.net/dictionary
103. http://arielrubinstein.tau.ac.il/99/gt100.html#g1
104. http//:www.pitt.edu/~jduffy/econ1200/lect1.pdf
105. http://macedonia.uom.gr/~yrefanid/Courses/GameTheory/